



UADEC

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE COAHUILA

ESCUELA DE ARQUITECTURA UNIDAD TORREÓN

ANÁLISIS DE LA ILUMINACIÓN NATURAL EN AULAS ESCOLARES Y
EFICIENCIA ENERGÉTICA.

CASO DE ESTUDIO: ESCUELA DE ARQUITECTURA U.L.

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:
ARQUITECTA.

PRESENTA:

Ana Patricia Escobedo González

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Jaime Andrés Quiroa Herrera

CO-DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Guillermo Barrios del Valle

Torreón, Coah. A 22 de septiembre del 2025

“Bendice, alma mía, a Jehová,
Y bendiga todo mi ser su santo nombre.
Bendice, alma mía, a Jehová,
Y no olvides ninguno de sus beneficios.
Él es quien perdona todas tus iniquidades,
El que sana todas tus dolencias;
El que rescata del hoyo tu vida,
El que te corona de favores y misericordias;
El que sacia de bien tu boca
De modo que te rejuvenezcas como el águila.”

Salmos 103:1-5

Todo lo puedo en CRISTO que me fortalece.

Filipenses 4:13

AGRADECIMIENTOS

A Jesucristo por ser mi Camino cada día de mi vida, mi mejor amigo, mi Esperanza, Refugio, Castillo mío, mi Redentor, Dios y Salvador. Quien me dio fuerzas cuando no tenía ninguna, quien levantó mi cabeza y me dijo: ESFUÉRZATE Y SÉ VALIENTE. NO TEMAS NI DESMAYES, PORQUE JEHOVÁ TU DIOS ESTARÁ CONTIGO, DONDEQUIERA QUE VAYAS (Josué 1:9). Gracias por poner en mi vida a cada persona mencionada en esta página.

A mis padres, Patricia y Ezequiel, por su apoyo infinito, los amo por siempre, porque este merito no es mío, sino de Dios y de mis padres.

A mis hermanos, mis mejores amigos, Brenda, Alan y Michelle, los amo con todo el corazón, gracias por animarme y escucharme.

A mis profesores, a quienes admiro y respeto profundamente.

Dr. Jaime Andrés Quiroa, por su gran paciencia y confianza en este proceso, por sugerirme el uso de Energy +, el inicio de mi búsqueda.

Dr. Guillermo Barrios, cuya guía y apoyo fueron determinantes a lo largo de este camino, gracias infinitas por abrirme las puertas al mundo de Radiance, Phyton y las simulaciones térmicas; despertó habilidades en mí que no sabía que tenía. Sin su guía constante, ayuda y entusiasmo, no habría llegado hasta aquí. Gracias por todo.

Dr. Héctor Llaven, por compartirme su conocimiento y encaminarme hacia el tema de esta tesis.

Gracias infinitas a los docentes que, sin esperarlo, me extendieron su mano de ayuda cuando más lo necesitaba: Dr. Cesar Ponce, Ing. Jorge Rubín.

Y a mi Universidad que me vio crecer, donde me formé, ahí conocí personas y docentes increíbles que con el tiempo se volvieron amigos entrañables, Arq. Kim, Daniela, Arely, Niza, Moni y los que me faltan.

A mi Eli con todo el corazón.

A todos, deseo que Dios bendiga cada día de sus vidas y que sigan apoyando a cada estudiante que se cruce por su camino.

A Dios gracias, los amo en Él Señor.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1	4 – 13
1.1 Antecedentes	
1.2 Problemática	
1.3 Justificación	
1.4 Hipótesis	
1.5 Objetivos	
Capítulo 2	13 - 35
Marco Referencial	
Marco Conceptual	
Marco Teórico	
Marco Normativo	
Marco Metodológico	
Capítulo 3	35 – 119
Metodología	
Caracterización	
Capítulo 4	120 - 129
Diagnostico	
Capítulo 5	130 – 165
Resultados	
Capítulo 6	166 – 173
Cálculos	
Capítulo 7	173 – 181
Conclusiones y Recomendaciones	
Anexo Glosario	182
Referencias Bibliográficas	183 - 185

Capítulo 1

Análisis de la iluminación natural en aulas escolares y eficiencia energética.

Caso de estudio: Escuela de Arquitectura U.T.

RESUMEN:

Actualmente, en construcciones públicas como escuelas, no se cumple con los niveles adecuados de iluminación natural, ya que los encargados de hacer esto posible, carecen del conocimiento necesario para implementar la luz natural en sitios de uso diario (Muñoz González, 2019). La iluminación es un factor esencial ya que, al construir un entorno de calidad, tiene un impacto significativo en su aprendizaje y rendimiento académico. La iluminación útil es vital para la visibilidad e influir en el aprendizaje y la concentración de los estudiantes, beneficia la salud y mejora la productividad del usuario, además del ahorro de energía que representa. El objetivo de esta tesis es medir la iluminación en las aulas, talleres y cubículos de la “Escuela de Arquitectura U.T.” y probar estrategias de solución para los espacios seleccionados. Esta investigación también será de ayuda para proyectos y estudios futuros relacionados con el diseño sustentable y la iluminación natural en áreas de la educación.

1.1 ANTECEDENTES

La calidad del entorno educativo en escuelas impacta el desempeño académico y laboral de las personas (Avendaño Toloza & Camargo Galindo, 2018), pues también se refleja en aspectos físicos y ambientales, como la iluminación, un factor que se suele subestimar en el ámbito educacional.

Estas recopilaciones datan de diferentes autores y su trabajo, abordan la iluminación en las aulas escolares, su importancia y su análisis recopilando datos obtenidos de herramientas como el uso del luxómetro y gráficas, otros autores recopilan información útil para usar y aplicar la luz natural, hablando de sus beneficios y efectos, para comparar si las aulas construidas cumplen con los estándares

recomendados de iluminación en áreas de trabajo educativas y expandir el conocimiento de la luz natural como guía para su buen aprovechamiento.

(Sáez Miguel, 2021) Menciona investigaciones realizadas en diferentes escuelas de España. Además, menciona la luz artificial y natural y cómo pueden influenciar el rendimiento de los alumnos. En la metodología está el análisis de datos, la representación de las zonas vía AutoCAD, la identificación de las amenazas y oportunidades de cada zona. Se basa de un modelo de estrategias de diseño para las aulas, con los dos tipos de luz mencionada antes.

(Vera Mazuelos, 2019) Examinó la similitud entre sistemas lumínicos y las propiedades de cada uno, orientado al desarrollo infantil académico. Hizo una evaluación en niños de cero a seis años. Clasificó los sistemas de iluminación, y su efecto en el desarrollo infantil. Buscó declarar un sistema lumínico resolutivo incitando aspectos de desarrollo. El objetivo es mejorar el entorno en el que los niños son educados. La autora aborda en su metodología, una recolección de datos bibliográficos y análisis de estudios, casos reales en los cuales apoya su investigación. Después, estructuraría la información en fichas de análisis y selección de casos de estudio para analizar y determinar criterios que se emplean comúnmente, explicando parámetros y su propuesta final.

(Monteoliva et al., 2014) Examinó dos aulas con diferente orientación, por los “sistemas de control solar” en Mendoza, Argentina. La metodología fue de develación física y fotométrico “in situ”. Analizó la densidad edilicia, el arbolado y durante el proceso documentó mediante fotos. Como conclusión, determino que la iluminación natural predominó en una sola aula. Gracias a que hubo una gran sobre iluminación, se determinó que al año los resultados serian similares; esto se modifica con el “dispositivo de control solar (DCS)” que se propuso ya que aumenta la iluminación solar y reduce el consumo de electricidad. Se puntualizó la reducción de electricidad, la iluminación de edificios de uso diurno. Como conclusión, se debe agregar una valoración que abarque sistemas que valgan la pena, en cuanto a luz artificial y estrategias de “control solar” orientadas a la comodidad de los usuarios.

(Márquez Vega & Martínez, 2022) Comparte el estudio de la iluminación enfocado a salones de escuela secundaria, en Tucumán, Argentina. Analizó luz natural y artificial al interior, los datos se compararon con la NOM “IRAM AADL J20 06”. Los resultados no llegaron a los parámetros requeridos y finalmente se formularon propuestas que permitirían llegar hacia las propiedades de confort lumínico mínimos cambiando el diseño de ventanas para dejar entrar mayor luz y reducir el consumo eléctrico. La metodología fue con “las mediciones in situ” análisis de distintas graficas de iluminación y energía eléctrica.

(Sara Lía et al., 2022) Presenta un examen del desempeño energético en salones de escuelas primarias en Tucumán, Argentina. Probando propiedades lumínicas, de soleamiento y térmicas con mediciones hechas en el sitio, el proceso se facilitó debido al uso de softwares de reproducción virtual. Se verificó la eficacia de la protección solar a lo largo del año mediante gráficas específicas y programas computacionales, incluyendo datos de humedad y temperatura calculados computacionalmente. Los resultados llevaron a propuestas de mejora, como la consideración de parasoles para bloquear la luz solar directa, aprovechar la radiación solar para calefacción y aumentar la iluminación natural.

(Cisterna et al., 2014) Presenta estudios de iluminación que se realizaron en tres escuelas primarias en Argentina, la escuela García Hamilton y Petrona de Adami, que tuvieron como objeto determinar el estado lumínico y proponer soluciones, el recabar la información se llevó a cabo mediante la selección de salones en combinación a la metodología, fue complementaria, cualitativo-cuantitativo, de análisis y de evaluación, los autores se basaron en factores físico-constructivos de las aulas gracias al revelamiento físico para poder llegar a una conclusión en el estado lumínico. Se utilizó el Luxómetro “Tenmars DL-201”, del lado cualitativo fue hecho por medio del método comparativo constante. Para el revelamiento, se hizo uso de cuestionarios, donde no se generalizaron los resultados. Se realizaron propuestas de diseño para mejorar la iluminación.

(Esquivias Fernández, 2017) Comparte su estudio sobre la iluminación desde el diseño, por ejemplo, explica que la iluminación natural se determina por los espacios

y ventanas, así como la calidad del entorno. Estos elementos cambian la luz natural que ingresa. También entra un poco en detalle hacia el impacto de dicha luz en las condiciones interiores, menciona que, de igual manera se debería de abordar sus ya mencionados efectos térmicos ya que la luz natural entra a través de los huecos o ventanas. La autora destaca que la luz natural reduce el gasto energético.

(Monteoliva & Pattini, 2010) Presenta la evaluación de una escuela primaria en La Paz, Mendoza, se hizo una recopilación de datos y una prueba piloto en uno de los nueve edificios educativos y se describe la clasificación de los salones, la orientación, distribución de la luz solar. Después, se seleccionaron dos aulas del mismo eje, una enfrente de la otra, ya que la luz natural al interior era diferente. En cuanto a la metodología, se seleccionó basado a: “el método morfológico de Baker”. El autor describe indicadores para la variable ventana, para el análisis de “luz natural”. A nivel aula, seleccionaron variables; después generó plantillas, de revelamiento para agilizar procesos y su uso a modo de protocolo. Para comprender cómo se comporta la luz en las aulas, se realizaron mediciones durante una jornada educativa completa, con un cronograma de 10 horas, en turnos de la mañana (8:00 a.m. a 1:00 p.m.) y tarde (2:00 p.m. a 7:00 p.m.), con una diferencia de 1 hora. Para evaluar la luminancia, se midió con sensores fotométricos al interior de las aulas.

(Chávez Valencia et al., 2021), Habla sobre la iluminación y su normatividad, en la Universidad de Guanajuato. Según la investigación, la iluminación en casa-habitación y edificios públicos no presentan niveles adecuados. Esto puede llevar a ciertos problemas de salud. Se hizo la comparativa de los niveles de iluminación y estándares determinados en normativas mexicanas” NOM-025-STPS-2008“y” NOM-007-ENER-2014”. Finalmente, se determinó que la luz natural no es la adecuada y suficiente para actividades visuales, lo que ha llevado a depender de la iluminación artificial. Esto, a su vez, implica el uso de electricidad y como consecuencia hace daño al medio ambiente. Se utilizó un luxómetro con fotodiodo y filtro, cumpliendo con la NOM de la Comisión Internacional de Iluminación. La metodología aplicada fue para determinar niveles de eficiencia energética e iluminación, se basó en las especificaciones de NOM-025-STPS-2008 y NOM-007-ENER-2014.

(Nieto-Vallejo et al., 2021) Habla sobre la importancia de la iluminación dinámica en escuelas con enfoque a iluminación y temperatura de color. Se hizo una prueba con estudiantes de diseño que necesitaban iluminación útil para actividades de dibujo. La metodología fue exploratoria y empírico-analítica, recrearon escenarios lumínicos en un aula de diseño con diferentes condiciones cada una y se evaluó el desempeño de los estudiantes. Ya que se determinaron que hay una mejora en la atención, por un sistema de iluminación dinámica, controlado por una aplicación en una tableta, esta, impacta positivamente en la atención de los estudiantes, siendo más efectivo con iluminancia alta y temperatura de color cálida, mientras que la temperatura fría puede llevar a distracciones y mayor alerta.

(Gómez-Pérez, 2022) El autor destaca la importancia de aprovechar de manera efectiva, enfocado a oficinas. Destacó el vidrio en las fachadas de edificios de oficinas, reconociendo su atractivo estético, pero señalando problemas térmicos y de sobre iluminación cuando se abusa de este material, la luz natural resulta ser beneficiosa para el cuerpo y las actividades diarias, pero subraya la necesidad de permitir su entrada mediante un tipo específico de vidrio. La investigación aborda este tema mediante simulaciones computarizadas del comportamiento lumínico en una oficina, utilizando dos tipos de vidrio con distintas propiedades de transmisión visible. Se emplean software y simulaciones para evaluar la entrada de luz natural, considerando métricas distintas. Se menciona la importancia de certificaciones como "Leed" y "Well" que evalúan la calidad y diseñan para cumplir con estándares específicos. Concluye que, a pesar de la prevalencia de la tecnología, la luz natural es un recurso valioso que los arquitectos deben saber integrar efectivamente en sus proyectos. Destacan que la correcta iluminación natural puede coexistir con los avances tecnológicos para ofrecer soluciones arquitectónicas y urbanas más efectivas, creando entornos interiores cómodos y motivadores para las actividades diarias.

PROBLEMÁTICA

Desde tiempos antiguos, la humanidad ha recurrido a una diversidad de métodos para iluminar y resguardar los lugares en los que habitaban. Hoy, la iluminación es crucial para realizar actividades diarias (Chávez Valencia et al., 2021).

Sin embargo, las personas le hemos dado otros usos a luz natural, por ejemplo, en los espacios de aprendizaje, en el día a día, solemos dedicar la mayor parte de nuestro tiempo a entornos educativos como colegios y universidades (Gil Martín, 2009), pero ¿Cómo influye la luz natural en estos espacios? ¿Se pueden mejorar los espacios dedicados a la educación existentes con la iluminación natural? Si o no y, ¿Cómo? La luz natural radica en cómo se comporta en el espacio y tiene el poder de impactar la construcción arquitectónica desde la etapa de diseño (Guadarrama Gándara & Bronfman Rubli, 2016).

No obstante, la iluminación en escuelas no alcanza niveles útiles (Chávez Valencia et al., 2021). Debido a que, en la actualidad, los arquitectos diseñadores carecen de conocimiento en cuanto a la implementación adecuada de iluminación natural y que esta misma alcance niveles útiles. Puesto que la luz natural no se toma en cuenta desde el diseño, en este proceso se le resta importancia al impacto que tiene hacia el ambiente escolar (Esquivias Fernández, 2017). Esto puede provocar repercusiones en la salud de los estudiantes y también causar interferencias en el proceso de aprendizaje y rendimiento de estos (Chávez Valencia et al., 2021). Sí se privase a una persona del ciclo de luz natural (día-noche) le traería problemas fisiológicos y psicológicos, caso contrario sí se expone a la persona a la luz natural le brindaría sensación de bienestar, además, la luz natural promueve un desempeño continuo (Guadarrama Gándara & Bronfman Rubli, 2016).

La ausencia de una adecuada luz natural en las personas puede traer consecuencias físicas y comportamientos anormales, como afecciones en los ojos tales son la fatiga ocular, pesadez, lagrimeo, inflamación en ojos y parpados, irritación, visión alterada (Nahar et al., 2013). Algunas cefalalgias como: dolores de cabeza ocasional, nula concentración, bajo rendimiento, desánimo, síntomas de fatiga. Son algunas consecuencias debido a la ausencia de la luz natural apropiada, estas pueden afectar el proceso de aprendizaje del usuario (Montero, 2015). Cuando hay luz natural inexistente o bien, se aplica de una mala manera, puede interferir con los ritmos circadianos de los estudiantes, esto podría dañar la calidad del sueño y por lo tanto, su capacidad para absorber y retener información (Sáez Miguel, 2021).

(Warr, 1996), Demostró que las condiciones deficientes en los espacios de trabajo aumentan el estrés de los usuarios y trae consecuencias negativas en el bienestar mental y hasta físico. Se realizó un estudio a 600 usuarios de la “Universidad de Port Harcourt”, es entonces que logró identificar ciertos riesgos como: el calor, exceso de trabajo y la mala ventilación. Los malestares más comunes que se detectaron fueron molestias en la espalda (56%), dolores de cabeza (53,2%) y sensación de cansancio o debilidad (53,2%).

No solo trae consecuencias físicas y psicológicas a las personas, sino que, por mal aprovechamiento, aumenta el uso de luz artificial. Esto refleja un mayor gasto energético y mayor impacto al medio ambiente (Chávez Valencia et al., 2021).

La falta de pautas específicas para el diseño de iluminación en entornos educativos y la ausencia de conciencia sobre los beneficios potenciales de una iluminación adecuada, crea escenarios donde los estudiantes pueden tener repercusiones en su salud y debido al uso elevado de luz artificial, un mayor gasto energético, provocando un impacto al medio ambiente. La investigación busca responder a estas inquietudes al evaluar, con el proceso y herramientas adecuadas, la cantidad de luz que entra hacia las aulas seleccionadas de una escuela; es importante tener en cuenta el gasto energético de lámparas. Con las mediciones que se hagan se podrán comparar si los resultados obtenidos cumplen con las normativas establecidas y determinar si están dentro de los porcentajes recomendados de iluminación para aulas educativas. Al arrojar luz sobre esta problemática, se espera dar a conocer la situación de las aulas de la Escuela de Arquitectura, para que, en un futuro, pueda abordarse con intervenciones de diseño.

JUSTIFICACIÓN

El rendimiento académico se ha convertido en un indicador crucial en la trayectoria hacia el éxito educativo (Sáez Miguel, 2021), las aulas de los edificios escolares son el principal escenario del proceso de aprendizaje. La calidad de estas aulas es fundamental, ya que influye significativamente en el confort de un espacio (Márquez Vega & Martínez, 2022).

En la calidad educativa proporcionada por las escuelas, se debe considerar la evaluación de los espacios y su idoneidad para crear entornos educativos viables. Estos espacios deben cumplir con condiciones adecuadas de comodidad física, bienestar mental y seguridad. En cuanto a la comodidad en espacios interiores, factores como la iluminación y las condiciones térmicas son especialmente influyentes en el rendimiento de los estudiantes (Márquez Vega & Martínez, 2022).

Estudios anteriores muestran que la iluminación natural impacta de manera grata en la eficiencia de las personas, lo cual se traduce en un mejor rendimiento académico para los estudiantes. Ya que la iluminación natural contribuye positivamente a la salud, entre sus beneficios está: prevenir molestias oculares y actuar como medida preventiva y curativa ante problemas como el insomnio y la fatiga (Nahar et al., 2013). Esto se debe a que nuestro cuerpo responde de manera favorable a la luz del sol. Por desgracia, pasamos la mayor parte del tiempo en ambientes cerrados con deficiencia de luz natural (Sáez Miguel, 2021). Se estima que la productividad de los usuarios en un ambiente de trabajo puede subir hasta un 5% con una iluminación útil (Montero, 2015).

Otro estudio nos habla sobre 21,000 estudiantes a quienes se les realizaron pruebas, para verificar su rendimiento, y quienes se sometieron a ellas bajo la luz diurna progresaron un 20% en ejercicios matemáticos y aproximadamente un 26% en ejercicios de lectura en comparación a quienes realizaron las pruebas con menos luz de día (Vera Mazuelos, 2019).

También trae consigo beneficios ambientales, como el ahorro de energía, gracias al uso y aplicación de una iluminación natural correcta, puesto que se puede ahorrar entre el 26% hasta el 43% de energía eléctrica, (Comité Español de Iluminación. et al., 2005) y hasta un 90% en edificios escolares y residenciales (Pattini, 2006), al aprovechar al máximo posible la luz del sol, se pueden reducir costos financieros debido al uso de energía eléctrica (Guadarrama Gándara, 2021).

Es entonces, que la iluminación natural conduce a formar un ambiente confortable (Comité Español de Iluminación. et al., 2005). En un informe hecho por

la "PARA" muestra que el 75% de consumo energético es gracias al uso de la luz artificial en edificios educativos (Sara Lía et al., 2022).

La investigación busca analizar y evaluar la iluminación natural de las aulas escolares seleccionadas de la Escuela de Arquitectura U.T. también pretende evaluar el consumo energético derivado del uso de luz artificial, así como determinar si los estándares útiles de iluminación natural son los correctos, ya que es un factor que contribuye al rendimiento académico de los alumnos, pues la luz brinda el buen desarrollo de los usuarios. Esta investigación ayudará a arquitectos y/o diseñadores que, junto a futuros proyectos e investigaciones relacionadas, podrán considerar estrategias de solución al problema de la insuficiencia de iluminación natural.

HIPÓTESIS

La iluminación natural en las aulas escolares seleccionadas de la Escuela de Arquitectura no cumple con los parámetros adecuados para espacios educativos, lo que afecta las condiciones adecuadas de iluminación y, además, resulta en un aumento del consumo energético, por lo tanto, en un mayor impacto ambiental.

OBJETIVO GENERAL.

Evaluar la iluminación natural en los espacios seleccionados, mediante mediciones experimentales y simulaciones en Radiance, así como probar estrategias para mejorar la iluminación natural.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Seleccionar las aulas que se someterán a evaluación.
2. Proyectar cada aula seleccionada en 2D, con ayuda de softwares de diseño (AutoCAD).
3. Realizar el proceso de acuerdo con la norma establecida, con el uso de Luxómetro y simulaciones para determinar las cantidades de luz natural en cada aula afectada, así como la iluminación artificial.

4. Generar representaciones visuales, tales como gráficos para representar las zonas de la Escuela.
5. Comparar los datos obtenidos con las normas legisladas y determinar si estas cumplen con los parámetros óptimos de iluminación en espacios educativos.
6. Proponer estrategias de mejoramiento que cumplan con las regulaciones específicas para determinar el máximo provecho de la luz natural en el espacio analizado.
7. Evaluar las propuestas de mejoramiento, mediante los resultados.

Capítulo 2

MARCO REFERENCIAL

MARCO CONCEPTUAL

La iluminación, es un elemento esencial que influye de manera significativa en el entorno educativo y en el confort lumínico de un espacio, este marco conceptual se adentra en los términos que abarcan la iluminación natural.

El confort lumínico refleja los niveles de luminancia y permite que las personas lleven sus actividades diarias normalmente (Haro et al., 2011). Se alcanza cuando el ojo humano puede realizar tareas como leer o visualizar objetos táctiles sin dificultades ni estrés (Pattini, 2006).

La luz solar, proviene del sol y constituye un componente constante en la rutina diaria de las personas. La ciencia ha validado la relevancia de la luz natural generada por la radiación solar, que no solo posibilitó la existencia, sino que también es fundamental para preservarla. Esta luz natural es responsable de la distinción entre el día y la noche, y a lo largo del tiempo, los seres humanos se han ido ajustando gradualmente a sus ciclos (Guadarrama Gándara, 2021).

La **luz natural** facilita el funcionamiento adecuado del cuerpo y el rendimiento diario, especialmente en entornos escolares donde se realizan muchas tareas y permanecen mucho tiempo (Andrade, 2021).

La luz natural tiene tres características principales: flujo difuso, directo y global. El **flujo difuso** proviene del cielo, principalmente de la luz dispersa por la atmósfera, con una contribución menor de la corona solar. Este tipo de luz resulta de la dispersión, absorción y reflexión de los rayos solares, y su disponibilidad varía según las condiciones atmosféricas, el tiempo y la ubicación geográfica (Guadarrama Gándara, 2021).

Entonces, los rayos que atraviesan nuestra atmosfera llegan porque no fueron dispersados, absorbidos ni tampoco reflejados, a esto se le llaman **flujo directo**, las repercusiones de los rayos solares varía según el día, año y latitud de cada lugar (Guadarrama Gándara, 2021).

El **flujo global** se origina al combinar la luz difusa, que proviene del cielo debido a la dispersión, absorción y también a la reflexión de los rayos del sol. En resumen, el flujo global es la suma de ambas fuentes de luz solar (Guadarrama Gándara, 2021).

La luz natural es importante en la regulación del **ciclo circadiano**. Este ciclo es esencial para mantener el equilibrio físico y psicológico en las personas (Arias Orozco et al., 2004).

Un **ambiente luminoso** es entendido como la iluminación en relación con sus efectos fisiológicos y psicológicos (Arias Orozco et al., 2004).

La luz solar dispersa, es la que se refleja por objetos de espacio en el exterior, ósea lejos de la atmosfera, esta no se considera como luz diurna, el claro de luna no se considera luz diurna, solamente luz solar indirecta. El periodo en el que la luz diurna está presente solo durante el día (Hodgson Cuadra, 2015).

Factor de luz diurna se refiere a la cantidad de iluminación que entra a un sitio en un punto determinado. Este tipo de iluminación proviene directa o indirectamente del cielo o del sol. Es una medida que indica cuánta luz natural se

compara con la exterior total en un lugar determinado, para estudiarse en espacios se debe considerar el porcentaje de iluminación del exterior y el que se aprovechara en el interior (Arias Orozco et al., 2004).

En términos simples, **la iluminación** es el resultado de proporcionar luz, además, implica el uso de dispositivos para crear efectos luminosos, ya sea con propósitos prácticos o decorativos. El objetivo principal es lograr un nivel adecuado de iluminación, conocido como **iluminancia**, adaptado según lo que se realizará en cada espacio. Este nivel de iluminación dependerá de las necesidades y usos previstos por los usuarios (Gil Martín, 2009).

La fotometría es la medición de las cantidades relacionadas a la radiación, la cual es evaluada referentemente a su función espectral luminosa eficiente (Arias Orozco et al., 2004).

La iluminación artificial es la radiación electromagnética que podemos percibir con nuestros ojos (Paz, 2022).

La eficiencia energética (EE) es el resultado de la energía y la cantidad total de energía empleada en ese proceso. En esencia, busca maximizar la producción o el rendimiento usando lo mínimo de energía, como resultado reduce costos y los impactos ambientales (Tapia Guillen et al., 2023).

MARCO TEÓRICO

La iluminación en general es un aspecto fundamental que impacta directamente en el desarrollo de actividades del ser humano, aterrizado a las escuelas, la iluminación es primordial en cuanto al confort lumínico en donde las personas se desarrollan (Pacheco Ochoa et al., 2021). A pesar de su importancia, la iluminación, tanto natural como artificial, a menudo es subestimada en el diseño de edificaciones escolares, lo que puede llevar a diversas problemáticas, como el impactar negativamente el confort lumínico y aumentar el consumo energético (Sara Lía et al., 2022). En este marco teórico, se explorarán los conceptos fundamentales

lumínicos y sus beneficios, así como los efectos de la luz natural en cuanto al confort lumínico.

LA LUZ.

Es un elemento fundamental al pensar en un espacio, ya sea proveniente de fuentes naturales o artificiales. Sus características, como la intensidad, el tipo (natural o artificial), el esquema de color, las variaciones y la orientación de la estructura, son importantes para determinar las condiciones útiles en el entorno ya que influyen en cómo se percibe un espacio, de esto depende si el espacio resulta agradable o incomodo (Vera Mazuelos, 2019).

La luz desempeña un papel crucial en la regulación de nuestro ritmo circadiano, afectando directamente nuestro estado de ánimo y nuestra capacidad para llevar a cabo actividades diarias. Cuando la iluminación en un entorno familiar es deficiente, puede resultar en falta de concentración, desánimo, estrés e incluso depresión. Por otro lado, una iluminación adecuada conlleva beneficios positivos (Vera Mazuelos, 2019).

Para utilizar correctamente este elemento en la arquitectura, es necesario contar con conocimientos previos sobre la disponibilidad de luz exterior. Esto incluye la duración de la luz diurna según las horas del día y las estaciones del año, el tipo de cielo característico de la región, y las características de las superficies terrestres (Arias Orozco et al., 2004). Además, se deben considerar otros factores como la presencia de plantas y edificios en el entorno. Todos estos elementos influyen en la iluminación natural y trabajan conjuntamente para facilitar la entrada de luz (Esquivias Fernández, 2017).

LA LUZ EN LA NATURALEZA

Para comenzar a entender los fenómenos físicos de la luz, es esencial conocer sus repercusiones en la fisiología humana. Estas repercusiones determinan las condiciones necesarias para un rendimiento visual óptimo en relación con los distintos componentes de la iluminación natural (Esquivias Fernández, 2017). Los elementos desglosados a continuación son fundamentales para asegurar que el usuario disfrute de un confort adecuado (Sara Lía et al., 2022).

LA LUZ EN EL DESARROLLO VISUAL

La luz juega un papel crucial en el funcionamiento adecuado del sistema visual humano, el cual abarca tanto el ojo como el cerebro. De acuerdo con un análisis detallado del sistema visual y sus parámetros relacionados con el desarrollo visual, se observa que la luz ingresa inicialmente a través de la pupila, conocida comúnmente como el iris en un diagrama de colores. El tamaño de la pupila está influenciado por diversos factores, como la respuesta pupilar a la luz, la cantidad y la intensidad lumínica, los cuales afectan nuestra percepción y sensación en el entorno visual. Además, la distancia a la que se enfoca el ojo, el espectro de la fuente de luz y su composición espectral también son un aspecto considerable cuando percibimos el entorno visual. Cabe destacar que el estado de ánimo humano puede influir en estos procesos perceptivos (Arias Orozco et al., 2004).

En términos de confort visual, se debe de tomar en cuenta la configuración de las fuentes de luz disponibles hacia una respuesta de la retina. Esta misma experimenta adaptaciones significativas dependiendo de la cantidad de luz que tenga: Al haber una menor cantidad de luz, (Figura 2.1) la pupila llega a dilatarse y esto ayuda a que exista mayor entrada de luz, mientras que, en ambientes muy iluminados, se contrae para reducir la cantidad de luz. Este proceso de adaptación es crucial para mantener una percepción visual adecuada y evitar la fatiga ocular (Soto, L., Morales, 2016).

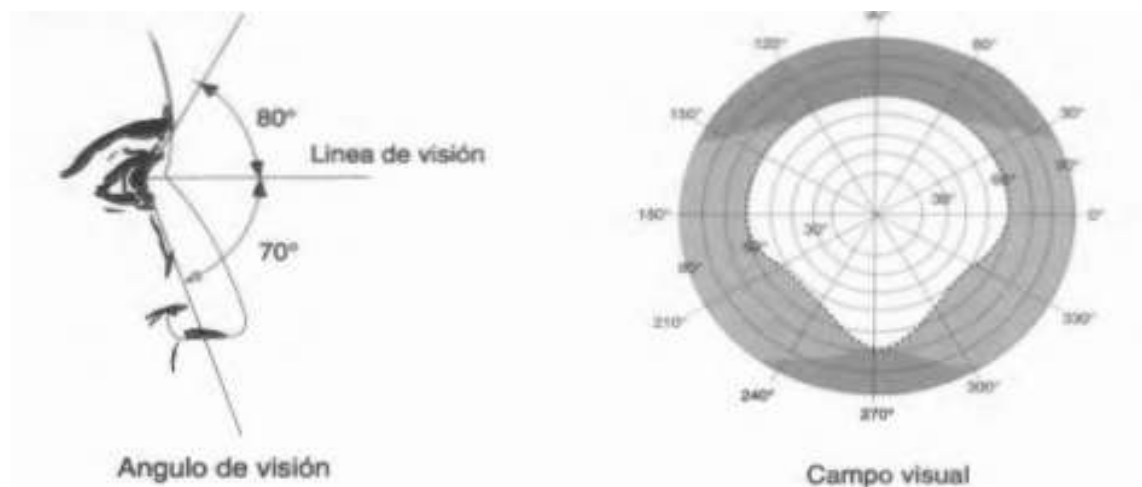


Figura 2.1. Ángulo de visión y campo visual

EL CAMPO VISUAL

La ubicación de los objetos es importante si se quiere tener un ángulo visual cómodo, ya que el campo visual humano abarca diferentes ángulos y perspectivas. Llega un momento en el que el ojo se acostumbra a la luz del espacio, entonces, las áreas más iluminadas pueden causar una sobre iluminación más intensa en comparación con las zonas menos iluminadas, lo que se traduce en sombras más pronunciadas. Este proceso de adaptación, que depende del tiempo de exposición, se ve influenciado por diversos factores. Además, el desarrollo visual, que permite realizar diversas tareas y percibir objetos, está influenciado por el contraste entre el objeto y la luz del entorno (Sánchez Almaraz et al., 2021).

LA FUNCIÓN DE LA ILUMINACIÓN

La gran mayoría de la información que recibimos, alrededor del 80%, llega a nosotros a través de la vista. La visión no se limita a una simple recepción de la luz que proviene de los objetos; proceso constantemente sometido al cambio visual es activamente procesada en la retina y luego transmitida al cerebro a través del nervio óptico. Esta estrecha relación entre la luz y el sistema visual humano es fundamental para nuestra capacidad de percibir y comprender el entorno que nos rodea (Paz, 2022).

LUZ EN LA ARQUITECTURA

Una de las metas fundamentales es crear un confort lumínico, esto es el poder leer u observar de manera rápida y sin distracciones (Arias Orozco et al., 2004). Para alcanzar este confort, es crucial contar con una iluminación apropiada, un esquema de colores adecuado y evitar interiores oscuros en la medida de lo posible. Además, es importante proveer el espacio con ventanas de tamaño adecuado para mantener una conexión adecuada con el exterior. Estos elementos combinados contribuyen significativamente a crear un entorno visualmente confortable y funcional (Pattini, 2006).

CONFORT LUMÍNICO

El confort engloba ciertos aspectos como el bienestar emocional, fisiológico y psicológico de las personas, sin embargo, el alcanzar este estado de bienestar

requiere de vivir en armonía con el contexto natural, construido, el social, etc. La arquitectura aunada al confort es fundamental ya que la mayoría de las actividades del día a día, se llevan a cabo en espacios construidos, las características térmicas, acústicas, lumínicas, estéticas y funcionales son importantes para el confort de los usuarios durante su día a día y que realmente los espacios si cumplan su cometido (Valerdi Nochebuena et al., 2010).

Dentro de los factores que contribuyen al confort, la iluminación se destaca como uno de los más importantes y complejos de controlar. El confort lumínico es detectado a través de la percepción visual, pero vale la pena mencionar que el confort lumínico en su mayor aspecto abarca los tres aspectos de la luz, mientras que, en uno más reducido, se enfoca en el sentido espacial y los objetos que rodean al usuario (Borja Reyes, 2017).

CONFORT VISUAL

Para garantizar un confort visual adecuado y crear entornos con una iluminación eficiente, es crucial tener en cuenta varios parámetros. Estos incluyen la agudeza visual, la capacidad visual y el contraste. La sensibilidad de nuestros ojos varía según la cantidad de luz y los colores presentes en el ambiente, tanto de día como de noche (Gómez-Pérez, 2022).

LA LUZ NATURAL

Desde una perspectiva cualitativa, la luz representa una herramienta vital que nos permite adaptarnos a medida que crecemos. Numerosos estudios han destacado su importancia en la etapa infantil del desarrollo humano, ya que contribuye a regular tanto el equilibrio físico como emocional. Así como la luz puede iluminar un espacio físico, también influye en nuestra evolución psicológica y emocional (Comité Español de Iluminación. et al., 2005).

Además, la combinación de una temperatura de color más alta (entre 6000 y 20000 °K) y un espectro continuo en la luz natural facilita una reproducción de colores más fiel a la realidad. Esto se contrasta significativamente con la iluminación artificial, que puede presentar variaciones notables en las tonalidades de color. En

conjunto, estos aspectos resaltan la influencia única y multifacética de la luz en nuestras vidas, física y emocionalmente (Arias Orozco et al., 2004).

La cantidad de luz no es el único factor relevante para asegurar un confort visual útil; otros aspectos como la dirección de la luz y su capacidad para crear sombras y contrastes también son fundamentales (Monteoliva & Pattini, 2010).

FUENTES DE LUZ

De igual manera como las diferentes tipologías de lámparas forman parte de la iluminación eléctrica, el cielo y nuestro sol son lo que forman las fuentes de luz. Es entonces que la luz natural indirecta o directamente, repartida por nuestra atmósfera es reflejada por las superficies ya sean naturales o artificiales. La luz solar indirecta es la que llega hacia muros, pisos, cielorrasos, etc.... Esto varía dependiendo el clima, por ejemplo, en climas más soleados, esta fuente de luz se considera como un aporte mayor hacia la iluminación natural, y se complementa con superficies que puedan reflejar en mayor cantidad dicha luz, pues la reflejan y la dirigen hacia los techos y los muros, mejorando la distribución. La de carácter difuso es una fuente de luz que se distribuye de manera uniforme en diversas direcciones. Este tipo de luz proviene de la bóveda celeste, creando una iluminación equilibrada en diferentes áreas (Pattini, 2006).

SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

Es lo que se usa para iluminar con luz natural ya sea en una construcción o edificio. La distribución, calidad y cantidad depende del comportamiento en grupo, la ubicación de ventanas y superficie de las áreas (Comité Español de Iluminación. et al., 2005).

Se utilizan para: Iluminación lateral: La luz entra por medio de una ventana de un muro lateral, entonces la iluminancia del sitio o del área de trabajo con mayor cercanía a la abertura es mayor. Si nos moviéramos, la cantidad de iluminación directa baja con rapidez y la proporción es la reflejada y la difusa (luz indirecta) crece.

Iluminación cenital: Mayormente es utilizada en lugares donde predominan los cielos nublados, el área de trabajo se ve iluminada directamente comenzando en la parte con mayor luminosidad de los techos, como se aprecia en la Figura 2.2(a) también se observa la distribución de ventanas. Esta proporción indirecta no suele sobrepasar el 25% (Comité Español de Iluminación. et al., 2005).

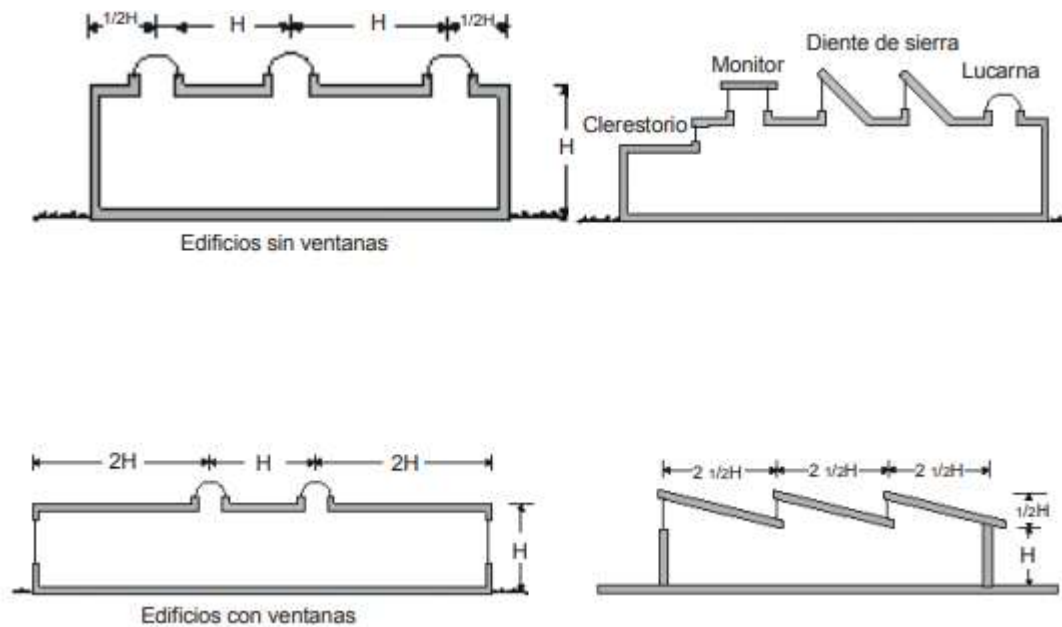


Figura 2.2. (a) Iluminación cenital, (b) Iluminación combinada.

Iluminación combinada: Hay aberturas o huecos en muros y losas por igual. Aunque no está dividida en muros y techos, cabe recalcar que cuando la abertura es menor a 2.5 m se considera lateral pero mayor a este número es iluminación cenital, en la Figura 2.2(b) se aprecia cómo se distribuye en el espacio con aberturas combinadas.

INFLUENCIA PSICOLÓGICA

La atmósfera emocional es cuando las emociones y sentimientos arrojan un resultado. Existen diversos factores naturales que influyen como las estaciones, el tiempo y el entorno visual. En este último destaca la conexión del exterior con el contacto visual. Es de suma importancia que la luz natural en los sitios de trabajo se aplique de manera cómoda y útil para los usuarios, para que puedan aceptarla (Comité Español de Iluminación. et al., 2005).

VENTAJAS DE LA LUZ DEL DÍA

La luz de día presenta beneficios de carácter biológico, psicológico y físico, tales son:

Biológicos: Regula el ritmo circadiano, contribuye a mantener un patrón de sueño regular y puede ser beneficioso en el tratamiento de ciertas enfermedades. También ejerce un impacto positivo en el estado emocional y facilita el desempeño útil en diversas actividades diarias (Muñoz González, 2019).

Psicológicos: Ayuda a disminuir la baja atención, el desánimo, falta de concentración, baja productividad, sensaciones de cansancio y debilidad (Muñoz González, 2019).

Físicos: Ayuda a aliviar una variedad de síntomas, como malestar e hinchazón en los párpados, problemas de visión, cansancio ocular, sensación de pesadez, lagrimeo, visión distorsionada e irritación (Muñoz González, 2019).

EFFECTOS TÉRMICOS

En la carga térmica de los edificios influyen las ventanas y los sistemas de iluminación que este tenga. Es entonces que el buen uso de este recurso que brinda la naturaleza tal es, la luz natural, puede ayudar a reducir las ganancias de calor en una construcción de cualquier tipo, esto es gracias a los “lúmenes por vatio” finalmente ahorrando energía de refrigeración (Comité Español de Iluminación. et al., 2005).

EFFECTOS ECONÓMICOS

En aspectos económicos, es un aporte a la reducción del uso eléctrico, ayudando a reducir alrededor de un 10% de electricidad en una vivienda y entre un 20-30% en edificios de oficina (Muñoz González, 2019).

Según la SEMARNAT, en nuestro país el 76.6% corresponde a instalaciones en el sector eléctrico, mientras que el 23.4% es para otras fuentes, sector público un 0,6% e hidroeléctricas presentan el 19.4% (Herrera Flores, 2011).

RAZONES PARA OPTAR POR LA LUZ NATURAL

Ya que proviene del sol, se considera directamente del sol o indirectamente a través del cielo y se considera una fuente de energía renovable. Conduce hacia un ahorro de energía. Cuando un lugar se planifica adecuadamente en términos de iluminación natural, logra satisfacer los niveles útiles de iluminación interior para diversas tareas y actividades visuales, generalmente entre el 60% y el 90% de las horas de luz natural disponibles durante el día. Esto puede resultar en un ahorro significativo de energía eléctrica, especialmente en edificaciones diurnas como escuelas, donde el potencial de ahorro puede alcanzar hasta el 90% (Pattini, 2006)

La iluminación natural es dinámica. Ya que varía a lo largo del día y a lo largo de las estaciones, lo que implica que la visión humana se adapta a estos cambios. Estos cambios son estimulantes y contribuyen a una experiencia visual placentera.

La iluminación natural integra elementos que dan beneficios biológicos y psicológicos. Al hacer visible el exterior, establece una conexión con el entorno circundante, lo que, por ejemplo, incluye las condiciones del cielo. Este efecto se refleja positivamente, generando una experiencia agradable. La iluminación natural brinda niveles de iluminancia mayores. En una considerable parte del año, dependiendo de la zona, la iluminancia de luz eléctrica es similar a las obtenidas por iluminación natural, de aproximadamente 1000 lx, además la luz del día genera menos calor que la luz artificial (Pattini, 2006).

Debe existir y mantenerse una balanza entre la luz solar y la artificial en cuanto a su uso, ya que contribuye a crear un entorno más cómodo y confortable. Una luz útil en un lugar de trabajo ayuda a que los efectos de la fatiga visual sean mínimos (Arias Orozco et al., 2004).

LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética busca el mayor rendimiento de la energía consumida sin llegar a impactar al medio ambiente. Ya que se busca llegar al método de evaluación correcto para analizar y evaluar la eficiencia energética de una construcción o edificio, debido al consumo relacionado a la iluminación natural, es importante considerar ciertas cosas. Para que los beneficios se vean reflejados al

ahorro de dinero, se deben aplicar métodos que brinden seguridad para llegar hacia el ahorro de energía. Cuando los beneficios dañan al usuario no deben considerarse, es entonces que estas evaluaciones económicas limitan los beneficios reales del ahorro energético. Para hacer estimaciones futuras de ahorro energético por año, sobre luminancia artificial, hay que conocer las condiciones del cielo cuando el edificio está ocupado es decir en uso. Las proyecciones marcadas en observatorios sobre las condiciones del cielo nublado y despejado son un método muy usado (Arias Orozco et al., 2004).

El método desarrollado por Robbins y Hunter es el siguiente: Se toman en cuenta los 365 días del año, por cualquiera de las 12 jornadas de trabajo más comunes, después se hacen combinaciones de los tres horarios laborales iniciales, (7:00, 8:00, 9:00) y los de la hora final (16:00, 17:00 y 19:00) en los Estados Unidos (Arias Orozco et al., 2004).

El factor de luz diurna se expresa en porcentaje: $FDL (\%) = E_{int} / E_{ext} * 100\%$. El apartado (E_{dis}) representa cuanta iluminancia es utilizada por el diseñador, entonces se puede determinar un sistema de iluminación adecuado para algún espacio en cuestión, puede incluirse los sistemas de iluminación artificiales y naturales. Véase la figura 2.3, periodo laboral gráficamente, de 8:00-18:00h (Arias Orozco et al., 2004).

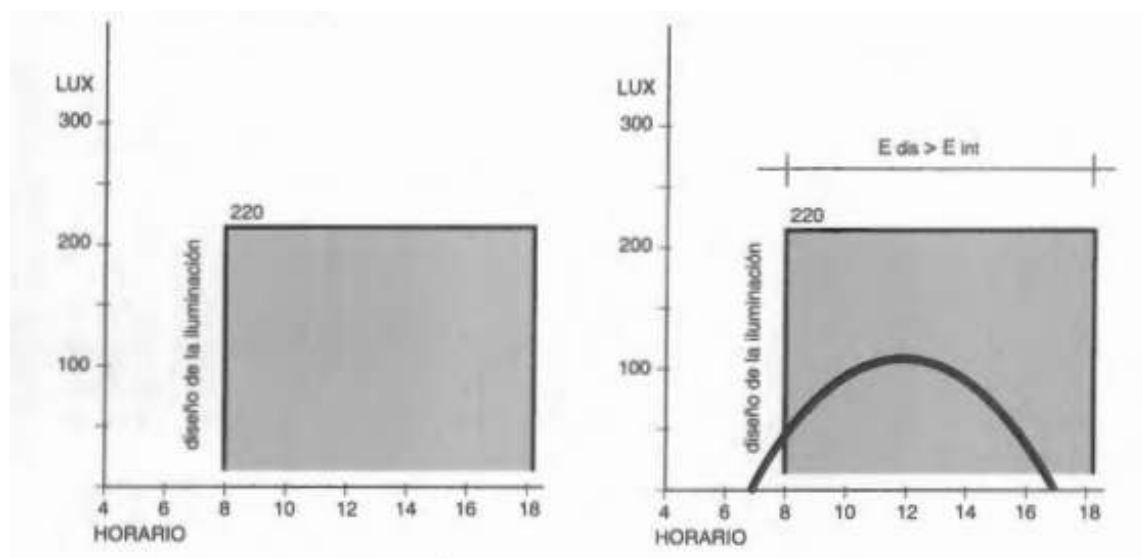


Figura 2.3. La iluminación en un horario de trabajo de las 8:00-18:00 h.

Luego, se debe despejar la ecuación antes mencionada, para determinar la iluminancia en el interior si es que ya se conoce el total de iluminación natural disponible (FDL) y la iluminancia del exterior, y queda así: $(E_{int}) = (E_{ext}) * DF/100$ (Arias Orozco et al., 2004).

MARCO NORMATIVO

El marco normativo de esta investigación establece los lineamientos fundamentales que regulan las condiciones de iluminación en espacios arquitectónicos, con especial énfasis en ambientes escolares. Estas normas buscan garantizar que los niveles de iluminación cumplan con parámetros que promuevan la salud, el bienestar y el desempeño adecuado de los usuarios. Al analizar las disposiciones legales aplicables, se pueden identificar criterios esenciales que guían el diseño y la evaluación de espacios interiores, asegurando su funcionalidad y habitabilidad conforme a los estándares establecidos en México.

NORMAS MEXICANAS.

“NOM-025-STPS-2008.” “CONDICIONES DE ILUMINACIÓN EN LOS CENTROS DE TRABAJO, AULAS ESCOLARES”.

Esta norma establece los límites mínimos de iluminación en áreas laborales y educativas, asegurando condiciones visuales seguras y confortables para los usuarios. Su principal propósito es evitar riesgos para la salud visual, promoviendo entornos laborales y escolares más seguros en todo el país (SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL, 2008).

Niveles de iluminación para espacios de trabajo.

Para garantizar un entorno visual adecuado, la norma especifica niveles mínimos de iluminación que deben cumplirse en los distintos espacios. Estos niveles están relacionados con las actividades específicas realizadas en cada área y se encuentran descritos en dicho documento. La norma indica que para talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas, los niveles mínimos serían de 300 luxes. La NOM-025-STPS-2008 establece un procedimiento para evaluar las condiciones de iluminación en espacios de trabajo. Se divide en dos etapas principales: El reconocimiento y la evaluación de la iluminación.

1. Reconocimiento: Consiste en analizar las áreas laborales y las tareas visuales que se realizan en ellas. Su propósito es identificar tanto deficiencias en la iluminación como niveles excesivos que puedan causar un deslumbramiento. Para ello, se inspeccionan los espacios considerando la distribución de luminarias, la potencia de las lámparas, las características del entorno y la percepción de los usuarios sobre la calidad de la iluminación.

2. Evaluación de la iluminación: Con base en la información recopilada, se mide la iluminación en los espacios de trabajo siguiendo las especificaciones técnicas de la norma. Se consideran factores como la reflexión de la luz en superficies y su impacto en las condiciones visuales. Los resultados se comparan con los valores de referencia para determinar si el entorno cumple con los estándares adecuados, asegurando así que las actividades se realicen con comodidad y eficiencia. Además de implementar estrategias de mejora o de control según sea el caso.

La metodología de medición descrita en el Apéndice A de la norma establece que:

Cuando exista influencia de luz natural, se deben realizar tres mediciones por punto en una misma jornada, correspondientes al inicio, la mitad y el final del turno. Las mediciones se efectuarán en puntos representativos del área evaluada. En recintos regulares y con iluminación uniforme, el centro geométrico puede ser considerado como punto de referencia principal. Si el valor obtenido en ese punto representativo se encuentra por debajo del nivel mínimo establecido, se considera que el área no cumple con la norma, ya que es probable que otras zonas presenten igual o menor iluminación (SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL, 2008).

3. Control y mantenimiento:

Si los resultados de la evaluación evidencian deficiencias en la iluminación, se deben tomar medidas correctivas para garantizar un entorno visual útil. Si los niveles de iluminación son insuficientes, se pueden realizar ajustes en el sistema lumínico, como redistribuir luminarias, dar mantenimiento a los equipos o instalar nuevas fuentes de luz. Una vez implementadas las mejoras, es indispensable llevar a cabo

una nueva evaluación para confirmar que se cumplen los requisitos normativos (SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL, 2008).

4. Mantenimiento:

El correcto funcionamiento de las luminarias depende de acciones como limpieza regular, ventilación adecuada y reemplazo oportuno de los equipos en mal estado.

5. Reporte del estudio:

Debe elaborarse un informe detallado que incluya la información obtenida en la fase de reconocimiento y evaluación, junto con datos como la distribución del espacio, los resultados obtenidos, la comparación con los valores normativos, la hora de las mediciones y el plan de mantenimiento (SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL, 2008).

Con el propósito de identificar los espacios con mayor deficiencia lumínica y optimizar el tiempo de modelado y simulación, se realizó una medición preliminar en el centro geométrico de cada aula y taller evaluado. Según el Apéndice A de la NOM-025-STPS-2008, cuando el espacio es regular y presenta iluminación uniforme, el punto central puede considerarse representativo para la verificación (SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL, 2008).

La norma establece que para actividades de enseñanza general el nivel mínimo de iluminación debe ser de 300 lux sobre el plano de trabajo (SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL, 2008). Asimismo, cuando exista influencia de luz natural, se deben efectuar tres mediciones en el mismo punto durante la jornada: al inicio, a la mitad y al final del turno. En este estudio, las mediciones se realizaron a las 07:00 h, 13:00 h y 19:00 h, con el fin de registrar la variación de la iluminancia a lo largo del día.

Si en el punto central, que suele recibir uno de los niveles más altos de iluminancia en el espacio, se obtiene un valor por debajo del mínimo normativo, es razonable concluir que otras zonas del aula presentan igual o menor nivel de iluminación. Por este motivo, se utilizó esta metodología como herramienta de diagnóstico para clasificar y comparar los espacios evaluados.

"NOM-007-ENER-2014" EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA SISTEMAS DE ALUMBRADO EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES.

Para el diseño de edificaciones sostenibles, la eficiencia energética en los sistemas de iluminación es un factor clave. La NOM-007-ENER-2014 establece los requerimientos técnicos que deben cumplir estos sistemas en términos de Densidad de Potencia Energética para el Alumbrado (DPEA), con el propósito de optimizar el consumo eléctrico en inmuebles no residenciales. Esta normativa se aplica a diversos tipos de edificaciones, incluyendo escuelas, oficinas, comercios, hospitales, hoteles, restaurantes, almacenes, espacios recreativos y culturales, talleres y terminales de transporte. Su implementación contribuye a un uso más eficiente de los recursos energéticos, promoviendo la sustentabilidad en el sector de la construcción (SECRETARIA DE ENERGIA, 2014).

Las especificaciones de los valores de densidad de potencia eléctrica con lo que se debe de cumplir en cuanto a alumbrado interior en escuelas y demás centros docentes se muestran en la Tabla 3.

Escuelas y demás centros docentes	DPEA (W/m2)
Escuelas o instituciones educativas	14
Oficinas	12

Tabla 3. Niveles de DPEA requeridos en escuelas.

INSTITUTO NACIONAL DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EDUCATIVA (INIFED)

El Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INIFED) es el organismo responsable de establecer, coordinar y supervisar los estándares para la planeación, diseño, construcción y mantenimiento de la infraestructura escolar en México. Establece lineamientos para el diseño de sistemas de iluminación natural y artificial en entornos escolares. Para mejorar el aprovechamiento de la luz natural en espacios educativos, se deben considerar varios factores:

- Ubicación y tamaño de las ventanas: Su diseño debe maximizar la entrada de luz sin generar deslumbramiento.

- Obstrucciones externas: Elementos como edificaciones cercanas o vegetación pueden influir en la cantidad de luz que ingresa al espacio.
- Variabilidad de la iluminancia: Los niveles de luz natural cambian a lo largo del día, alcanzando valores de entre 1000 y 3000 lux, dependiendo de la orientación del edificio y la temporada del año
- Ángulo de penetración solar: Se deben considerar estudios de soleamiento para evaluar cómo la luz entra en las aulas durante diferentes épocas del año.

Estos criterios buscan garantizar condiciones óptimas de iluminación que favorezcan el aprendizaje y el bienestar de los estudiantes (Secretaría de Educación Pública, 2022).

Además de la ubicación de las ventanas y las obstrucciones externas, las características de las superficies interiores influyen en la distribución de la iluminación dentro de un espacio.

- Plafones y paredes: Funcionan como superficies reflectantes que ayudan a difundir la luz de manera uniforme, reduciendo sombras y mejorando la eficiencia del sistema de iluminación.
- Piso: Aunque es el reflector más eficiente, debe evitar acabados brillantes para minimizar reflejos excesivos que puedan generar deslumbramiento.

El diseño adecuado de estos elementos contribuye a mejorar la calidad lumínica en los espacios educativos, optimizando tanto la luz natural como la artificial. Los valores de luz reflejada para estos elementos se muestran en la tabla 5 y los porcentajes de los colores que las superficies reflejan en la tabla 6 (Secretaría de Educación Pública, 2022).

VALORES DEL PORCENTAJE DE LUZ REFLEJADA	
PLAFÓN	75%
MUROS	55%
MOBILIARIO	50%
PIZARRONES	20%

Tabla 5. Valores del porcentaje de luz reflejada.

PORCENTAJE EN COLORES QUE LAS SUPERFICIES REFLEJAN	
COLOR	Porcentaje
BLANCO	75%
AMARILLO CLARO	60%
VERDE CLARO	50%
ROSA	45%
AZUL CLARO	40%
GRIS CLARO	35%
NARANJA	25%
GRIS	20%
VERDE OSCURO	10%
ROJO OSCURO	10%
AZUL OSCURO	10%
NEGRO	0 a 3%

Tabla 6. Porcentaje en colores que las superficies reflejan.

Es fundamental complementar la iluminación natural con un sistema artificial que cumpla con los estándares de cantidad y calidad de luz. Los niveles mínimos recomendados deben considerar la agudeza visual, el confort y la edad de los usuarios, ya que la necesidad de luz aumenta con la edad. Por ejemplo, para la lectura de un libro con buena impresión, se estima que: a los 40 años, se requieren aproximadamente 400 lux.

A mayor edad, la demanda de luz incrementa proporcionalmente, asegurando un ambiente adecuado para el desempeño visual (Ver Tabla 7) (Secretaría de Educación Pública, 2022).

AUMENTO DE LUZ NECESARIA POR EDAD

EDAD	NECESIDAD DE LUZ (LUXES)	NECESIDAD DE LUZ (LUXES)
A LOS 10 AÑOS	1/3	133
A LOS 20 AÑOS	1/3	200
A LOS 30 AÑOS	2/3	266
A LOS 40 AÑOS	1	400
A LOS 50 AÑOS	2	800
A LOS 60 AÑOS	5	2000

Tabla 7. Aumento de luz necesaria por edad.

Por lo tanto, se derivan las siguientes recomendaciones de intensidades mínimas para instituciones educativas:

INTENSIDAD LUMÍNICA MÍNIMA PARA ESCUELAS	
ESPACIO	INTENSIDAD (LUXES)
AULAS	
JARDÍN DE NIÑOS	150
ESCUELAS PRIMARIAS	150
ESCUELAS SECUNDARIA	175 a 250
NIVEL MEDIO SUPERIOR	300 a 350

Tabla 8. Intensidad lumínica mínima para escuelas

MARCO METODOLÓGICO

Este marco pretende determinar si los niveles de iluminación en los diferentes espacios seleccionados de la Escuela de Arquitectura U.T, cumplen con los requerimientos útiles de las normas empleadas. También, el probar estrategias de solución a espacios con problemas de iluminación y calcular la eficiencia energética por el consumo energético de la luminaria artificial. Este marco se compone de 4 pasos, la caracterización, el diagnostico, resultados y conclusiones (diagrama 1).



Diagrama 1. Metodología general, fuente elaboración propia.

CARACTERIZACIÓN:

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO, UBICACIÓN, CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS Y FUNCIONALES.

Tiene como objetivo la descripción del edificio. En primera instancia se deberán de identificar las aulas visualmente mediante un recorrido por la escuela, localizando las más afectadas. Se llevará a cabo mediante un registro fotográfico de cada uno de los espacios que lo conforman, divididos en planta baja y planta alta. Así como la realización de encuestas a los usuarios enfocadas al confort lumínico, con el objetivo de determinar áreas con dificultades en cuanto a iluminación. Esto para considerar la perspectiva de los usuarios respecto a la iluminación de los espacios. Para calcular a cuantos usuarios se deberán de entrevistar se hará uso de la fórmula citada según Jiménez, Logroño, Rodas, & Yépez (1999) en la Figura 2.4. La información obtenida de cada espacio se recabará en un formato con la siguiente información:

- Área en m²
- Distribución de los espacios y luminarias
- Potencia de las luminarias

- Descripción del aula en general
- Descripción de las tareas visuales
- Descripción de los espacios de trabajo que requieren iluminación localizada (en caso de ser necesario)
- Percepción de las condiciones lumínicas del usuario (este paso se llevará a cabo mediante las encuestas antes mencionadas).

$$n' = \frac{n}{1 + \left(\frac{n-1}{N} \right)}$$

Figura 2.4 Formula para el tamaño de la muestra

n' = Tamaño de la muestra.

N = Tamaño total de la población.

MEDICIONES IN SITU

Utilizando un luxómetro, se recopilarán los datos de iluminancia en todos los espacios a diferentes horas del día. Al iniciar las actividades (7:00 h) a mitad de clases (13:00 h) y al finalizar (19:00 h). Se utilizará el Luxómetro “EXTECH LT40”, usado para medir la luz en los espacios en luxes con resultados obtenidos al momento de la medición (Figura 2.5). Se deberán de registrar los resultados en una tabla de resultados de mediciones.



Figura 2.5 Luxómetro EXTECH LT40.

Para las mediciones de iluminación natural se deberá de acomodar el luxómetro en el centro del aula, sobre el área de trabajo (mesabanco), evitar interrupciones de sombras o reflejos para poder realizar la medición. Se deberá de hacer un total de tres mediciones por, al inicio del turno (7:00 h), a mitad del turno (13:00 h) y al final del turno (19:00h) en el circuncentro del espacio. Se compararán los datos obtenidos con la norma oficial mexicana “NOM-025-STPS-2008” y las recomendaciones mínimas de la INIFED.

Para las mediciones con iluminación artificial se deberán de encender las luminarias con 20 minutos de anticipación, esto es para permitir que el flujo de luz se estabilice. Se deberá de acomodar el luxómetro en el centro del aula, sobre el área de trabajo (mesabanco), evitar interrupciones de sombras o reflejos para poder realizar la medición.

DIAGNÓSTICO

A partir de los resultados de las mediciones, donde se compararán los datos obtenidos con la norma oficial mexicana “NOM-025-STPS-2008” y las recomendaciones mínimas de la INIFED, se hará la selección de los espacios a evaluar.

RESULTADOS

Se redactarán los resultados obtenidos de las estrategias implementadas para cada espacio.

CÁLCULOS

Factor de reflexión: Para determinar si las paredes y planos de trabajo están afectando las condiciones de iluminación se deberá determinar y analizar el factor de reflexión y compararse con los parámetros permitidos marcados en la norma “NOM-025-STPS-2008”. El luxómetro se colocará frente al área con una separación de 10 a 2 cm hasta que la lectura se mantenga, (E1). Después, orientada al sentido contrario, para medir la iluminación (E2). Se determinará con la ecuación siguiente: $K_f = E1/E2 (100)$.

Eficiencia energética: Se seccionarán cómo se prenden las secciones de las luminarias, es decir, se agruparán en secciones las filas del acomodo actual de las luminarias de cada espacio seleccionado para calcular el consumo actual de las mismas. Posteriormente, se calculará de la misma manera con las estrategias de solución implementadas para así visualizar el ahorro energético logrado, y así maximizar el rendimiento usando el mínimo posible de energía.

CONCLUSIONES

Se realizará una síntesis de los hallazgos obtenidos a lo largo del estudio. Se resumirán las principales deficiencias y aciertos detectados en los espacios analizados, considerando los problemas lumínicos identificados. Se analizará qué tan efectivas fueron las soluciones propuestas y simuladas, comparándolas con las condiciones iniciales y evaluando su viabilidad en el contexto del edificio. Finalmente, se incluirá una reflexión sobre cómo los hallazgos pueden ser útiles para el diseño y análisis de edificios similares. Además, se señalarán posibles líneas de investigación futura para continuar explorando soluciones innovadoras en este ámbito.

Capítulo 3

METODOLOGÍA CARACTERIZACIÓN

3.1 Introducción

Para la metodología aplicada a esta investigación se comenzó con la caracterización del espacio. La cual se realizó el día 17 de mayo del 2024, en las instalaciones de centros de trabajo de la Escuela de Arquitectura U.T. en el horario de uso de instalaciones: 7:00 a.m.; 1:00 p.m.; 7:00 p.m. El clima fue mayormente soleado con temperaturas máximas que alcanzaron los 37°C. La mañana comenzó con temperaturas alrededor de los 23°C, aumentando exponencialmente a medida que avanzó el día. Sin precipitaciones.



Figura 3.1. Vista aérea de la Escuela de Arquitectura U.T.



Figura 3.2. Fachada Sur de la Escuela de Arquitectura U.T.

LUMINARIA DE LAS ÁREAS

Durante la caracterización de los espacios, se observó que no todas las luminarias servían. Se debe a que el mantenimiento hacia las aulas no se ha llevado a cabo de una manera constante. Esto ha influido en la caracterización del espacio. Ya que, al no funcionar todas las lámparas, los resultados de las mediciones no serán las estimadas, pero si las reales. Las luminarias de los espacios son el modelo “sli lighting” F32t8/841 “cool white” de 32 w (Figura 3.3).



Figura 3.3 Modelo de lámpara: SLI LIGHTING. F32T8/841 COOL WHITE. 32 w.

REPORTE DE MEDICIÓN. PLANTA BAJA

AULA 01- 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



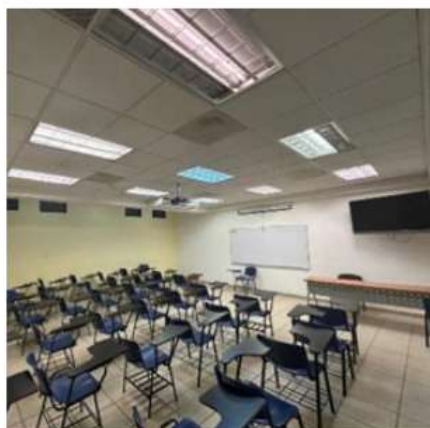
ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



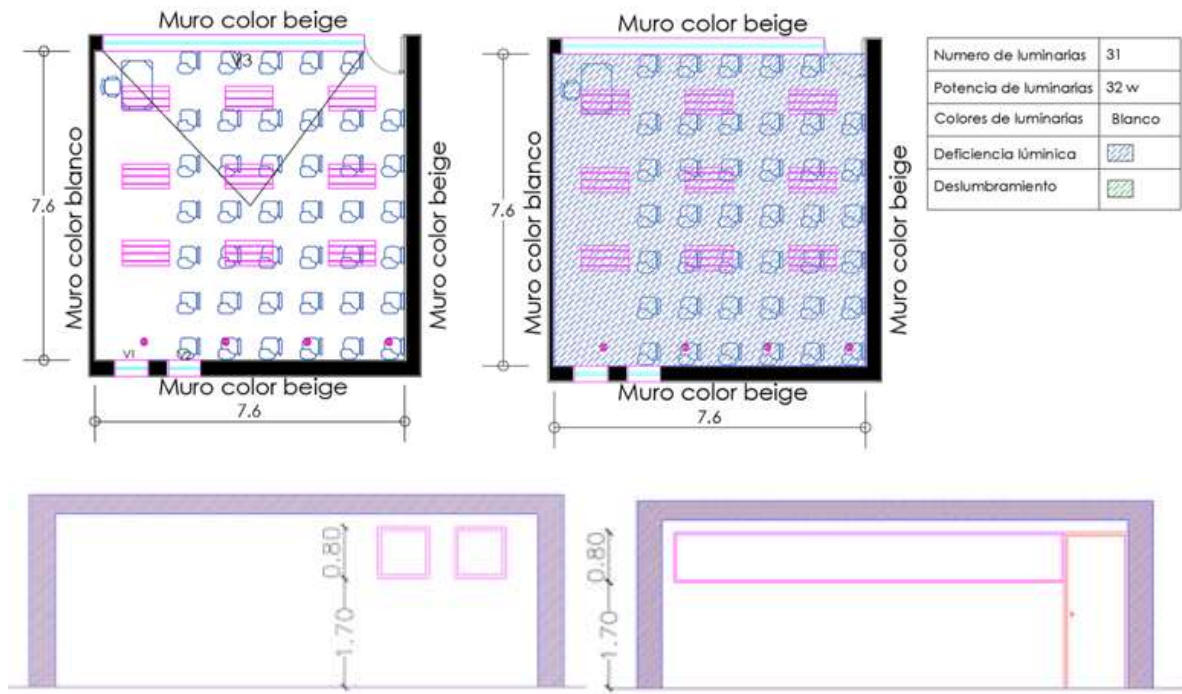


Figura 3.4 Fotos, graficas en 2D y fachadas del Aula 01.

Área en m2: 57.76

Descripción del aula en general: El aula cuenta con un pizarrón en el muro principal, una T.V. 48 mesabancos, un escritorio y una silla para escritorio, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, 3 de los 4 muros son de color amarillo y la pared principal en color blanco.

Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo los mesabancos, son de metal y plástico (silla) y la paleta es de plástico duro color negro.

Descripción de las tareas visuales.

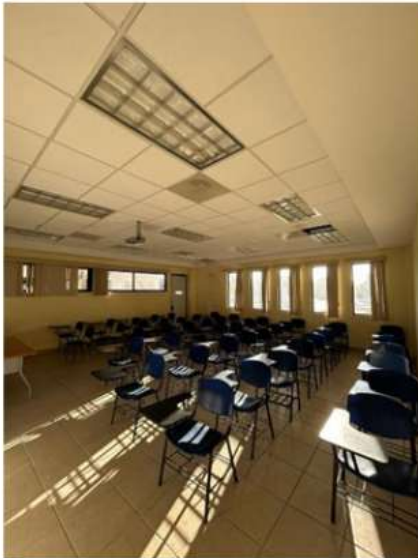
Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.

Descripción de los sitios de trabajo que requieren iluminación localizada:

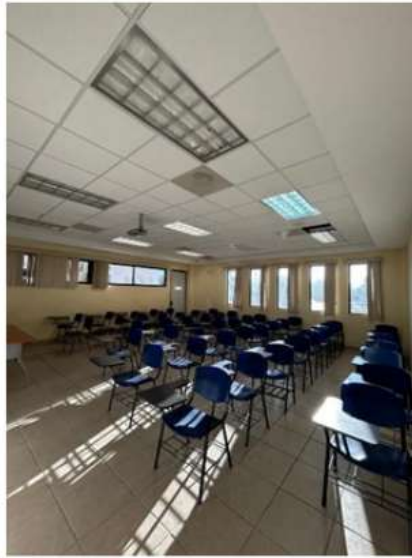
La deficiencia lumínica se detectó en el horario de las 7:00 a.m. y ligeramente mayor en el horario de las 7:00 p.m. para luz natural. En dado caso de que las instalaciones no contarán con iluminación artificial, no se podrían llevar a cabo las tareas visuales, las luminarias con las que cuenta el aula necesitan de mantenimiento ya que algunas presentan parpadeos, otras no sirven y la luz de algunas otras es irregular, como se aprecia en las fotos.

AULA 02- 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



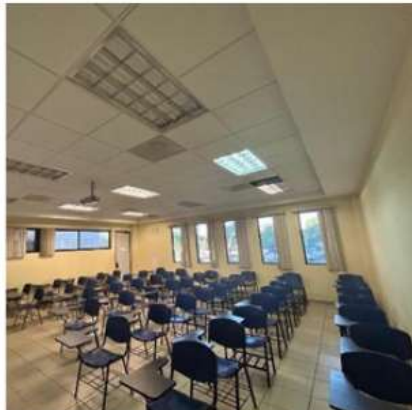
ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



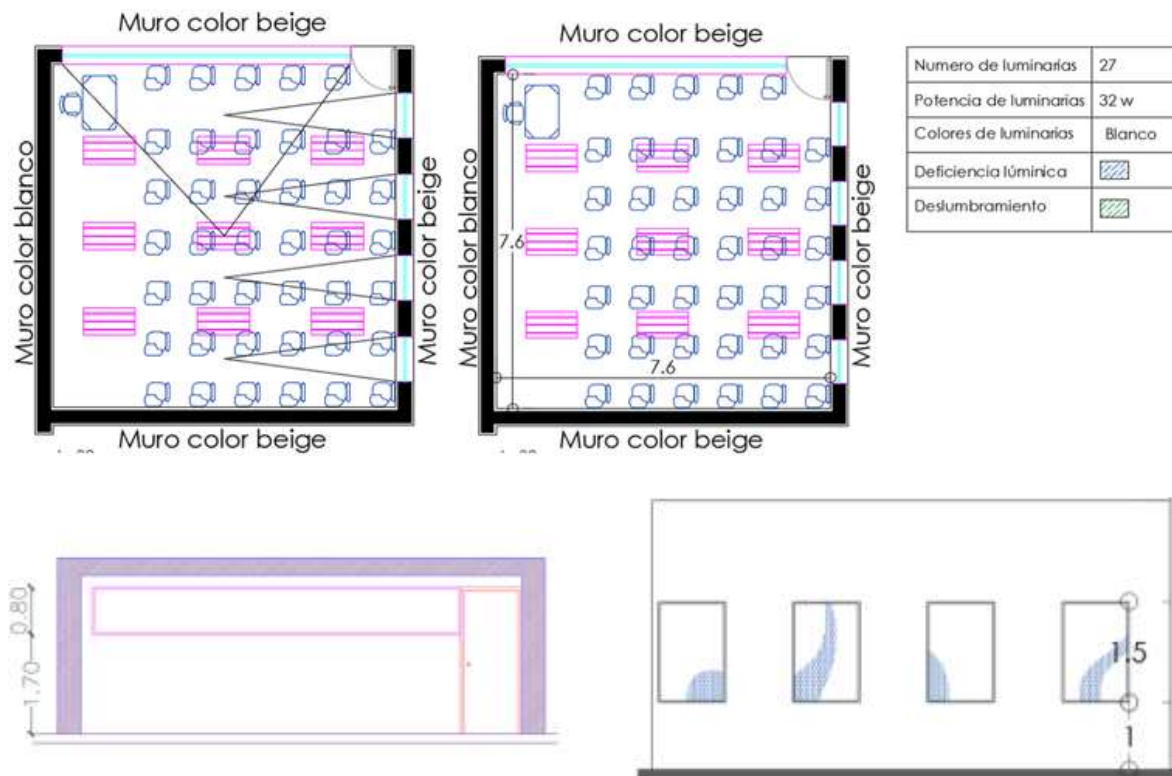


Figura 3.5. Fotos, graficas en 2D y fachadas del Aula 02.

Área en m2: 57.76

Descripción del aula en general: El aula cuenta con un pizarrón en el muro principal, una tv., 48 mesabancos, un escritorio y una silla para escritorio, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, 3 de los 4 muros son de color amarillo y la pared principal en color blanco.

Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo los mesabancos, son de metal y plástico (silla) y la paleta es de plástico duro color negro.

Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB:

Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.

Descripción de los sitios de trabajo que requieran iluminación localizada:

En esta aula no se registró una deficiencia lumínica ni deslumbramiento, ya que durante toda la jornada recibió luz sin presentar molestias visuales.

AULA 03- 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



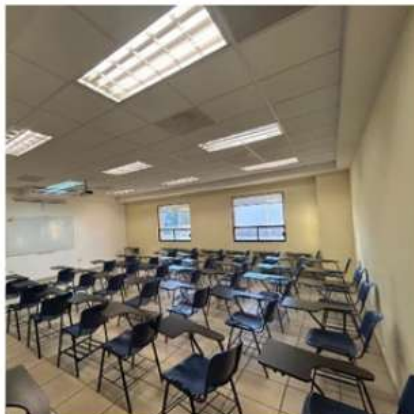
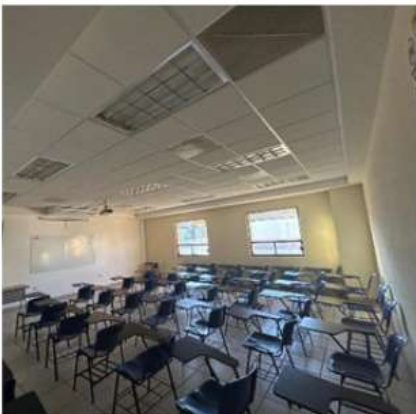
ILUMINACIÓN MIXTA

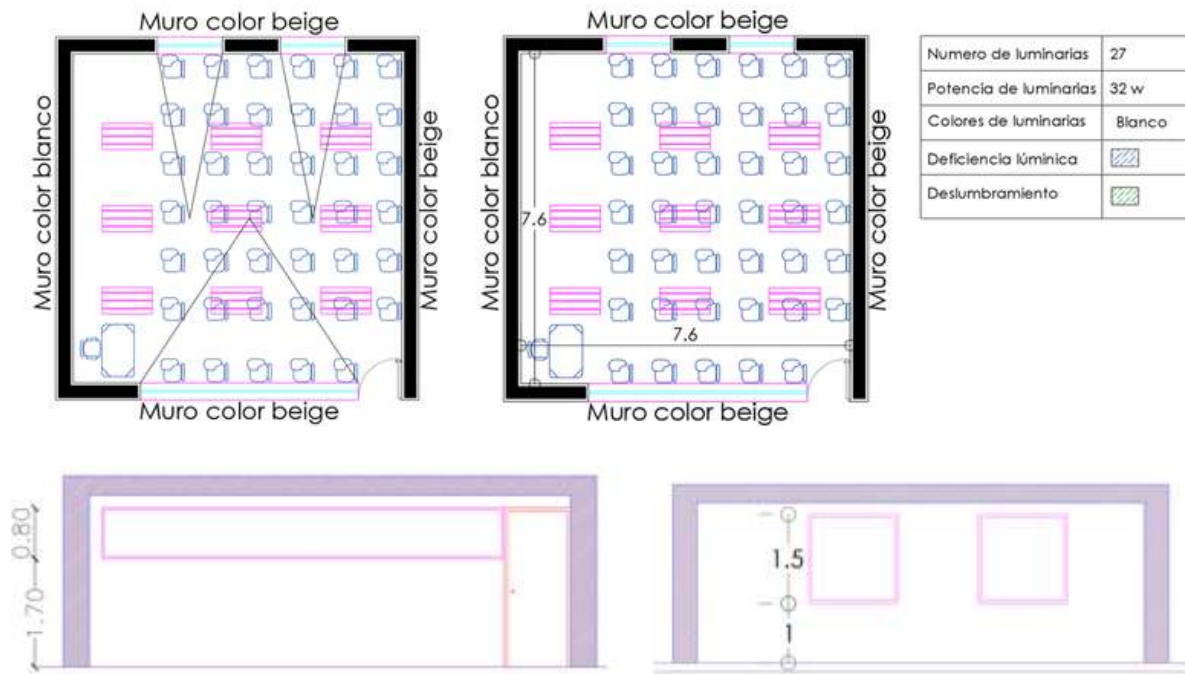


13:00 hrs



19:00 hrs





Área en m2: 57.76

Descripción del aula en general: El aula cuenta con un pizarrón en el muro principal, una tv., 48 mesabancos, un escritorio y una silla para escritorio, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, 3 de los 4 muros son de color amarillo y la pared principal en color blanco.

Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo los mesabancos, son de metal y plástico (silla) y la paleta es de plástico duro color negro.

Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB:

Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.

Descripción de los sitios de trabajo que requieran iluminación localizada:

En esta aula no se registró una deficiencia lumínica ni deslumbramiento, ya que durante toda la jornada recibió luz sin presentar molestias visuales.

Figura 3.6. Fotos, graficas en 2D y fachadas del Aula 03.

AULA 04- 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



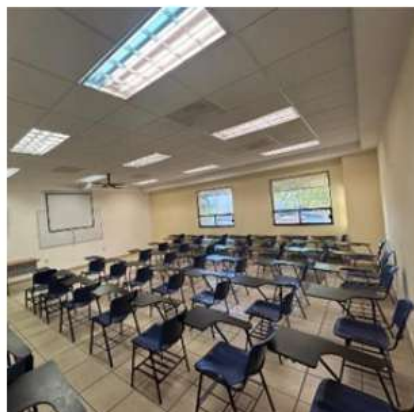
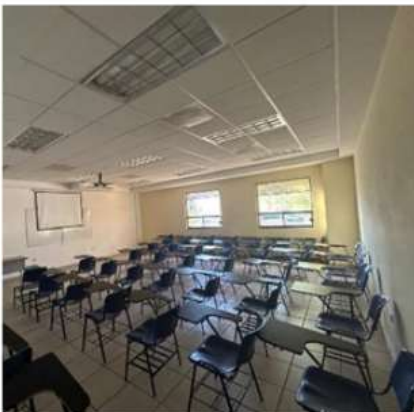
ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



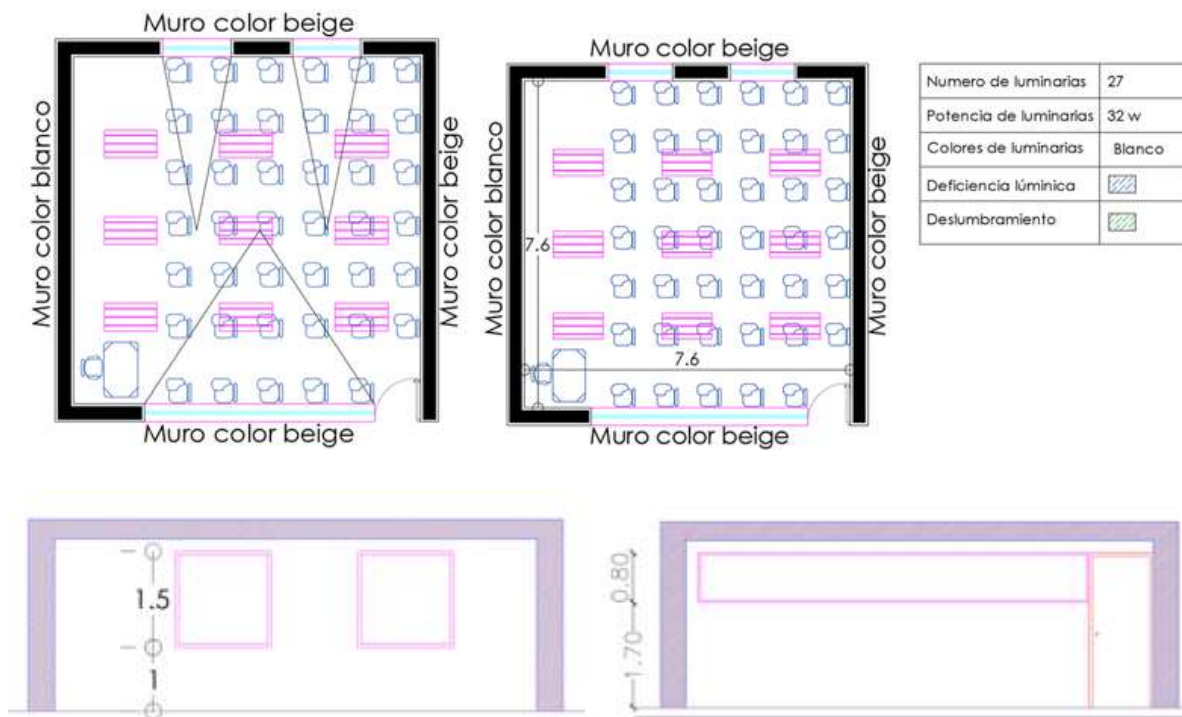


Figura 3.7 Fotos, graficas en 2D y fachadas del Aula 04.

 rea en m2: 57.76

Descripción del aula en general: El aula cuenta con un pizarrón en el muro principal, una tv., 48 mesabancos, un escritorio y una silla para escritorio, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, 3 de los 4 muros son de color amarillo y la pared principal en color blanco.

Descripción del área iluminada: El  rea de trabajo siendo los mesabancos, son de metal y plástico (silla) y la paleta es de plástico duro color negro.

Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB:

Talleres:  reas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.

Descripción de los sitios de trabajo que requieran iluminación localizada:

En esta aula no se registró una deficiencia lumínica ni deslumbramiento, ya que durante toda la jornada recibí luz sin presentar molestias visuales.

AULA 05- 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



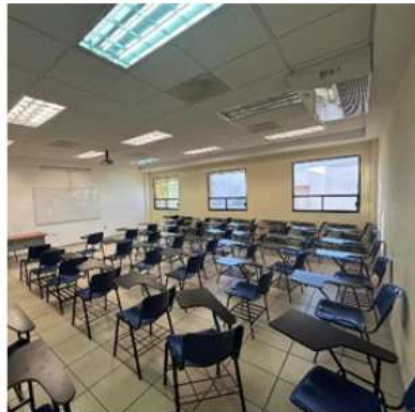
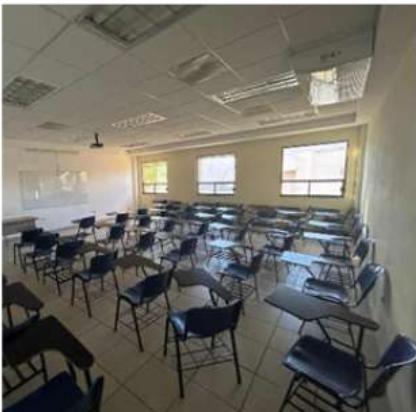
ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



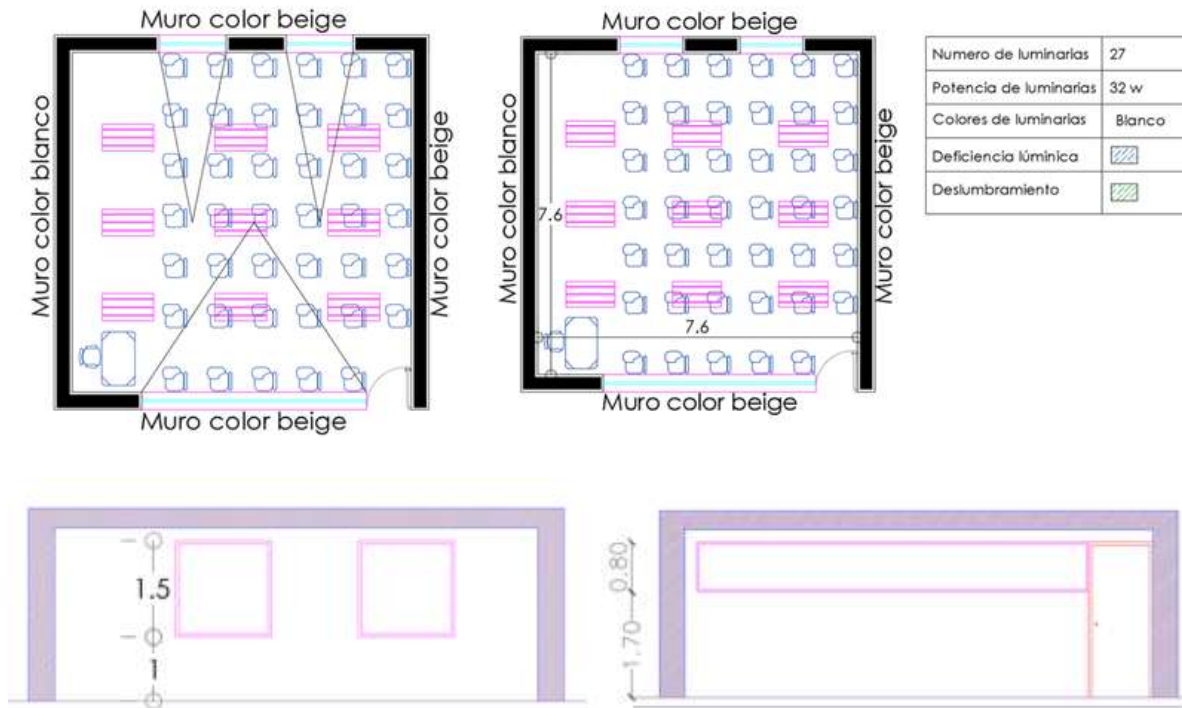


Figura 3.8. Fotos, graficas en 2D y fachadas del Aula 05.

 rea en m2: 57.76

Descripción del aula en general: El aula cuenta con un pizarrón en el muro principal, una tv., 48 mesabancos, un escritorio y una silla para escritorio, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, 3 de los 4 muros son de color amarillo y la pared principal en color blanco.

Descripción del área iluminada: El  rea de trabajo siendo los mesabancos, son de metal y plástico (silla) y la paleta es de plástico duro color negro.

Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB:

Talleres:  reas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.

Descripción de los sitios de trabajo que requieran iluminación localizada:

En esta aula no se registró una deficiencia lumínica ni deslumbramiento, ya que durante toda la jornada recibí luz sin presentar molestias visuales.

SALA DE CAPACITACIÓN 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



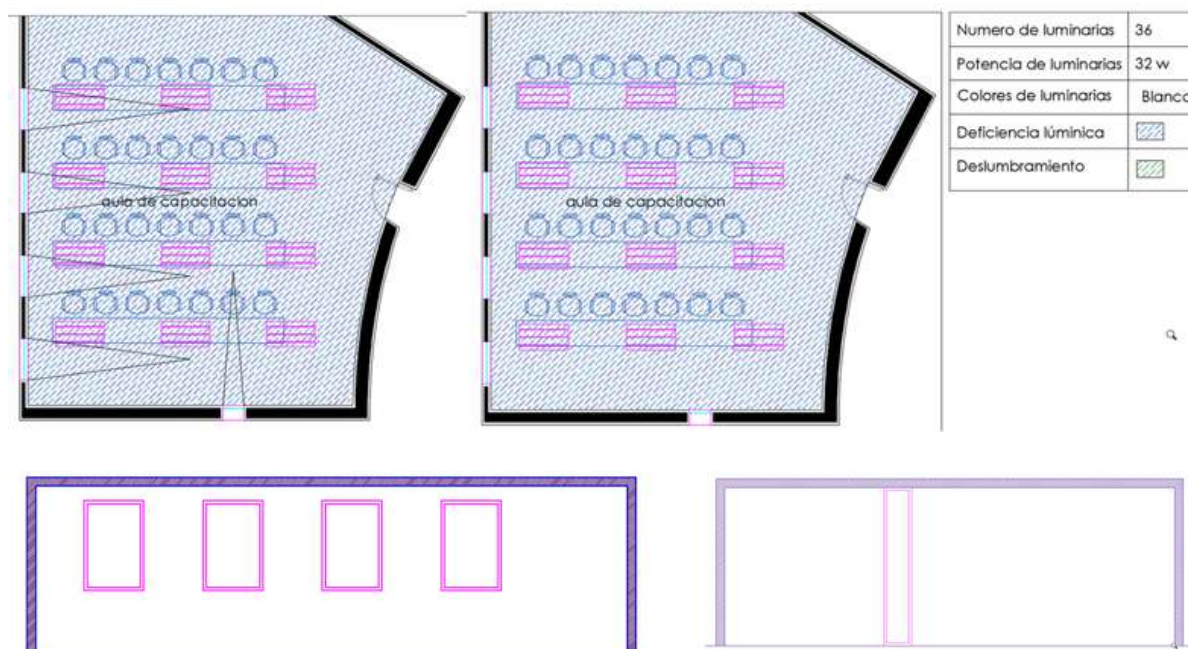


Figura 3.9. Fotos, graficas en 2D y fachadas del Sala de Capacitación.

Área en m2: 94.40
Descripción del aula en general: El aula de capacitación cuenta con un pizarrón en el muro principal, 4 mesas, 28 sillas, un escritorio y una silla para escritorio, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los 4 muros son de color amarillo.
Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo las mesas, son de metal y cubierta de melamina y plástico y metal (silla).
Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB: Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.
Descripción de los sitios de trabajo que requieren iluminación localizada: En esta aula se registró una deficiencia lumínica durante el horario de las 7 a.m., ya que es un espacio pensado en usarse con equipo de cómputo, necesita de más iluminación ya que a esta hora está medianamente oscuro.

MAQUETAS 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



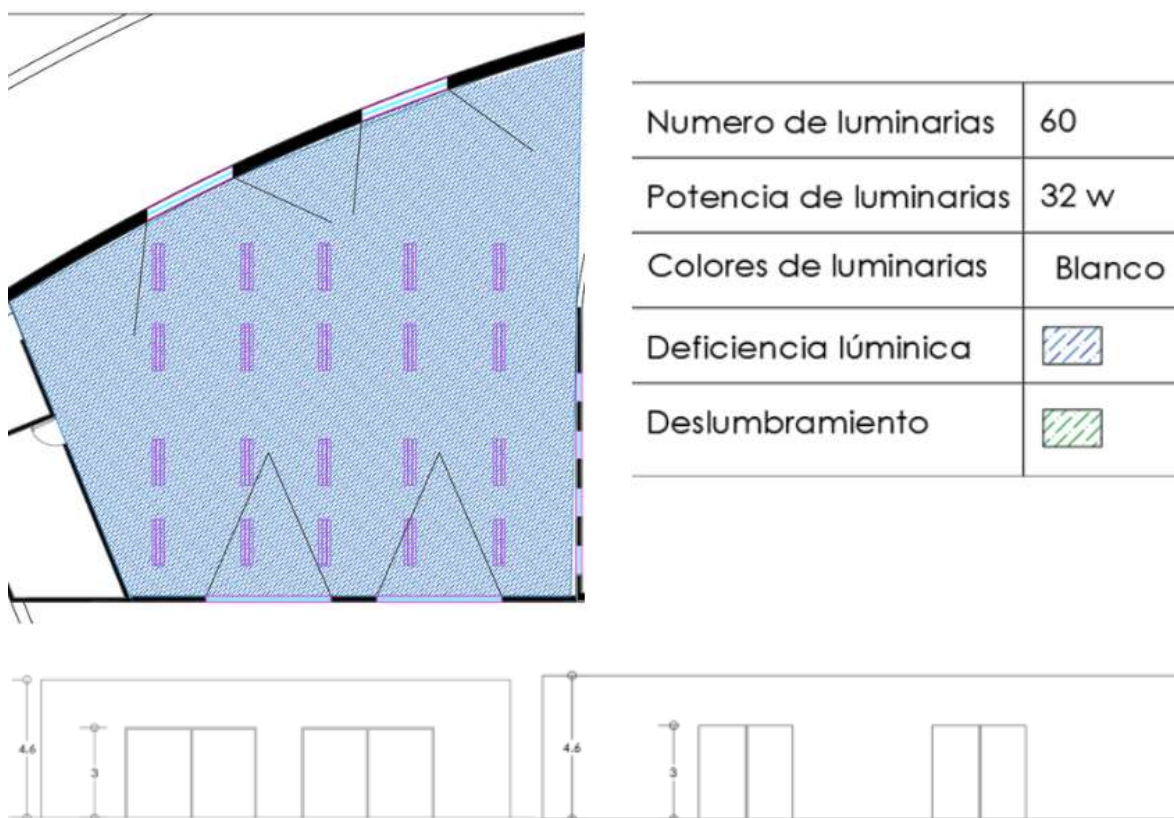


Figura 3.10. Fotos, graficas en 2D y fachadas de Maquetas

Área en m2: 305.50
Descripción del aula en general: La zona de maquetas cuenta con 5 mesas de trabajo, con un pizarrón en el muro principal, 40 sillas, y una parte también se usa para almacenar material de construcción, la superficie del aula es de piedra lisa en color gris, los 4 muros son de color beige.
Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo las mesas, son de metal y la cubierta de madera.
Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB: Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.
Descripción de los sitios de trabajo que requieran iluminación localizada: En esta zona se registró una deficiencia lumínica durante el horario de las 7 a.m., ya que es un espacio pensado para la realización de maquetas, manualidades y se necesita de una mayor iluminación ya que a esta hora esta medianamente oscuro.

OFICINAS DIRECCIÓN- 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



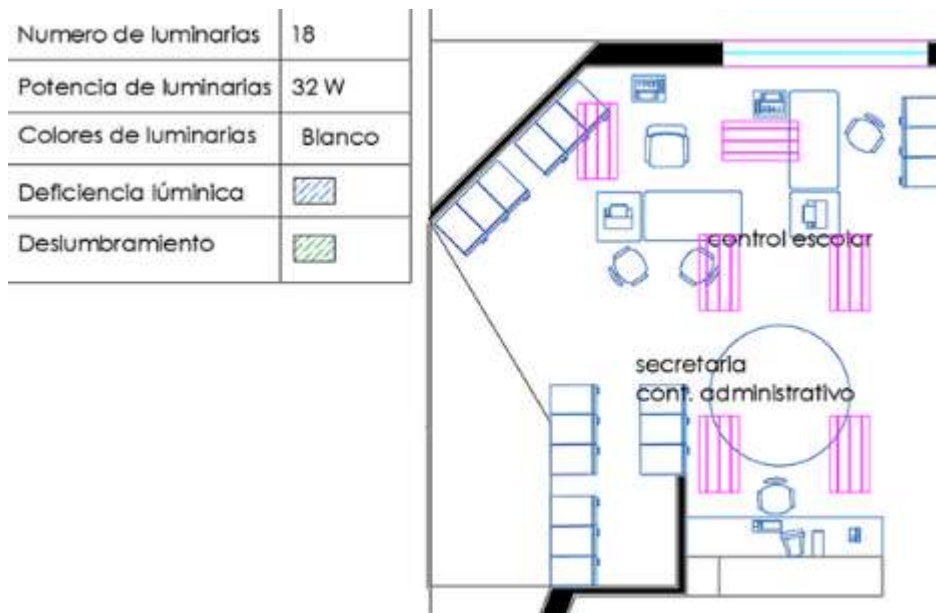


Figura 3.11. Fotos, grafica de las Oficinas de Dirección.

Área en m2: 47.19m2

Descripción del aula en general: El área de oficinas de dirección cuenta con 3 escritorios, 6 sillas, 6 archiveros, 3 muebles de estantería, 3 botes de basura, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los 4 muros son de color beige.

Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo las mesas, son de metal y la cubierta en melamina.

Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB:

Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.

Descripción de los sitios de trabajo que requieren iluminación localizada:

En esta zona de oficinas no se registraron deficiencias lumínicas o problemas de deslumbramiento en ningún horario establecido.

OFICINA DEL DIRECTOR- 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



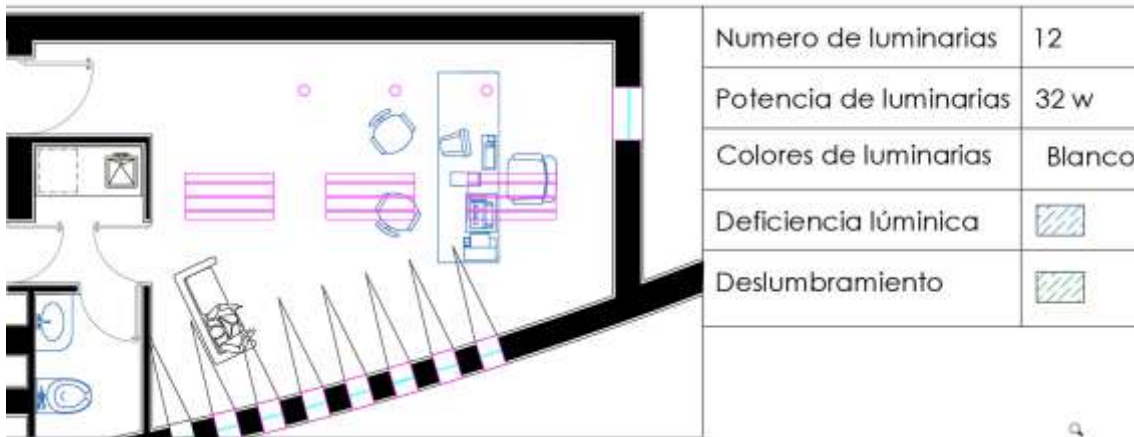


Figura 3.12. Fotos y grafica de la Oficina del director.

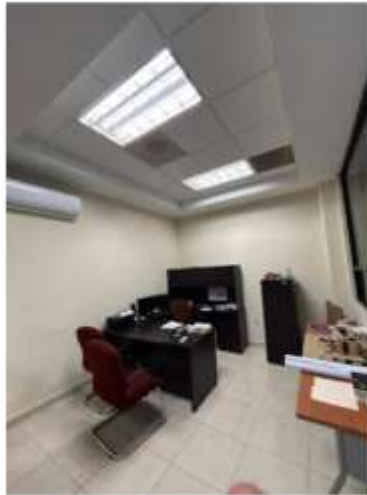
Área en m2: 28 m2
Descripción del aula en general: La oficina del director cuenta con 1 escritorio, 3 sillas, 1 archivero, 1 muebles de estantería, 1 bote de basura, 1 sillón, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige.
Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta en melanina.
Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB: Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.
Descripción de los sitios de trabajo que requieran iluminación localizada: En esta zona no se registraron deficiencias lumínicas o problemas de deslumbramiento en ningún horario establecido.

OFICINA SECRETARIO ACADEMICO 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs





Figura 3.13. Fotos y gráfica de la Oficina del secretario académico.

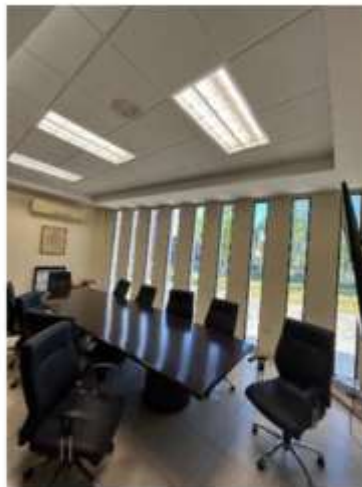
Área en m2: 13.42 m2
Descripción del aula en general: La oficina cuenta con 2 escritorio, 2 sillas, 1 archivero, 1 mueble de estantería, 1 bote de basura, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige.
Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta en melamina.
Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB: Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.
Descripción de los sitios de trabajo que requieren iluminación localizada: En esta zona no se registraron deficiencias lumínicas o problemas de deslumbramiento en ningún horario establecido.

SALA DE JUNTAS 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



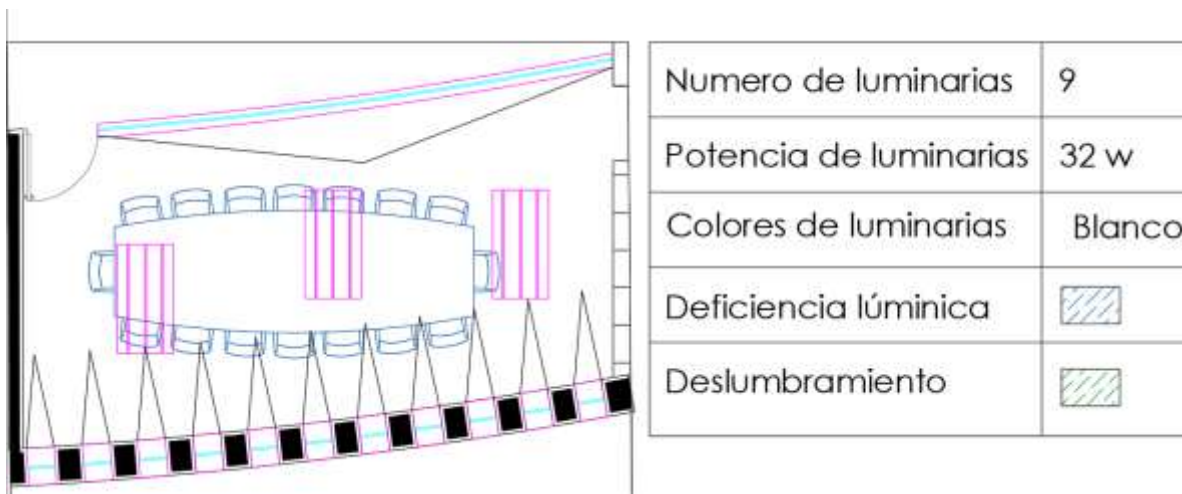


Figura 3.14. Fotos y grafica de la Oficina de la sala de juntas.

Área en m2: 28 m2
Descripción del aula en general: La sala de juntas cuenta con 1 escritorio, 9 sillas, 1 pantalla de T.V., 1 bote de basura, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige.
Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta en melamina.
Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB: Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.
Descripción de los sitios de trabajo que requieren iluminación localizada: En esta zona no se registraron deficiencias lumínicas o problemas de deslumbramiento en ningún horario establecido.

OFICINA SECRETARIO ADMINISTRATIVO 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



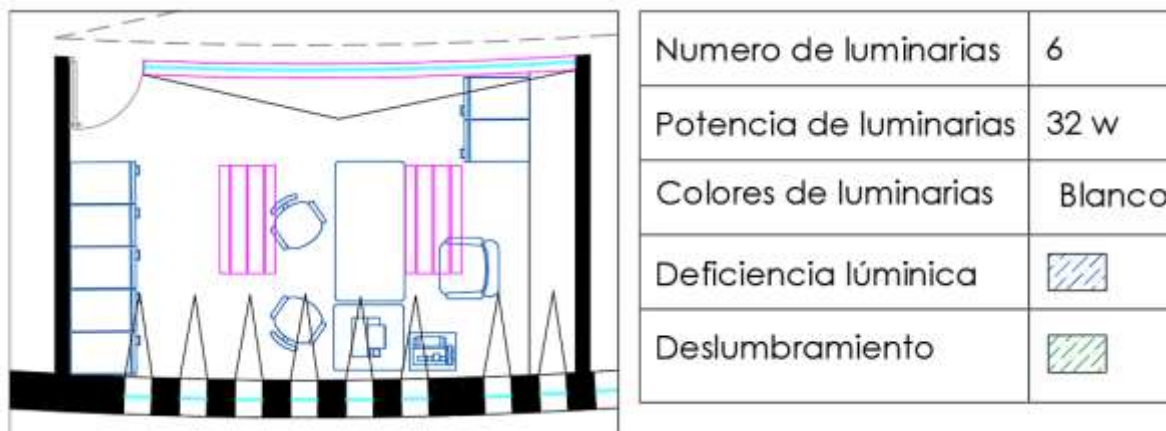


Figura 3.15. Fotos y gráfica de la Oficina del secretario administrativo.

Área en m2: 28 m2
Descripción del aula en general: La oficina administrativa cuenta con 2 escritorios, 2 sillas, 2 archivero, 1 mueble de estantería, 1 bote de basura, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige.
Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta en melanina.
Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB: Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.
Descripción de los sitios de trabajo que requieran iluminación localizada: En esta zona no se registraron deficiencias lumínicas o problemas de deslumbramiento en ningún horario establecido.

PLANTA ALTA

TALLER 01 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



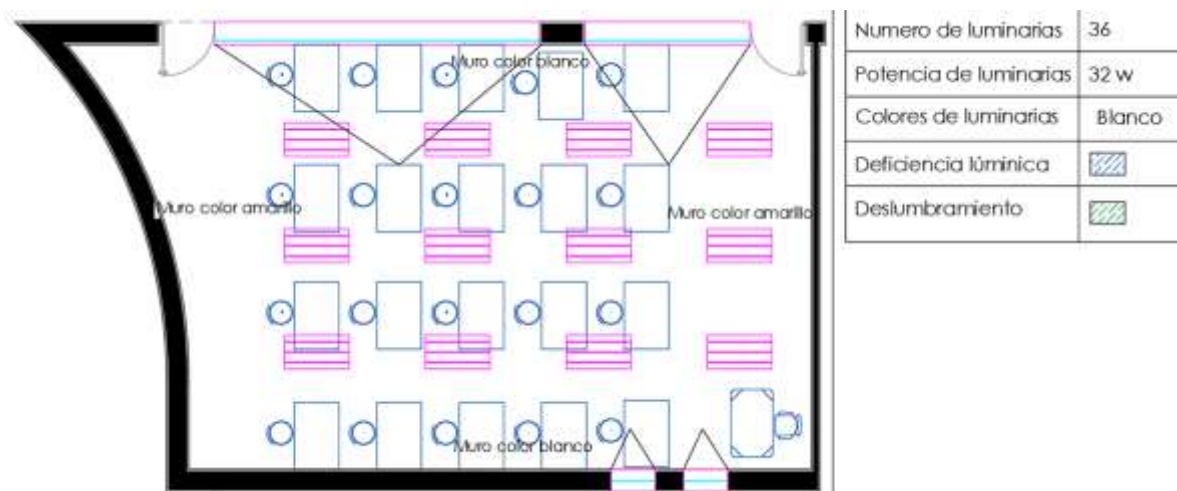


Figura 3.16. Fotos y gráfica del Taller 1.

Área en m2: 80.79 m2
Descripción del aula en general: Taller 01 cuenta con 20 mesas para dibujo, 20 bancos, 1 escritorio, 1 silla, 1 bote de basura, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige y blanco.
Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta está hecha de madera.
Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB: Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.
Descripción de los sitios de trabajo que requieran iluminación localizada: En esta zona no se registraron deficiencias lumínicas o problemas de deslumbramiento en ningún horario establecido.

TALLER 02 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



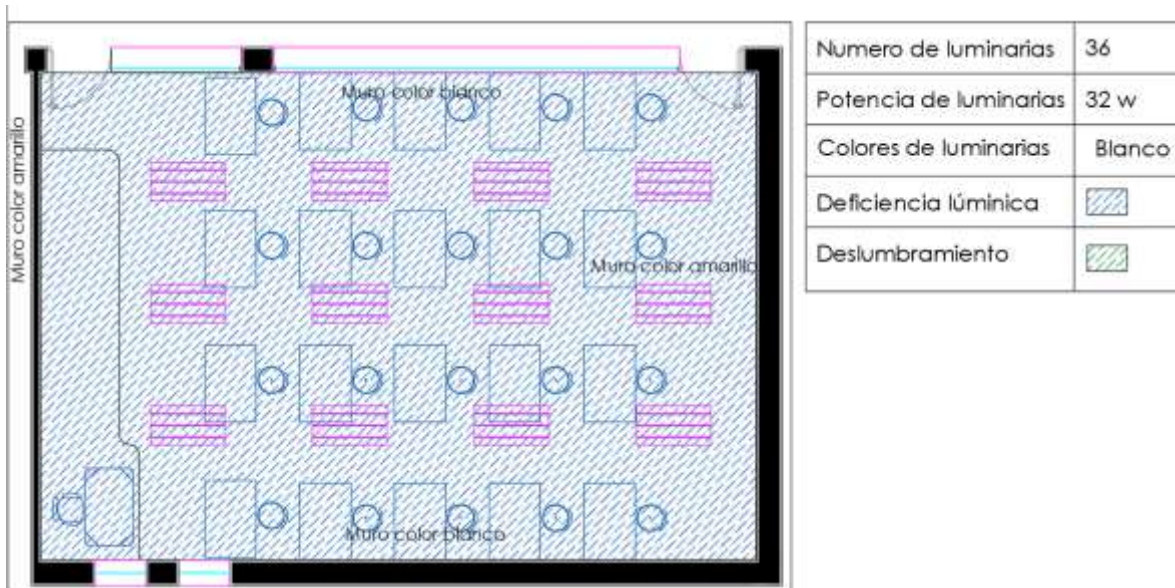


Figura 3.17 Fotos y gráfica en 2D del Taller 2.

Área en m2: 84.93 m2
Descripción del aula en general: Taller 02 cuenta con 20 mesas para dibujo, 20 bancos, 1 escritorio, 1 silla, 1 bote de basura, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige y blanco.
Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta está hecha de madera.
Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB: Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.
Descripción de los sitios de trabajo que requieran iluminación localizada: En esta zona se registraron deficiencias lumínicas en el horario de las 7:00 p.m.

TALLER 03 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



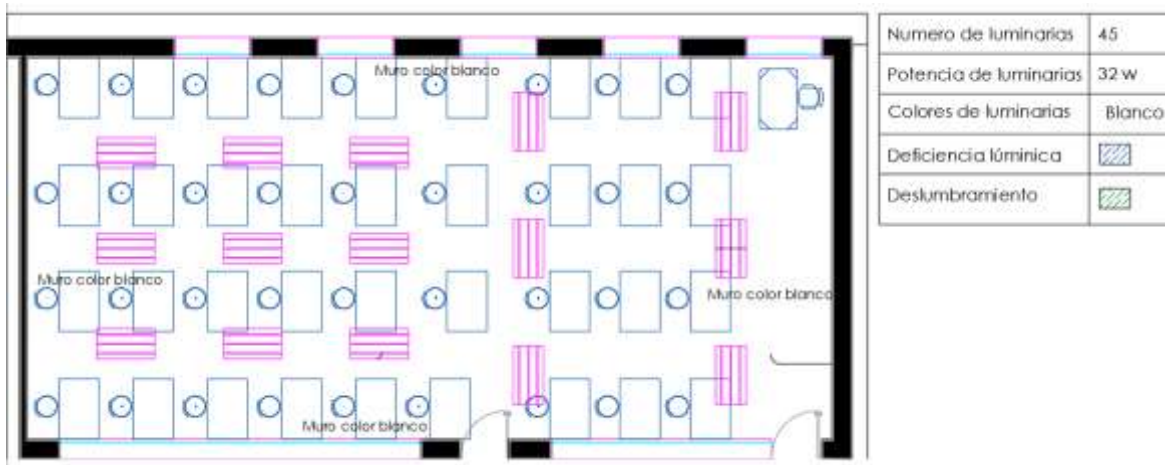


Figura 3.18. Fotos y grafica del Taller 3.

Área en m2: 121.98 m2

Descripción del aula en general: Taller 03 cuenta con 36 mesas para dibujo, 36 bancos, 1 escritorio, 1 silla, 1 bote de basura, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige y blanco.

Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta está hecha de madera.

Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB:

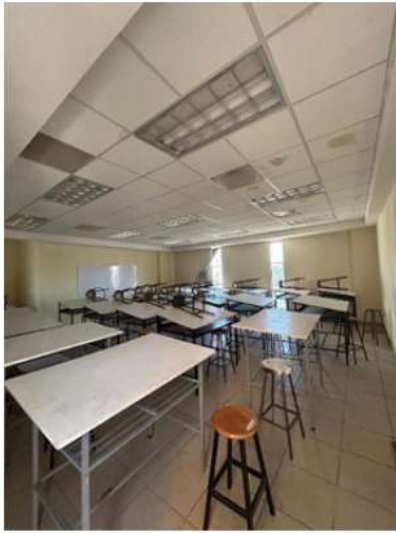
Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.

Descripción de los sitios de trabajo que requieren iluminación localizada:

En esta zona no se registraron deficiencias lumínicas o problemas de deslumbramiento en ningún horario establecido.

TALLER 04 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



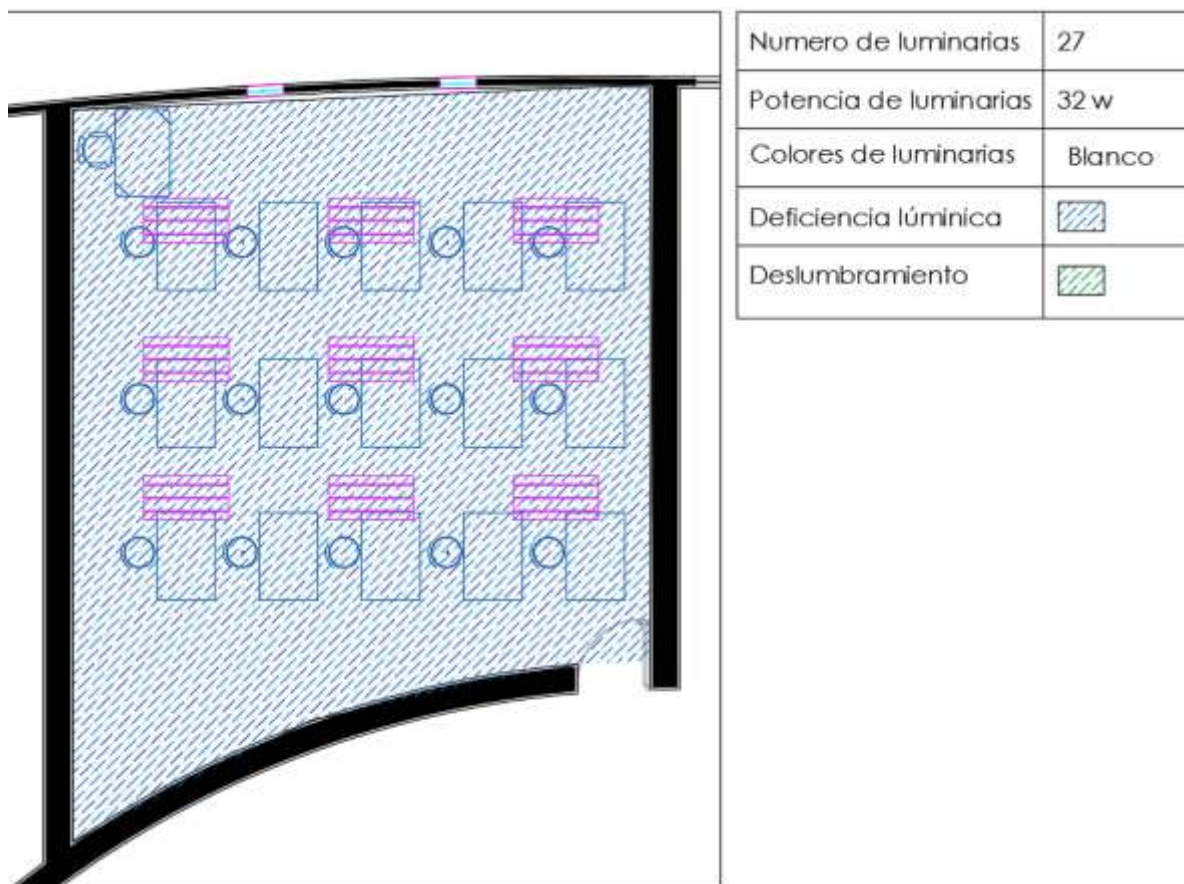


Figura 3.19. Fotos y grafica del Taller 1.

Área en m2: 67.76 m2

Descripción del aula en general: Taller 4 cuenta con 20 mesas para dibujo, 20 bancos, 1 escritorio, 1 silla, 1 bote de basura, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige.

Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta está hecha de madera.

Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB:

Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.

Descripción de los sitios de trabajo que requieren iluminación localizada:

En esta zona no se registraron deficiencias lumínicas o problemas de deslumbramiento en ningún horario establecido.

SALA DE CAPACITACIÓN 01 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



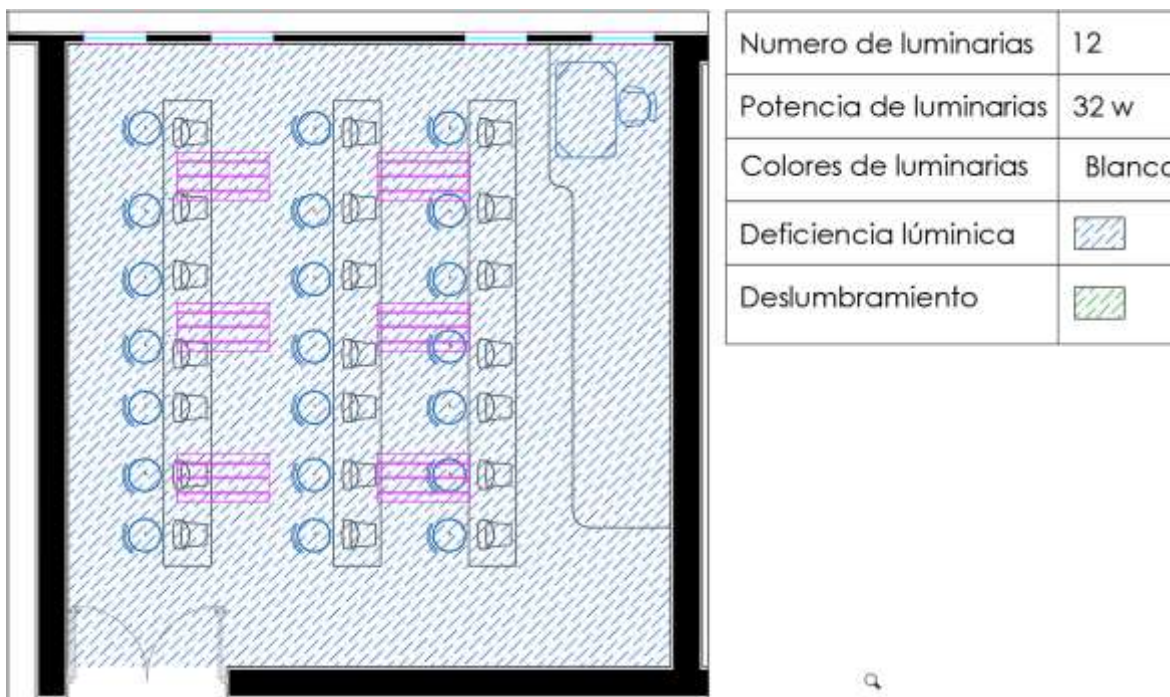


Figura 3.20. Fotos y grafica de Sala de Capacitación 1.

Área en m2: 59.66 m2

Descripción del aula en general: La sala de capacitación 2 cuenta con 4 mesas, 21 computadoras, 22 sillas, 1 escritorio, 1 bote de basura, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige.

Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta está hecha de madera.

Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB:

Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.

Descripción de los sitios de trabajo que requieran iluminación localizada:

En esta zona no se registraron deficiencias lumínicas o problemas de deslumbramiento en ningún horario establecido.

SALA DE CAPACITACIÓN 02 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



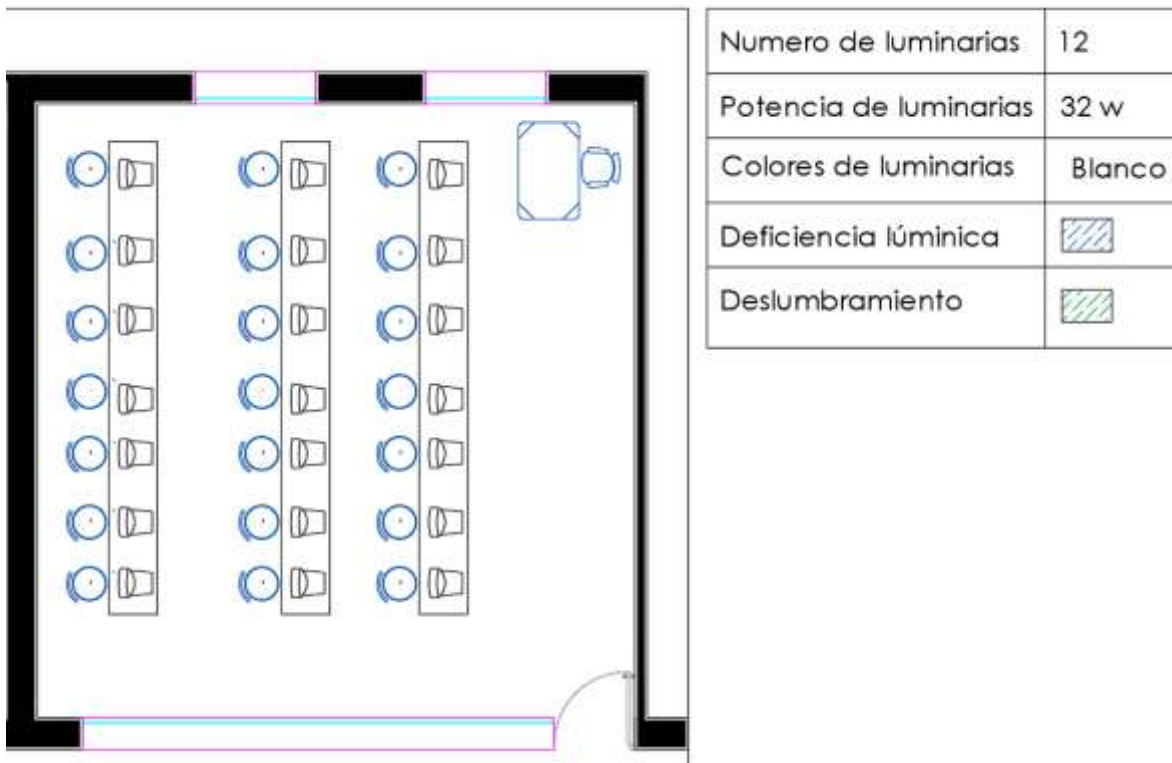


Figura 3.21. Fotos y gráfica de Sala de Capacitación 2.

Área en m2: 56.24 m2
Descripción del aula en general: Cuenta con 4 mesas, 21 computadoras, 22 sillas, 1 escritorio, 1 bote de basura, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige.
Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta está hecha de madera.
Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB: Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.
Descripción de los sitios de trabajo que requieren iluminación localizada: En esta zona no se registraron deficiencias lumínicas o problemas de deslumbramiento en ningún horario establecido.

AULA 07 02 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



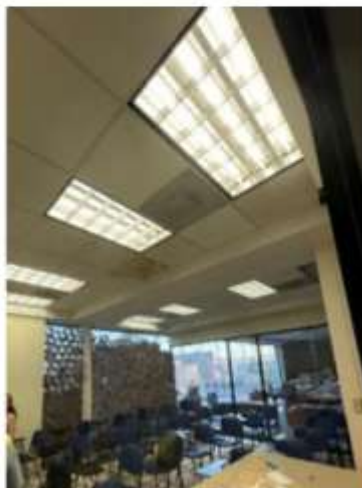
ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



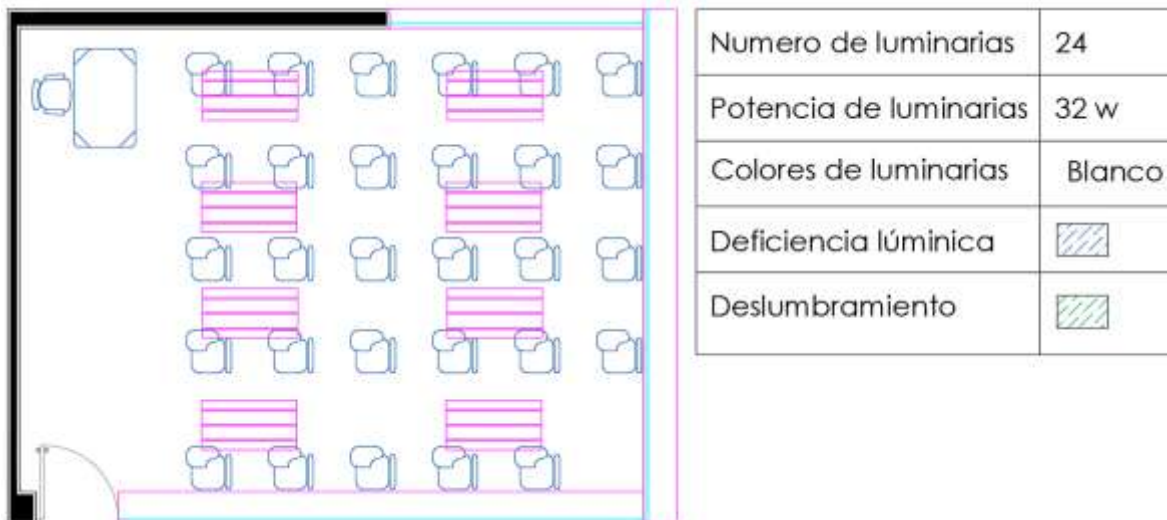


Figura 3.22. Fotos y gráfica del Aula 7.

Área en m2: 28 m2
Descripción del aula en general: La oficina del director cuenta con 1 escritorio, 3 sillas, 1 archivero, 1 muebles de estantería, 1 bote de basura, 1 sillón, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige.
Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta en melamina.
Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB: Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.
Descripción de los sitios de trabajo que requieren iluminación localizada: En esta zona no se registraron deficiencias lumínicas o problemas de deslumbramiento en ningún horario establecido.

AULA MILENIO 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



Numero de luminarias	60
Potencia de luminarias	32 w
Colores de luminarias	Blanco
Deficiencia lúminica	
Deslumbramiento	

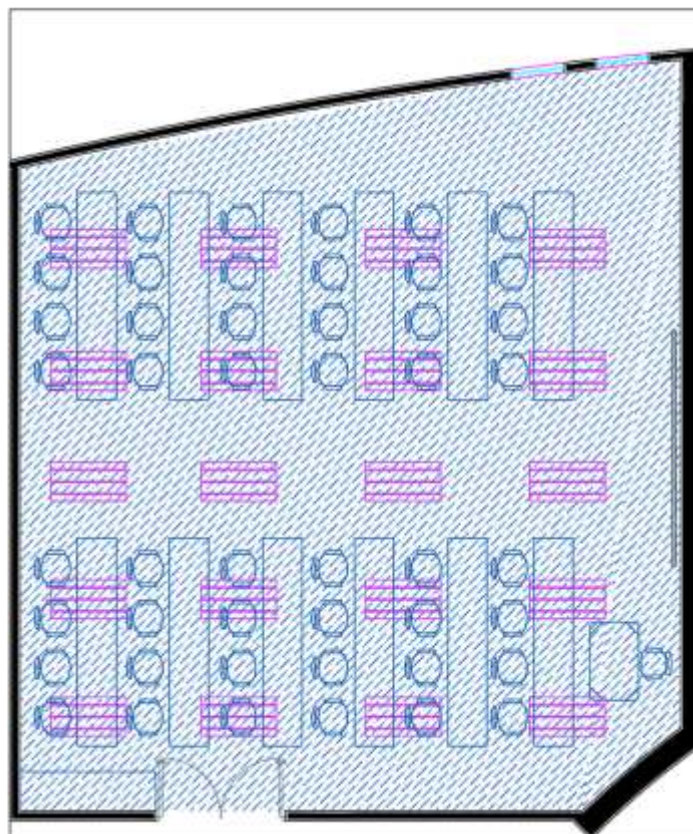


Figura 3.23. Fotos y gráfica del Aula Milenio

Área en m2: 28 m2
Descripción del aula en general: Aula Milenio cuenta con 15 escritorios, 16 sillas, 1 muebles de estantería, 1 bote de basura, 1 sillón, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige.
Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta en melamina.
Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB: Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.
Descripción de los sitios de trabajo que requieren iluminación localizada: Se registra deficiencia lumínica durante los tres horarios del día, 7:00 a.m.; 1:00 p.m.; 7:00 p.m. en todo el espacio,

CENTRO DE TESIS 7:00 a.m.

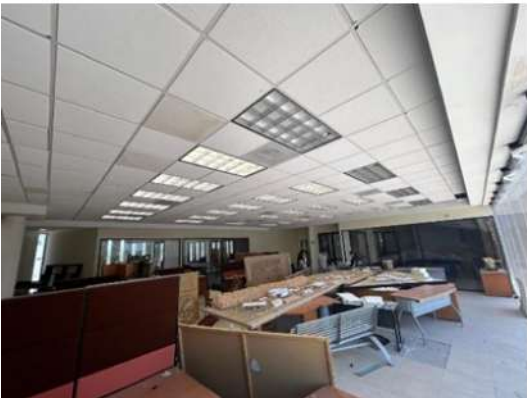
ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



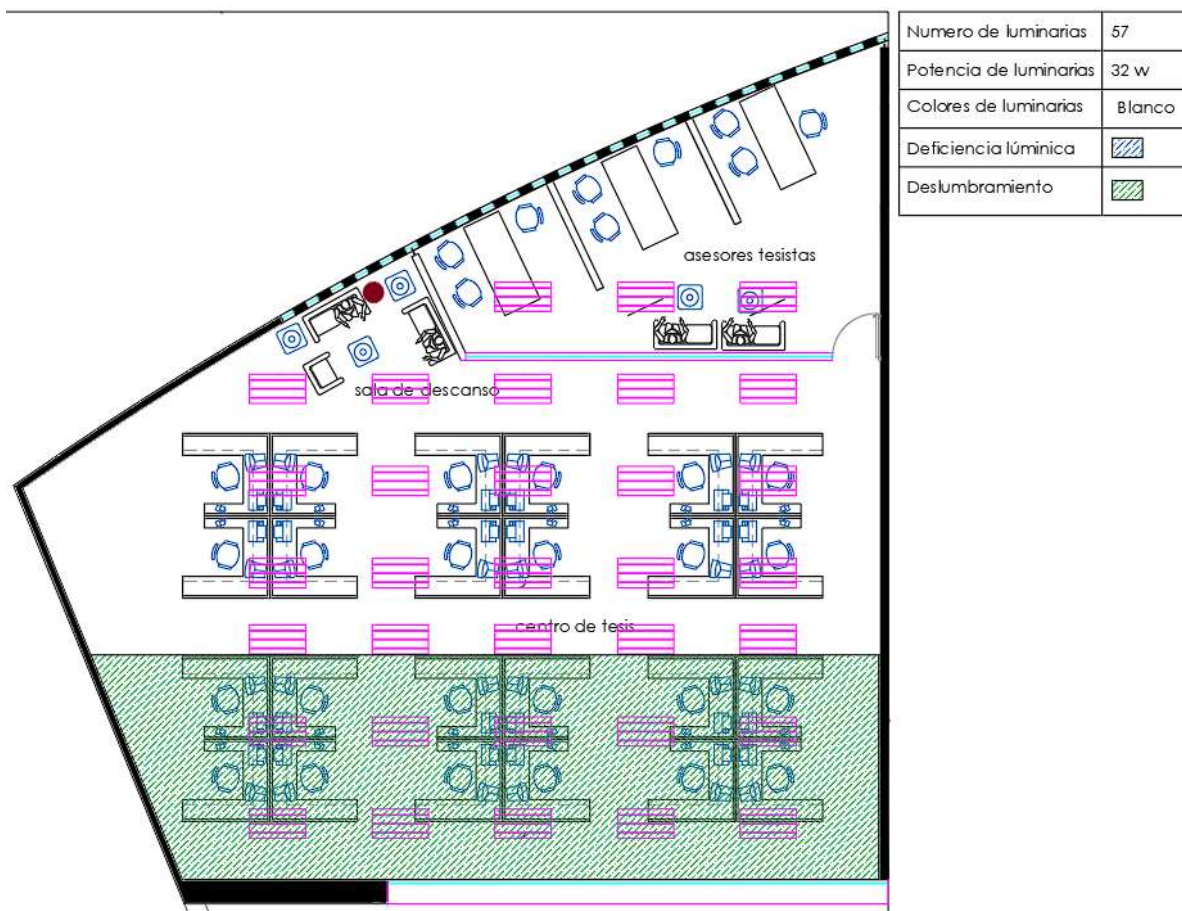


Figura 3.24. Fotos y gráfica del Centro de Tesis.

Área en m2: 219.45 m2

Descripción del aula en general: Actualmente esta área no se encuentra en funcionamiento, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige.

Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta en melamina.

Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB:

Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.

Descripción de los sitios de trabajo que requieren iluminación localizada:

Se registra deslumbramiento durante la 1:00 p.m.

CENTRO DE DISEÑO REGIONAL- 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs

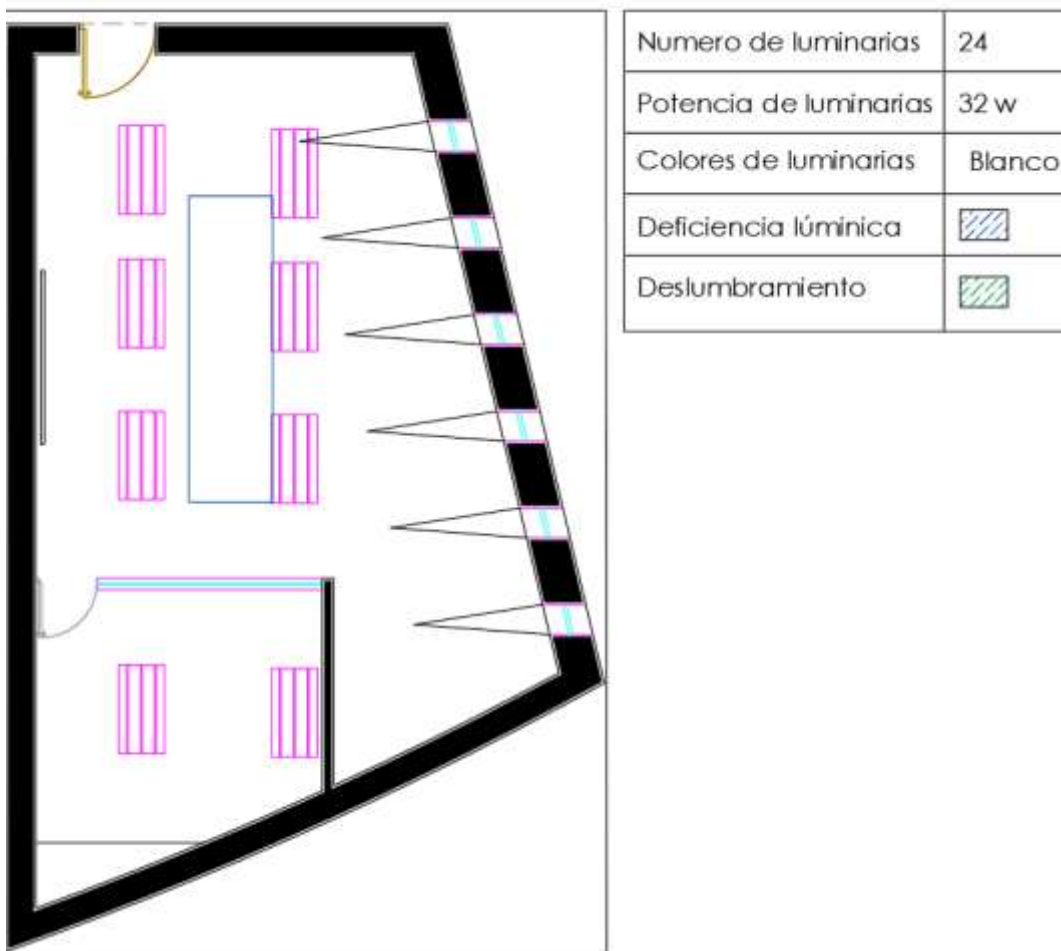


Figura 3.25. Fotos y graficas del Centro de Diseño Regional.

Área en m2: 54.14 m2
Descripción del aula en general: Centro de diseño regional cuenta con 3 escritorios, 3 sillas, 1 archivero, 1 muebles de estantería, 1 bote de basura, 1 pizarrón la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige.
Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta en melamina.
Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB: Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.
Descripción de los sitios de trabajo que requieren iluminación localizada: En esta zona no se registraron deficiencias lumínicas o problemas de deslumbramiento en ningún horario establecido.

CUBICULO 08 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



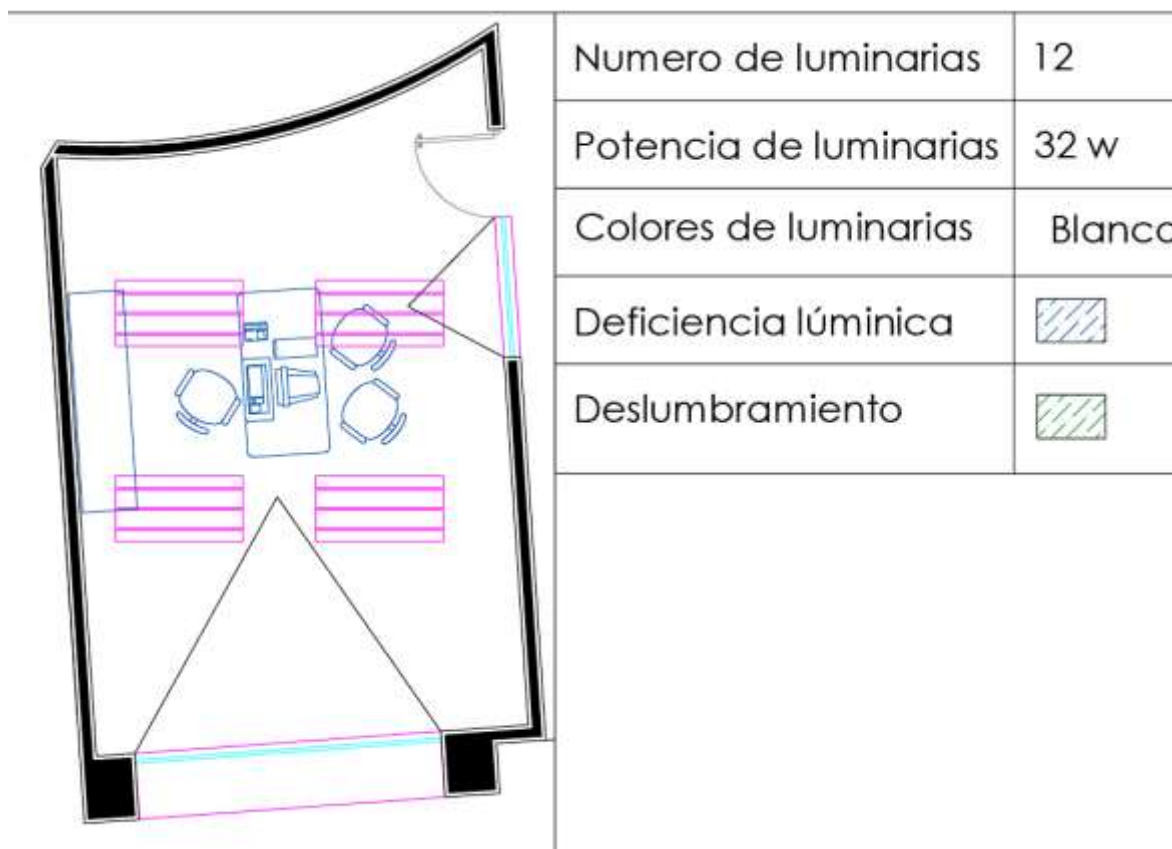


Figura 3.26. Fotos y grafica del Cubículo 8.

Área en m2: 22.28 m2
Descripción del aula en general: cuenta con 1 escritorio, 3 sillas, 1 muebles de estantería, 1 bote de basura, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige.
Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta en melamina.
Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB: Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.
Descripción de los sitios de trabajo que requieren iluminación localizada: En esta zona no se registraron deficiencias lumínicas o problemas de deslumbramiento en ningún horario establecido.

CUBICULO 07 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



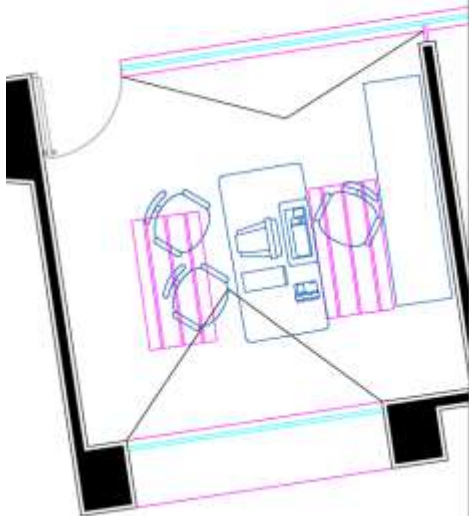
	Numero de luminarias	6
	Potencia de luminarias	32 w
	Colores de luminarias	Blanco
	Deficiencia lúminica	
	Deslumbramiento	

Figura 3.27. Fotos y grafica del Cubículo 7.

Área en m2: 11 m2
Descripción del aula en general: cuenta con 1 escritorio, 3 sillas, 1 muebles de estantería, 1 bote de basura, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige.
Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta en melamina.
Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB: Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.
Descripción de los sitios de trabajo que requieren iluminación localizada: En esta zona no se registraron deficiencias lumínicas o problemas de deslumbramiento en ningún horario establecido.

CUBICULO 06 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



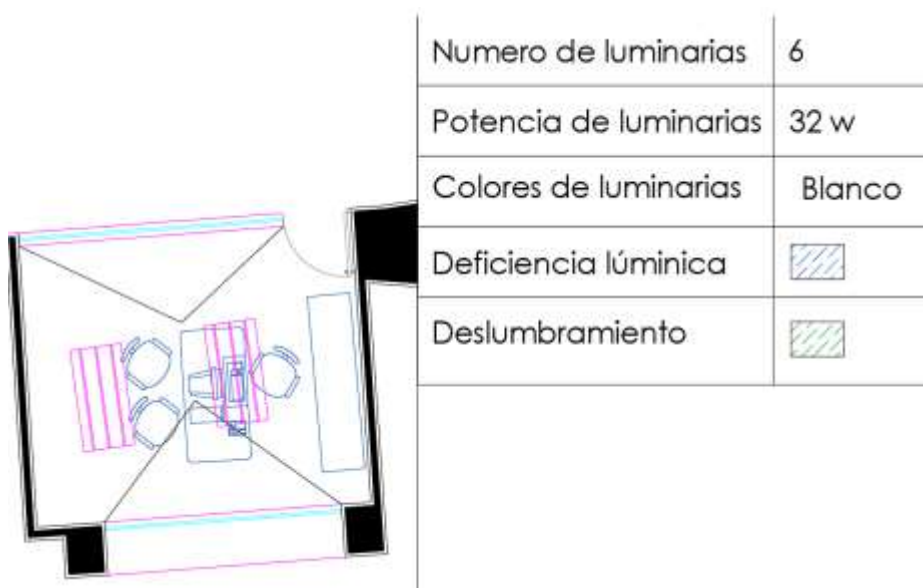


Figura 3.28. Fotos y grafica del Cubículo 6.

Área en m2: 12.50 m2
Descripción del aula en general: Cubículo 03 cuenta con 1 escritorio, 3 sillas, 1 muebles de estantería, 1 bote de basura, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige.
Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta en melamina.
Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB: Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.
Descripción de los sitios de trabajo que requieren iluminación localizada: En esta zona no se registraron deficiencias lumínicas o problemas de deslumbramiento en ningún horario establecido.

CUBICULO 05 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



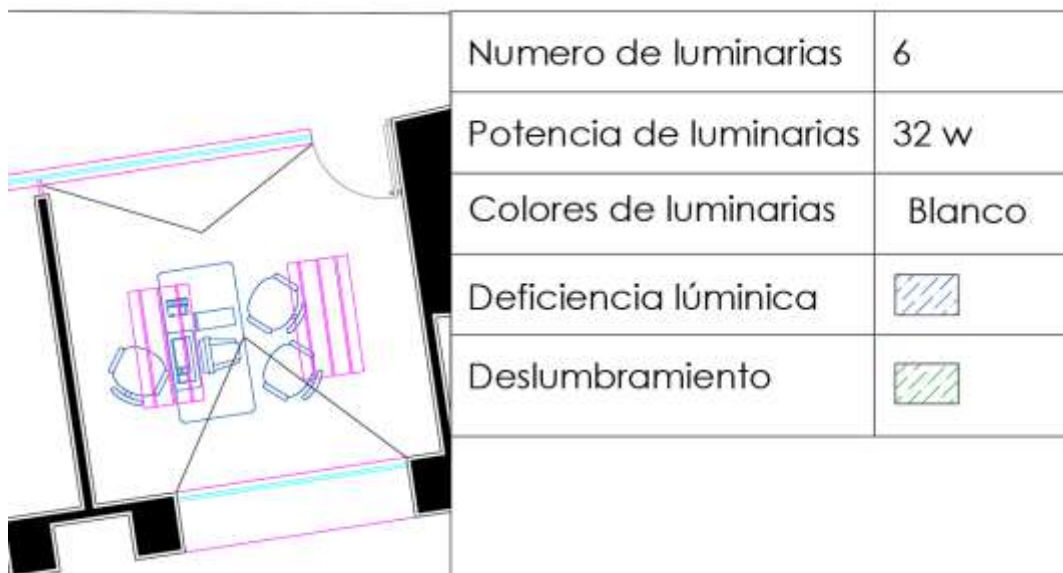


Figura 3.29. Fotos y grafica del Cubículo 5.

Área en m2: 11 m2
Descripción del aula en general: Cubículo 04 cuenta con 1 escritorio, 3 sillas, 1 muebles de estantería, 1 bote de basura, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige.
Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta en melamina.
Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB: Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.
Descripción de los sitios de trabajo que requieren iluminación localizada: En esta zona no se registraron deficiencias lumínicas o problemas de deslumbramiento en ningún horario establecido.

CUBICULO 04 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



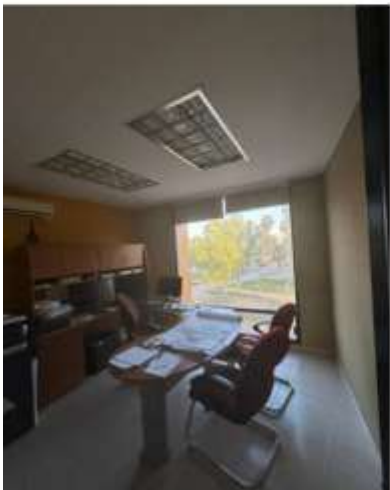
ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



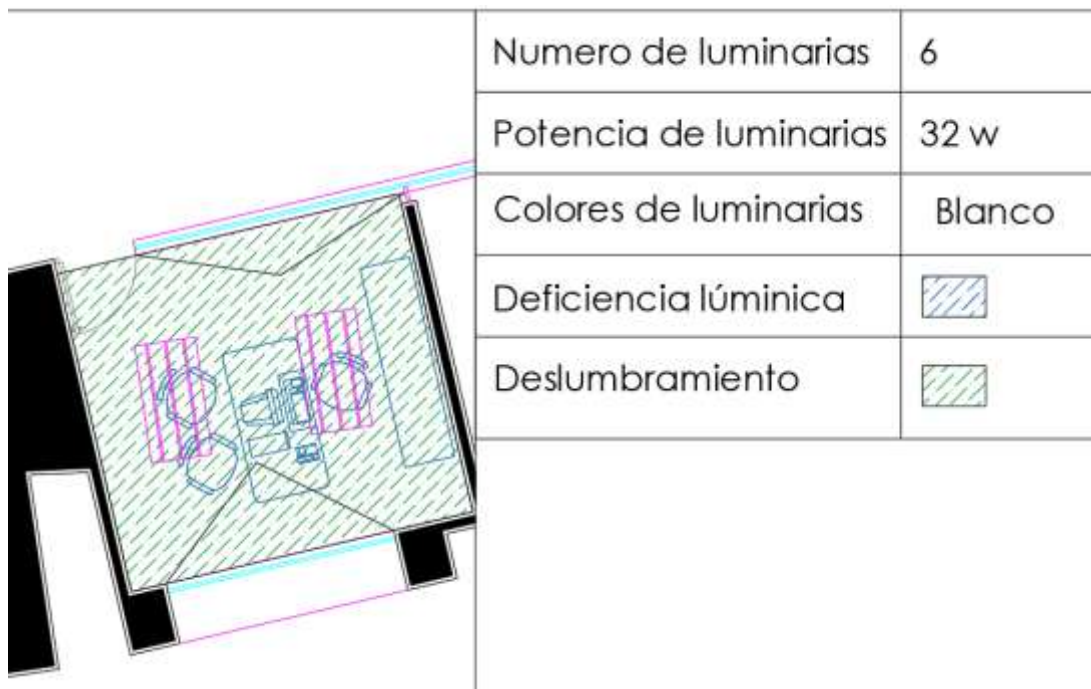


Figura 3.30. Fotos y grafica del Cubículo 4.

Área en m2: 19 m2
Descripción del aula en general: Cubículo 05 cuenta con 1 escritorio, 3 sillas, 1 muebles de estantería, 1 bote de basura, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige.
Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta en melamina.
Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB: Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.
Descripción de los sitios de trabajo que requieren iluminación localizada: En esta zona se registraron deficiencias lumínicas y problemas de deslumbramiento durante la 1:00 p.m. y 7:00 p.m.

CUBICULO 03 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



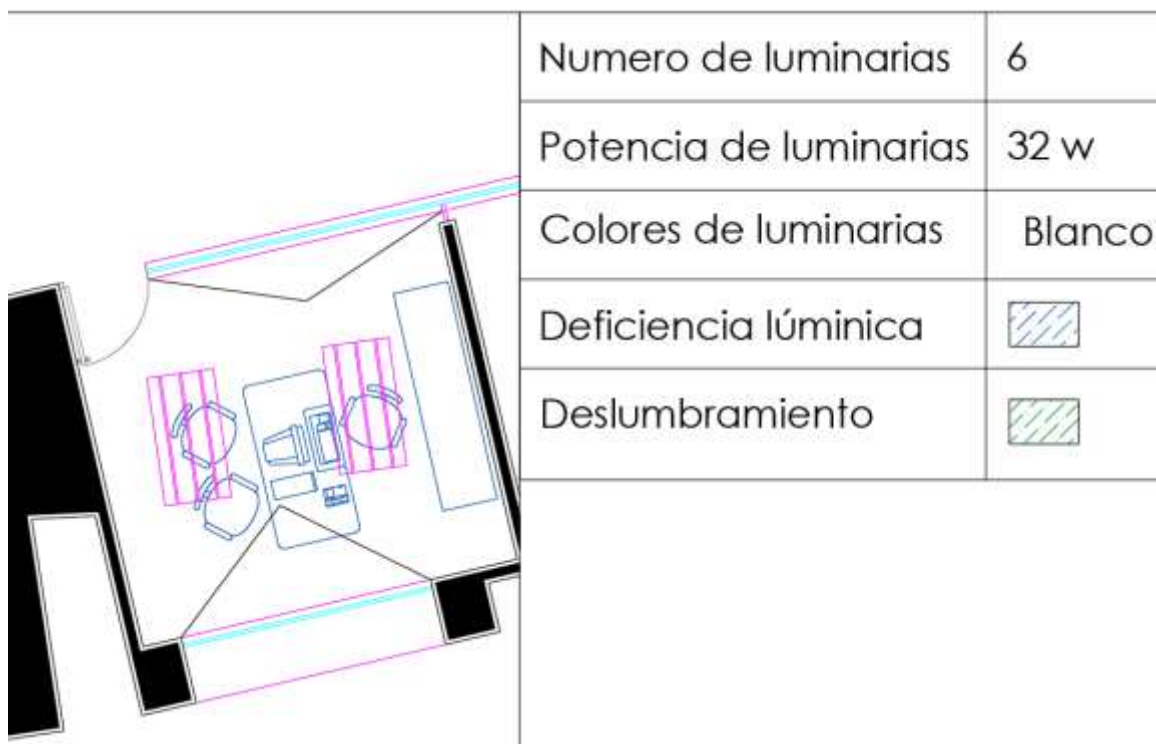


Figura 3.31. Fotos y grafica del Cubículo 3.

Área en m2: 11 m2
Descripción del aula en general: cuenta con 1 escritorio, 3 sillas, 1 muebles de estantería, 1 bote de basura, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige.
Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta en melamina.
Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB: Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.
Descripción de los sitios de trabajo que requieren iluminación localizada: En esta zona no se registraron deficiencias lumínicas o problemas de deslumbramiento en ningún horario establecido.

CUBICULO 02 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



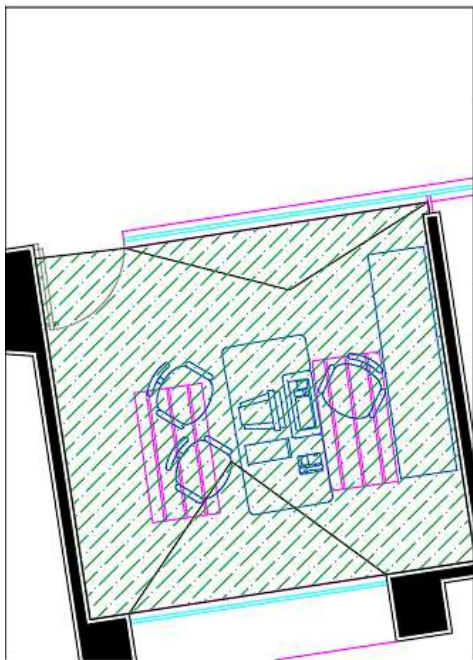
	Numero de luminarias	6
	Potencia de luminarias	32 w
	Colores de luminarias	Blanco
	Deficiencia lúminica	
	Deslumbramiento	

Figura 3.32. Fotos y grafica del Cubículo 2.

Área en m2: 11 m2
Descripción del aula en general: cuenta con 1 escritorio, 3 sillas, 1 muebles de estantería, 1 bote de basura, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige.
Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta en melamina.
Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB: Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.
Descripción de los sitios de trabajo que requieren iluminación localizada: En esta zona se registraron problemas de deslumbramiento durante los horarios de las 1:00 p.m. y 7:00 p.m. en iluminación mixta.

CUBICULO 01 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



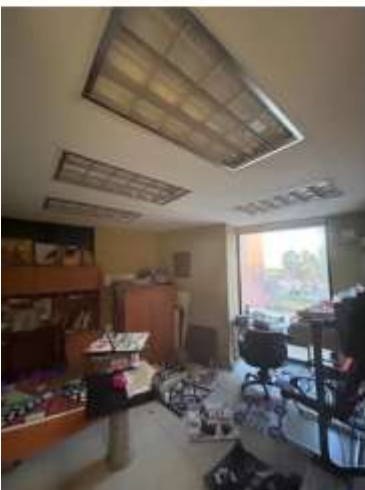
ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



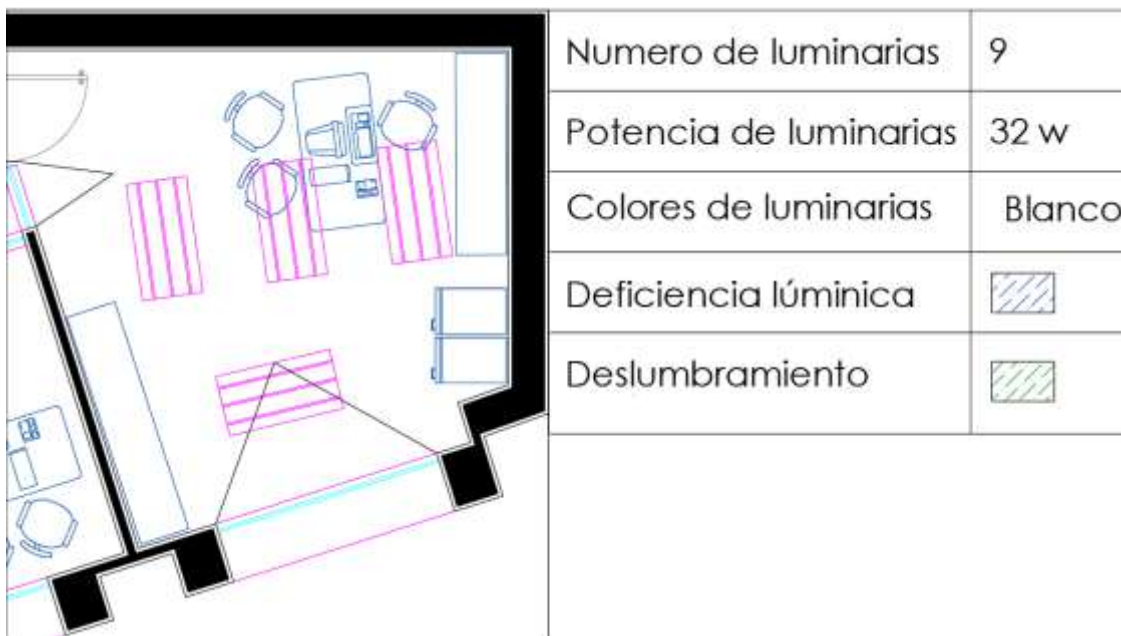


Figura 3.33. Fotos y grafica del Cubículo 1.

Área en m2: 28 m2
Descripción del aula en general: La oficina del director cuenta con 1 escritorio, 3 sillas, 1 archivero, 1 muebles de estantería, 1 bote de basura, 1 sillón, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige.
Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta en melamina.
Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB: Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.
Descripción de los sitios de trabajo que requieren iluminación localizada: En esta zona no se registraron deficiencias lumínicas o problemas de deslumbramiento en ningún horario establecido.

OFICINAS DE TESIS 7:00 a.m.

ILUMINACIÓN NATURAL



ILUMINACIÓN MIXTA



13:00 hrs



19:00 hrs



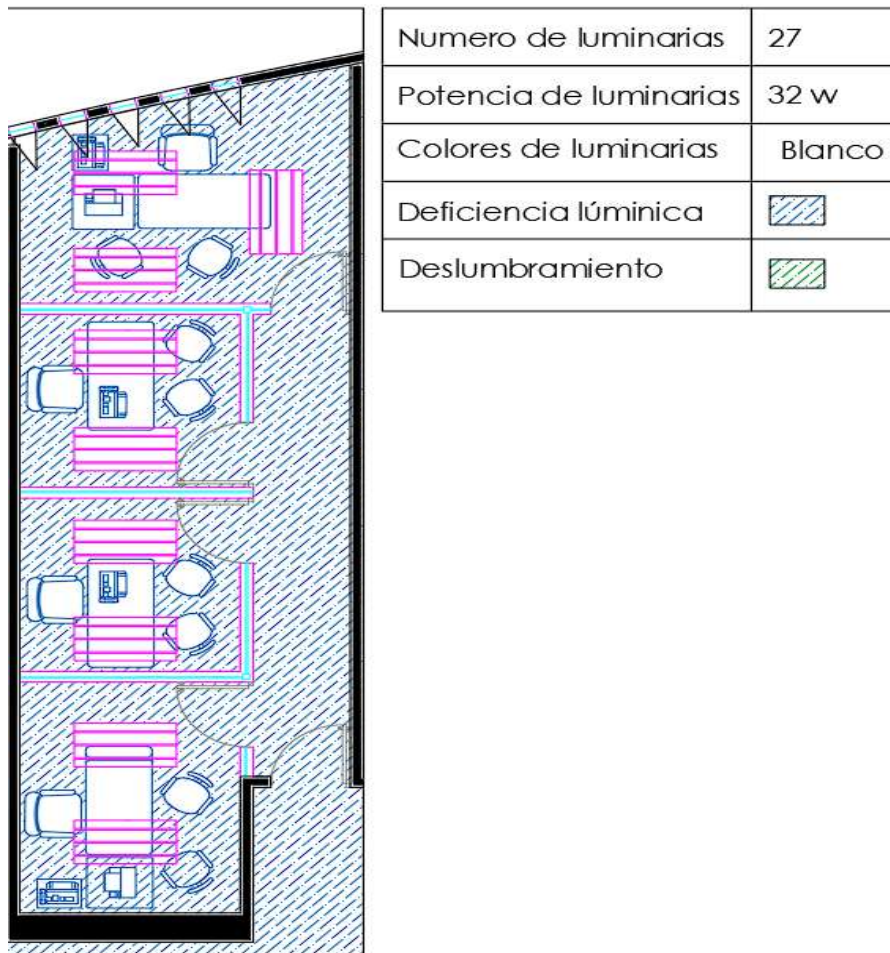


Figura 3.34. Fotos y grafica de las Oficinas de Tesis.

Área en m2: 28 m2

Descripción del aula en general: La oficina del director cuenta con 1 escritorio, 3 sillas, 1 archivero, 1 muebles de estantería, 1 bote de basura, 1 sillón, la superficie del aula es de vitro piso en color beige, los muros son de color beige.

Descripción del área iluminada: El área de trabajo siendo el escritorio, es de metal y la cubierta en melamina.

Descripción de las tareas visuales, de acuerdo con la Tabla AB:

Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.

Descripción de los sitios de trabajo que requieren iluminación localizada:

En esta zona se registraron deficiencias lumínicas, además de ser espacios que no se usan en la actualidad para su función original, ya que se les da un uso para almacenar maquetas y planos.

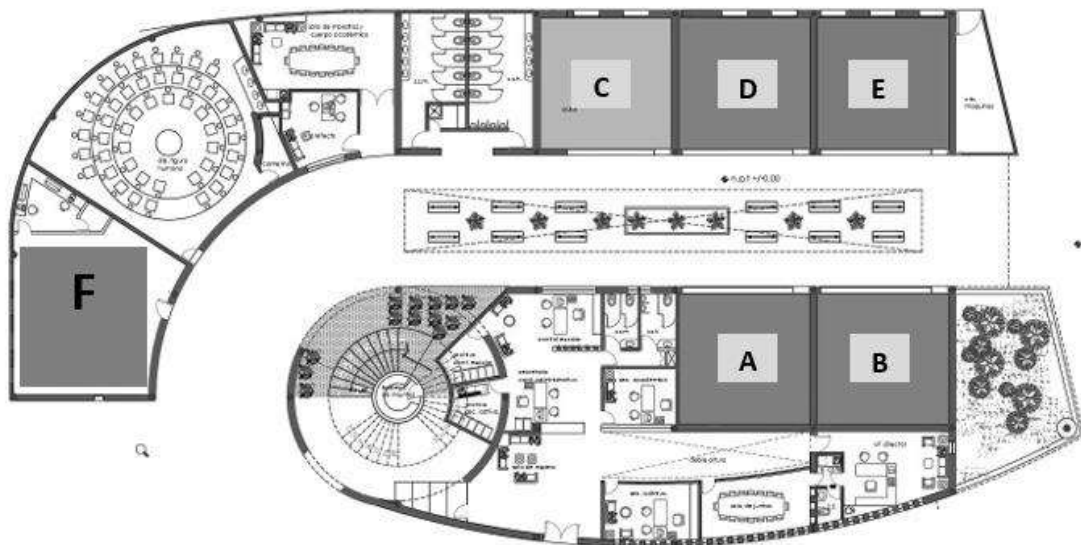
ENCUESTA POST-OCUPACIONAL SOBRE LA ILUMINACIÓN.

Para este estudio se desarrollaron cuestionarios similares, para profesores y estudiantes. El primer cuestionario contiene 20 preguntas dirigido a estudiantes, el segundo a profesores ambos divididas en 2 secciones:

- Datos Generales: rango de edad, sexo.
- Percepción lumínica: percepción sobre confort lumínico, en aulas, talleres y oficinas.

Sección 1: Datos Generales.

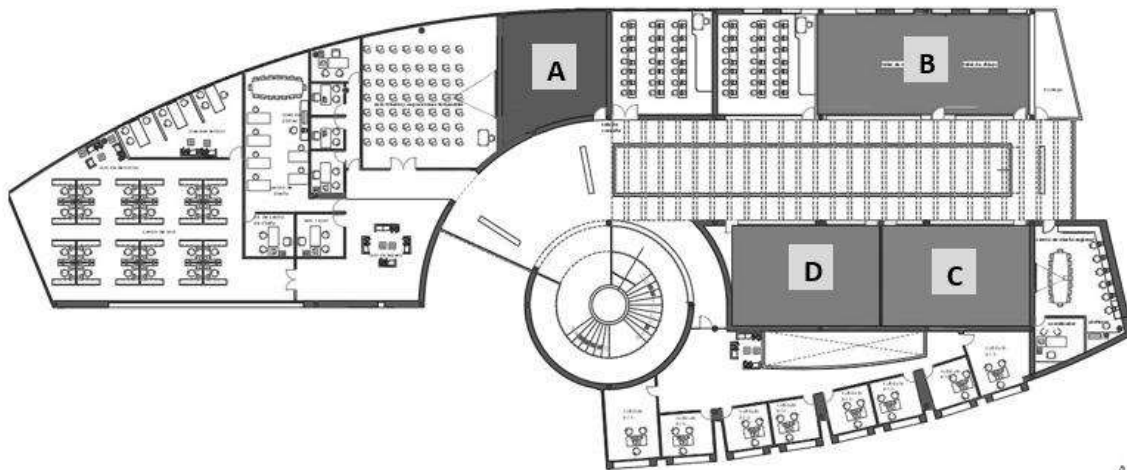
Marque las aulas que más utiliza



Marque las aulas que más utiliza

- A- AULA 1
- B- AULA 2
- C- AULA 3
- D- AULA 4
- E- AULA 5
- F- SALA DE CAPACITACIÓN

Marque los talleres que más utiliza



Marque los talleres que más utiliza.

A- TALLER 4

B- TALLER 3

C- TALLER 2

D- TALLER 1

Rango de Edad:

11-20 años

21-30 años

31-40 años

41-50 años

51-60 años

61-70 años

Sexo:

Masculino

Femenino

1. ¿Cómo calificaría la iluminación general en las aulas?

Muy buena

Buena

Regular

Mala

Muy mala

2. ¿La iluminación mixta es adecuada para las actividades que realiza en el aula?

Sí

No

3. ¿Cómo calificaría la iluminación general en áreas de dibujo (talleres)?

Muy buena

Buena

Regular

Mala

Muy Mala

4. ¿La iluminación es adecuada para realizar trabajos detallados de dibujo?

Sí

No

5. ¿La iluminación natural es suficiente durante el día para desarrollar sus actividades cómodamente?

Sí

No

6. ¿Su espacio de trabajo está libre de brillos o reflejos molestos?

Sí

No

7. ¿La cercanía de su espacio de trabajo hacia las ventanas le permite desarrollar sus actividades con normalidad?

Sí

No

8. ¿Los dispositivos de iluminación artificial (lámparas, luces de techo) están bien ubicados?

Sí

No

9. ¿Hay algún problema con el parpadeo de las luces artificiales?

Sí

No

10. Puedo trabajar cómodamente con algunas luces eléctricas apagadas.

Sí

No

11. ¿Cuál es su estado de ánimo cuando están en su área de trabajo?

Muy bueno

Bueno

Regular
Malo
Muy Malo

12. Cuando finalizo mis actividades no he presentado alguna molestia o fatiga visual

Sí
No

13. ¿Desearía modificar las condiciones de luz artificial en su puesto de trabajo?

Sí
No

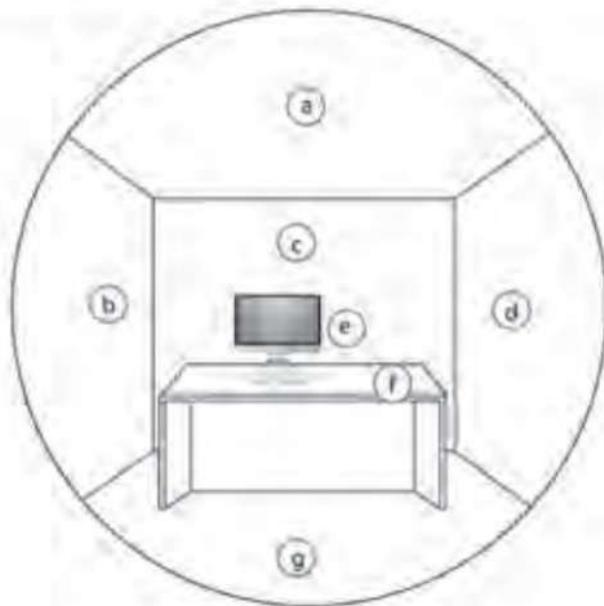
14. ¿Su aula o taller tiene mecanismos de control de luz natural como persianas o corta soles?

Sí
No

15. ¿Es posible accionarlos manualmente desde su lugar de trabajo?

Sí
No

16. Según el gráfico escoja una o más superficies donde posiblemente se refleje el exceso de luz en su lugar de trabajo.



A. Cielo raso

- B. Plano izquierdo
- C. Plano frontal
- D. Plano derecho
- E. Pantalla computador
- F. Plano de trabajo
- G. Piso
- H. Otra
- I. No existe reflejo de ningún tipo

17. Considera usted que la iluminación en su puesto de trabajo es:

- Adecuada
- Algo Molesta
- Molesta
- Muy molesta

18. Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo, preferiría tener:

- Más luz
- Sin cambio
- Menos luz

19. Agregue un comentario que considere relevante para mejorar las condiciones de iluminación (opcional)

20. ¿Qué otros espacios utilizan?

ENCUESTA PARA PROFESORES

Rango de Edad:

- 21-30 años
- 31-40 años
- 41-50 años
- 51-60 años
- 61-70 años

Sexo:

- Masculino
- Femenino

Marque los cubículos que más utiliza

- A- CUBÍCULO 1

- B- CUBÍCULO 2
- C- CUBÍCULO 3
- D- CUBÍCULO 4
- E- CUBÍCULO 5
- F- CUBÍCULO 6
- G- CUBÍCULO 7
- H- CUBÍCULO 8

1. ¿Cómo calificaría la iluminación general en los cubículos?

Muy buena
Buena
Regular
Mala
Muy mala

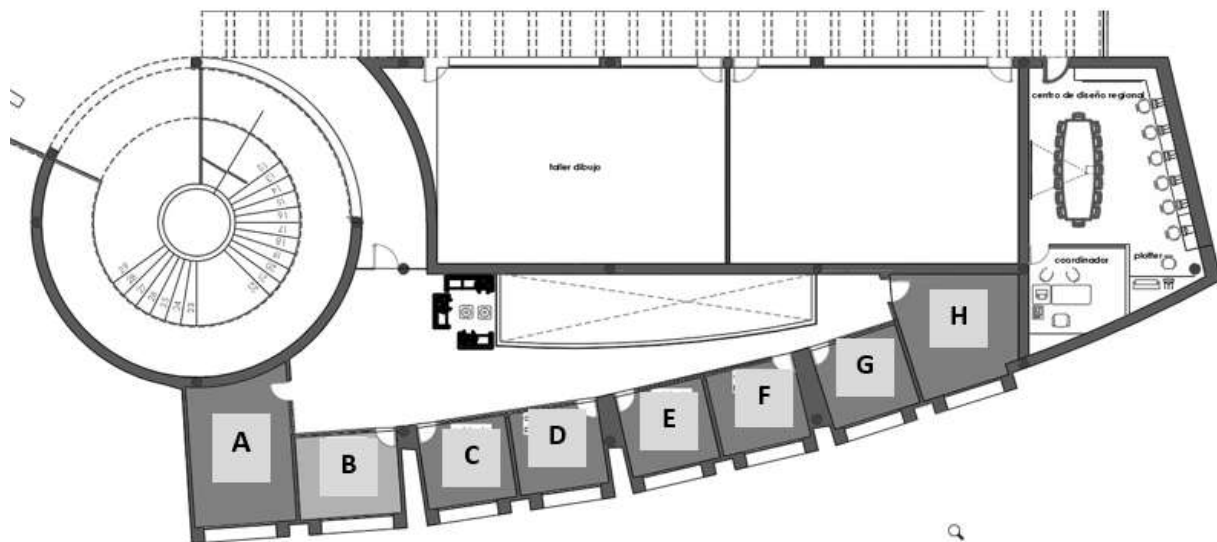
2. ¿La iluminación mixta es adecuada para las actividades que realiza en el área de trabajo?

Sí
No

3. ¿Cómo calificaría la iluminación general en áreas de trabajo?

Muy buena
Buena
Regular
Mala
Muy Mala

4. ¿La iluminación natural es suficiente durante el día para desarrollar sus actividades cómodamente?



Sí
No

6. ¿Su espacio de trabajo está libre de brillos o reflejos molestos?

Sí
No

7. ¿La cercanía de su espacio de trabajo hacia las ventanas le permite desarrollar sus actividades con normalidad?

Sí
No

8. ¿Los dispositivos de iluminación artificial (lámparas, luces de techo) están bien ubicados?

Sí
No

9. ¿Hay algún problema con el parpadeo de las luces artificiales?

Sí
No

10. Puedo trabajar cómodamente con algunas luces eléctricas apagadas.

Sí
No

11. 11. Cuando se encuentra en su espacio de trabajo, ¿Siente que su estado de ánimo cambia?

Sí
No

12. Cuando finalizo mis actividades no he presentado alguna molestia o fatiga visual

Sí
No

13. ¿Desearía modificar las condiciones de luz artificial en su puesto de trabajo?

Sí
No

14. ¿Su espacio de trabajo tiene mecanismos de control de luz natural como persianas o corta soles?

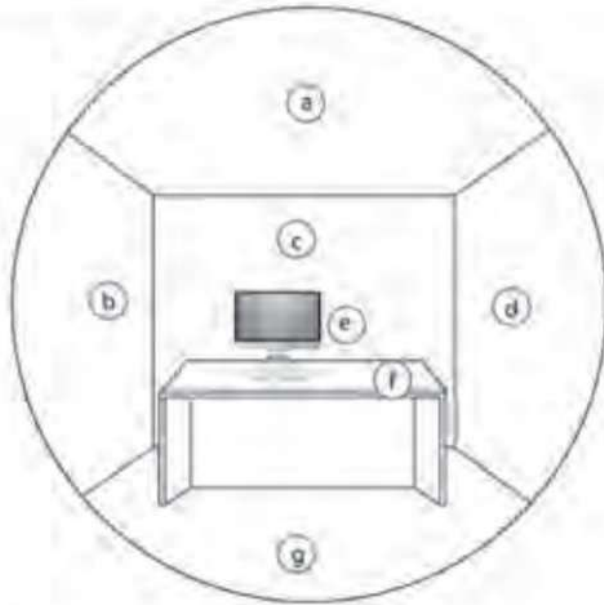
Sí
No

15. ¿Es posible accionarlos manualmente desde su lugar de trabajo?

Sí

No

16. Según el gráfico escoja una o más superficies donde posiblemente se refleje el exceso de luz en su lugar de trabajo.



A. Cielo raso

B. Plano izquierdo

C. Plano frontal

D. Plano derecho

E. Pantalla computador

F. Plano de trabajo

G. Piso

H. Otra

I. No existe reflejo de ningún tipo

17. Considera usted que la iluminación en su puesto de trabajo es:

Adecuada

Algo Molesta

Molesta

Muy molesta

18. Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo, preferiría tener:

Más luz

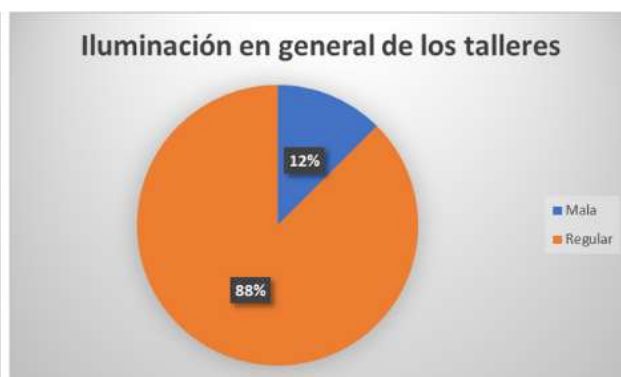
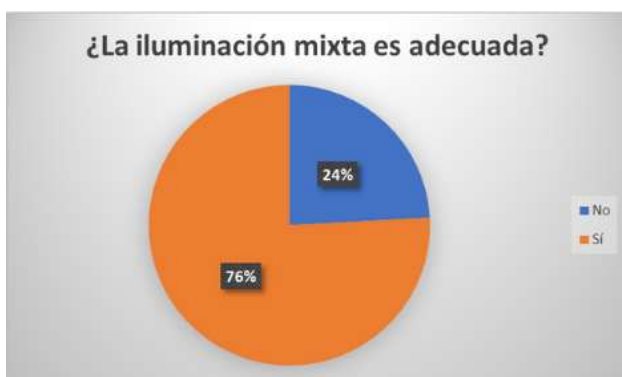
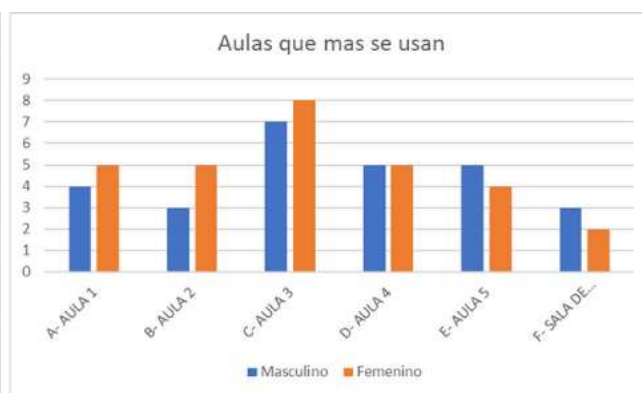
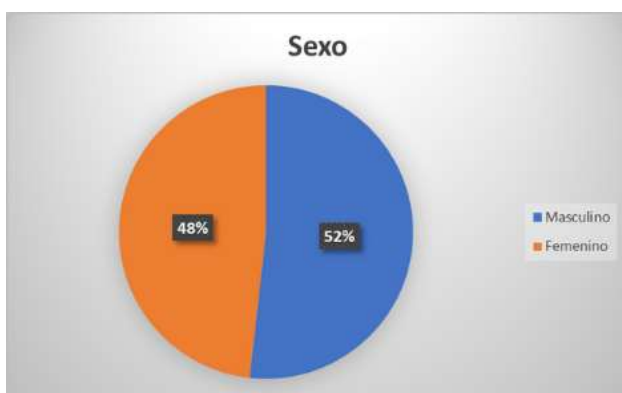
Sin cambio

Menos luz

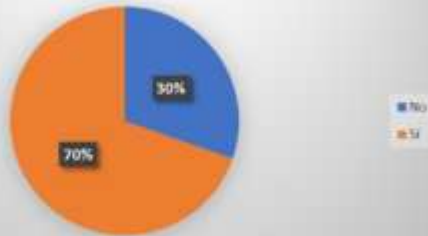
19. Agregue un comentario que considere relevante para mejorar las condiciones de iluminación (opcional)

RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

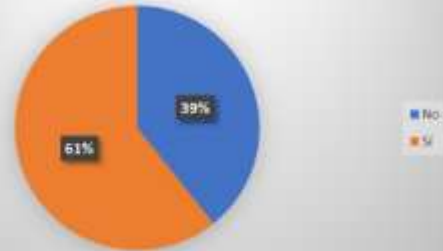
ALUMNOS.



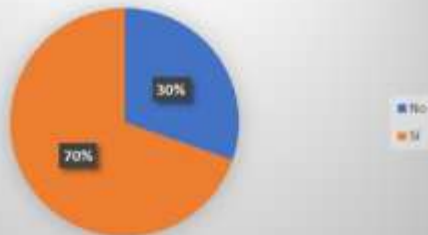
¿La Iluminación es adecuada para realizar actividades de dibujo?



¿La iluminación natural es adecuada para realizar sus actividades cómodamente?



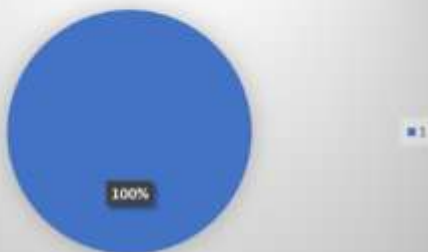
¿Su espacio de trabajo esta libre de brillos o reflejos molestos?



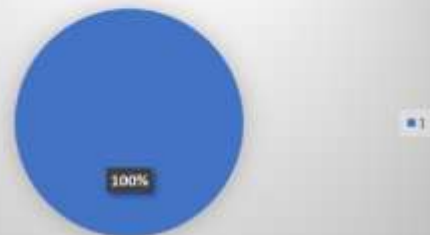
¿La cercanía de su espacio de trabajo hacia las ventanas le permite desarrollar sus actividades con normalidad?

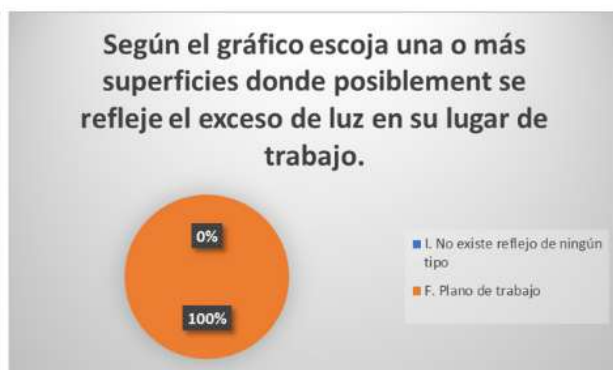
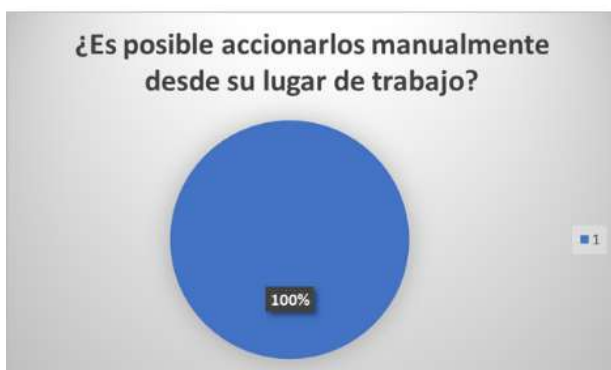


¿Los dispositivos de iluminación artificial (lámparas, luces de techo) están bien ubicados?

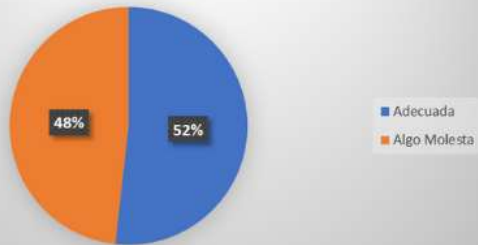


¿Hay algún problema con el parpadeo de las luces artificiales?

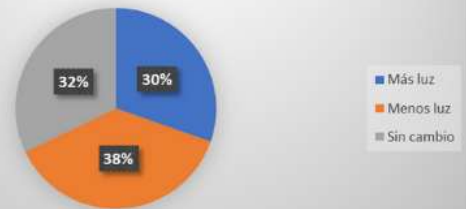




Considera usted que la iluminación en su puesto de trabajo es:



Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo, preferiría tener:

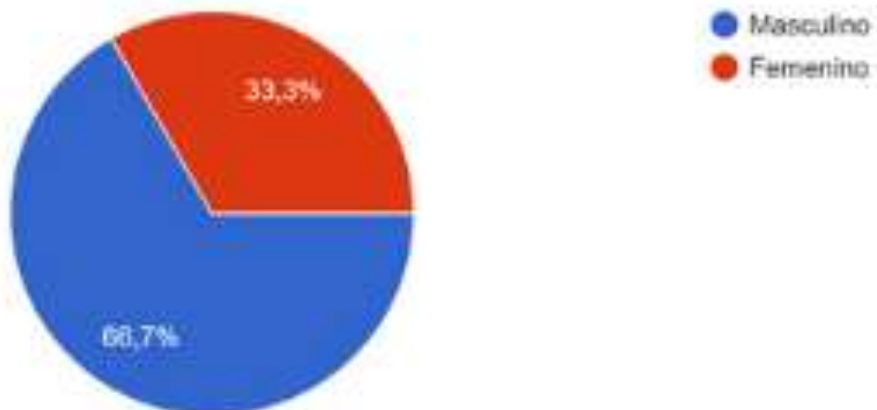


Agregue un comentario que considere relevante para mejorar las condiciones de iluminación (opcional)

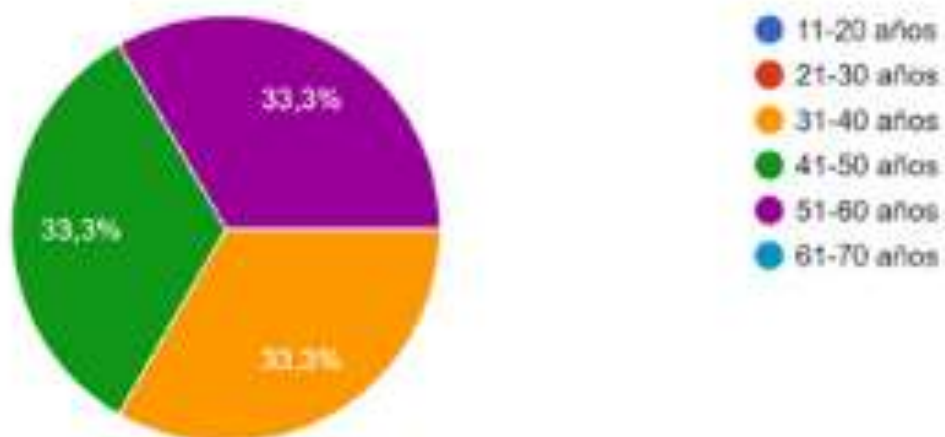


PROFESORES

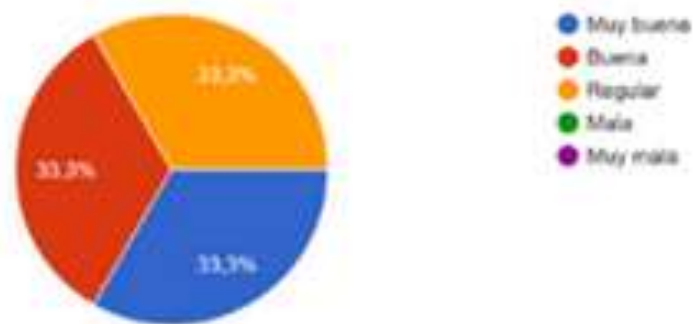
Sexo:



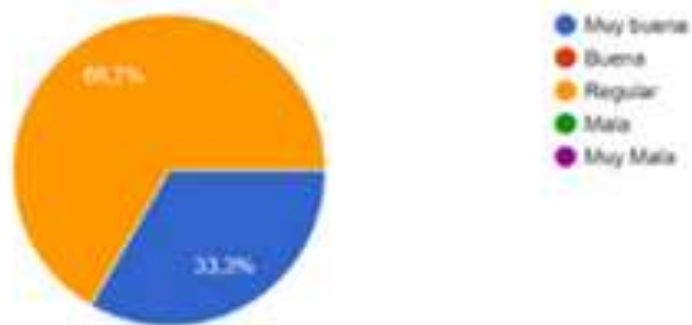
Rango de edad:



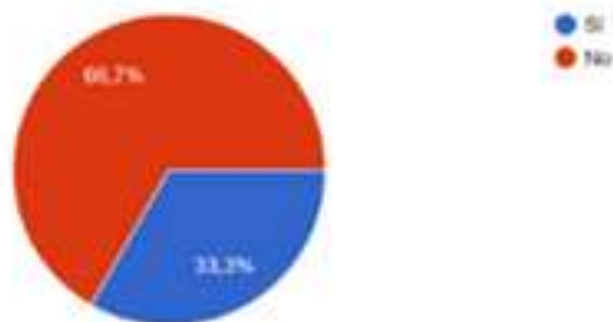
1. ¿Cómo calificaría la iluminación general en los cubículos?



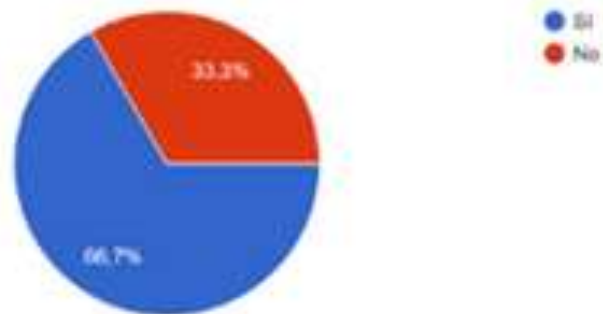
3. ¿Cómo calificaría la iluminación general en áreas de trabajo?



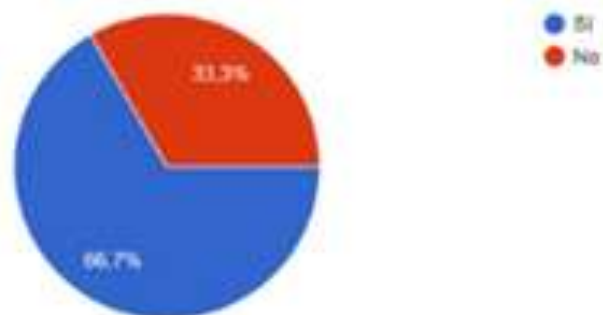
5. ¿Su espacio de trabajo esta libre de brillos o reflejos molestos?



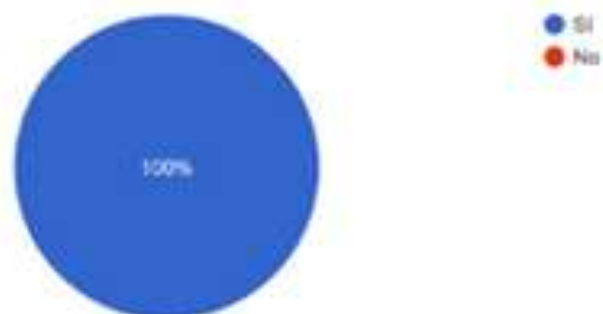
2. ¿La iluminación mixta es adecuada para las actividades que realiza en el área de trabajo?



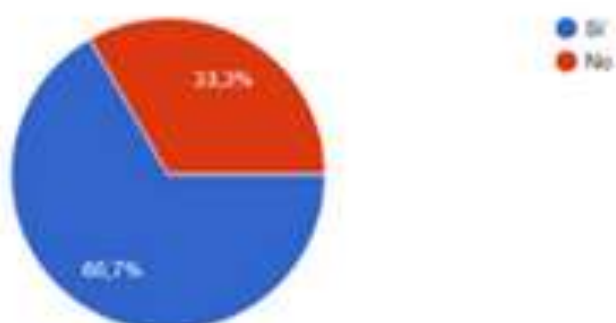
4. ¿La iluminación natural es suficiente durante el día para desarrollar sus actividades cómodamente?



6. ¿La cercanía de su espacio de trabajo hacia las ventanas le permite desarrollar sus actividades



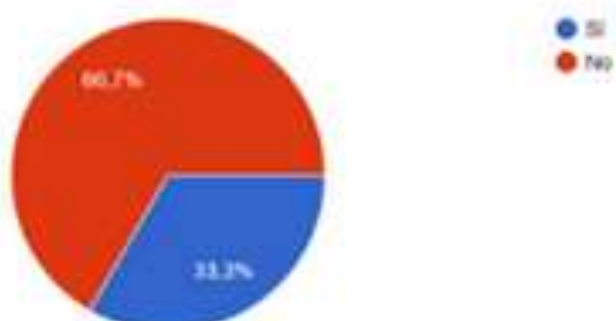
7. ¿Los dispositivos de iluminación artificial (lámparas, luces de techo) están bien ubicados?



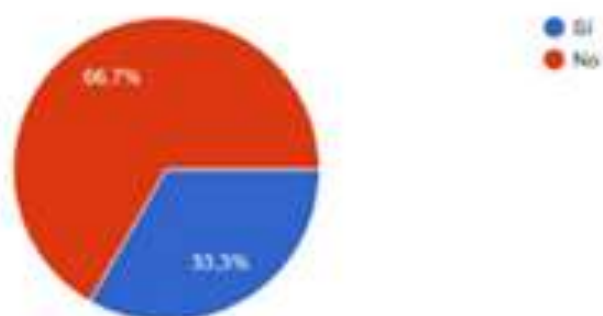
9. Puedo trabajar cómodamente con algunas luces electricas apagadas.



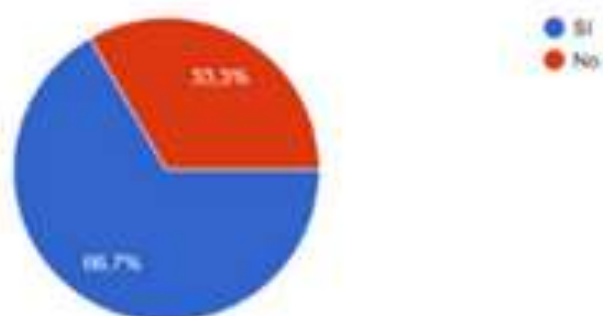
11. Cuando finalizo mis actividades no he presentado alguna molestia o fatiga visual



8. ¿Hay algún problema con el parpadeo de las luces artificiales?



10. Cuando se encuentra en su espacio de trabajo, ¿Siente que su estado de ánimo cambia?



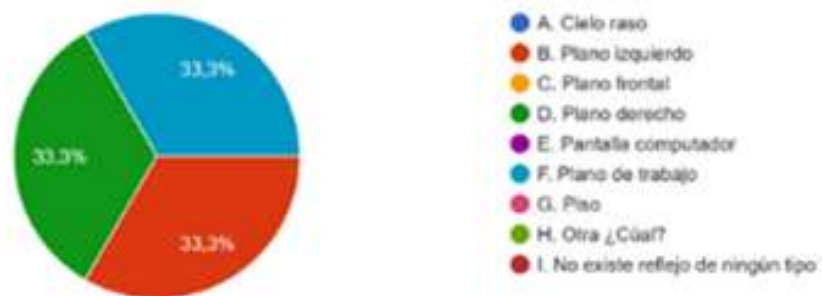
12. ¿Desearía modificar las condiciones de luz artificial en su puesto de trabajo?



13 ¿Su espacio de trabajo tiene mecanismos de control de luz natural como persianas o cortasoles ?



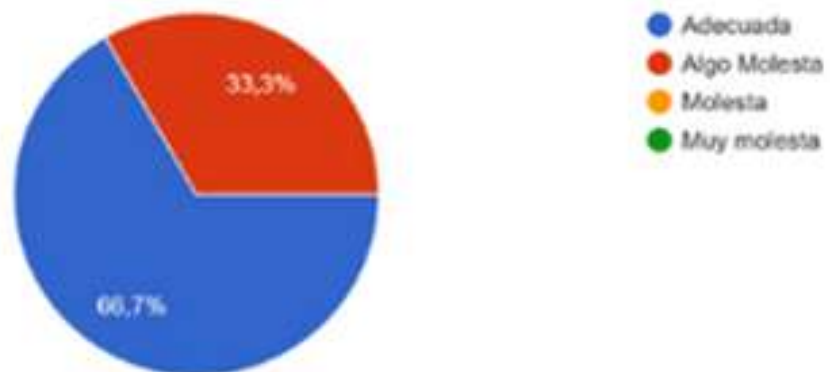
15. Según el gráfico escoja una o más superficies donde posiblemente se refleje el exceso de luz en su lugar de trabajo.



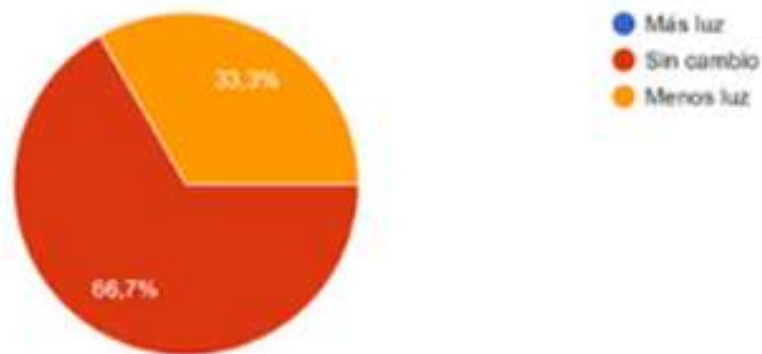
14. ¿Es posible accionarlos manualmente desde su lugar de trabajo?



16. Considera usted que la iluminación en su puesto de trabajo es:



17. Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo, preferiría tener:



18. Agregue un comentario que considere relevante para mejorar las condiciones de iluminación (opcional)

Poder agregar estrategias para regular el exceso de luz natural, además de modificación del tipo de iluminación artificial.

Es un espacio que me permite tener diferentes áreas de trabajo

Falta la relación iluminación-calor, que en regiones áridas y en temporada de primavera-verano se da.

Los resultados de las encuestas aplicadas a alumnos y profesores aportaron una visión directa y fundamentada desde la experiencia de los propios usuarios. Este ejercicio de caracterización permitió identificar con claridad que espacios como el Aula Milenio y el Taller 4 presentan las mayores deficiencias en cuanto a condiciones de iluminación natural, lo que confirma la necesidad de analizarlos en profundidad y de plantear estrategias de mejora que contribuyan al confort visual y al desempeño académico de sus ocupantes. Dentro del Capítulo 4 se presentará el diagnóstico detallado de dichos espacios, donde se evaluarán con mayor precisión las condiciones lumínicas y se establecerán las medidas de control pertinentes.

Capítulo 4

Diagnóstico

4.1 Introducción

La iluminación adecuada en los espacios educativos es crucial para contribuir al confort lumínico del usuario, en este caso, es crucial para promover el rendimiento de estudiantes y profesores. En la Escuela de Arquitectura, Unidad Torreón, se han identificado una serie de problemas relacionados con la iluminación en diferentes espacios educativos. Dentro del diagnóstico se llevará a cabo la selección de los espacios que se evaluarán posteriormente. También se realizarán las comparativas de los espacios actuales con los parámetros mínimos necesarios de iluminación. Esto da paso a la implementación de estrategias para los espacios seleccionados y su correcta evaluación.

TABLA DE MEDICIONES DE LUZ NATURAL E ILUMINACIÓN MIXTA DE LOS ESPACIOS DE LA ESCUELA DE ARQUITECTURA U.T.

ÁREA	LUZ NATURAL (LUXES)			LUZ ARTIFICIAL (LUXES)		
	7:00 AM	1:00 PM	7:00 PM	7:00 AM	1:00 PM	7:00 PM
PLANTA BAJA						
AULA 1	14.2	55.4	33	495.8	513	483
AULA 2	67.2	82.2	15.7	241.8	303	259
AULA 3	320.8	450	570	520	689	589
AULA 4	325.7	420	487	536	659	613
AULA 5	335	478	569	632	585	645
OFICINA DEL DIRECTOR	450	580	498	587	426	569
OFICINA SECRETARIO ACADÉMICO	29.8	61	88	336	354.7	223
OFICINA SECRETARIO ADMINISTRATIVO	129	356.3	389.5	475	598	316
SALA DE JUNTAS	228	378	420.2	679.3	798.2	516.2
SECRETARIA CONTADOR ADMINISTRATIVO	385	465	387	562.1	613.7	546.7
SALA DE MAESTROS	326	265.6	420.3	548.8	659	512.1
PREFECTURA	425	326.3	502.3	589.6	632.3	426.7
ZONA CERO	265	487.3	463.5	579.9	614.2	565
SALA DE CAPACITACIÓN	48	156	9	508	619	500
MAQUETAS	42.5	43	420	190.8	192	507
PLANTA ALTA						
TALLER 01	424.2	570	212	789.6	851.6	697.5

TALLER 02	186	132	98	693.8	784.6	647.9
TALLER 03	179	126	85	565.32	649.2	539.6
TALLER 4	67.2	82.2	15.7	241.8	303	259
SALA DE CAPACITACIÓN 1	48	58	23	508	565	465
SALA DE CAPACITACIÓN 2	79	69	65	487.3	523	489
AULA MILENIO	10	15	0.9	636.8	638	620
AULA 06	326	425	204	656.3	736	645
ÁREA DE TESIS	668	785	570	450	760	640
ÁREA DE CUBÍCULOS TESIS	50	85	66	350	450	320
CUBÍCULO 1	116.7	178.9	102	1083	1184	1135
CUBÍCULO 2	448.3	762	324	1106	1473	1071
CUBÍCULO 3	312	542	326	809	923	720
CUBÍCULO 4	307	616.1	245	1066	1434	1020
CUBÍCULO 5	181.8	350	535	780	950	758
CUBÍCULO 6	147	323	489	829.2	1050	795
CUBÍCULO 7	203.5	400	498	871	987	786
CUBÍCULO 8	434	520	450	725	850	685

SELECCIÓN DE ESPACIOS

Para seleccionar los espacios que serían simulados se hicieron mediciones en los 33 espacios de la Escuela de Arquitectura U.T. el día 07 de junio del 2024. Divididos en 4 grupos (Aulas, Talleres, Oficinas, Otros).

Aulas:

1. Aula 1
2. Aula 2
3. Aula 3
4. Aula 4
5. Aula 5
6. Aula 6
7. Aula milenio
8. Área de tesis.
9. Área de cubículos de tesis.

Para seleccionar el espacio con mayor deficiencia de iluminación de las aulas, se midió la iluminancia en el centro de cada espacio del grupo de aulas a las 7, 13 y 19 horas (Figura 4.1).

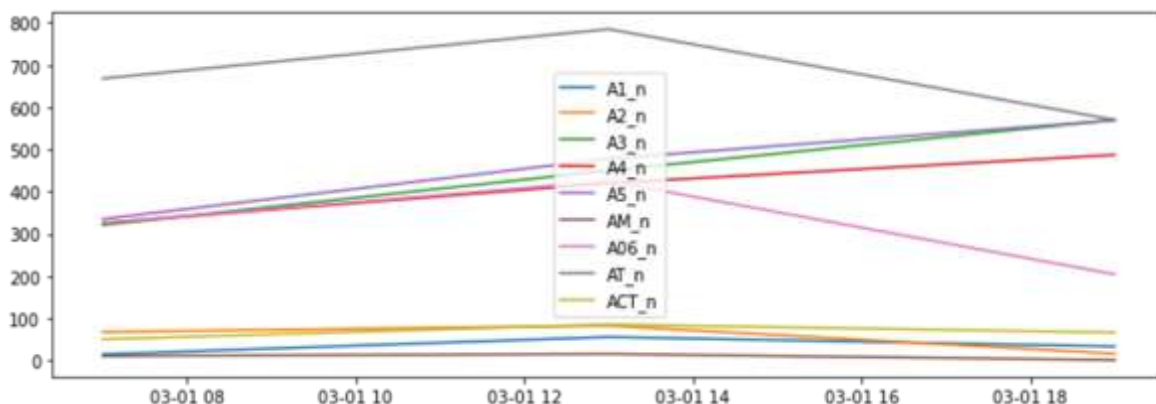


Figura 4.1 Mediciones de la iluminancia en el centro de cada espacio a las 7, 13 y 19 horas en condiciones de iluminación natural. Se presentan los resultados del aula 1 (A1), aula 2 (A2), aula 3 (A3), aula 4 (A4), aula 5 (A5), aula 6 (A6), aula milenio (AM), área de tesis (AT), área cubículos de tesis (ACT).

Las aulas con mayor deficiencia de iluminación natural fueron: aula 1, aula 2, área cubículos tesis y aula milenio, de las cuales, se seleccionó el aula milenio, ya que es el espacio más usado y con mayor deficiencia.

Para seleccionar el espacio con mayor problemática de iluminación de las oficinas, se midió la iluminación en el centro de cada espacio del grupo de oficinas a las 7, 13 y 19 horas (Figura 4.2). Descripción de las figuras.

Oficinas:

1. Oficina del director
2. Oficina secretario académico
3. Oficina secretario administrativo
4. Secretaría contaduría administrativa
5. Cubículo 1
6. Cubículo 2
7. Cubículo 3
8. Cubículo 4

9. Cubículo 5

10. Cubículo 6

11. Cubículo 7

12. Cubículo 8

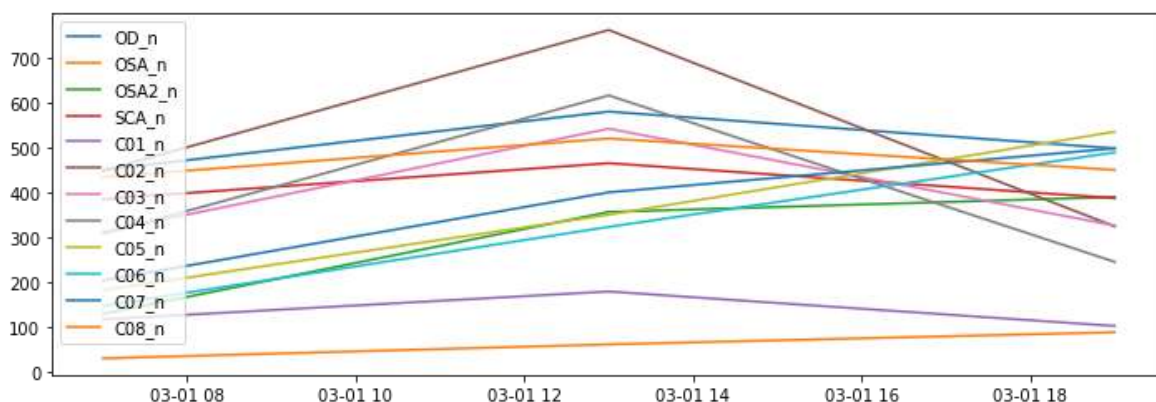


Figura 4.2 Mediciones de la iluminancia en el centro de cada espacio a las 7, 13 y 19 horas en condiciones de iluminación natural. Se presentan los resultados de la oficina del director (OD), oficina secretario académico (OSA), oficina secretario administrativo (OSA2), secretaría contaduría administrativa (SCA), cubículo 01 (C01), cubículo 02 (C02), cubículo 03 (C03), cubículo 04 (C04), cubículo 05 (C05), cubículo 06 (C06), cubículo (C07), cubículo (C08).

Espacios con mayor deficiencia de iluminación natural:

1. Oficina secretario académico.
2. Cubículo 01

Para seleccionar el espacio con mayor problemática de iluminación de los espacios clasificados como “oficinas 2”, se midió la iluminancia en el centro de cada espacio del grupo de oficinas a las 7, 13 y 19 horas (Figura 4.3). Descripción de las figuras.

Otros:

1. Sala de juntas
2. Sala de capacitación
3. Sala de maestros
4. Prefectura
5. Zona cero
6. Sala de capacitación 01

7. Sala de capacitación 02

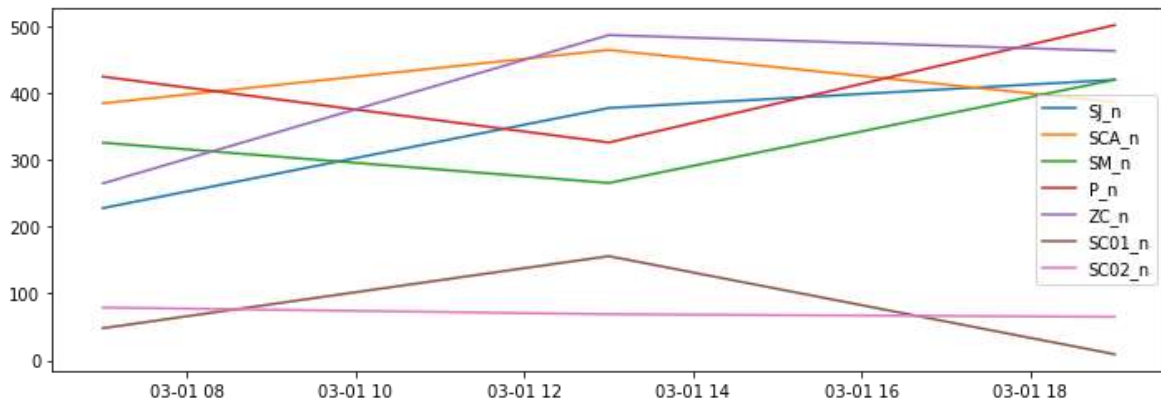


Figura 4.3 Mediciones de la iluminancia en el centro de cada espacio a las 7, 13 y 19 horas en condiciones de iluminación natural. Se presentan los resultados de la sala de juntas (SJ), sala de capacitación (SCA), sala de maestros (SM), prefectura (P), zona cero (ZC), sala de cómputo 1(SC01), sala de cómputo 2 (SC02)

Espacios con mayor deficiencia de iluminación natural:

1. Sala de capacitación 1
2. Sala de capacitación 2

Los espacios con mayor deficiencia de iluminación natural fueron las salas de capacitación 1 y 02, cubículo 01 y la oficina del secretario académico, de las cuales, se seleccionó sala de capacitación 1, ya que es el aula escolar con mayor deficiencia en iluminación a la que se le da mayor uso.

Para seleccionar el espacio con mayor problemática de iluminación de los talleres, se midió la iluminación en el centro de cada espacio del grupo de oficinas a las 7, 13 y 19 horas (Figura 4.4). Descripción de las figuras.

Talleres

1. Maquetas
2. Taller 1
3. Taller 2
4. Taller 3
5. Taller 4

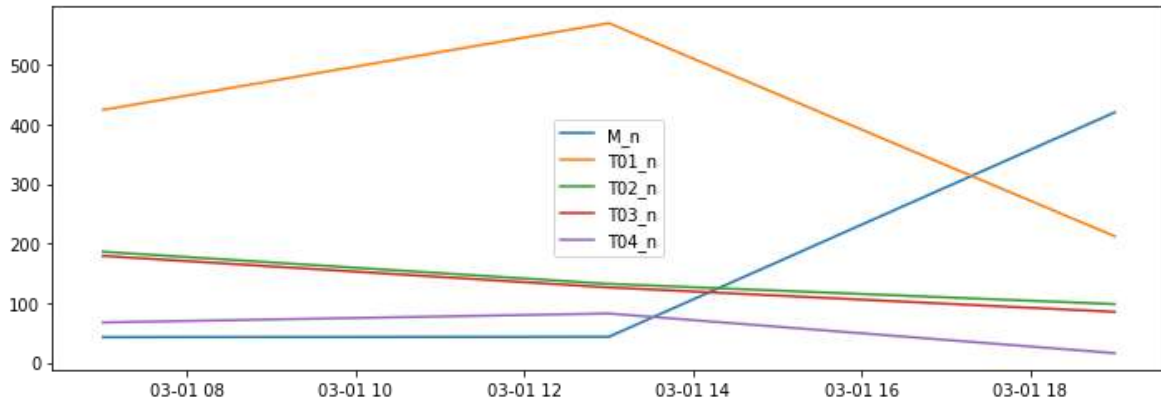


Figura 4.4 Mediciones de la iluminancia en el centro de cada espacio a las 7, 13 y 19 horas en condiciones de iluminación natural. Se presentan los resultados de maquetas (M), taller 1 (T01), taller 2 (T02), taller 3 (T03), taller 4 (T04).

Los espacios con mayor deficiencia de iluminación natural fueron maquetas y taller 4, de los cuales, se seleccionó el taller 4, ya que es el espacio con mayor deficiencia lumínica.

AULA MILENIO

En el Aula Milenio (Figura 4.5) se identificó una notable deficiencia lumínica, ya que durante la mayor parte del día los niveles de iluminación estuvieron consistentemente por debajo de los 50 luxes, muy lejos de los estándares recomendados para espacios educativos. En la Figura 4.5 se muestra un gráfico 2D de la superficie donde hay deficiencia lumínica. Esta insuficiencia afecta tanto el confort visual como el rendimiento académico de los usuarios, generando un entorno poco adecuado para el desarrollo de actividades que requieren concentración y precisión visual. Este hallazgo subraya la necesidad de implementar estrategias correctivas que aumenten el ingreso de luz natural para cumplir con los requisitos normativos y mejorar la calidad del espacio.

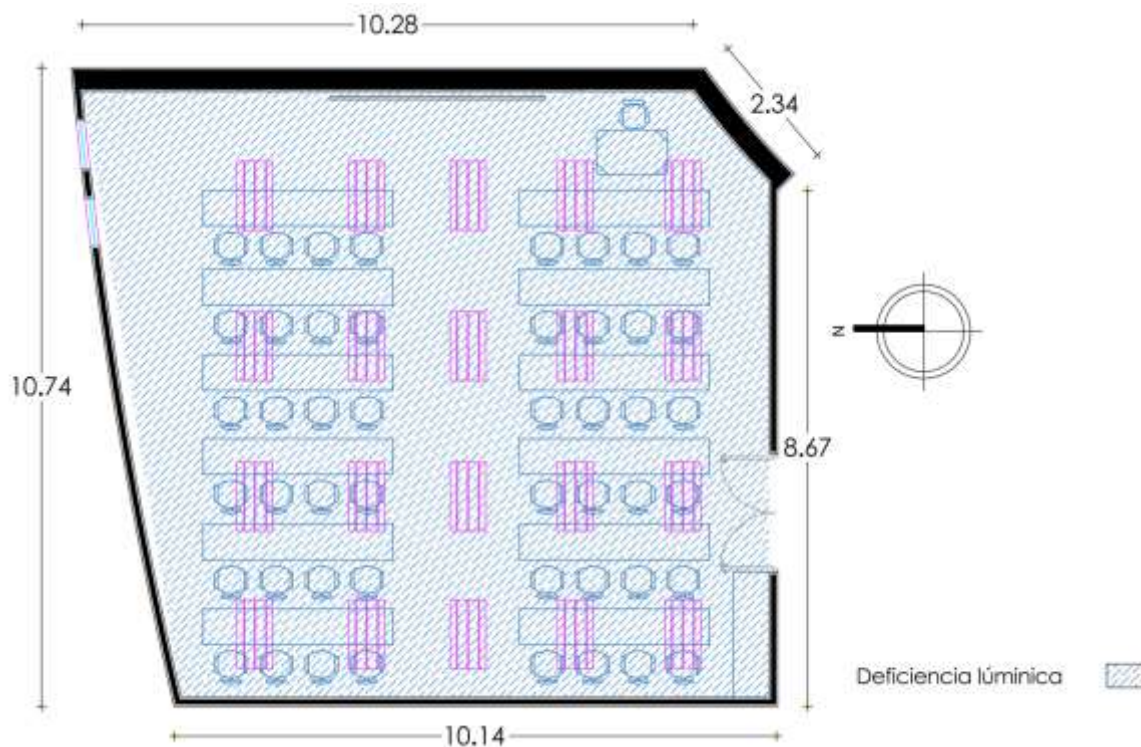


Figura 4.5. Gráfico de Aula Milenio, superficie con deficiencia lumínica.

TALLER 4

En el Taller 4 (Figura 4.6) se detectó una deficiencia significativa en los niveles de iluminación, con mediciones que durante la mayor parte del día permanecieron por debajo de los 100 luxes. Un valor insuficiente para un espacio diseñado donde se realizan actividades creativas y técnicas. Este déficit lumínico no solo dificulta la realización de tareas que requieren alta precisión visual, como el dibujo o el modelado, sino que también podría ocasionar fatiga visual en los usuarios. Asimismo, se identificó que la distribución de las fuentes de luz y las propiedades reflectantes de las superficies interiores no favorecen una iluminación uniforme, lo que crea zonas de sombra que afectan aún más la funcionalidad del espacio. Estos resultados evidencian la necesidad urgente de aplicar soluciones que mejoren la iluminación natural dentro del espacio.

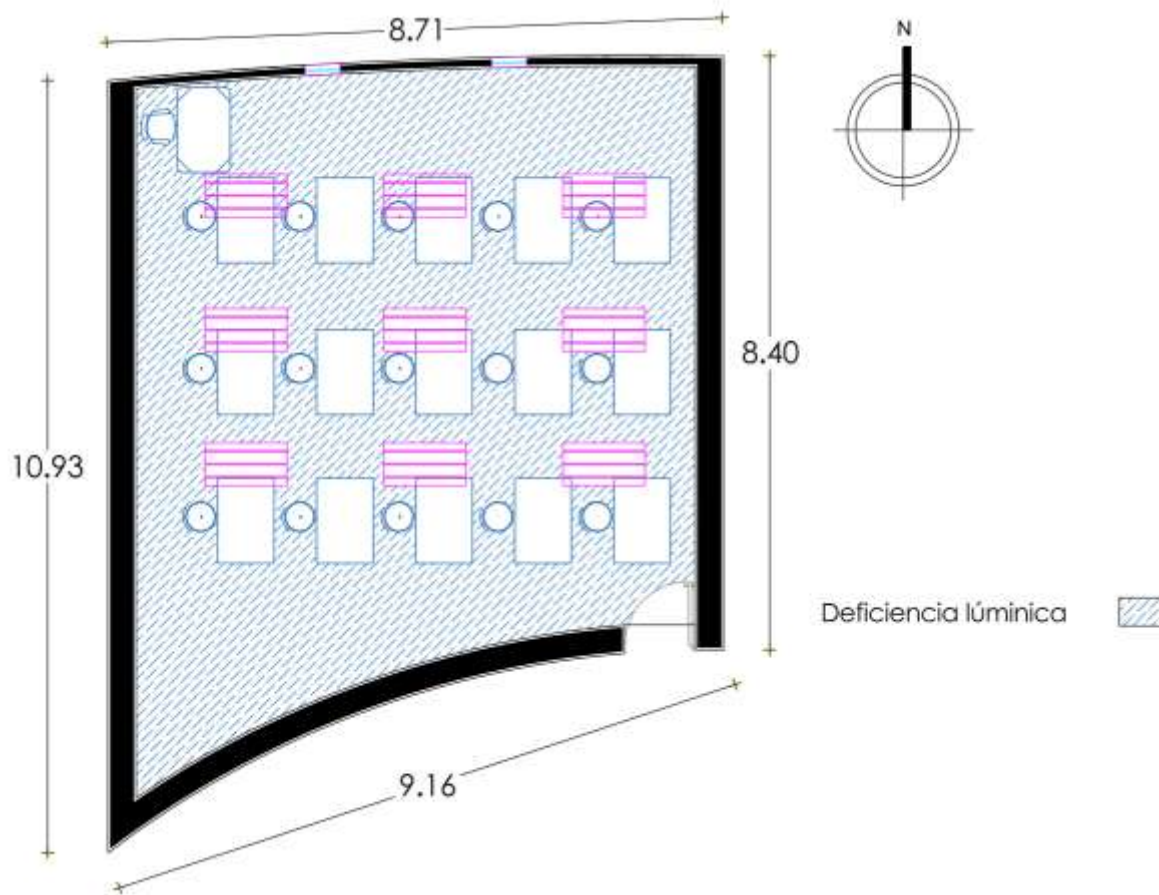


Figura 4.6. Gráfico de Taller 4, superficie con deficiencia lumínica.

SALA DE CAPACITACIÓN 1

En la Sala de Capacitación 1 se evidenció una marcada deficiencia lumínica, con niveles de iluminación inferiores a 50 luxes durante la mayor parte del día, lo cual es inadecuado para un espacio destinado al trabajo con equipos electrónicos. Esta falta de iluminación no solo compromete el confort visual de los usuarios, sino que también puede generar fatiga ocular y afectar la productividad al trabajar frente a pantallas. Además, la distribución ineficiente de las fuentes de luz y la baja reflectancia de las superficies interiores contribuyen a una iluminación desigual, creando áreas oscuras que dificultan las actividades. Este escenario destaca la necesidad de optimizar tanto el diseño lumínico como las estrategias de control de luz natural y artificial para cumplir con los estándares requeridos y garantizar un ambiente adecuado para el uso intensivo de equipos de cómputo.

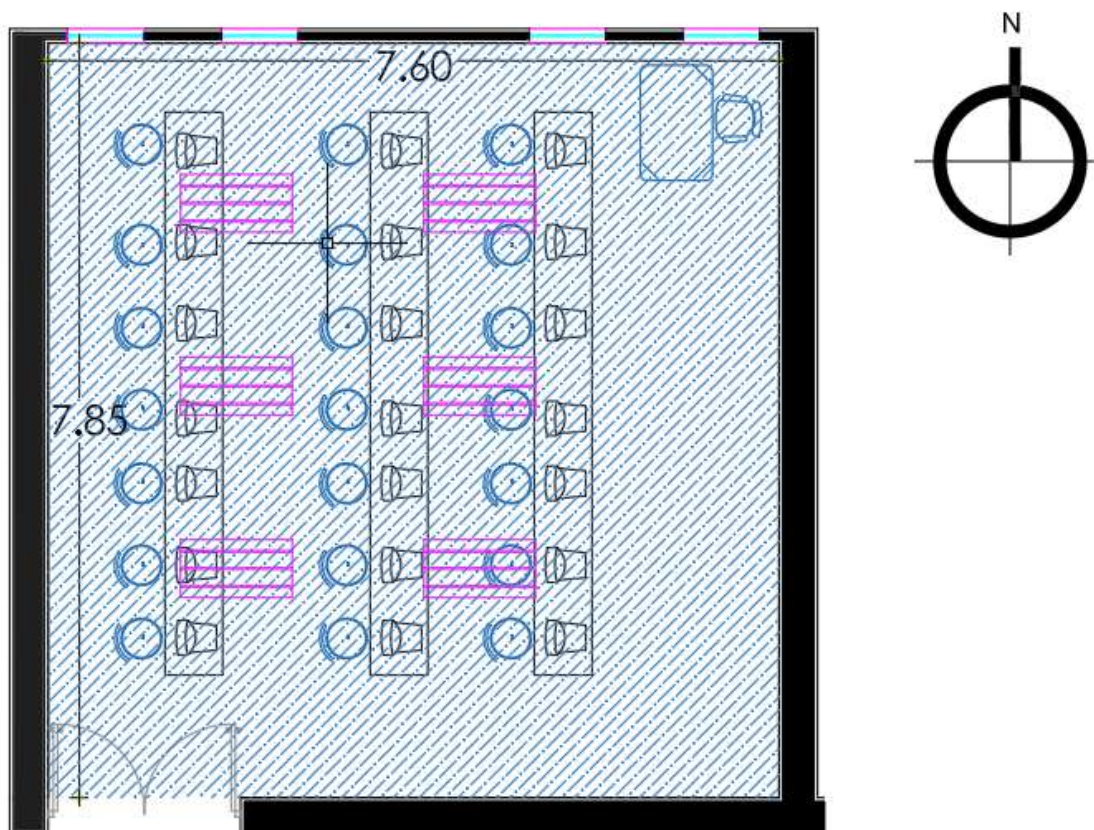


Figura 4.7. Gráfico de Sala de Capacitación 1, superficie con deficiencia lumínica.

Comparación de los niveles de iluminación (natural y artificial) del estado actual de los espacios con la norma “NOM-025-STPS-2008”.

Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.						
Tarea visual desarrollada: Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.						
ESPACIO	TIPO DE ILUMINACIÓN	MEDICIONES			NIVELES MÍNIMOS ÚTILES REQUERIDOS	CUMPLE O NO CUMPLE CON LA NORMA.
		7:00 am	1:00 p.m.	7:00 p.m.		
AULA MILENIO	NATURAL	10 lx	15 lx	0.9 lx	300	NO
	NAT. Y ART.	636.8 lx	638 lx	620 lx		SI
Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo,						

laboratorios.						
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.						
TALLER 4	NAT.	67.2 lx	82.2 lx	15.7 lx	500	NO
	NAT. Y ART.	241. 8 lx	303 lx	259 lx		NO
SALA DE CAP. 1	NAT.	48 lx	156 lx	9 lx		NO
	NAT Y ART.	508 lx	619 lx	500 lx		SI

INIFED

Tablas donde se muestran las recomendaciones de luxes necesarios para las personas según su edad y la recomendación de luxes para los espacios educativos de nivel medio superior.

AUMENTO DE LUZ NECESARIA POR EDAD	
EDAD	NECESIDAD DE LUZ (LUXES)
A los 20 años	200
A los 30 años	266
A los 40 años	400
A los 50 años	800
A los 60 años	2000

INTENSIDAD LUMÍNICA MÍNIMA PARA ESCUELAS		
ESPACIO	INTENSIDAD (LUXES)	CUMPLE
AULAS		
Nivel Medio Superior	300 a 350	NO

Capítulo 5

RESULTADOS

5.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos de la evaluación de la iluminación natural en tres espacios seleccionados de la Escuela de Arquitectura Unidad Torreón. La evaluación de los espacios se realiza con simulaciones numéricas en Radiance y se utiliza el Índice de Luz Natural Útil (UDI, por sus siglas en inglés). Estos resultados forman parte del análisis de las condiciones actuales de iluminación de los espacios seleccionados: Aula Milenio, Taller 4 y Sala de Capacitación 1.

En la sección Metodología de evaluación de la iluminación natural, se presenta los mapas de luminancia y los días en que se revisará, la definición del índice UDI y cómo este permite evaluar la calidad de la iluminación natural en función de las categorías de sub-iluminación, iluminación útil y sobre-iluminación, así como las estrategias implementadas. Para cada espacio evaluado se presenta el estado actual y tres estrategias para mejorar la iluminación natural.

Metodología de evaluación de la iluminación natural

Mapas de Iluminancia

Se presentarán los mapas de iluminancia de cada espacio seleccionado a la altura del plano de trabajo (80 centímetros de altura), para tres días críticos al medio día para tener idea de la interacción de la iluminación en cada espacio.

Días Críticos

Para cada espacio se visualizan los mapas de iluminancia en tres días, el día crítico al sur, día crítico al norte y el día crítico nuboso. Los tres días representativos para el análisis son:

1. Mínima declinación solar hacia el sur: Día en el que el sol alcanza su posición más al sur, correspondiente al solsticio de invierno (Figura 5a) el 01 de enero.
2. Máxima declinación solar hacia el norte: Día en el que el sol alcanza su posición más al norte, correspondiente al solsticio de verano (Figura 5b) el 22 de junio.
3. Condición de cielo nublado: Día representativo con condiciones predominantemente de cielo nublado para tener una distribución de luz difusa.

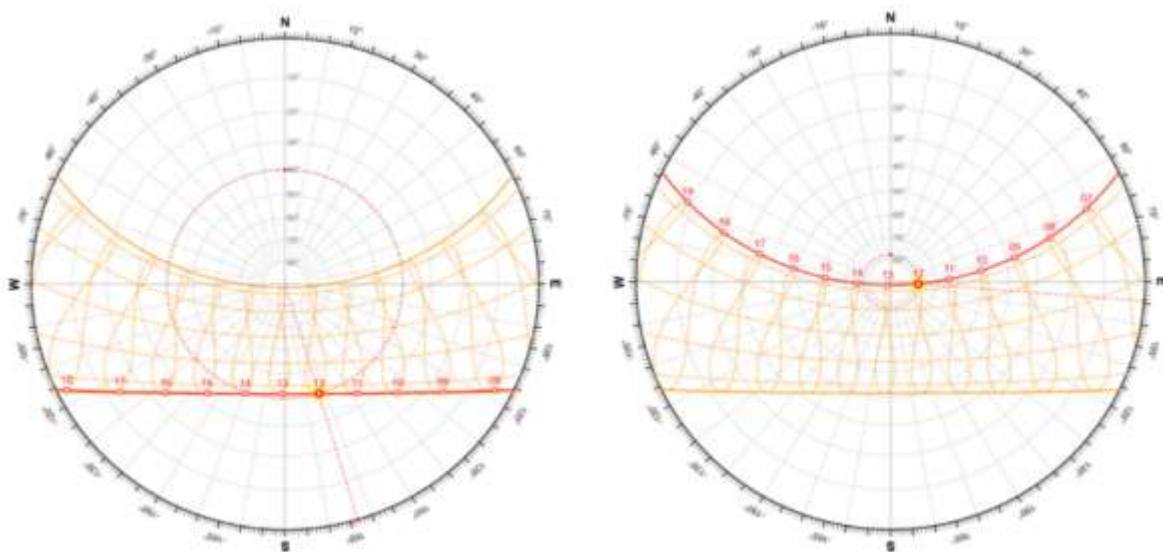


Figura 5.1 (a) Carta solar de Torreón, Coahuila con la trayectoria del 01 de enero en rojo y (b) para el 22 de junio en rojo.

Para cada uno de estos días seleccionados, se generaron mapas de luminancia para visualizar los patrones espaciales de iluminación en el plano de trabajo al mediodía solar.

Para determinar el día más nublado en Torreón, Coahuila, se analizó el archivo climático EPW de OneBuilding. Este archivo contiene información meteorológica específica de la región para un año típico. Se analizaron los valores correspondientes a la iluminancia horizontal global, iluminancia directa normal y la iluminancia horizontal difusa (Figura 5.1). Se identifica el día con valores bajos en

la iluminancia directa normal y un predominio de la iluminancia horizontal difusa, que corresponde al 16 de octubre.

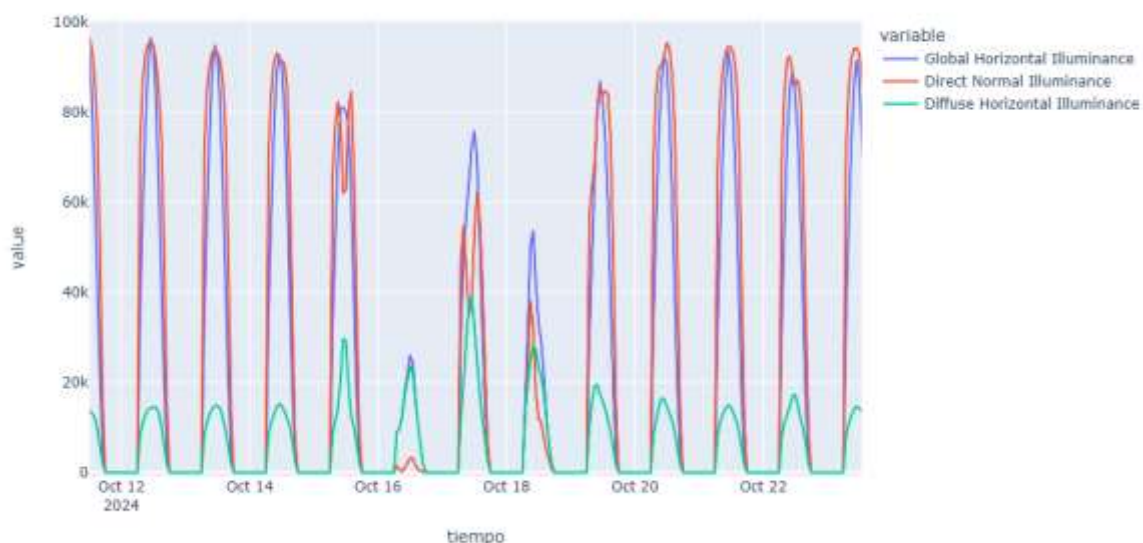


Figura 5.2. Gráfica del día con condición de cielo nublado, 16 de octubre.

Evaluación de la iluminación con el Índice de Luz Natural Útil

El cálculo del Índice de Luz Natural Útil (UDI), es una métrica que evalúa los niveles de iluminación durante un año de manera espacial. Este indicador determina el porcentaje de tiempo en el que la iluminación natural se encuentra dentro de un rango considerado útil para determinadas actividades, identificando tanto la insuficiencia como el exceso de iluminación que puedan afectar el confort visual o la eficiencia energética de un espacio.

El cálculo del UDI se realiza utilizando datos de iluminación obtenidos mediante simulaciones en el software Radiance. Estos datos se registran a partir de archivos en formato .ill, los cuales contienen información detallada de los niveles de iluminación natural en un espacio. El archivo .ill registra tanto las mediciones como los valores de iluminación para cada hora del día durante todo el año. Para este análisis, se considera que las mediciones se realizan de forma continua dentro del horario de trabajo, de las 8:00 a las 18:00.

Los rangos de UDI considerados para un aula de clase son (SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL, 2008):

- $UDI < 300$ lux: Sub-iluminación, donde el espacio permanece con niveles insuficientes de luz.
- $300 \leq UDI \leq 2000$ lux: Iluminación útil, adecuada para las actividades visuales sin generar sobre-iluminación.
- $UDI > 2000$ lux: Sobre-iluminación, donde los niveles de luz son excesivos y pueden provocar incomodidad.

La iluminación útil se evaluará entre $300 \leq UDI \leq 2000$ lux para aulas y entre $500 \leq UDI \leq 2000$ lux para talleres o salas de computación, como es el caso del Taller 4 y la Sala de Capacitación 1.

Estrategias de iluminación

En los espacios analizados, como aulas, talleres y salas de cómputo, es necesario implementar estrategias que reduzcan los problemas de sub-iluminación y evitar la iluminación por radiación solar directa. En este trabajo, se presentan tres estrategias de solución enfocadas en mejorar la iluminación natural en los espacios seleccionados que serán evaluadas de manera individual mediante simulaciones para determinar su impacto en las condiciones lumínicas como el UDI de cada espacio en la actualidad y con la implementación de las estrategias. A continuación, se describen las tres estrategias propuestas.

Rediseño de ventanas

Esta es la primera estrategia, el rediseño de las ventanas. Los tres espacios en su estado actual cuentan con ventanas hacia la fachada norte. Se rediseñaron todas las ventanas, dando como resultado dos ventanas horizontales para Aula Milenio (Figura 5.3), dos ventanas para Taller 4 (Figura 5.4) y una ventana para Sala de Capacitación 1 (Figura 5.5). Con una mayor superficie, como se puede apreciar en el ejemplo del caso de Aula Milenio (Figura 5.6), da como resultado mayor entrada de luz solar al interior. Se consideró la altura de las ventanas y su longitud, de modo que no fueran demasiado grandes ni demasiado pequeñas, una forma

rectangular en horizontal permitirá mayor entrada y mejor distribución de la luz solar al interior del espacio.

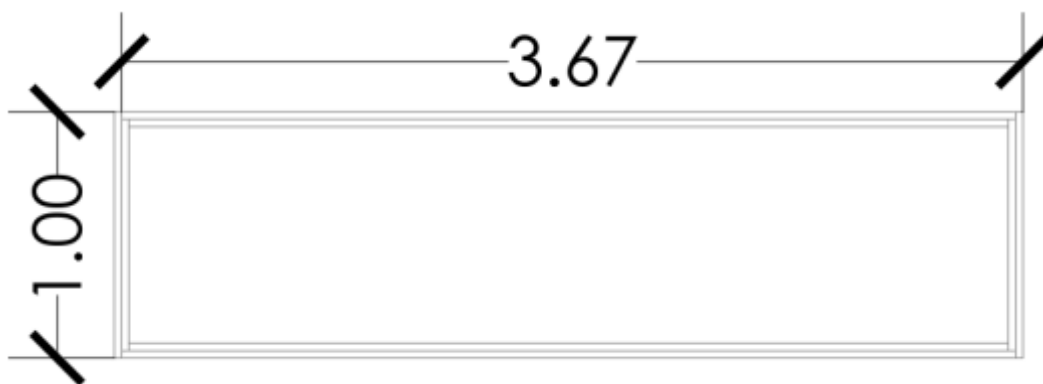


Figura 5.3. Diseño de ventanas para Aula Milenio.

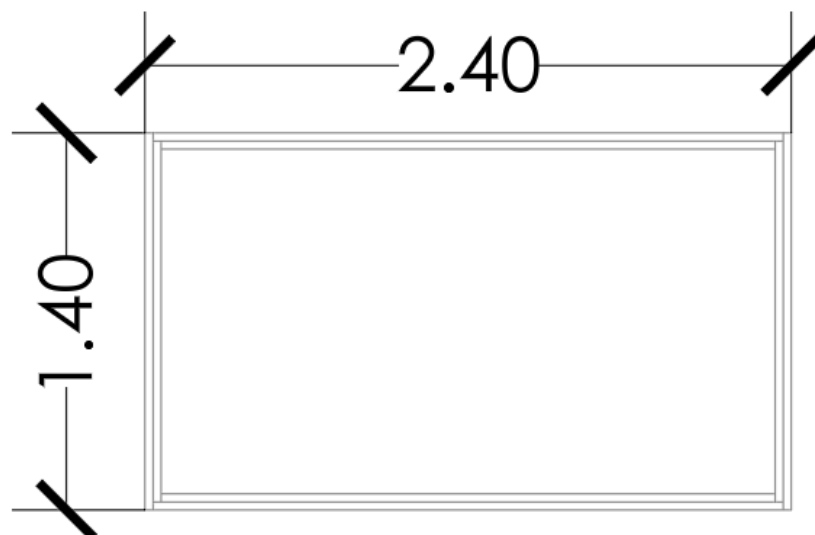


Figura 5.4. Diseño de ventanas para el Taller 4.

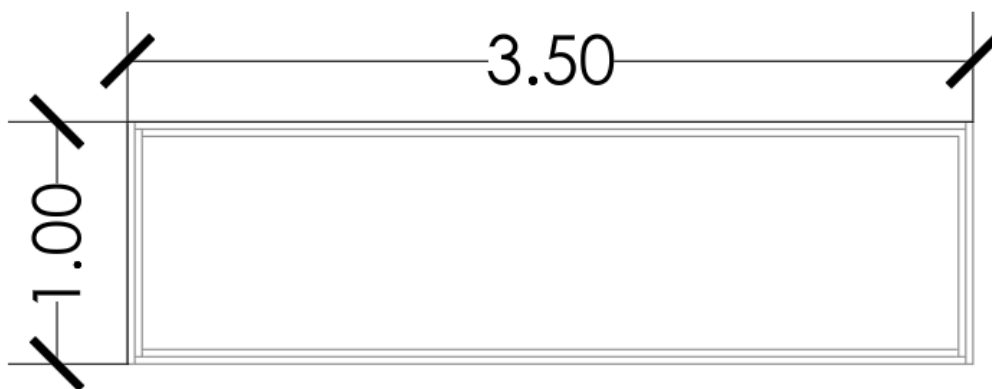


Figura 5.5. Diseño de ventana para Sala de Capacitación 1.

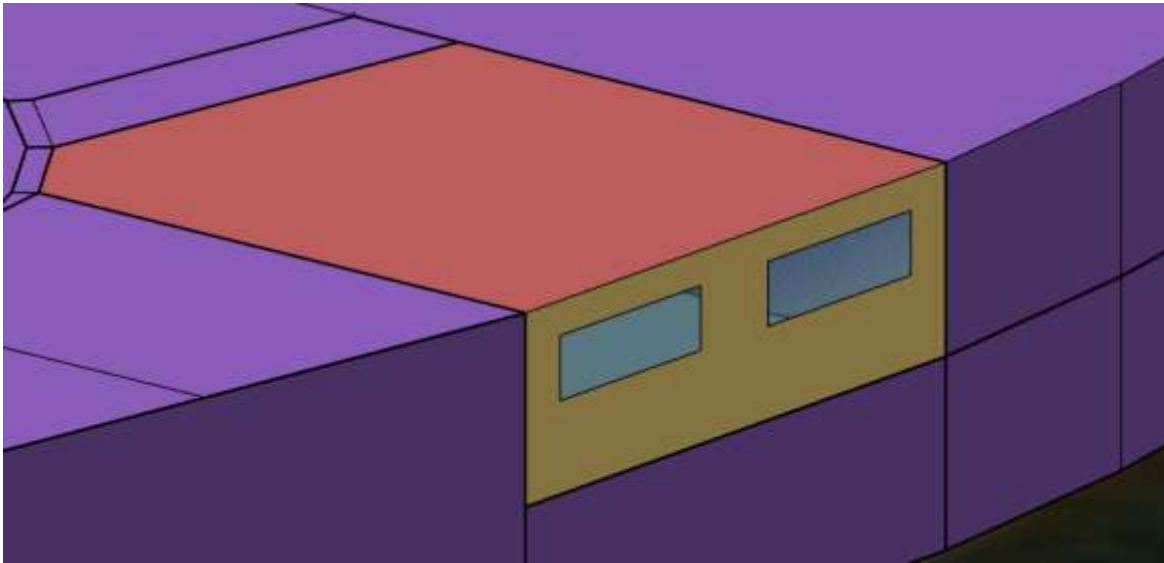


Figura 5.6 Modelo de Openstudio, Aula Milenio con ventanas re-diseñadas.

Rediseño de ventanas con protecciones solares.

La segunda estrategia consiste en el rediseño de ventanas con protecciones solares. Es una estrategia que busca eliminar el ingreso de radiación solar directa al espacio. Para evitar la entrada de luz solar directa, estas ventanas re-diseñadas se complementan con protecciones solares, en este caso, aleros, que controlan el ángulo de incidencia de la luz. Así se hizo para cada espacio, Aula Milenio (Figura 5.7), Taller 4 (Figura 5.8) y Sala de Capacitación 1 (Figura 5.9). En la Figura 5.10 se presenta un ejemplo en el caso del Aula Milenio. Estas protecciones solares buscan controlar la entrada de iluminación por radiación solar directa en el espacio.



Figura 5.7. Protección solar para ventanas rediseñadas de Aula Milenio

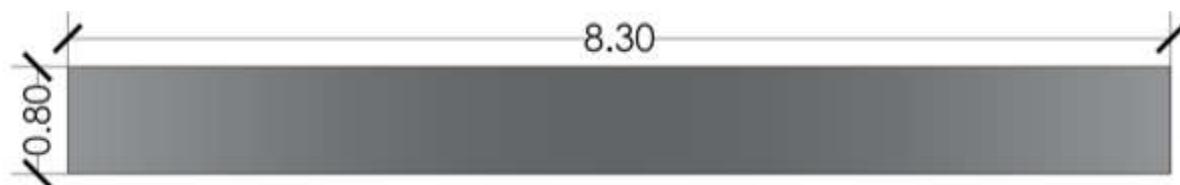


Figura 5.8. Protección solar para ventanas rediseñadas de Taller 4

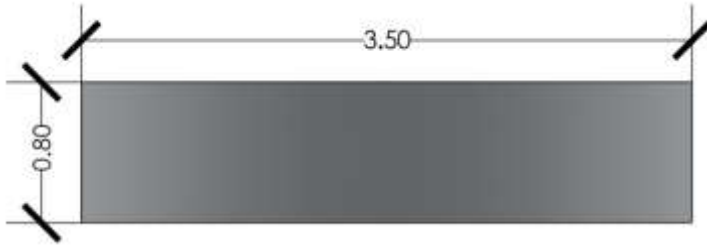


Figura 5.9. Protección solar para ventana rediseñada de Sala de Capacitación 1

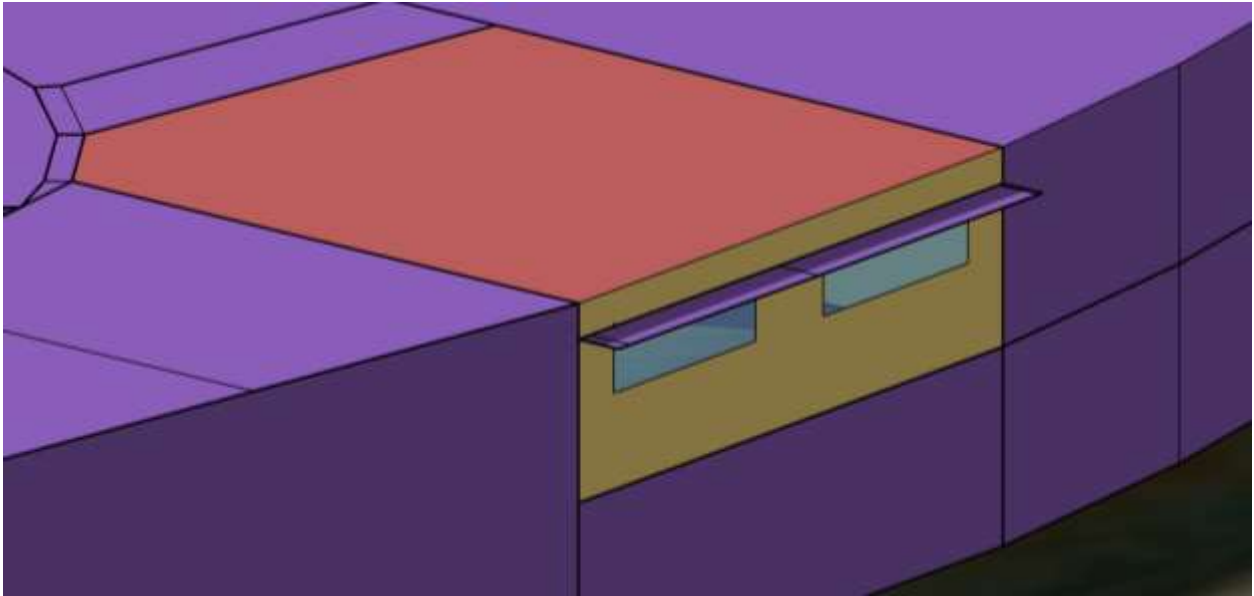


Figura 5.10. Rediseño de ventanas con protecciones solares para Aula Milenio (alero horizontal).

Rediseño de ventanas con protecciones solares y dientes de sierra.

La tercera y última estrategia de mejora lumínica fue implementada en los tres espacios, Aula Milenio (Figura 5.11), Taller 4 (Figura 5.12) y Sala de Capacitación 1 (Figura 5.13). Esta estrategia combina el rediseño de ventanas y protecciones solares con la incorporación de un sistema de diente de sierra en el techo con protecciones solares, como puede apreciarse en el ejemplo de la Figura 5.14. Esta configuración busca maximizar el acceso de luz natural difusa en el interior del espacio, aprovechando tanto las ventanas orientadas al norte como la forma geométrica de los dientes de sierra para capturar y redirigir la luz de manera eficiente, evitando el ingreso de luz solar directa. El sistema de dientes de sierra se caracteriza por contar con superficies inclinadas orientadas estratégicamente hacia el norte, diseñadas para captar luz natural sin permitir la incidencia directa de rayos

solares. En combinación con las ventanas re-diseñadas, crea un ambiente luminoso uniforme y bien distribuido, ideal para actividades teóricas, exposiciones y presentaciones de tesis que se llevan a cabo en el Aula Milenio.

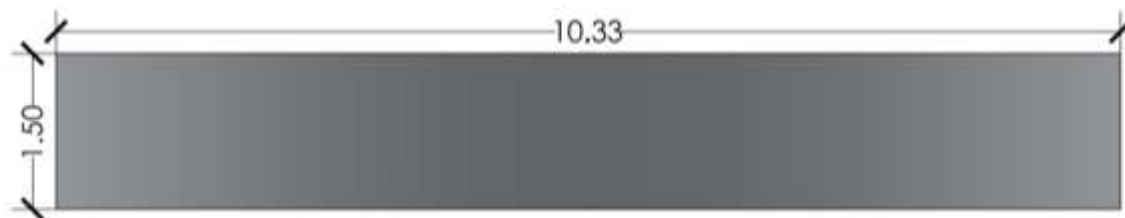


Figura 5.11 Protección solar para diente de sierra de Aula Milenio

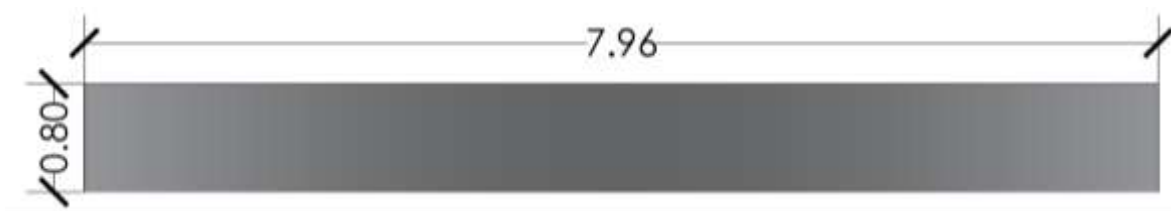


Figura 5.12 Protección solar para diente de sierra de Taller 4

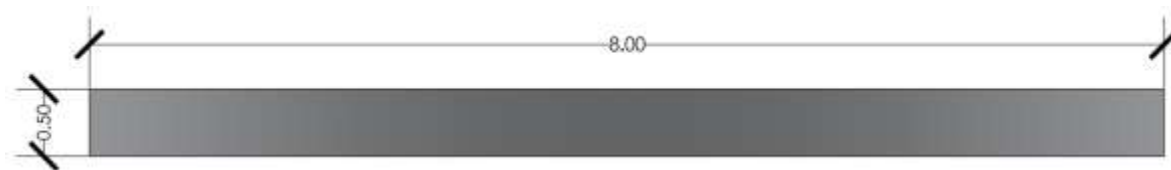


Figura 5.13. Protección solar para diente de sierra de Sala de Capacitación 1

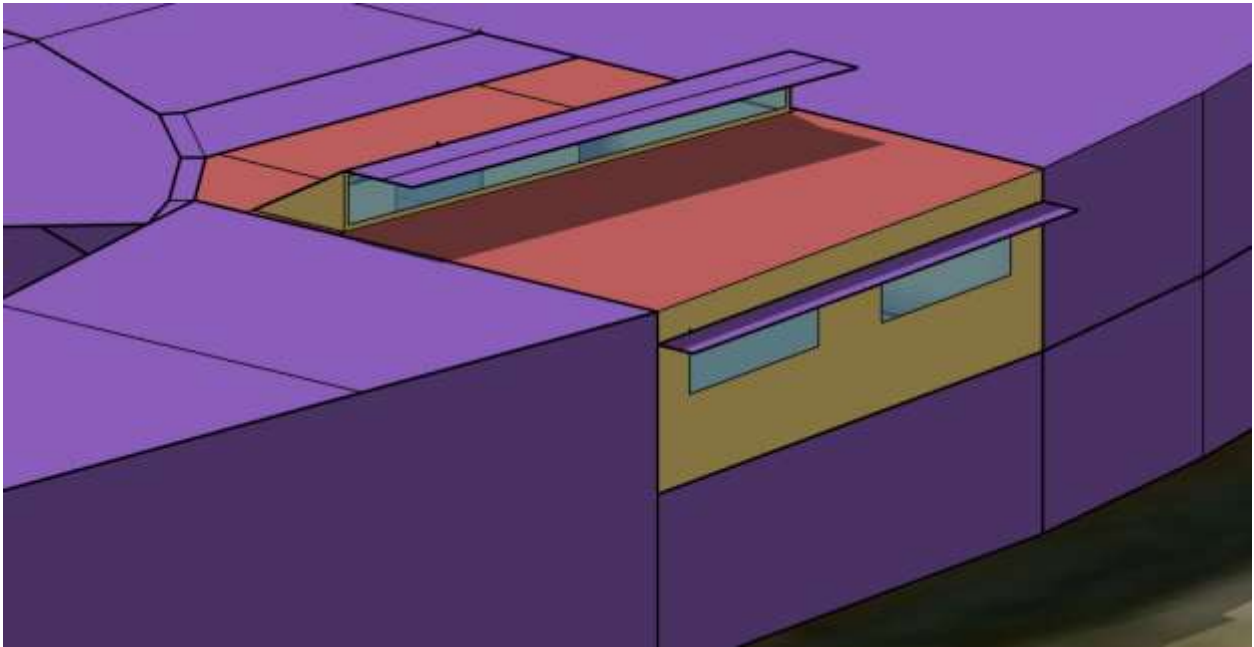


Figura 5.14. Aula milenio con rediseño de ventanas, protecciones solares (alero horizontal) y diente de sierra con protección solar.

AULA MILENIO

Descripción del espacio

Aula Milenio es un espacio destinado principalmente a la impartición de clases teóricas. De manera ocasional, también se utiliza para actividades complementarias como la exposición de maquetas y la presentación de tesis, lo que refuerza su papel como un espacio multifuncional dentro del entorno académico. Arquitectónicamente, el espacio cuenta con dos ventanas rectangulares orientadas al norte, como se observa en la Figura 5.15. Esta orientación, es fácil de proteger para evitar el ingreso directo de luz solar y controlar la sobre iluminación. En la Figura 5.15 (b) se presenta el esquema del Aula Milenio y se puede observar el tamaño reducido de sus ventanas. Esta característica genera espacios sub-iluminados, aspecto que es crítico para las actividades que ahí se realizan. En la Figura 5.16 se muestra el modelo de Aula Milenio en Sketchup con el plugin del programa OpenStudio.

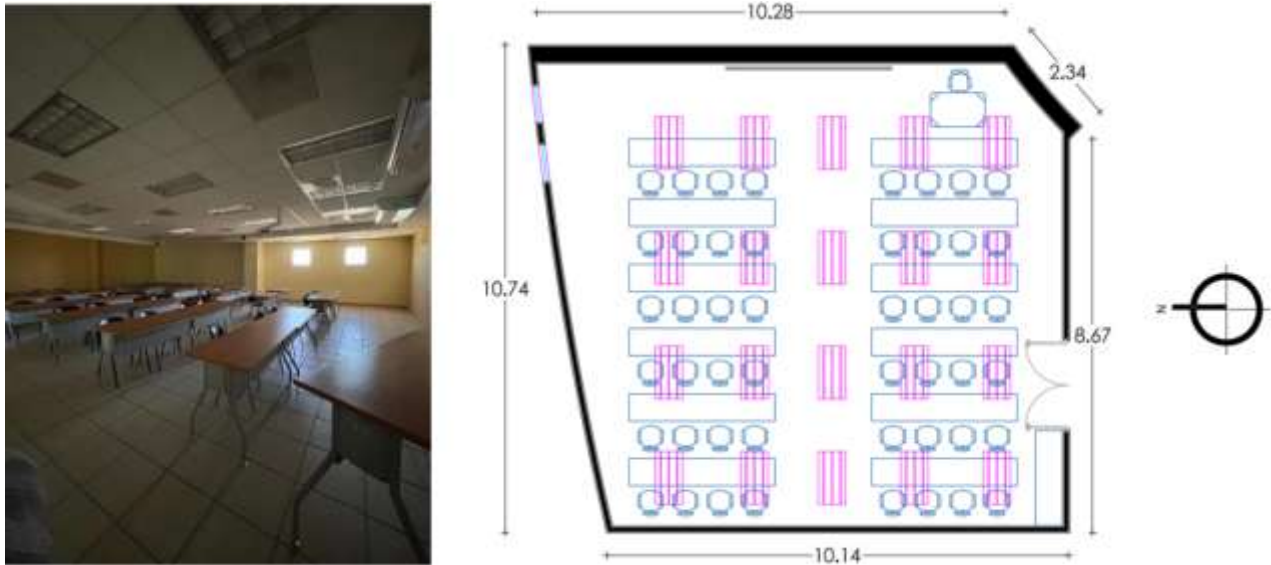


Figura 5.15. Aula Milenio, (a) estado actual y (b) gráfico 2D de Aula Milenio.

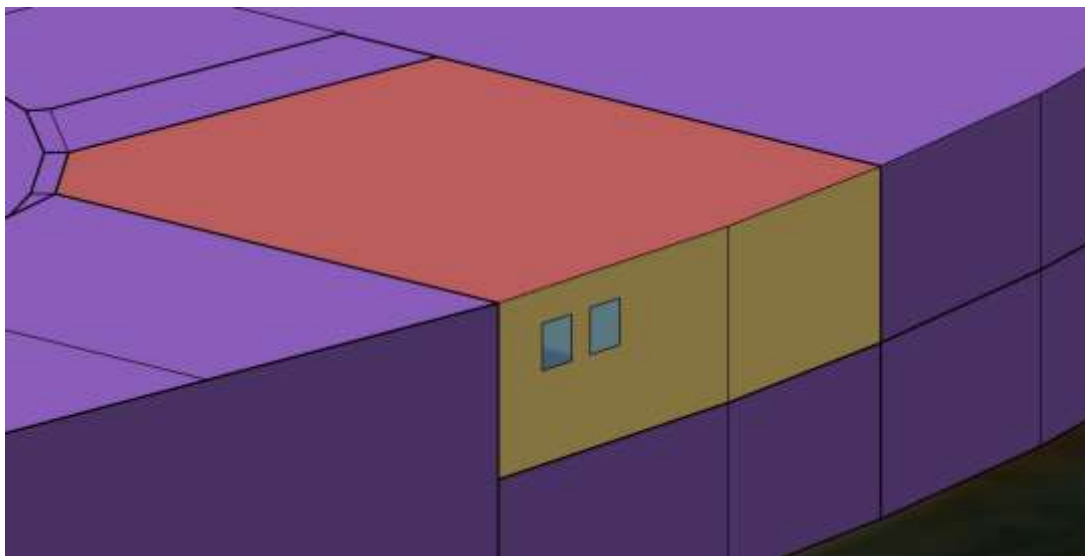


Figura 5.16. Fachada norte del Modelo de Aula Milenio en Sketchup y el plugin de OpenStudio

Estado actual

En la Figura (5.17a) se muestran los resultados para el día con mínima declinación solar hacia el sur (1 de enero). Se observa una predominancia de niveles de iluminancia inferiores a 200 lux en casi todo el espacio. Sólo en una pequeña área ubicada cerca de la esquina superior derecha en las dos ventanas, siendo zonas que oscilan entre los 200 y 400 lux. Esto evidencia que, en el día con el sol más orientado al sur, la iluminación natural es insuficiente en gran parte del

aula, especialmente en las zonas alejadas de las ventanas. En la Figura (5.17b) se muestran los resultados para el día con mayor declinación solar al norte (22 de junio). Se observa una mayor entrada de luz natural debido al ángulo solar característico del verano. Las zonas cercanas a las ventanas presentan zonas con niveles superiores a 800 lux e incluso superando los 1000 lux en algunas áreas. Sin embargo, estas regiones mayores iluminadas están muy localizadas cerca de la ventana, mientras que el resto del aula permanece con iluminancia inferior a 200 lux, lo que demuestra una distribución desigual de la luz natural. En la Figura (5.17c) se presentan los resultados para el día con condición de cielo nublado, (16 de octubre) Aula Milenio, se muestran condiciones de iluminancia similares al 01 de enero, aunque ligeramente más favorables. Predominan niveles por debajo de 200 lux. Sin embargo, en la esquina superior derecha, cerca de las ventanas, se observan niveles que alcanzan hasta 400 lux, esto sugiere que la iluminación natural mejora marginalmente durante el otoño, pero sigue siendo insuficiente para cubrir las necesidades del aula.

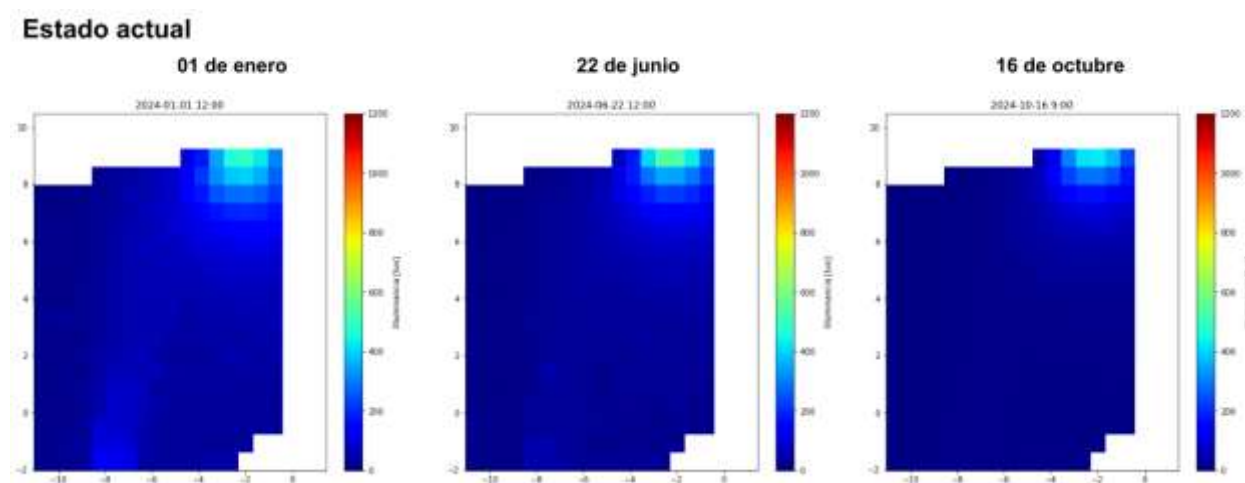


Figura 5.17. Mapas de iluminancia para el estado actual de Aula Milenio, al medio día para (a) 01 de enero mínima declinación solar, (b) 22 de junio máxima declinación solar y (c) el 16 de octubre día con condición de cielo nublado.

En la Figura 5.18 se presentan los tres UDIs, con sub-iluminación, con iluminación útil y con sobre-iluminación. Se observa en la Figura (5.18a) que la mayor parte del espacio se encuentra 100% sub-iluminado durante el año, representado por tonos predominantemente rojos. Esto indica que prácticamente

todo el Aula Milenio carece de iluminación natural útil para las actividades visuales estándar, reflejando una gran deficiencia en la iluminación natural actual. En la Figura (5.18b), se observa que una porción muy pequeña del espacio cerca de la ventana logra alcanzar iluminación útil durante el año. Esto significa que el Aula Milenio no aprovecha de manera efectiva la luz natural para proporcionar condiciones visuales adecuadas en la mayoría de su área útil. Los niveles excesivos de iluminación, indicados por tonos rojos, están prácticamente ausentes en el Aula Milenio. Esto sugiere que el diseño actual no presenta problemas de sobre iluminación, como se ve en la Figura (5.18c).

El análisis del UDI revela que el Aula Milenio enfrenta serias deficiencias en la distribución de luz natural. La sub-iluminación domina en la mayor parte del espacio, mientras que las áreas con iluminación útil son mínimas y la sobre-iluminación prácticamente inexistente. Estos resultados sugieren la necesidad de estrategias de diseño que aumenten la cantidad y calidad de la luz natural en el espacio, mejorando las condiciones lumínicas sin comprometer el confort visual.

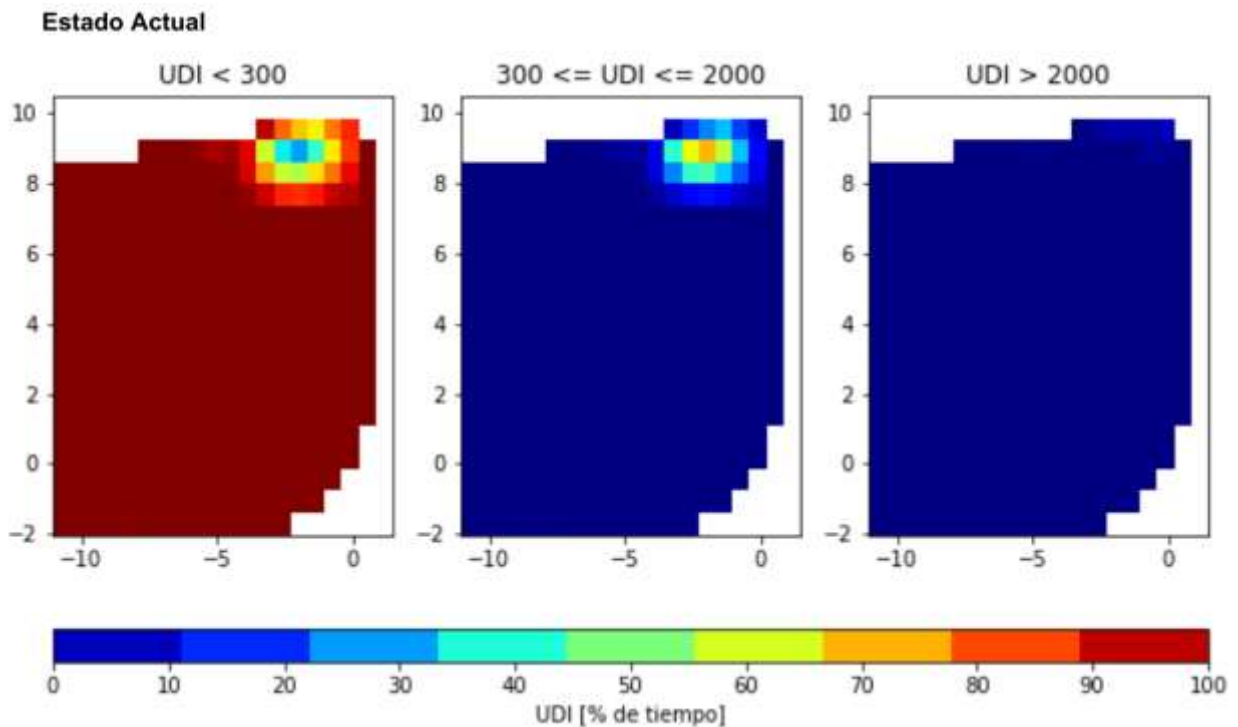


Figura 5.18. Evaluación del UDI útil para el estado actual del Aula Milenio, a lo largo del año, para (a) $UDI < 500$, (b) $500 \leq UDI \leq 2000$ y (c) $UDI > 2000$.

Rediseño de ventanas

Se presentan en la Figura (5.19a) el mapa de luminancia para el día con mínima declinación solar hacia el sur, que el rediseño de ventanas mejora considerablemente la iluminación en la zona norte del aula. Se observan áreas con niveles superiores a 600 lux y una notable reducción de la sub-iluminación en comparación con el estado original. Sin embargo, aún persiste una proporción significativa del espacio con niveles inferiores a 300 lux, especialmente desde la mitad del espacio hacia las esquinas inferiores. En la Figura (5.19b) se muestran los resultados para el día con mayor declinación solar al norte (22 de junio). Las ventanas rediseñadas permiten una mayor entrada de luz natural en las zonas superiores y laterales del aula, alcanzando niveles entre 800 y 1000 lux. Aunque el impacto en las áreas inferiores es limitado, se evidencia una disminución en la sub-iluminación general. Durante el día con condición de cielo nublado (16 de octubre) los resultados muestran un impacto moderado del rediseño. Las áreas superiores logran mantener niveles de 400 a 600 lux. Mientras que las inferiores permanecen en su mayoría sub-iluminadas (Figura 5.19c).

Ventanas rediseñadas

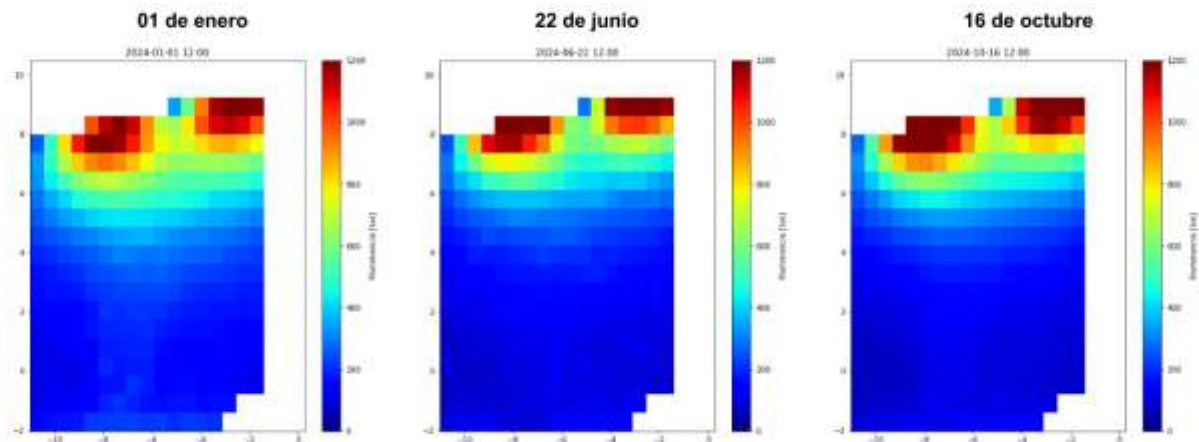


Figura 5.19. Mapas de iluminancia para el rediseño de ventanas, al medio día para (a) 01 de enero mínima declinación solar, (b) 22 de junio máxima declinación solar y (c) el 16 de octubre día con condición de cielo nublado.

En la Figura 5.20(a) se presenta el UDI. Se observan las zonas en condiciones de sub-iluminación de Aula Milenio, con espacios menores a 300 luxes, la mayor parte del espacio se encuentra en el 0% de iluminación útil. Esto indica

que casi toda el aula permanece sub-iluminada, con bajos niveles de luz natural útil en gran parte del año, especialmente en áreas alejadas de las ventanas. Este resultado refleja la persistencia de zonas con insuficiencia de luz incluso tras el rediseño. En la Figura 5.20(b), se muestran los datos de iluminación útiles, especialmente en áreas cercanas a las ventanas. Esto sugiere que la estrategia mejoró la iluminación en ciertas zonas del aula, logrando un porcentaje de iluminación útil del 100% en áreas próximas a las ventanas. Aun así, no alcanza una distribución homogénea en todo el espacio, cabe destacar que la iluminación al interior tiene una componente de luz solar directa. La Figura 5.20(c), asociada a la sobre-iluminación, indica que la sobre-iluminación es diferente de cero.

Ventanas Rediseñadas

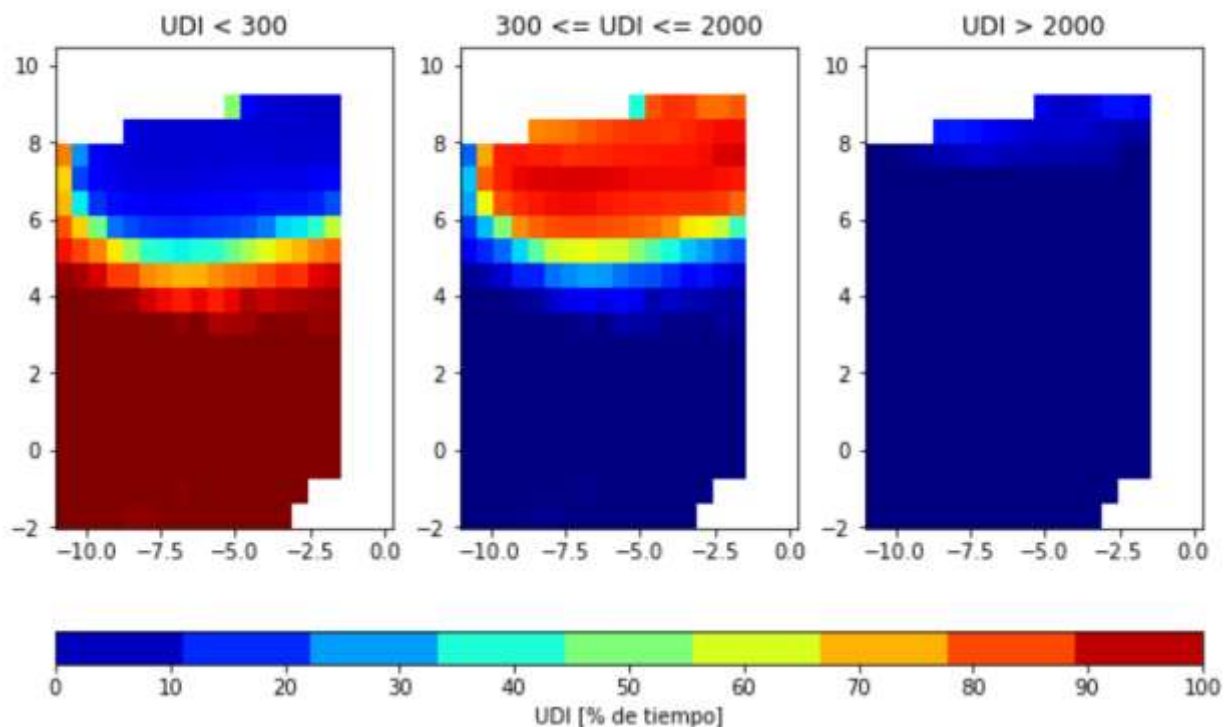


Figura 5.20. Evaluación del UDI útil para la estrategia de ventanas re diseñadas del Aula Milenio, a lo largo del año, para (a) $UDI < 500$, (b) $500 \leq UDI \leq 2000$ y (c) $UDI > 2000$.

Rediseño de ventanas con protecciones solares.

En la Figura 5.21(a) se muestran los mapas de luminancia para el día con mínima declinación solar (1 de enero). La adición del alero genera un efecto moderador en el área norte del aula, limitando los valores más altos de iluminación

que anteriormente alcanzaban 1000 lux. Ahora, los niveles predominantes oscilan entre 400 y 800 lux. Las áreas inferiores mantienen niveles por debajo de 300 lux, lo que indica que el alero no afecta estas zonas. En la Figura 5.21(b) se muestran los resultados para el día con máxima declinación solar al norte (22 de junio). En este día, los aleros muestran su efectividad al reducir la iluminación en las zonas más expuestas al norte. Se observa una iluminación más uniforme con valores concentrados entre 400 y 600 lux, en las zonas superiores. Las áreas inferiores continúan presentando niveles sub-iluminados. En el día con condición de cielo nublado (16 de octubre), los valores predominantes en todo el espacio están entre 200 y 400 lux, ligeramente menores lo que indica que la protección solar impacta ligeramente en estas condiciones, como se aprecia en la Figura 5.21(c).

Ventanas rediseñadas y protecciones solares

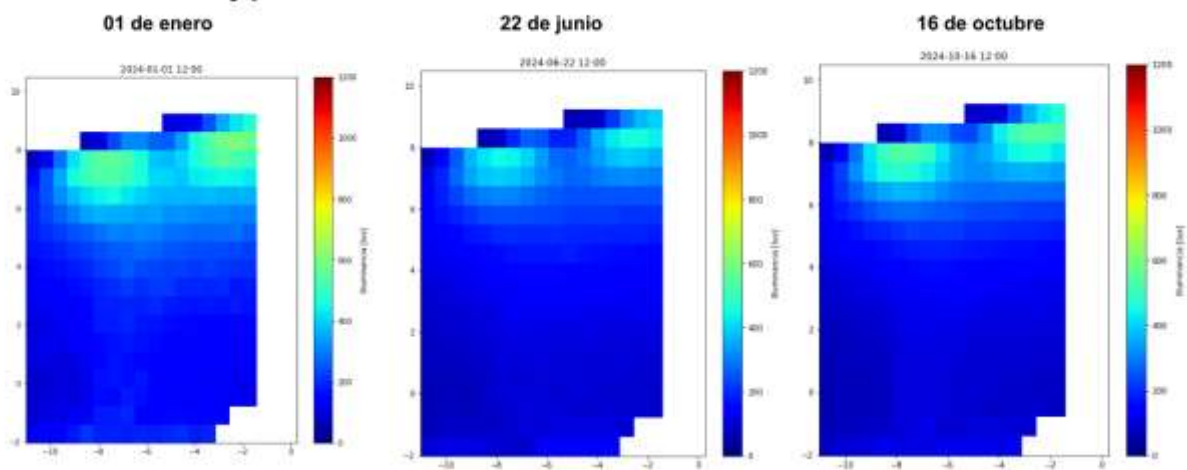


Figura 5.21. Mapas de iluminancia para las ventanas rediseñadas y protecciones solares, al medio día para (a) 01 de enero mínima declinación solar, (b) 22 de junio máxima declinación solar y (c) el 16 de octubre día con condición de cielo nublado.

La Figura 5.22(a) muestra el UDI que la sub-iluminación sigue siendo predominante en el espacio, aunque en menor medida en comparación con la primera estrategia. Las zonas más alejadas de las ventanas todavía presentan el 100% de sub-iluminación. Sin embargo, cerca de las ventanas se observa una disminución en los niveles de sub-iluminación, entre el 0-40%. En la Figura 5.22(b), correspondiente al rango de iluminación útil, se evidencia un incremento significativo en la cobertura, especialmente en las zonas cercanas a las ventanas. Las manchas

cercanas a las ventanas indican que el espacio logra mayores porcentajes de iluminación útil, entre el 70 y 100%, distribuyendo de manera más homogénea que en la estrategia anterior. En la Figura 5.22(c), muestra un porcentaje de 0% en sobre-iluminación. Mostrando que con el implemento de las ventanas más el alero infinito, el espacio sigue sin sufrir de sobre-iluminación.

Ventanas Rediseñadas con Protecciones Solares

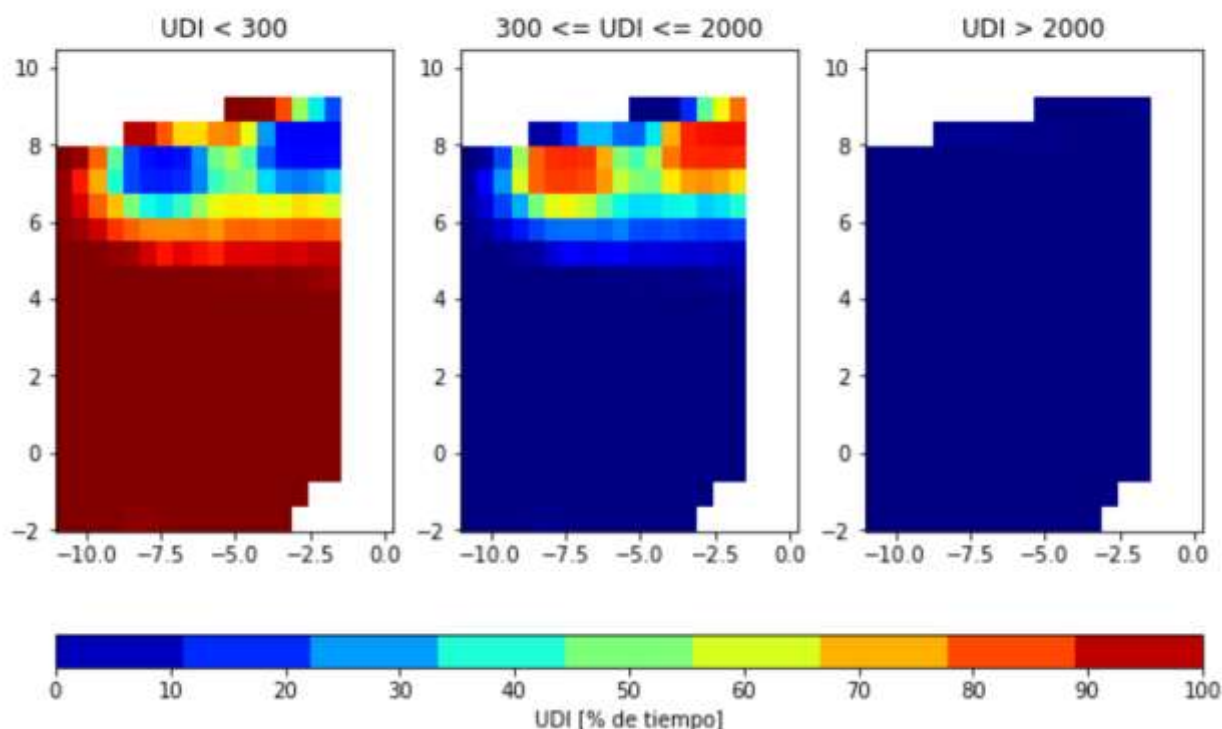


Figura 5.22. Evaluación del UDI útil para la estrategia de ventanas re diseñadas con protecciones solares del Aula Milenio, a lo largo del año, para (a) $UDI < 500$, (b) $500 \leq UDI \leq 2000$ y (c) $UDI > 2000$.

Rediseño de ventanas con protecciones solares y dientes de sierra.

La Figura 5.23(a) muestra la distribución de iluminancia natural en el Aula Milenio el 1 de enero, tras la implementación de ventanas re-diseñadas con protecciones solares y diente de sierra en el techo con protección solar. La incorporación del diente de sierra permite una mejor distribución de la luz natural hacia la zona sur. Persisten áreas con iluminancia de 400 a 600 lux cerca de las ventanas. Las zonas centrales del espacio muestran una mejora significativa respecto a las estrategias previas, alcanzando valores en el rango de 400 a 800 lux.

Esto reduce las áreas completamente sub-iluminadas, logrando una mayor uniformidad. En la Figura 5.23(b) se muestran los resultados para el día crítico soleado al norte (22 de junio). El diente de sierra desempeña un papel clave al llevar los valores de iluminancia hasta los 1200 lux. En la Figura 5.23(c) se muestra que, en condiciones nubladas, el diente de sierra asegura una captación efectiva de luz difusa, logrando que gran parte del espacio tenga niveles de iluminancia entre 300 y 500 lux. Esto mitiga los problemas de sub-iluminación observados en estrategias anteriores, generando un ambiente interior homogéneo incluso en días con radiación solar limitada.

Ventanas rediseñadas, protecciones solares y diente de sierra con protección solar.

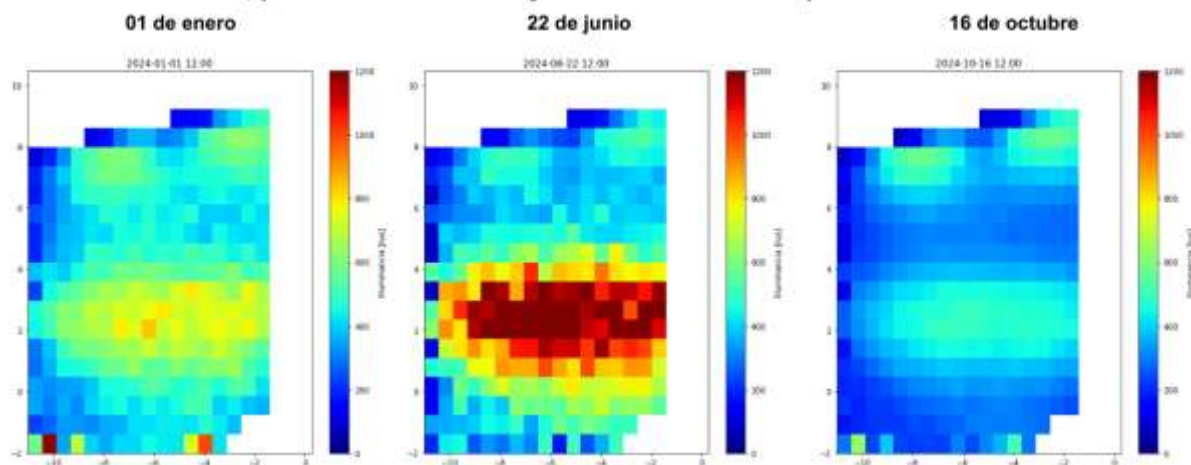


Figura 5.23. Mapas de iluminancia para las ventanas re diseñadas con protecciones solares y dientes de sierra con protección solar, al mediodía para (a) 01 de enero, (b) 22 de junio y (c) el 16 de octubre.

En la Figura 5.24(a), se observa una reducción significativa de la sub-iluminación en comparación con estrategias previas. Las zonas con 100% de sub-iluminación, son menos predominantes. En base a esto, se aprecia que el diente de sierra mejora la entrada de luz. En la Figura (5.24b), se evidencia un aumento considerable en la iluminación útil. Gran parte del espacio está cubierto por zonas entre el 80% y 90% de iluminación útil. Este resultado indica que la combinación de las ventanas re-diseñadas con protecciones solares y el diente de sierra con protección solar, distribuye la luz de manera eficiente, favoreciendo un entorno visualmente confortable y homogéneo. La Figura 5.24(c), muestra que no hay sobre-iluminación.

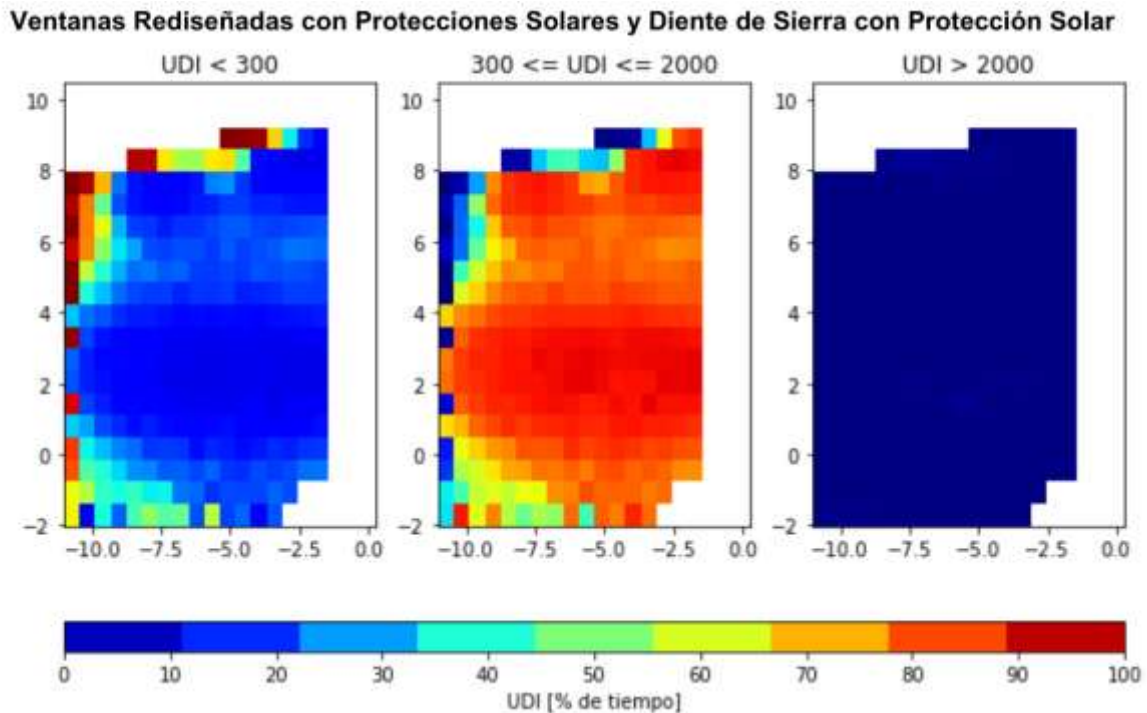


Figura 5.24. Evaluación del UDI útil para la estrategia de ventanas re diseñadas con protecciones solares y diente de sierra con protección solar del Aula Milenio., a lo largo del año, para (a) $UDI < 500$, (b) $500 \leq UDI \leq 2000$ y (c) $UDI > 2000$.

TALLER 4

Descripción del espacio

Taller 4 es un espacio diseñado para actividades de dibujo técnico, donde la precisión y la adecuada iluminación son fundamentales para un entorno útil de trabajo. Para este espacio se consideró en su evaluación los rangos de 500 a 2000 lx en el UDI útil. Originalmente, este taller fue concebido como un aula destinada a la exposición de maquetas, pero su uso cambió debido al espacio un tanto reducido con el que cuenta. El espacio cuenta con dos ventanas horizontales orientadas al norte, como se aprecia en la Figura 5.25 y en la Figura 5.26. Debido a su tamaño, limitan significativamente la entrada de luz solar al interior del taller, afectando las condiciones visuales necesarias para las actividades de dibujo. Esto genera un ambiente con iluminación natural reducida. El análisis lumínico del Taller 4 busca evaluar estrategias de mejora para lograr una distribución de luz natural más uniforme y útil en este espacio dedicado al trabajo técnico.

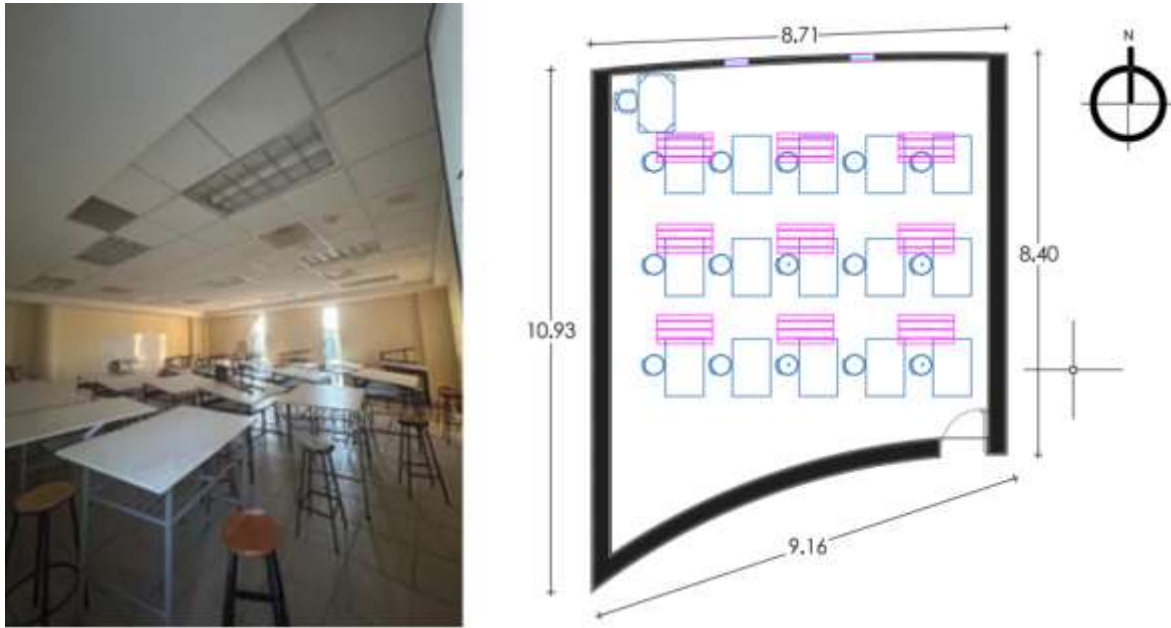


Figura 5.25.(a) Taller 4, estado actual y (b) gráfico 2D de Taller 4.

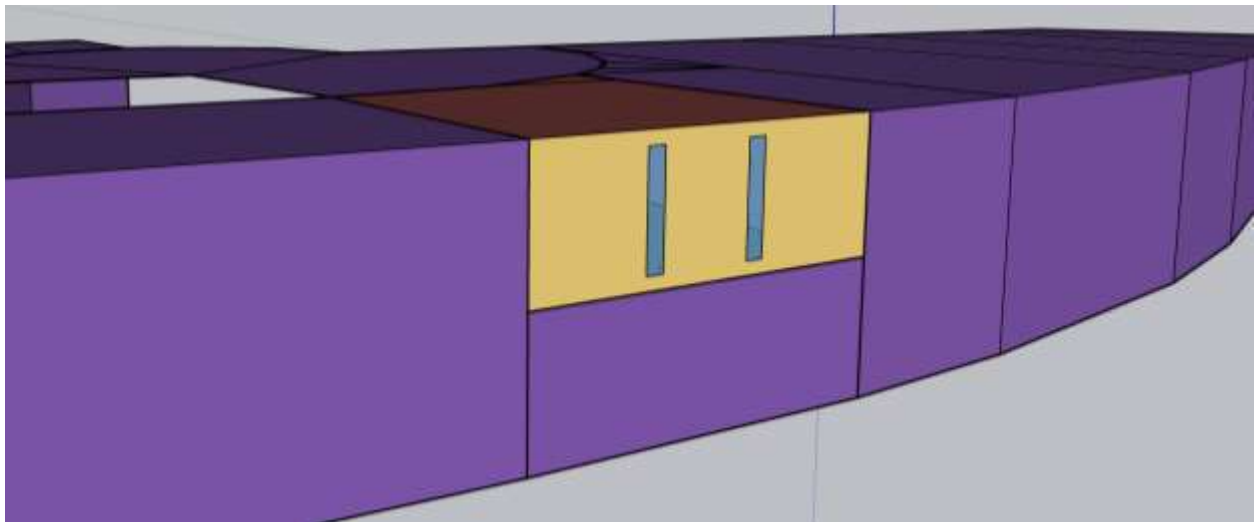


Figura 5.26. Fachada norte del modelo del Taller 4 en Sketchup y el plugin de OpenStudio.

Estado Actual

En la Figura 5.27(a) se plasman los mapas de iluminancia para el día con mínima declinación solar, el día 1 de enero. Se observa que la mayor parte del espacio presenta niveles de iluminancia bajos, con predominio de valores menores a 200 luxes. Indicando que la luz natural es insuficiente en gran parte del área. Se identifican dos pequeñas zonas en la parte superior del mapa, donde los niveles de

iluminancia alcanzan valores cercanos a 1000-1200 luxes. Estas zonas corresponden a las ventanas y a la incidencia de radiación solar directa. El día con máxima declinación solar al norte en la Figura 5.27(b) se observa que la mayor parte del espacio presenta niveles de iluminancia bajos, 0-200 lux. Sin embargo, existen dos áreas pequeñas, localizadas frente a las ventanas, donde los niveles de iluminancia son más altos 1200 lux. En la Figura 5.27(c) se observan resultados similares, sin embargo, en la zona cercana a las ventanas hay pequeñas variaciones en la intensidad de luz natural.

Estado actual

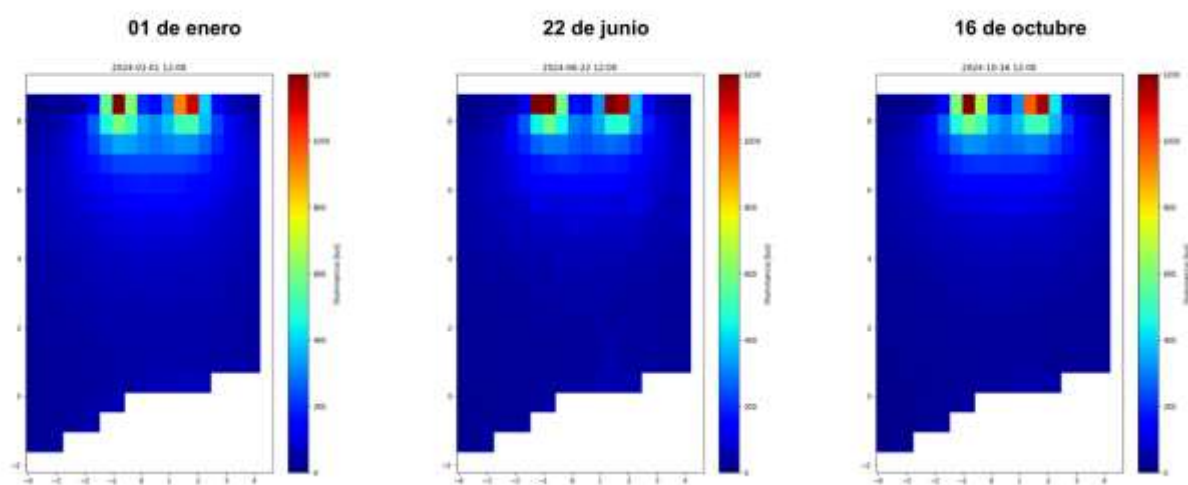


Figura 5.27. Mapas de iluminancia para el estado actual de Aula Milenio, al medio día para (a) 1 de enero mínima declinación solar, (b) 22 de junio máxima declinación solar y (c) el 16 de octubre día con condición de cielo nublado.

La Figura 5.28(a) muestra las zonas con niveles de iluminancia menores a 500 lux, consideradas insuficientes para actividades de taller. Se observa que la mayor parte del espacio sufre de sub-iluminación durante la mayor parte del tiempo, en la mayor parte del taller. La Figura 5.28(b) refleja las áreas que cumplen con los niveles de iluminancia considerados útiles para el uso del espacio. Las zonas cercanas a las ventanas, ubicadas en la parte norte, muestran que hay un porcentaje de iluminación útil durante un porcentaje significativo del tiempo, aunque en un espacio sumamente reducido. La Figura 5.28(c) muestra que la sobre-iluminación es prácticamente inexistente en el taller, incluso en las áreas cercanas a las ventanas. La evaluación evidencia que el Taller 4 enfrenta principalmente

problemas de sub-iluminación. Esto refuerza la necesidad de implementar estrategias que mejoren la entrada y distribución de luz natural en el espacio.

Estado Actual

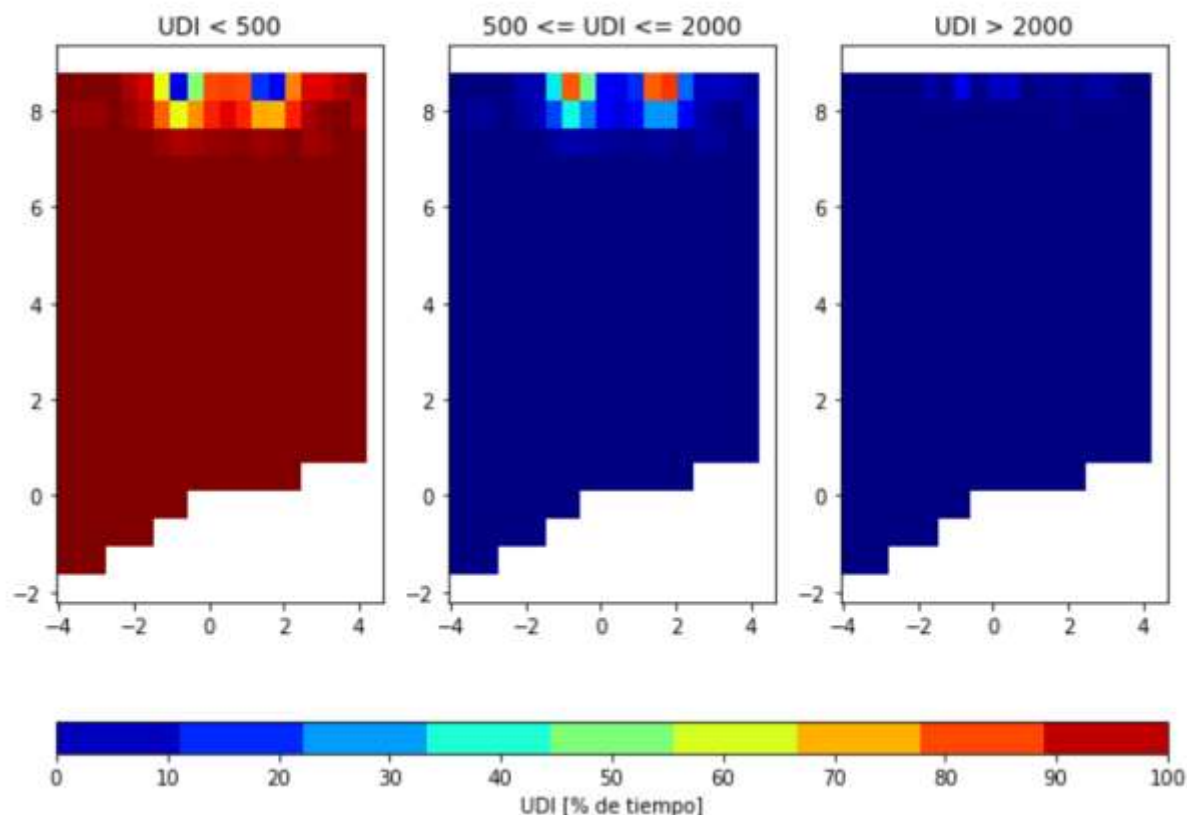


Figura 5.28. Evaluación del UDI útil para el estado actual del Taller 4, a lo largo del año, para (a) $UDI < 500$, (b) $500 \leq UDI \leq 2000$ y (c) $UDI > 2000$.

Rediseño de ventanas

En la Figura 5.29(a) se aprecia que la mayor parte del espacio presenta niveles de iluminancia bajos, predominando valores inferiores a 400 lux. Esto indica una iluminación insuficiente para las actividades realizadas en el taller. Sin embargo, las áreas más cercanas a las ventanas alcanzan valores entre 600 y 1200 lux. Esto evidencia una mejor iluminación en estas zonas. Este patrón sugiere que la luz natural se concentra cerca de las aperturas, dejando el resto del espacio con poca iluminación. En la Figura 5.29(b), los niveles de iluminación aumentan, con casi el mismo espacio superior alcanzando valores entre 800 y 1200 lux. No obstante, las zonas inferiores del taller todavía permanecen con valores por debajo de 400 lux,

una iluminación desigual en el espacio. En condiciones de cielo nublado, (Figura 5.29c) el mapa muestra resultados similares. La mayor parte del espacio presenta valores entre 200 y 600 lux, mientras que las zonas más cercanas a las ventanas alcanzan hasta 1200.

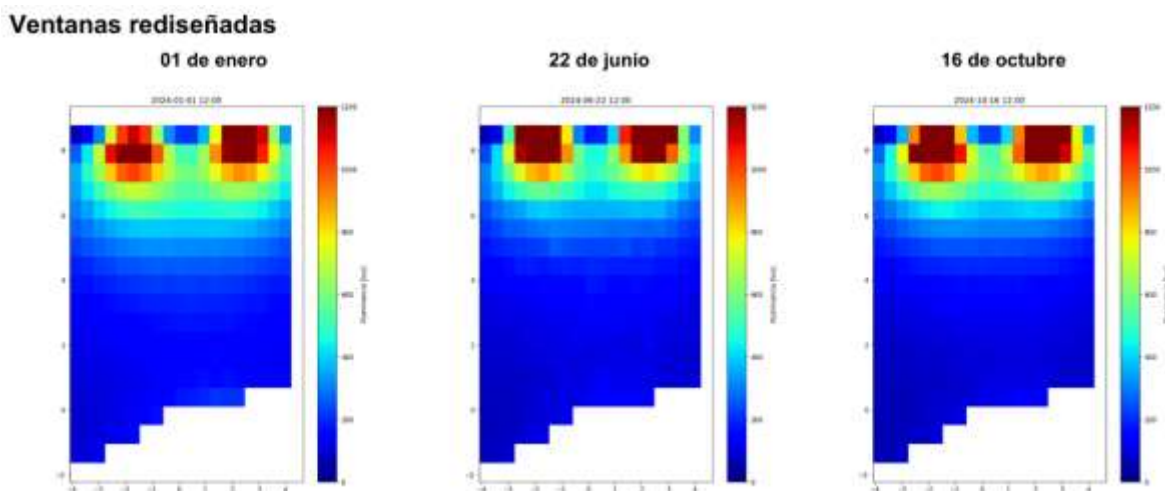


Figura 5.29. Mapas de iluminancia para Aula Milenio con ventanas rediseñadas, al medio día para (a) 01 de enero mínima declinación solar, (b) 22 de junio máxima declinación solar y (c) el 16 de octubre día con condición de cielo nublado.

En la Figura 5.30(a), que representa los niveles de iluminancia por debajo de 500 lux, se observa una reducción significativa de la sub-iluminación en comparación con el estado actual. Las áreas centrales y cercanas a las ventanas indican una disminución del porcentaje de tiempo con insuficiencia lumínica. Sin embargo, las zonas más alejadas de las ventanas todavía muestran que persiste la sub-iluminación en ciertas áreas. La Figura 3.30(b) muestra las áreas con iluminación útil. Esto se ve en ciertas zonas cercanas a las ventanas. Esto indica que el rediseño de las ventanas permitió que una parte del espacio alcanzara niveles útiles de iluminación natural. Sin embargo, el rango de iluminación útil aún no se distribuye uniformemente en todo el taller y no se ha protegido de la radiación solar directa que podría entrar durante una etapa del año. La Figura 3.30(c) refleja que la sobre-iluminación es inexistente. Esto sugiere que el rediseño de ventanas no generó un problema de sobre-iluminación. El rediseño de ventanas como estrategia inicial muestra una mejora significativa en la iluminación útil del Taller 4, especialmente en las áreas cercanas a las ventanas. A pesar de estos avances, las

zonas alejadas aún presentan problemas de sub-iluminación, lo que indica la necesidad de complementar esta estrategia con medidas adicionales para lograr una distribución más uniforme de la luz natural en todo el espacio.

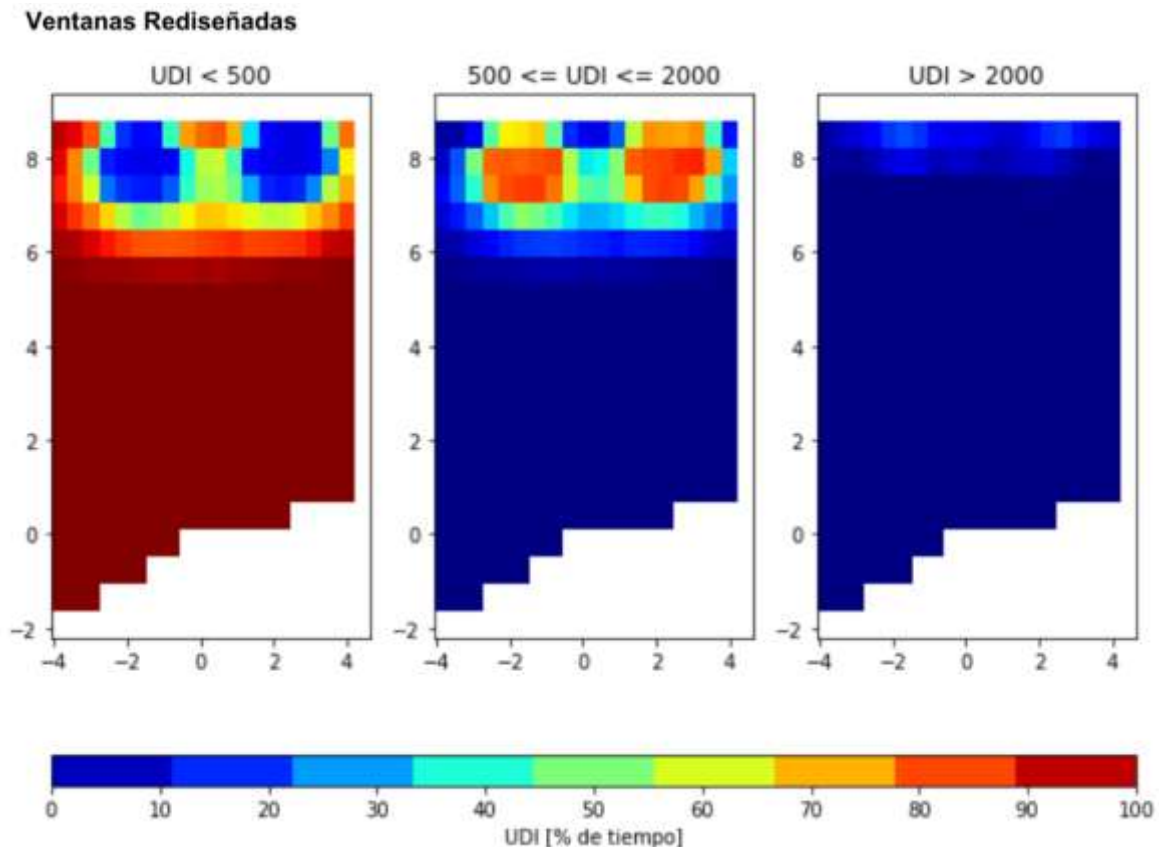


Figura 5.30. Evaluación del UDI útil para la estrategia de ventanas re diseñadas del Taller 4, a lo largo del año, para (a) $UDI < 500$, (b) $500 \leq UDI \leq 2000$ y (c) $UDI > 2000$.

Rediseño de ventanas con protecciones solares.

En el día con menor declinación solar, (1 de enero), los niveles de iluminancia en el Taller 4 son más moderados en comparación con la estrategia sin protecciones solares (Figura 5.31a). La luz natural se concentra principalmente cerca de las ventanas, donde se alcanzan valores de hasta 800 lux, muy reducidos. Sin embargo, la mayoría del espacio presenta niveles inferiores a 200 lux, indicando que las protecciones solares reducen la entrada de luz directa, manteniendo niveles controlados, pero dejando mayor parte del espacio con iluminación insuficiente. En el día con máxima declinación solar, el 22 de junio (Figura 5.31b), los valores de iluminancia permanecen relativamente iguales. En el resto del espacio los niveles

bajos de iluminación bajan todavía más. Las protecciones solares limitan eficazmente la radiación por luz directa, en comparación con la estrategia sin ellas, logrando una distribución más uniforme de luz. Sin embargo, las zonas alejadas de las ventanas aún permanecen por debajo de los 400 luxes, lo que sugiere que estas áreas siguen dependiendo de iluminación artificial para actividades visuales. En condiciones de cielo nublado, el 16 de octubre, (Figura 5.31c), la estrategia con protecciones solares genera una similar a los anteriores días. La mayor parte del taller presenta valores entre 200 y 600 lux.

Ventanas rediseñadas y protecciones solares

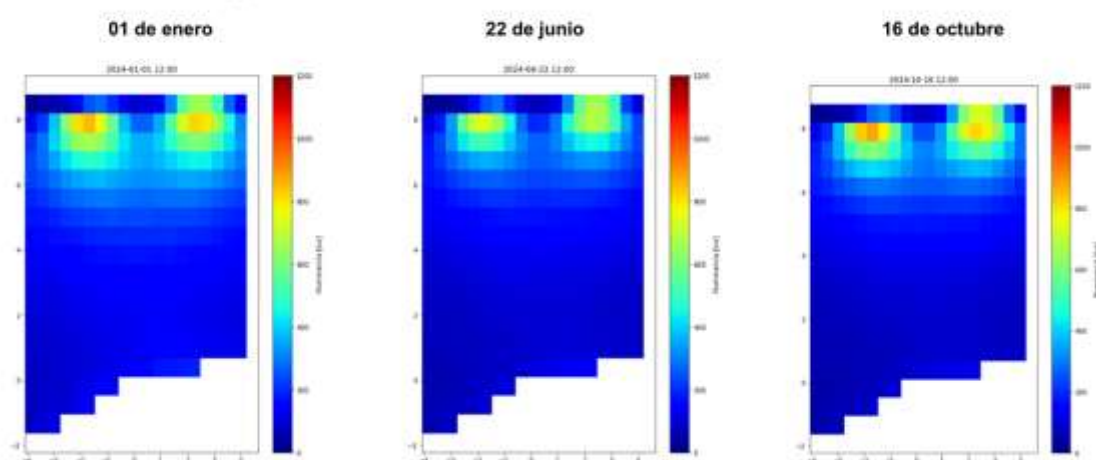


Figura 5.31. Mapas de iluminancia para Taller 4 con ventanas rediseñadas y protecciones solares, al medio día para (a) 1 de enero mínima declinación solar, (b) 22 de junio máxima declinación solar y (c) el 16 de octubre día con condición de cielo nublado.

En la Figura 5.32(a), se observa una ligera reducción en el porcentaje de tiempo en que el espacio está insuficientemente iluminado en comparación con el estado actual. Aunque las zonas alejadas de las ventanas siguen mostrando el 100% de sub-iluminación, las áreas cercanas a las ventanas reflejan una mejora en estas zonas debido al control solar proporcionado por los aleros. En la Figura 5.32(b), que indica la iluminación útil, se nota un incremento significativo en las áreas con iluminación útil en las proximidades de las ventanas. Esto indica que los aleros logran equilibrar la entrada de luz natural, favoreciendo condiciones más apropiadas para el uso del espacio sin sobreexponer las áreas cercanas a las aberturas. En la Figura 5.32(c), se observa que el espacio prácticamente no

experimenta niveles de iluminación excesivos. Se muestran porcentajes igual a cero de sobre-iluminación, lo que sugiere que los aleros son efectivos para controlar el ingreso de luz directa. La implementación de ventanas rediseñadas con protecciones solares mejora de manera significativa las condiciones lumínicas en el Taller 4. Esta estrategia logra reducir la sub-iluminación en las áreas cercanas a las ventanas y aumentar el porcentaje de iluminación útil sin generar problemas de sobre-iluminación. Sin embargo, las zonas más alejadas de las ventanas continúan mostrando altos niveles de sub-iluminación, lo que sugiere la necesidad de estrategias complementarias.

Ventanas Rediseñadas con Protecciones Solares

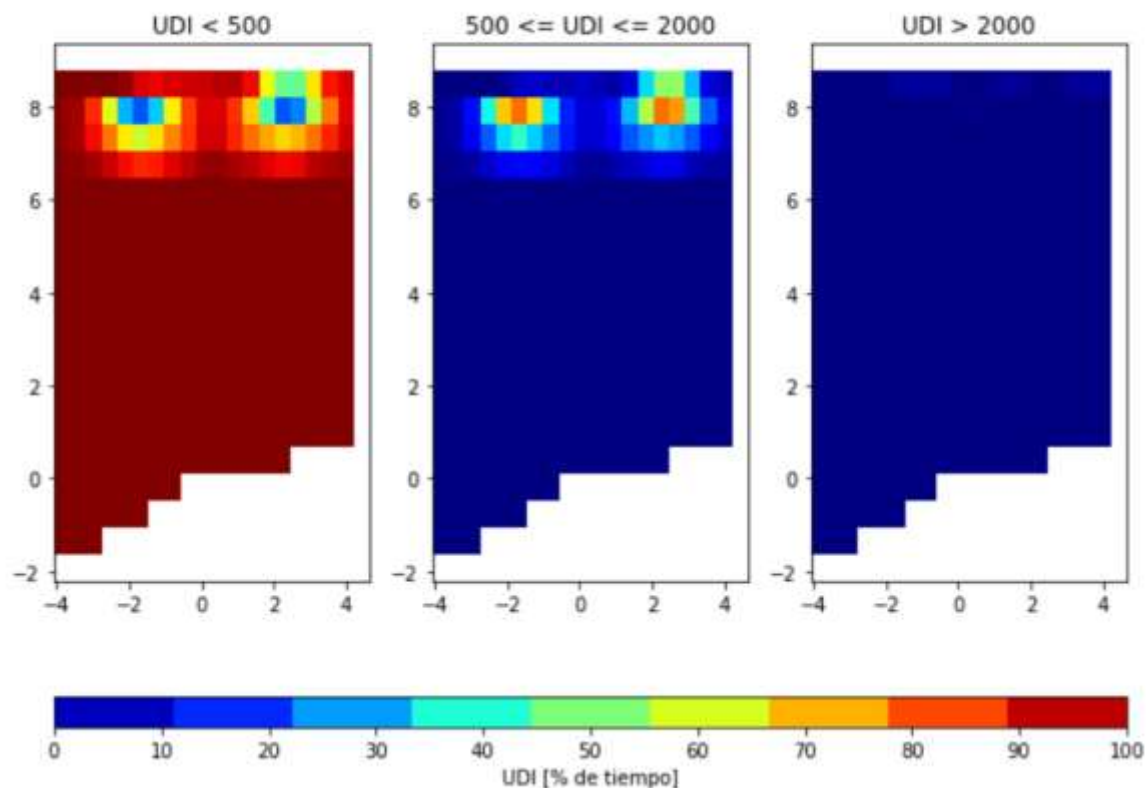


Figura 5.32 Evaluación del UDI útil para la estrategia de ventanas re diseñadas con protecciones solares del Taller 4, a lo largo del año, para (a) $UDI < 500$, (b) $500 \leq UDI \leq 2000$ y (c) $UDI > 2000$.

Rediseño de ventanas con protecciones solares y dientes de sierra.

En el día con menor declinación solar (1 de enero), los niveles de iluminancia en el Taller 4 van entre los 500 a los 1200 luxes (Figura 5.33a). La luz natural se

concentra principalmente cerca de las ventanas, donde se alcanzan valores de hasta 800 y 1200 luxes. La mayoría del espacio presenta niveles de entre 400 a 600 luxes, manteniendo niveles controlados. Puede apreciarse una mayor distribución de la luz en el espacio. En el día con máxima declinación solar (22 de junio), los valores de iluminancia son más elevados en casi todo el espacio, con pequeñas manchas de niveles de hasta 1200 lux (Figura 5.33b). Todas las estrategias en conjunto limitan eficazmente la sobre-iluminación en comparación al espacio actual, logrando una distribución más uniforme de luz. En condiciones de cielo nublado (16 de octubre), la estrategia genera una distribución homogénea de la iluminación natural en el espacio. La mayor parte del taller presenta valores entre 200 y 600 lux, con una reducción significativa en las áreas de sobre-iluminación (Figura 5.33c).

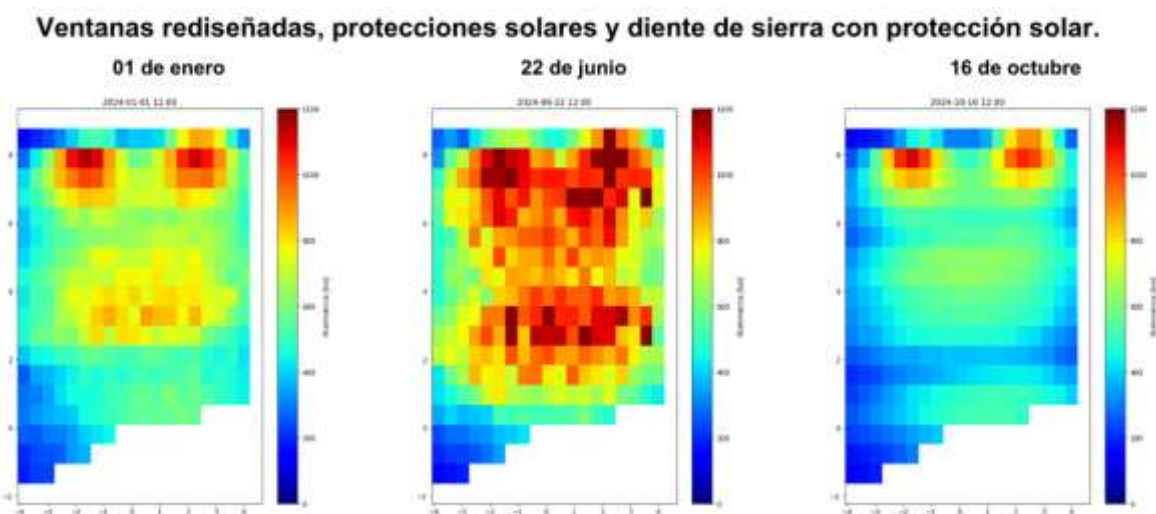


Figura 5.33. Mapas de iluminancia para Aula Milenio con ventanas rediseñadas y protecciones solares, al mediodía para (a) 1 de enero mínima declinación solar, (b) 22 de junio máxima declinación solar y (c) el 16 de octubre día con condición de cielo nublado.

La Figura 5.34(a) muestra una reducción significativa en el porcentaje de tiempo con sub-iluminación en comparación con las estrategias anteriores. Predominan las zonas de 0% de sub-iluminación, en las áreas centrales y cercanas a las ventanas. La Figura 5.34(b) refleja una mejora significativa en las áreas con iluminación útil. Esto demuestra que la combinación de las ventanas rediseñadas, los aleros y los dientes de sierra permiten una distribución más uniforme de luz. La Figura 5.34(c) indica que la sobre-iluminación sigue siendo prácticamente

inexistente. Esta estrategia que combina ventanas rediseñadas con aleros y un diente de sierra con protección solar, es la más efectiva de las analizadas para el Taller 4. Se logra una reducción considerable de la sub-iluminación y un aumento notable en las áreas con iluminación útil.

Ventanas Rediseñadas con Protecciones Solares y Diente de Sierra con Protección Solar

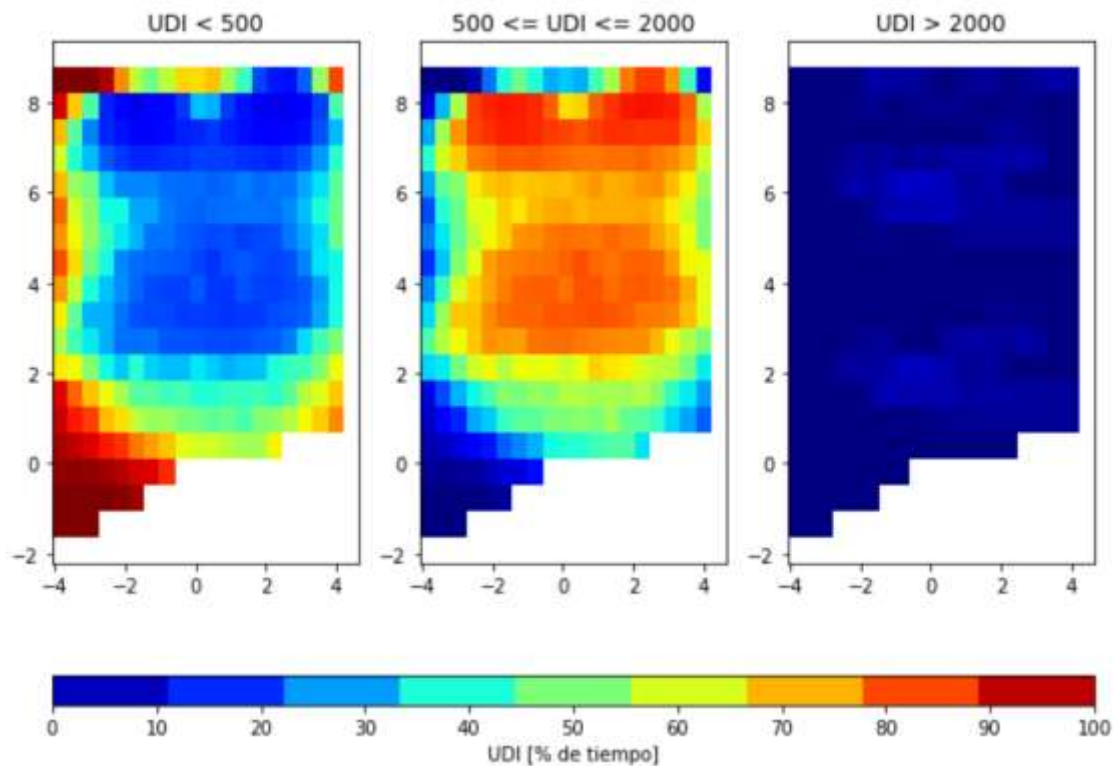


Figura 5.34. Evaluación del UDI útil para la estrategia de ventanas re diseñadas con protecciones solares y diente de sierra con protección solar del Taller 4, a lo largo del año, para (a) $UDI < 500$, (b) $500 \leq UDI \leq 2000$ y (c) $UDI > 2000$.

SALA DE CAPACITACIÓN 1

Descripción del espacio

La Sala de Capacitación 1 es un espacio destinado a actividades académicas y de formación, equipado con computadoras para el desarrollo de diversas tareas y capacitaciones (Figura 5.35). Sin embargo, enfrenta un problema de insuficiencia lumínica, que afecta tanto la calidad del aprendizaje como el confort visual de los usuarios. Este problema se agrava debido a las características de las ventanas del espacio. El diseño del aula incluye cuatro ventanas rectangulares de 0.80x0.80 cm orientadas al norte (Figura 5.36).

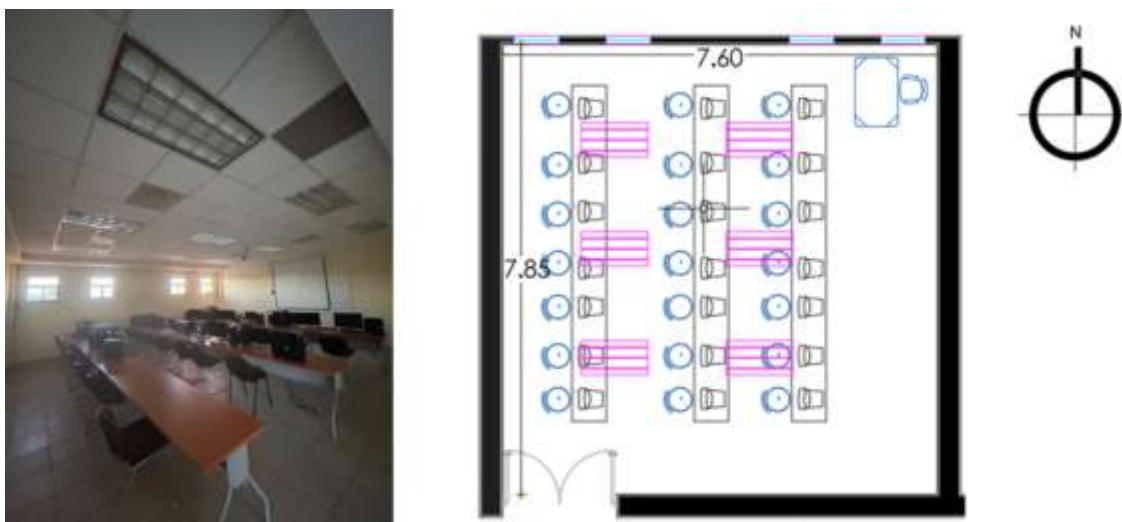


Figura 5.35. (a) Sala de Capacitación 1, estado actual y (b) Gráfico de Sala de Capacitación 1.

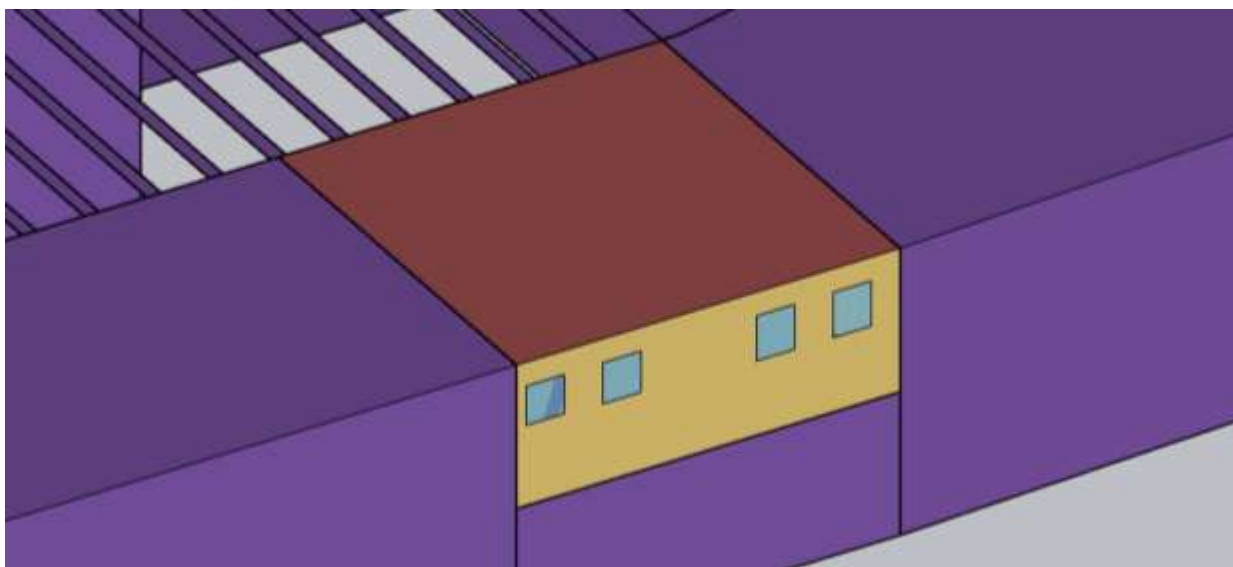


Figura 5.36. Fachada norte de Sala de Capacitación 1 en Sketchup y plugin de Openstudio.

Estado Actual

Los mapas de iluminancia del estado actual de la Sala de Capacitación 1 fueron generados para tres días representativos de la misma manera que en el resto de los espacios: el 1 de enero (día con menor declinación solar), el 22 de junio (día con mayor declinación solar), y el 16 de octubre (día con cielo nublado). En la Figura 5.37(a) se muestra que la mayor parte del espacio se encuentra en niveles bajos de iluminación natural, predominando valores inferiores a 400 lux. Solo las zonas cercanas a las ventanas logran alcanzar valores entre 400 y 500 lux. En la Figura 5.37(b), los niveles de iluminancia aumentan ligeramente. Las áreas cercanas a las ventanas alcanzan valores ligeramente más altos, entre 400 y 600 lux, mientras que el resto del espacio permanece en valores inferiores a 400 lux. En condiciones de cielo nublado (Figura 5.37c) el espacio presenta una distribución más uniforme de la iluminación, pero con niveles predominantemente bajos. La mayor parte del área se encuentra entre 0 y 400 lux, mientras que las zonas cercanas a las ventanas alcanzan valores cercanos a 600 lux. Esto evidencia que, el diseño actual no distribuye la luz de manera uniforme en el interior.

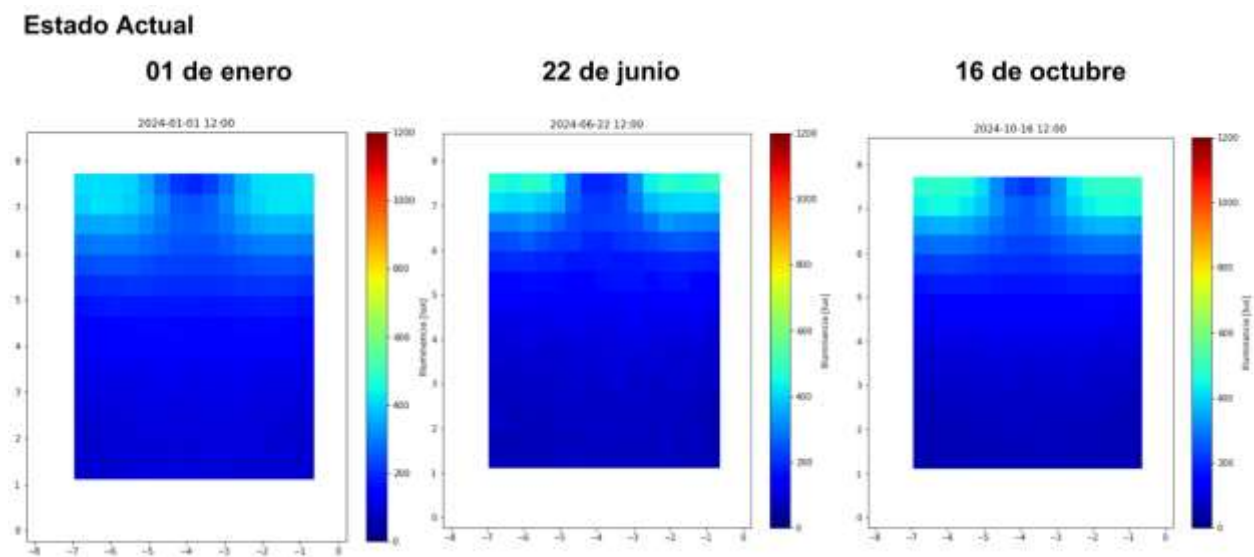


Figura 5.37. Mapas de iluminancia para el estado actual de Sala de Capacitación 1, al medio día para (a) 1 de enero mínima declinación solar, (b) 22 de junio máxima declinación solar y (c) el 16 de octubre día con condición de cielo nublado.

En la Figura 5.38(a), muestra que la mayor parte del espacio está 100% del tiempo sub-iluminado. La Figura 5.38(b), correspondiente a la iluminación útil, refleja que solo las áreas cercanas a las ventanas alcanzan niveles de iluminación útiles durante un porcentaje limitado del tiempo. Se muestran que las zonas útiles son escasas y no están distribuidas de manera uniforme en el espacio. En la Figura 5.38(c), se observa que no hay presencia de niveles de iluminación excesivos. En su estado actual, la Sala de Capacitación 1 enfrenta principalmente problemas de sub-iluminación, con una iluminación natural insuficiente en la mayor parte del espacio y solo áreas cercanas a las ventanas alcanzan niveles de iluminación útil. Estos resultados subrayan la necesidad de implementar estrategias de diseño que mejoren la entrada y distribución de luz natural para mejorar las condiciones lumínicas de este espacio.

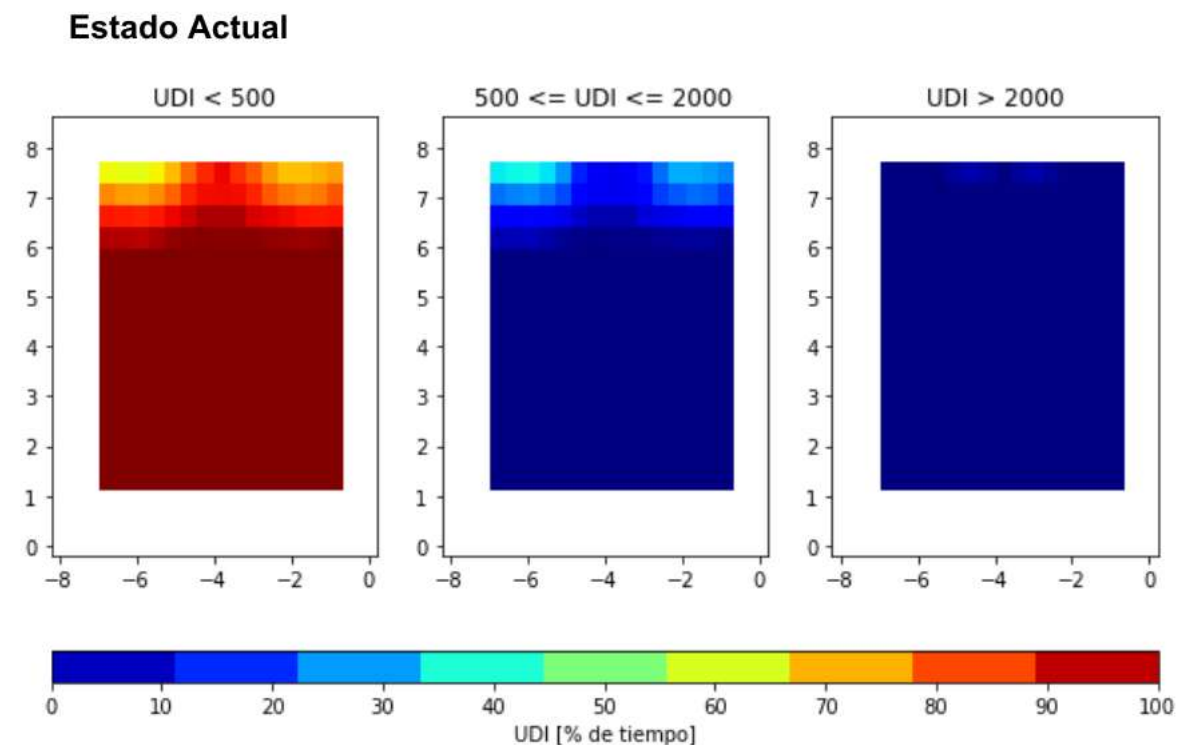


Figura 5.38. Evaluación del UDI útil para el estado actual de Sala de Capacitación 1, a lo largo del año, para (a) $UDI < 500$, (b) $500 \leq UDI \leq 2000$ y (c) $UDI > 2000$.

Rediseño de ventanas

En la Figura 5.39(a), el rediseño de ventanas permitió mejorar los niveles de iluminación en las zonas cercanas a las aberturas, alcanzando valores de hasta 1000 luxes. Sin embargo, el resto del espacio presenta niveles mayormente bajos, inferiores a 200 lux. Aunque esta estrategia mejora la iluminación en comparación con el estado actual, persisten áreas sub-iluminadas, especialmente en las zonas más alejadas de las ventanas. En la Figura 5.39(b), se aprecia que no hay mucha variación en los resultados, excepto una zona muy cercana a la ventana con valores de hasta 1200 luxes. Las áreas más alejadas de las ventanas aún permanecen con niveles por debajo de 200 lux. En condiciones de cielo nublado (Figura 5.39c), las áreas cercanas a las ventanas presentan valores entre 500 y 1200 lux, mientras que el resto del espacio mantiene niveles de iluminancia entre 200 y 400 lux. Esto demuestra que las ventanas rediseñadas captan mejor la luz natural pero aún no logran iluminar adecuadamente las zonas más alejadas.

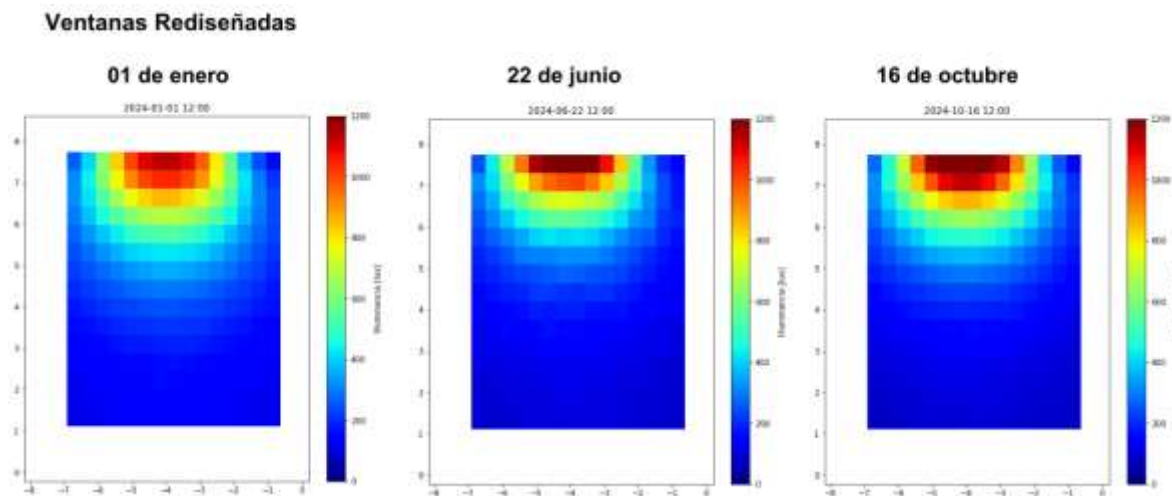


Figura 5.39. Mapas de iluminancia para Sala de Capacitación con ventanas rediseñadas, al medio día para (a) 1 de enero mínima declinación solar, (b) 22 de junio máxima declinación solar y (c) el 16 de octubre día con condición de cielo nublado.

En la Figura 5.40(a) se muestra que la mayoría del espacio permanece en condiciones de sub-iluminación durante un alto porcentaje del tiempo, especialmente en las áreas alejadas de las ventanas. Se observa que la mayoría del espacio permanece en el 100% del tiempo en sub-iluminación. La Figura 5.40(b) muestra la iluminación útil del espacio que mayormente está en el 0%. En las zonas

cercanas a las ventanas, hay zonas mínimas que permanecen entre el 60 y 70%. Sin embargo, estas áreas son limitadas y no se distribuyen de manera uniforme en todo el espacio. En la Figura 5.40(c), se indica que no hay sobre-iluminación en el espacio, ya que permanece en 0%. La implementación de ventanas rediseñadas en la Sala de Capacitación 1 mejora ligeramente las condiciones de iluminación útil cerca de las ventanas. Sin embargo, la sub-iluminación persiste como el principal desafío en la mayor parte del espacio, especialmente en áreas alejadas de las aberturas.

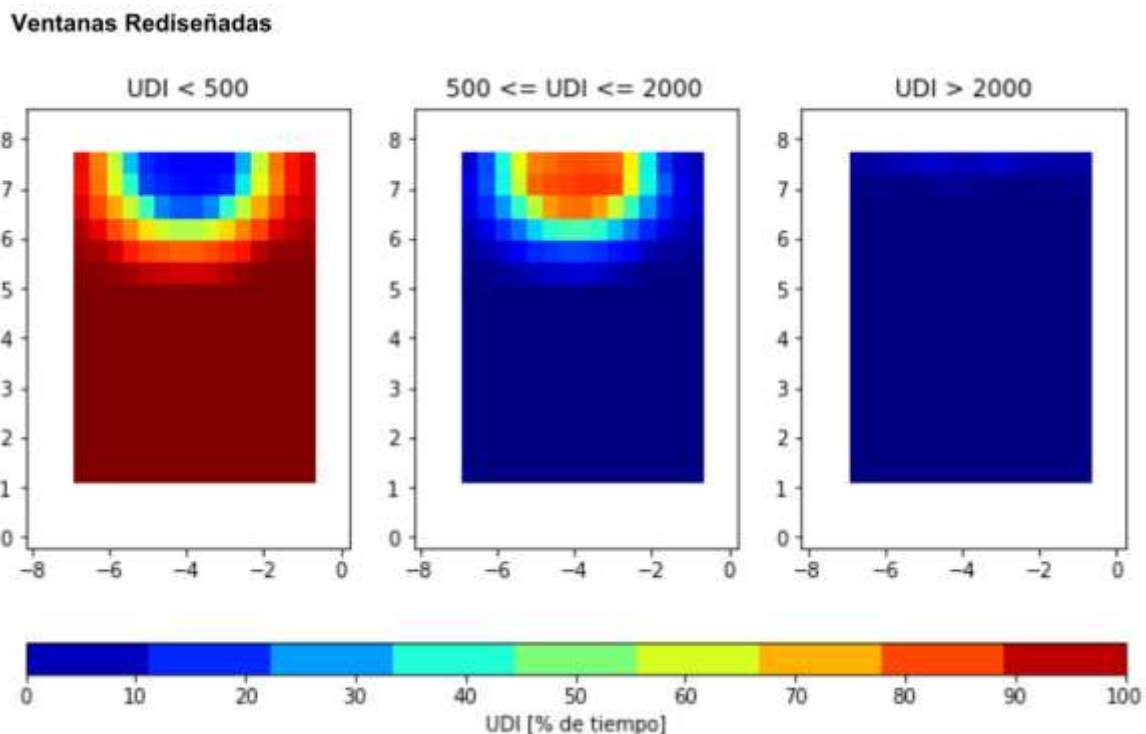


Figura 5.40. Evaluación del UDI útil de la estrategia de ventanas re diseñadas de Sala de Capacitación 1, a lo largo del año, para (a) $UDI < 500$, (b) $500 \leq UDI \leq 2000$ y (c) $UDI > 2000$.

Rediseño de ventanas con protecciones solares.

Durante el invierno, (Figura 5.41a) los niveles de iluminancia muestran una distribución más controlada gracias a las protecciones solares. Las zonas cercanas a las ventanas alcanzan valores entre 400 y 700 lux, mientras que las áreas más alejadas permanecen por debajo de 200 lux. Esto sugiere que aún hay zonas sub-iluminadas que requieren mejoras adicionales. En el día con máxima declinación solar (22 de junio), los resultados son similares. El área cercana a las ventanas

sigue alcanzando niveles de iluminancia entre 600 y 700 lux (Figura 5.41b). En condiciones de cielo nublado (16 de octubre), los niveles de iluminancia en el espacio cercano a las ventanas oscilan entre 400 y 800 lux. Mientras que en el resto del espacio los niveles siguen por debajo de los 200 lux. Aunque los niveles de luz son moderados, la distribución sigue siendo más uniforme en comparación con el estado actual. Aún se requieren estrategias adicionales para el resto del espacio.

Ventanas Rediseñadas con Protecciones Solares

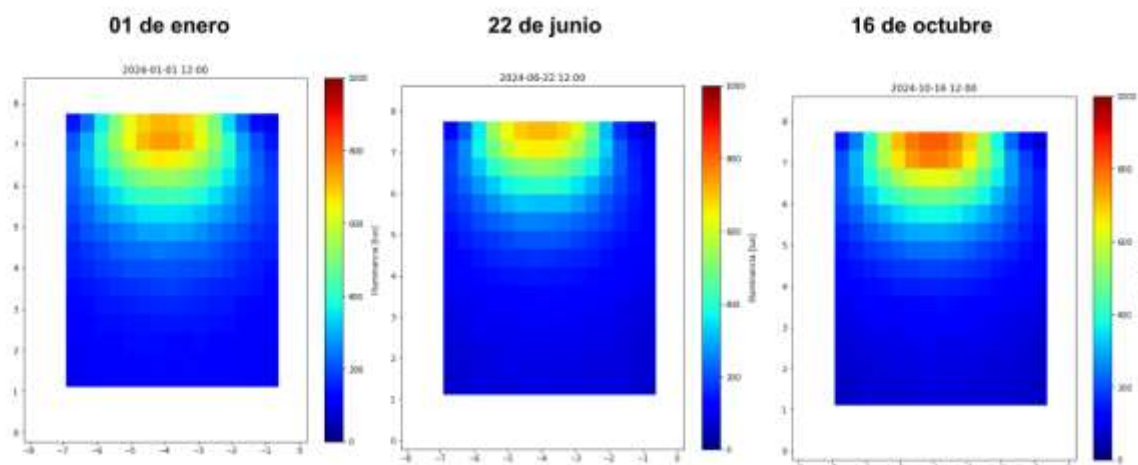


Figura 5.41. Mapas de iluminancia para Sala de Capacitación 1 con ventanas rediseñadas y protecciones solares, al medio día para (a) 1 de enero mínima declinación solar, (b) 22 de junio máxima declinación solar y (c) el 16 de octubre día con condición de cielo nublado.

En la Figura 5.42(a), se observa que las áreas alejadas de las ventanas permanecen sub-iluminadas durante el 100% del tiempo. Las áreas cercanas a las ventanas oscilan en el 40% del tiempo de sub-iluminación. Esto refleja que las protecciones solares moderan la entrada de luz, pero aún no logran mejorar la iluminación en las zonas más alejadas. La Figura 5.42(b) evidencia un ligero aumento en las zonas con iluminación útil en comparación con la primera estrategia. Se observa que las zonas cercanas a las ventanas alcanzan niveles útiles de iluminación entre el 30%-60% del tiempo. Sin embargo, esta mejora sigue siendo limitada, afectando principalmente las áreas intermedias y alejadas del espacio. La Figura 5.42(c) muestra que la sobre-iluminación permanece en un 0% del tiempo. La implementación de ventanas rediseñadas con protecciones solares en la Sala de Capacitación 1 mejora ligeramente la iluminación útil en las áreas cercanas a las

ventanas, lo cual es positivo. Sin embargo, las áreas alejadas de las ventanas permanecen sub-iluminadas durante el 100% del tiempo, lo que evidencia la necesidad de implementar estrategias adicionales.

Ventanas Rediseñadas con Protecciones Solares

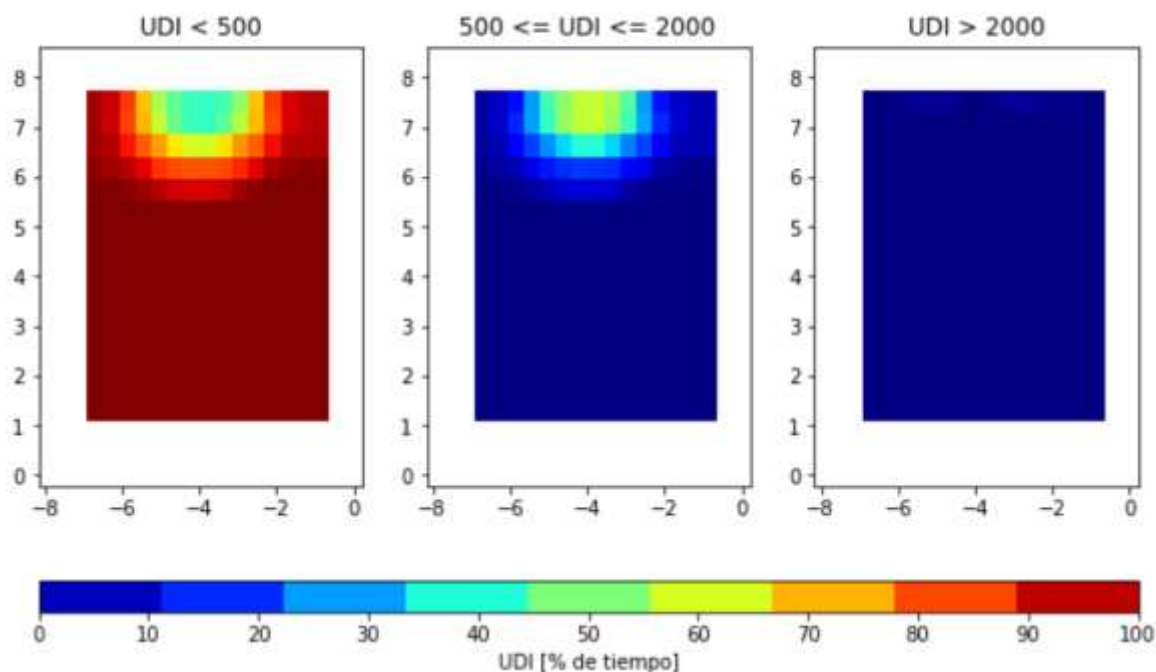


Figura 5.42. Evaluación del UDI útil de la estrategia de ventanas re diseñadas con protecciones solares de Sala de Capacitación 1, a lo largo del año, para (a) $UDI < 500$, (b) $500 \leq UDI \leq 2000$ y (c) $UDI > 2000$.

Rediseño de ventanas con protecciones solares y dientes de sierra.

En la Figura 5.43(a), la estrategia de dientes de sierra con protecciones solares logra una mejora significativa en la distribución de la iluminación en el día con mínima declinación solar (1 de enero). El espacio presenta niveles de iluminancia predominantemente entre 500 y 900 lux, con una reducción notable de áreas sub-iluminadas. Esto indica que el diseño permite redirigir y distribuir de manera más uniforme la luz natural en el interior, incluso en las zonas más alejadas de las ventanas. En la Figura 5.43(b), los dientes de sierra permiten captar una mayor cantidad de luz natural, resultando en niveles de iluminancia elevados. Las zonas centrales y cercanas a las ventanas, que alcanzan levemente los 1200 lux. En condiciones de cielo nublado (Figura 5.43c) el diseño con dientes de sierra distribuye la luz difusa de manera homogénea en todo el espacio. Los valores de

iluminancia oscilan entre 400 y 800 luxes con una marcada reducción de áreas sub-iluminadas. Esto evidencia que los dientes de sierra son efectivos para captar y redirigir luz difusa, proporcionando niveles adecuados de iluminación en días con poca radiación solar directa.

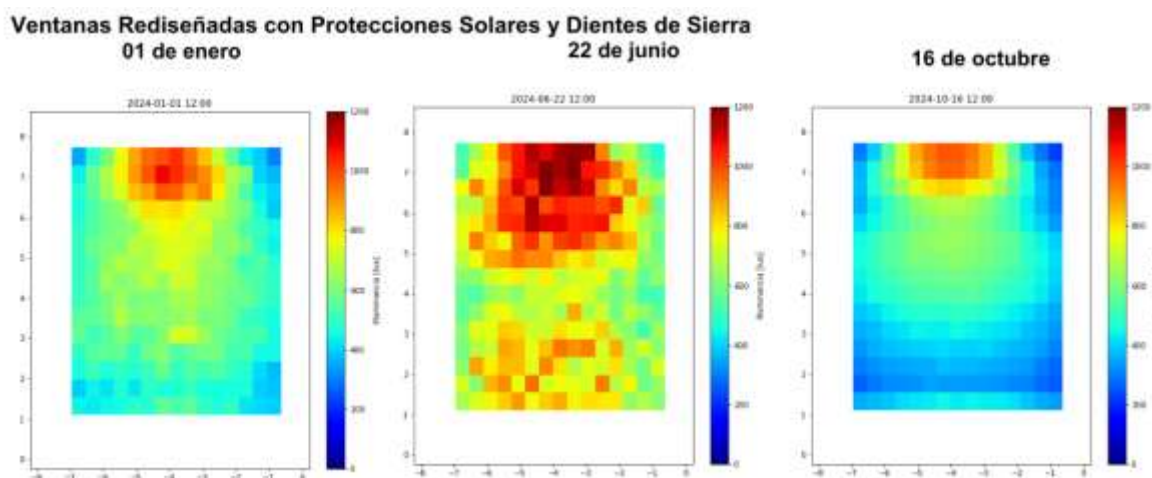


Figura 5.43. Mapas de iluminancia para Sala de Capacitación 1 con ventanas rediseñadas, protecciones solares y dientes de sierra con protecciones solares, al mediodía para (a) 1 de enero mínima declinación solar, (b) 22 de junio máxima declinación solar y (c) el 16 de octubre día con condición de cielo nublado.

En la Figura 5.44(a), se observa que el espacio permanece subiluminado entre un 40% a un 80% de tiempo. Las áreas centrales del espacio y las zonas cercanas a las ventanas muestran una leve mejora, indicando una reducción en la sub-iluminación manteniéndose en un 40% del tiempo. La Figura 5.44(b) evidencia una mejora en las zonas con iluminación útil en comparación con la primera estrategia. Se observa que desde el centro hacia las orillas va desde un 80-40% de iluminación útil. La Figura 5.54(c) muestra que las áreas de sobre-iluminación siguen siendo inexistentes, lo cual es favorable para una sala de cómputo al evitar destellos en las pantallas. La implementación de esta estrategia mejora la iluminación útil en el espacio, lo cual es positivo para el uso de equipos de cómputo.

Ventanas Rediseñadas con Protecciones Solares y Dientes de Sierra

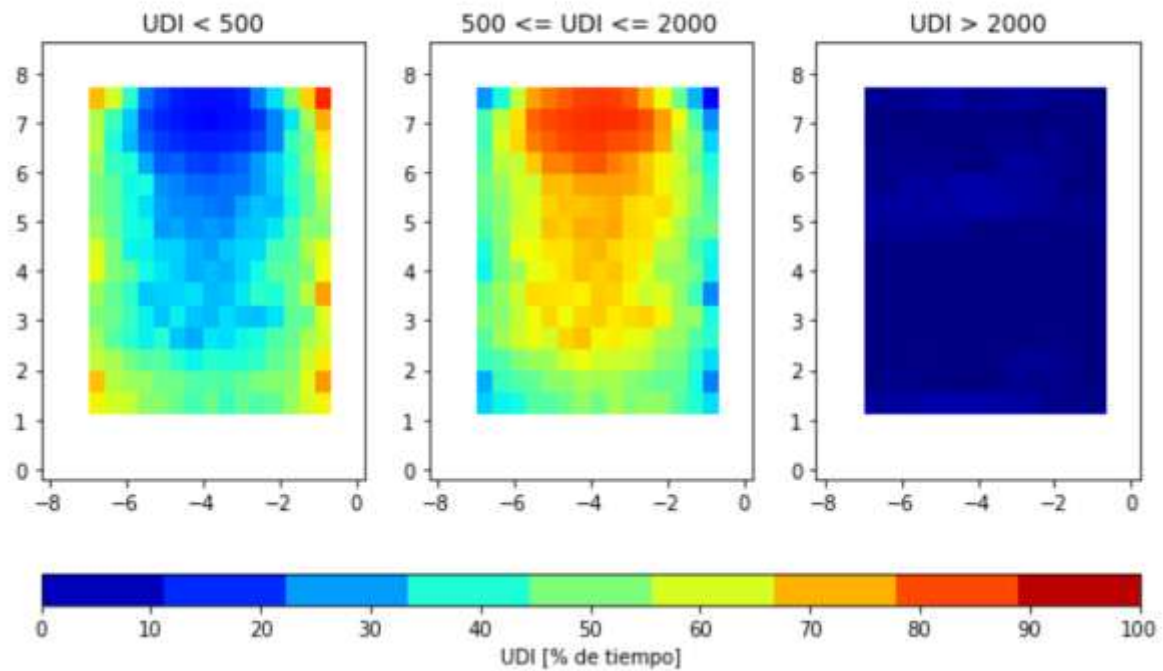


Figura 5.44. Evaluación del UDI útil de la estrategia de ventanas re diseñadas con protecciones solares y dientes de sierra con protecciones solares de Sala de Capacitación 1, a lo largo del año, para (a) $UDI < 500$, (b) $500 \leq UDI \leq 2000$ y (c) $UDI > 2000$.

Capítulo 6

CÁLCULOS

6.1 INTRODUCCIÓN

La eficiencia energética en edificios es un componente esencial para reducir el consumo de recursos y minimizar el impacto ambiental asociado al uso de energía. Se entiende como “eficiencia energética” a las acciones que ayudan a mejorar el uso de la energía, con el fin de que se consuma la menor cantidad posible sin sacrificar el servicio o producto. En el presente estudio, se evaluó el desempeño energético de la Escuela de Arquitectura Unidad Torreón, con énfasis en el consumo energético derivado de la iluminación artificial. Los resultados se obtuvieron mediante simulaciones realizadas en Sketchup con la extensión de Radiance y OpenStudio, las cuales permitieron analizar el consumo energético de los espacios seleccionados en sus condiciones actuales y con todas las estrategias implementadas.

Metodología de la Eficiencia Energética.

Mapas de Iluminancia

Seccionamiento de los Espacios

Cada uno de los espacios analizados se dividió en un número determinado de secciones. La segmentación se realizó de acuerdo con la distribución de las luminarias existentes y zonas de actividad dentro de cada espacio. Este proceso permitió evaluar la posibilidad de implementar un encendido escalonado, optimizando el uso de energía eléctrica en función de la ocupación y las necesidades específicas de iluminación en cada área.

Para representar la iluminancia en cada espacio, se replicó en AutoCAD una malla bidimensional que sirvió como guía para la identificación de las secciones a evaluar. Estos mapas permiten visualizar la distribución de la iluminancia medida. A

continuación, se presentan los esquemas generados en AutoCAD con la malla de iluminancia para los tres espacios:

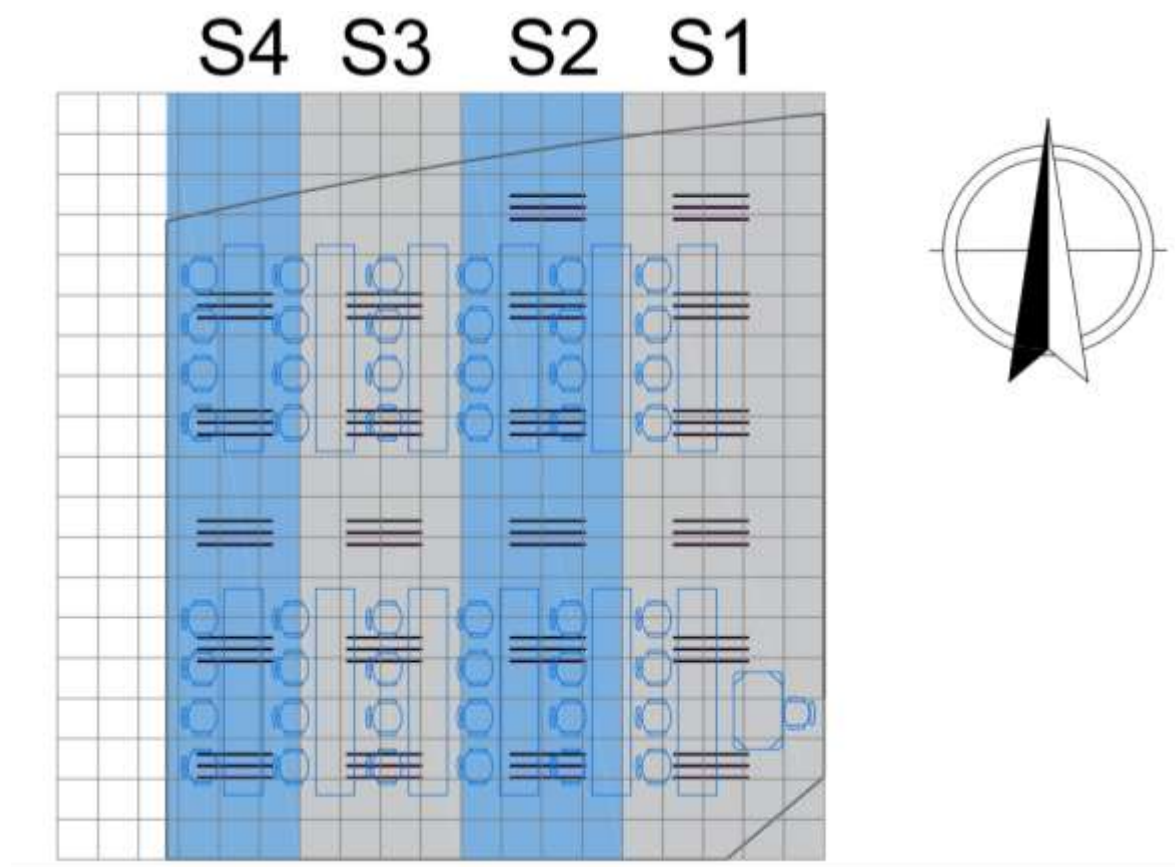


Figura 6.1. Seccionamiento de izquierda a derecha según el acomodo actual de luminarias en Aula Milenio.

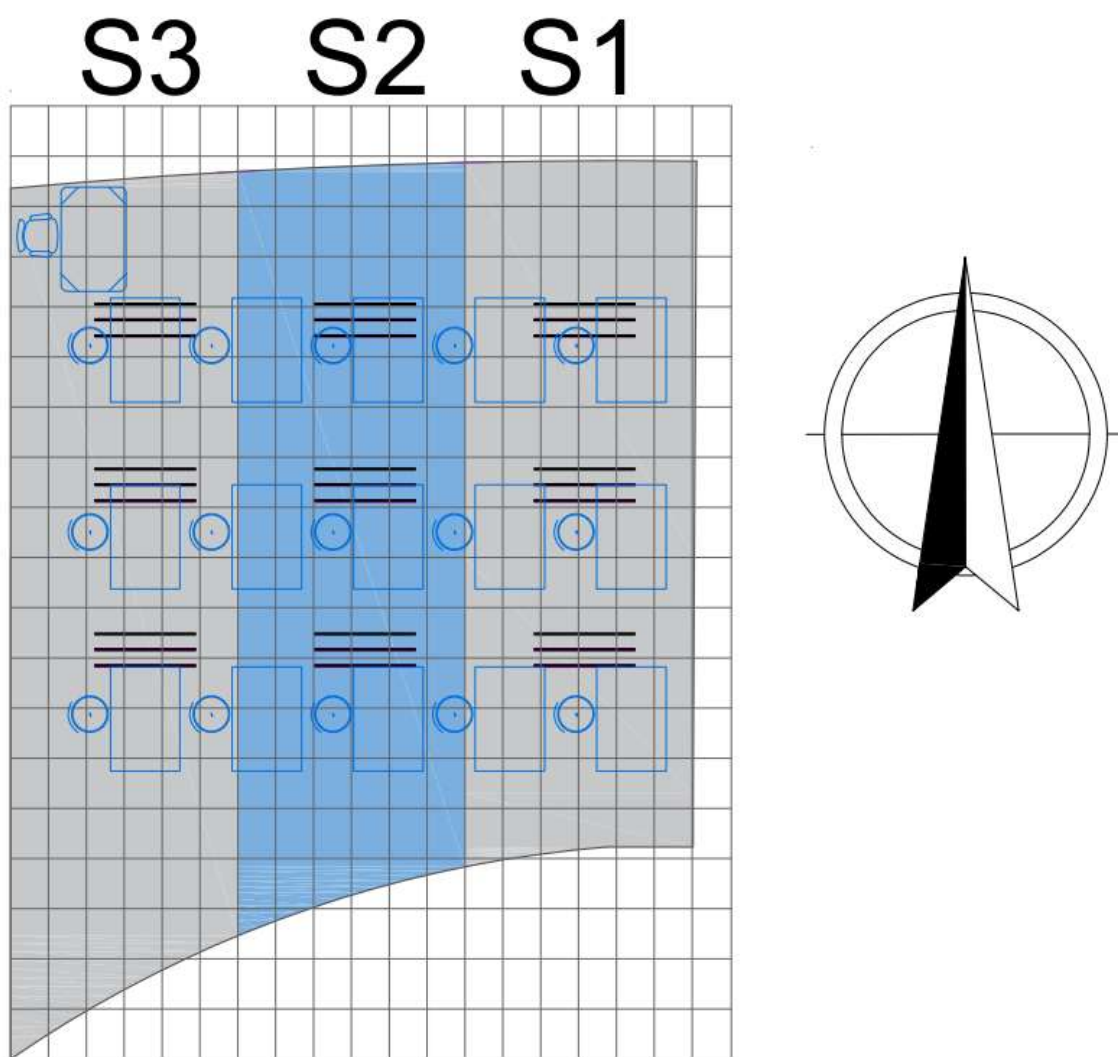


Figura 6.2. Seccionamiento de izquierda a derecha según el acomodo actual de luminarias en Taller 4.

S2 S1

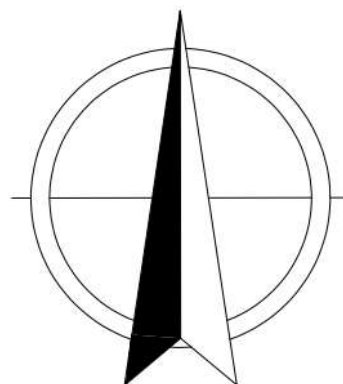
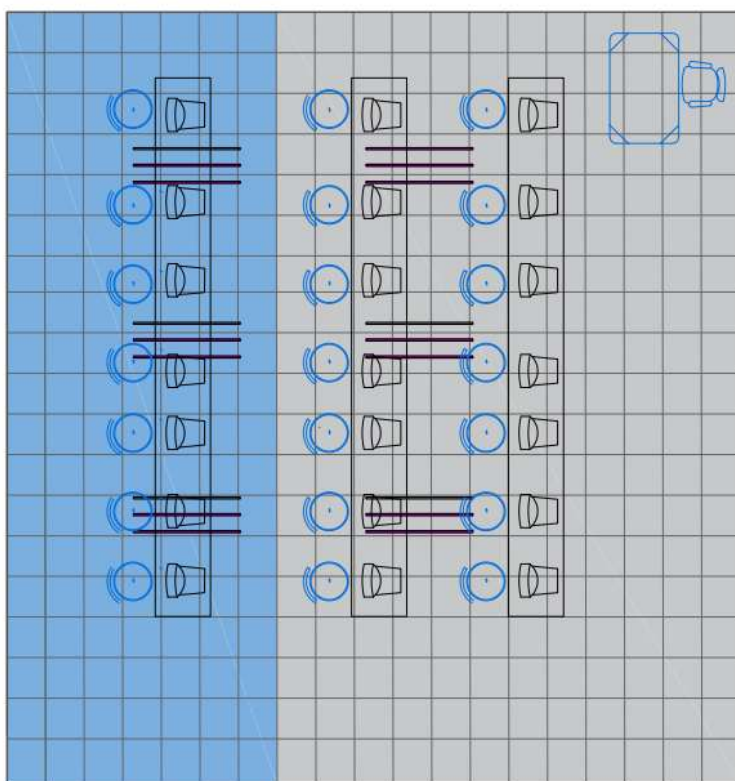


Figura 6.3. Seccionamiento de izquierda a derecha según el acomodo actual de luminarias en Sala de Capacitación 1.

Evaluación de Espacios en Diferentes Estados

Se evaluaron los espacios en su estado original y en su estado modificado con las tres estrategias de solución aplicadas. Esto permitió generar comparativas que evidencian el impacto de cada estrategia en la distribución lumínica y en la eficiencia energética.

Cálculo de la Eficiencia Energética.

El cálculo de la eficiencia energética se llevó a cabo utilizando los resultados obtenidos en el programa Radiance, en los archivos .ill generados para cada espacio. Estos archivos contienen los datos de iluminancia recopilados para calcular el consumo energético en el espacio. Los resultados se procesaron en Python,

utilizando algoritmos que permitieron calcular la eficiencia energética de cada espacio en su estado original y con las estrategias implementadas. Este análisis permitió cuantificar la mejora en el aprovechamiento de la luz natural y la reducción del consumo de energía eléctrica.

La metodología que se aplicó para el cálculo fue la siguiente:

1. Filtrado de Datos Relevantes

El primer paso consistió en extraer los datos correspondientes al horario de uso del espacio. Se seleccionaron únicamente los registros entre las 08:00 y las 18:00 horas, descartando información fuera de este rango para centrarse en los momentos de mayor actividad. Además, se excluyeron los fines de semana, de modo que el análisis se enfocara en los días hábiles.

2. Procesamiento de los Niveles de Iluminancia

Cada sección del espacio fue evaluada con base en la cantidad de área que cumplía con un nivel de iluminancia adecuado. Para ello, se estableció un umbral mínimo de 300 y 500 lux (dependiendo el caso), que corresponde a los estándares recomendados para un ambiente de trabajo confortable. Se calculó la proporción del área donde la iluminación era mayor o igual a este valor.

3. Cálculo del Consumo Energético

Posteriormente, se estimó el consumo energético. Este cálculo se realizó considerando:

- La fracción del área que sobrepasaba los 300 y 500 lux (según sea el caso).
- El número de luminarias utilizadas en cada espacio.
- La potencia de cada luminaria, expresada en watts (W).

El resultado final, expresado en Mega watt-hora (Wh), permitió cuantificar el consumo energético de cada sección en diferentes escenarios:

- Estado actual del espacio.
- Aplicación de estrategias de solución.

4. Análisis Comparativo

Con los resultados obtenidos, se generaron tablas (Tabla a,b y c) que muestran la diferencia en consumo energético entre el estado original del espacio y las estrategias implementadas. Esto permitió visualizar la eficiencia de cada solución y su impacto en la reducción del uso de iluminación artificial.

A continuación, se presentan los resultados para cada espacio:

Aula Milenio	Consumo real en Wh	Consumo estimado en Wh con estrategia de rediseño de ventanas, diente de sierra y protecciones solares
S1	1.102464 MWh	0.208512 MWh
S2	1.102464 MWh	0.208512 MWh
S3	1.102848 MWh	0.208896 MWh
S4	1.102464 MWh	0.208512 MWh
S5	1.102464 MWh	0.208512 MWh
Energía total consumida	5.512704 MWh	1.042944 MWh

Tabla a. Resultados comparativos de consumo energético para Aula Milenio en su estado real y con la estrategia de rediseño de ventanas, diente de sierra y protecciones solares

Taller 4	Consumo real en Wh	Consumo estimado en Wh con estrategia de rediseño de ventanas, diente de sierra y protecciones solares
S1	0.826848 MWh	0.356256 MWh
S2	0.826848 MWh	0.356256 MWh
S3	0.826848 MWh	0.356256 MWh
Energía total consumida	2.480544 MWh	1.068768 MWh

Tabla b. Resultados comparativos de consumo energético para Taller 4 en su estado real y con la estrategia de rediseño de ventanas, diente de sierra y protecciones solares.

Sala de Capacitación 1	Consumo real en Wh	Consumo estimado en Wh con estrategia de rediseño de ventanas, diente de sierra y protecciones solares
S1	0.826848 MWh	0.470016 MWh
S2	0.826848 MWh	0.470016 MWh
Energía total consumida	1.653696 MWh	0.940032 MWh

Tabla c. Resultados comparativos de consumo energético para Sala de Capacitación 1 en su estado real y con la estrategia de rediseño de ventanas, diente de sierra y protecciones solares.

FACTOR DE REFLEXIÓN

ESPACIO	AULAS, TALLERES Y SALAS DE CÓMPUTO. HORARIOS MEDIDOS: 7:00 a.m. /1:00p.m/7:00 p.m.			PARÁMETROS MÍNIMOS PERMITIDOS PARA EL FACTOR DE REFLEXIÓN.
TALLER 4	0,25	0,20	0,15	PAREDES: 60%
	0,32	0,25	0,22	PLANO DE TRABAJO: 50%
AULA MILENIO	0,10	0,20	0,08	PAREDES: 60%

	0,12	0,25	0,10	PLANO DE TRABAJO: 50%
SALA DE CAPACITACIÓN 1	0,46	0,72	0,46	PAREDES: 60%
	0,54	0,65	0,58	PLANO DE TRABAJO: 50%

Capítulo 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 INTRODUCCIÓN

El análisis lumínico de los tres espacios evaluados (Aula Milenio, Taller 4 y Sala de Capacitación 1) permitió identificar deficiencias significativas en su estado actual, principalmente marcadas por la predominancia de sub-iluminación y la entrada de radiación directa. Estos resultados reflejan que el diseño arquitectónico original de los espacios no considera plenamente el aprovechamiento de la iluminación natural, afectando el confort visual en cada uno de ellos. Las estrategias implementadas (ventanas re diseñadas, ventanas con protecciones solares y ventanas con protecciones solares más dientes de sierra) mostraron distintos grados de efectividad, dependiendo de las características de cada espacio

AULA MILENIO

En su estado original, el Aula Milenio mostró un predominio de sub-iluminación en la mayor parte del espacio, especialmente en las zonas alejadas de las ventanas. El diseño actual de las ventanas limita la entrada de luz solar. Es entonces que las condiciones lumínicas son insuficientes para las actividades realizadas en este espacio. Las ventanas re diseñadas mejoraron la entrada de luz natural en las áreas cercanas a las ventanas, pero la distribución siguió siendo desigual, con sub-iluminación persistente en las zonas alejadas. Las ventanas re diseñadas con protecciones solares redujeron la sobre-iluminación en las áreas cercanas a las ventanas y mejoraron la distribución de luz útil en zonas intermedias levemente. Persisten desafíos en la iluminación de las áreas más alejadas. Las ventanas re diseñadas con protecciones solares y dientes de sierra lograron la

mayor mejora en la distribución lumínica, reduciendo significativamente la sub-iluminación y aumentando las áreas con iluminación útil. La estrategia de ventanas re diseñadas con protecciones solares y dientes de sierra demostró ser la solución más efectiva para el Aula Milenio. El análisis del porcentaje de Iluminación Útil para el Aula Milenio en su estado actual (Figura 7.1) en comparación con implementar la tercera estrategia (Figura 7.2) revela mejoras significativas en la distribución de la iluminación natural útil.

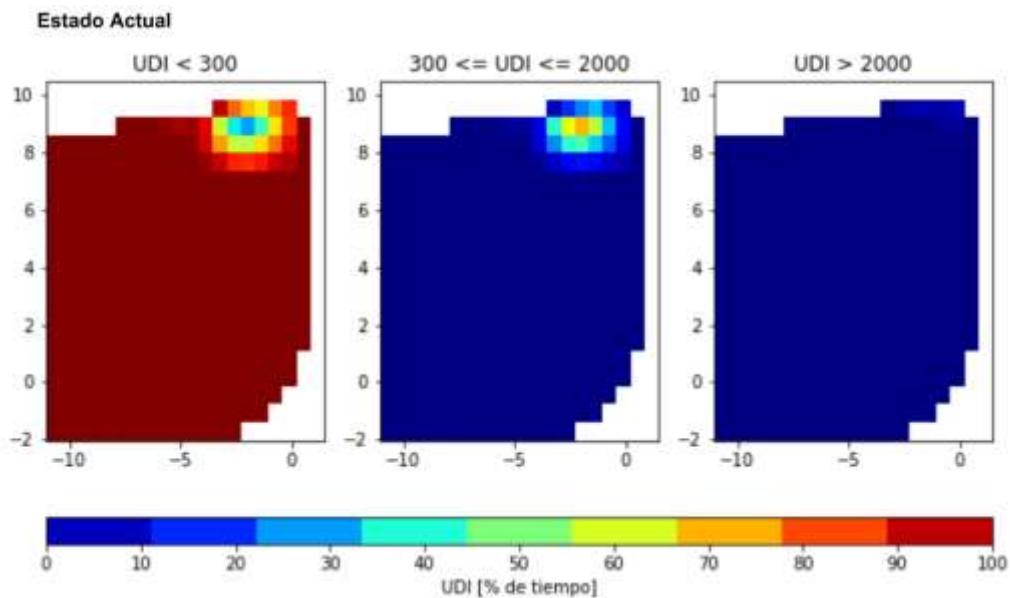


Figura 7.1. Evaluación de la iluminación para el estado actual de Aula Milenio, a lo largo del año.

Ventanas Rediseñadas con Protecciones Solares y Diente de Sierra con Protección Solar

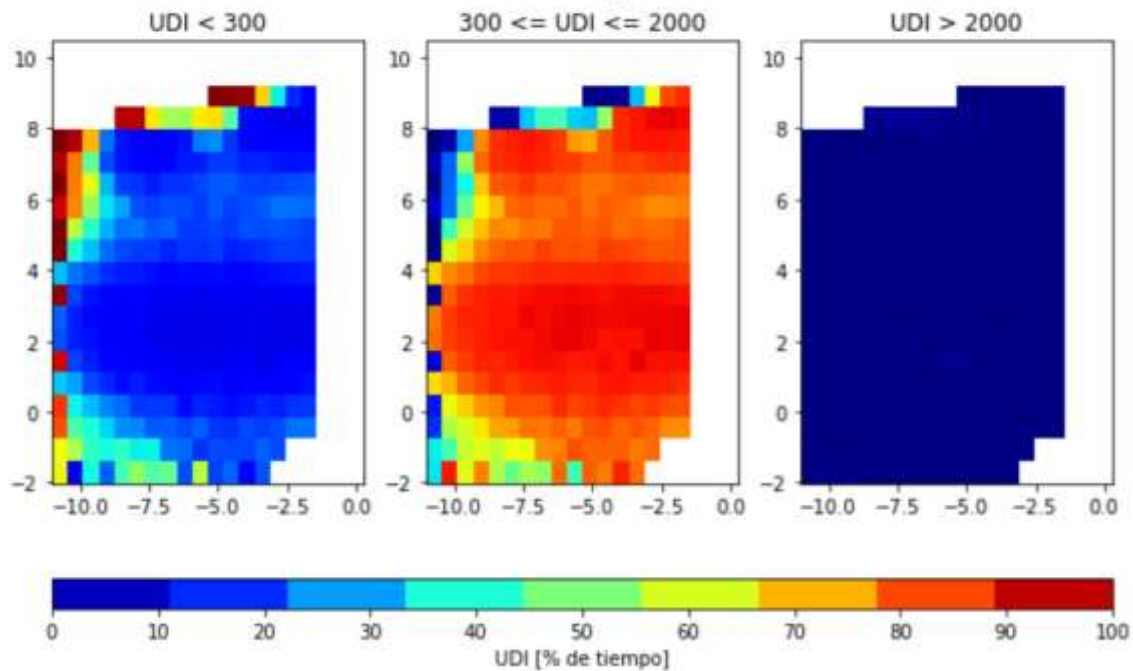


Figura 7.2. Evaluación de la iluminación para Aula Milenio, con la estrategia de Ventanas Rediseñadas con Protecciones Solares y Diente de Sierra con Protección Solar, a lo largo del año.

Los resultados del UDI (Índice de Luz Natural Útil) en el Aula Milenio reflejaron un promedio de mejora del 81.1% entre el estado actual y el espacio con ventanas re diseñadas, protecciones solares y diente de sierra. Este promedio indica que, el espacio logró un incremento significativo en la proporción de tiempo en que los niveles de iluminación se encuentran dentro del rango útil de 300-2000 lux (Figura 7.3). Este resultado resalta la efectividad de las estrategias para reducir la sub-iluminación a lo largo del año.

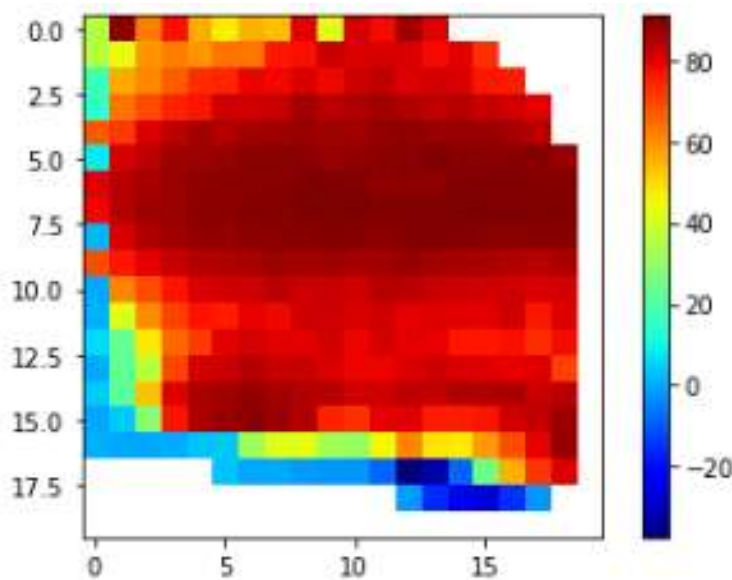


Figura 7.3. Gráfico del promedio entre el UDI del estado actual y el UDI con la estrategia de Ventanas Rediseñadas con Protecciones Solares y Diente de Sierra con Protección Solar.

TALLER 4

En el estado original, (Figura 7.4) el Taller 4 mostró predominancia de subiluminación, con un diseño de ventanas deficiente y niveles de iluminación insuficientes en la mayoría del espacio, especialmente en las áreas centrales y alejadas de las ventanas. Con la estrategia de ventanas rediseñadas, se incrementaron los niveles de iluminación en las áreas cercanas a las ventanas. La sub-iluminación persiste en las zonas centrales y alejadas, indicando una mejora parcial. La segunda estrategia (ventanas rediseñadas con protecciones solares) distribuyó la luz de manera más uniforme en zonas intermedias, pero las áreas alejadas todavía permanecieron sub-iluminadas. Y las ventanas rediseñadas con protecciones solares y dientes de sierra, lograron mejor distribución de la luz, aumentando las zonas con iluminación útil. La estrategia con ventanas rediseñadas, protecciones solares y dientes de sierra (Figura 7.5) fue la más efectiva para el Taller 4, logrando un porcentaje iluminación útil y adecuado para las actividades de dibujo técnico a lo largo del año.

Estado Actual

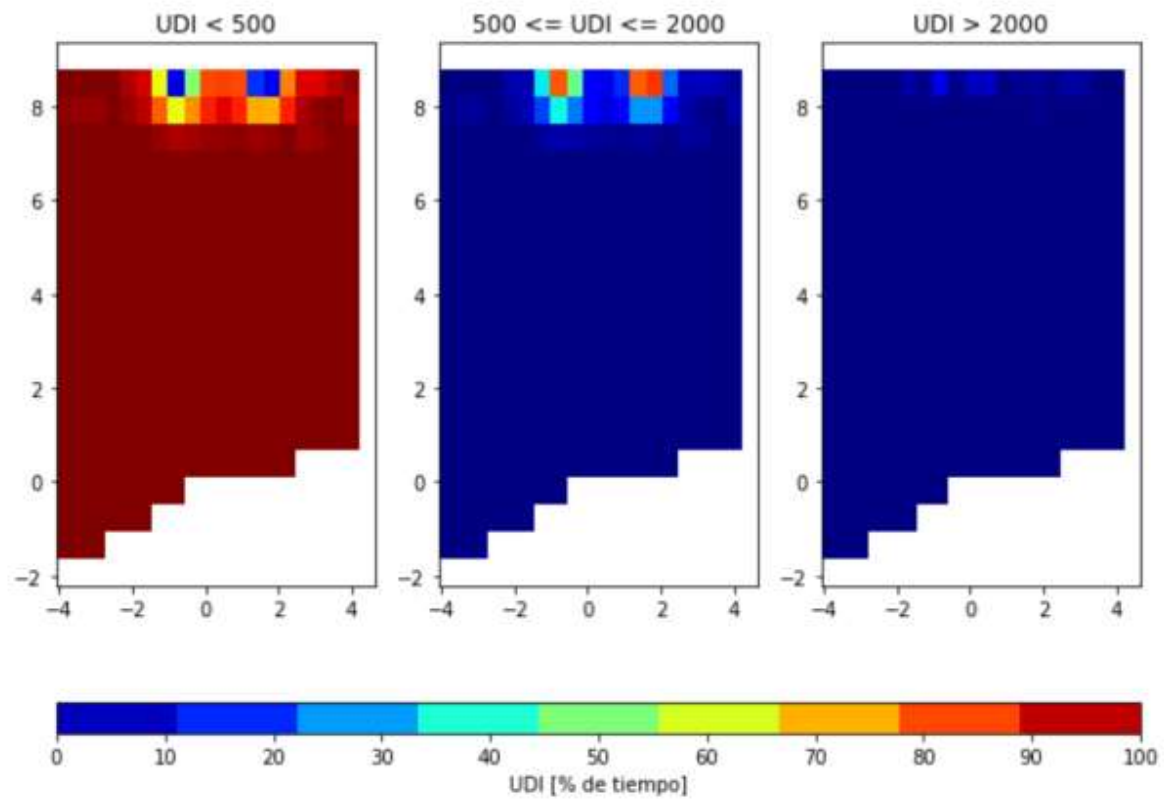


Figura 7.4. Evaluación de la iluminación para el estado actual del Taller 4, a lo largo del año.

Ventanas Rediseñadas con Protecciones Solares y Diente de Sierra con Protección Solar

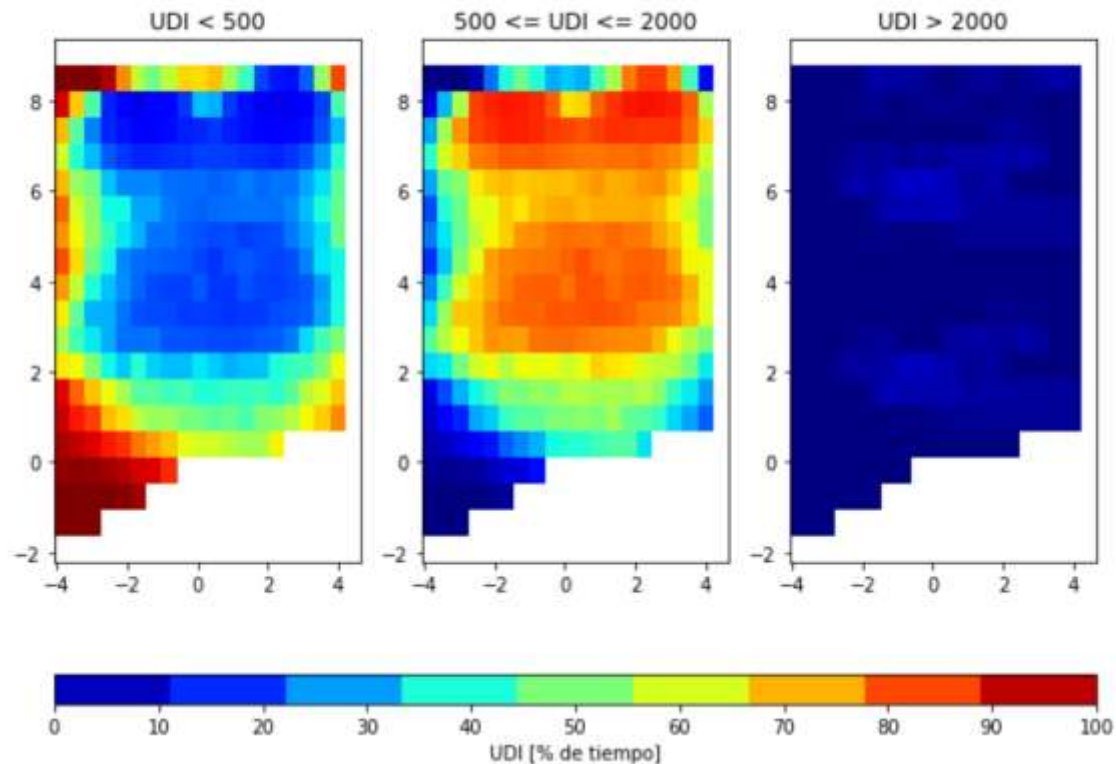


Figura 7.5. Evaluación de la iluminación para Taller 4, con la estrategia de Ventanas Rediseñadas con Protecciones Solares y Diente de Sierra con Protección Solar, a lo largo del año.

El análisis del UDI (Índice de Luz Natural Útil) en el Taller 4 muestra un promedio de mejora del 55.59% (Figura 7.6) entre el estado actual y la estrategia de ventanas rediseñadas con protecciones solares y diente de sierra con protección solar. Este incremento refleja el impacto positivo de las estrategias aplicadas (ventanas rediseñadas, protecciones solares y dientes de sierra con protección solar). Aunque las condiciones iniciales presentaban altos niveles de sub-iluminación, las estrategias lograron aumentar significativamente la proporción de tiempo en que los niveles de iluminación se encuentran dentro del rango útil (500-2000 lux). Este resultado destaca la efectividad de las intervenciones para mejorar la entrada de luz natural al del Taller 4, brindando un ambiente lumínico más adecuado para las actividades de dibujo.

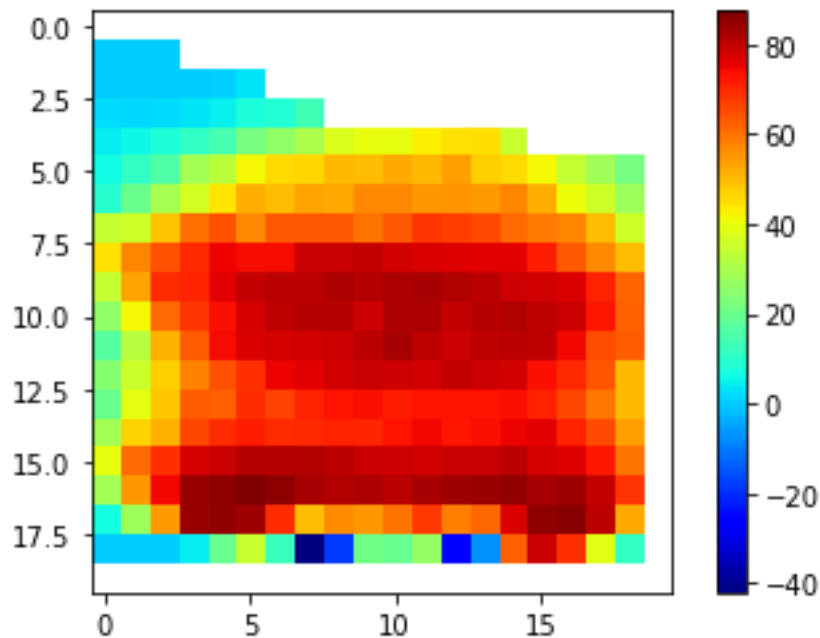


Figura 7.6. Gráfico del promedio entre el UDI del estado actual y el UDI con la tercera estrategia.

SALA DE CAPACITACIÓN 1

El estado original (Figura 7.7), mostró que la mayor parte del espacio permanecía en condiciones de sub-iluminación, y un área mínima con porcentaje útil de iluminación. Las ventanas rediseñadas mejoraron la iluminación en las zonas cercanas a las ventanas, pero la sub-iluminación prevaleció en la mayoría del espacio. Con las ventanas rediseñadas y protecciones solares se mejoró ligeramente la distribución de la luz útil en las zonas intermedias, pero las áreas alejadas de las ventanas aún presentan deficiencias lumínicas. Sin embargo, las ventanas rediseñadas con protecciones solares y dientes de sierra (Figura 7.8) lograron una mejora significativa en la distribución de la iluminación natural, reduciendo la sub-iluminación y maximizando las áreas con iluminación útil, sin llegar a la sobre-iluminación. Su implementación permitió mejorar el porcentaje del tiempo de iluminación útil en la mayor parte del espacio, reduciendo significativamente las áreas de sub-iluminación.

Estado Actual

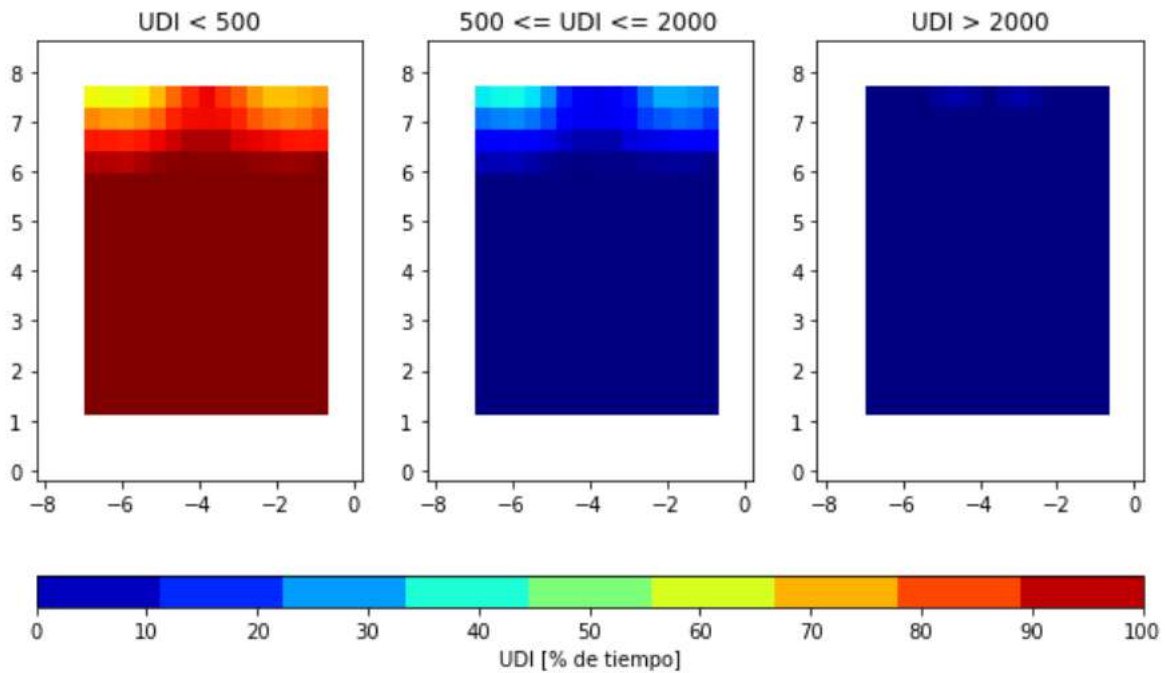


Figura 7.7. Evaluación de la iluminación para el estado actual del Taller 4, a lo largo del año.

Ventanas Rediseñadas con Protecciones Solares y Dientes de Sierra

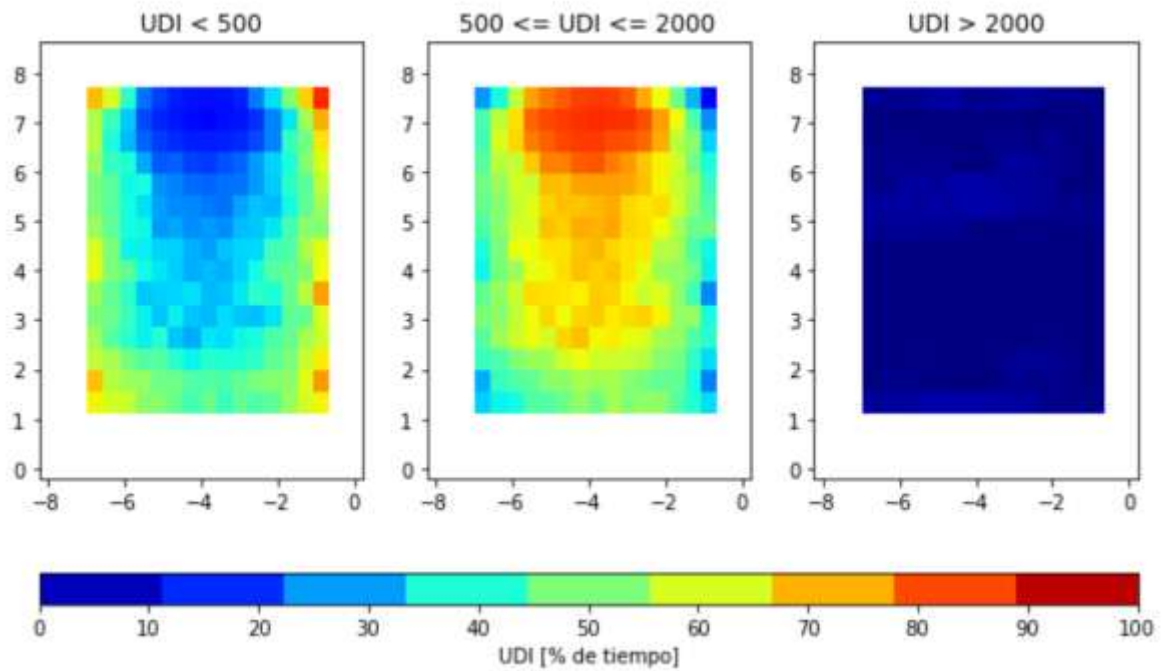


Figura 7.8. Evaluación de la iluminación para el estado actual del Taller 4, a lo largo del año.

El análisis del UDI (Índice de Luz Natural Útil) en la Sala de Capacitación 1 muestra un promedio de mejora del 55.68% (Figura 7.9) entre el estado actual y el espacio con la estrategia de ventanas rediseñadas con protecciones solares y diente de sierra con protección solar. En el estado actual, la mayor parte del espacio se encontraba en condiciones de iluminancia insuficiente ($UDI < 500$), limitando el confort visual del taller. Con la tercera estrategia, se logró mejorar un 55.68% de iluminación útil ($500 \leq UDI \leq 2000$), mejorando la entrada y distribución de luz natural, cumpliendo con los requisitos de iluminación para un espacio de trabajo eficiente.

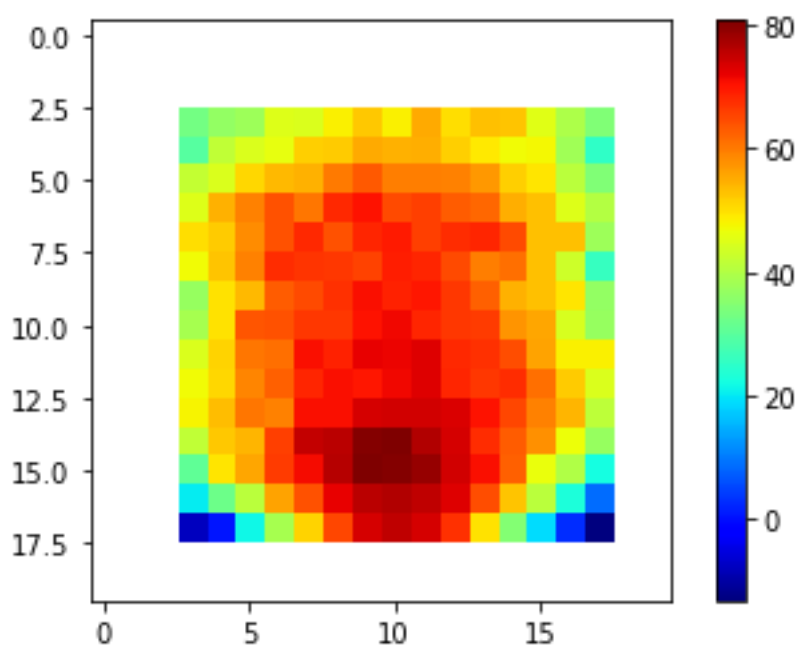


Figura 7.9. Gráfico del promedio entre el UDI del estado actual y el UDI con la tercera estrategia.

Durante las mediciones in situ, se observaron deficiencias en las condiciones de las luminarias artificiales, ya que algunas luminarias estaban en funcionamiento y otras no. Esta situación afectó negativamente los resultados en las mediciones in situ de iluminación mixta. Se recomienda un mantenimiento y revisión periódica de las luminarias. También, reemplazar las luminarias en mal estado por nuevas unidades de tecnología LED, que ofrecen mayor eficiencia energética y mejor distribución de la luz. Es de considerar implementar un sistema de iluminación artificial adaptable que permita regular la intensidad de las luminarias según los

niveles de luz natural disponibles en el espacio. Finalmente, el análisis evidencia la importancia de considerar de manera integral la iluminación natural para ofrecer un ambiente confortable y funcional. La implementación de las estrategias propuestas no solo mejorará los niveles de iluminación que marcan las normas correspondientes, sino que también contribuirá al ahorro energético y al confort visual de los usuarios en los espacios.

ANEXO GLOSARIO.

Eficiencia energética (para fines de esta Norma Oficial Mexicana):	Es la que persigue obtener el máximo rendimiento de la energía consumida, a través del establecimiento de valores límite de la DPEA sin menoscabo del confort psicofisiológico de sus ocupantes (SECRETARIA DE ENERGIA, 2014).
Iluminación; iluminancia:	Es la relación de flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área, expresada en luxes (Chávez Valencia et al., 2021).
Iluminación localizada:	Iluminación dirigida hacia un área o superficie específica, que proporciona iluminación suficiente para la ejecución de una actividad (SECRETARIA DE ENERGIA, 2014).
Iluminancia:	Es la luminosidad en un punto de una superficie, se define como el flujo luminoso que incide sobre un elemento de la superficie dividido por el área de ese elemento. La iluminancia esta expresada en lux (lx) (SECRETARIA DE ENERGIA, 2014).
Sistema de alumbrado:	Conjunto de equipos, aparatos y accesorios que ordenadamente relacionados entre sí, contribuyen a suministrar iluminación a una superficie o un espacio (SECRETARIA DE ENERGIA, 2014).
UDI:	Esquema para evaluar el potencial de luz natural, basado en una medida de la frecuencia con la que se alcanzan iluminancias de luz diurna dentro de un rango en el año.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, L. P. (2021). Nivel de iluminación insuficiente y estudiantes universitarios presentan percepción atípica: estudio cualitativo y cuantitativo de confort lumínico en estudiantes de Arquitectura y Urbanismo en laboratorios de diseño del Centro Universitario Sagrado Corazón. In *Brazilian Journal of Development* (Issue 3). <https://doi.org/10.34117/bjdv7n3-559>
- Arias Orozco, Silvia., Ávila Ramírez, D. Carlos., Universidad de Guadalajara Centro Universitario de Arte, A. y D., & Universidad de Guadalajara Centro de Investigaciones en Ergonomía. (2004). *La iluminación natural en la arquitectura : en climas semitemplados*. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño.
- Avendaño Toloza, W., & Camargo Galindo, A. M. L. (2018). Efectos en la salud derivados de cambios en las condiciones de iluminación artificial en trabajadores : una revisión sistemática. *Instname:Universidad Del Rosario*, 1–16. <http://repository.urosario.edu.co/handle/10336/18127>
- Borja Reyes, A. G. (2017). *Confort lumínico en los espacios interiores de la biblioteca de la ciudad y provincia, en la ciudad de Ambato* [Investigación]. Universidad Técnica de Ambato .
- Chávez Valencia, L. E., Ruiz Jaime, C. L., & Alonso Guzmán, E. M. (2021). Análisis de las condiciones de iluminación en las aulas del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Guanajuato de acuerdo con la NOM-025-STPS-2008 y NOM-007-ENER-2014. *Ciencia Nicolaita*, 82, 2–8. <https://doi.org/10.35830/cn.vi82.548>
- Cisterna, M. S., Fernanda Martinez, C., & Gonzalo, G. E. (2014). ANÁLISIS CUALI-CUANTITATIVO DE LA ILUMINACIÓN DE AULAS EN ESCUELAS PRIMARIAS DE TUCUMÁN. *PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO*. <https://www.researchgate.net/publication/280386465>
- Comité Español de Iluminación., Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía (España), & Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España. (2005). *Guía técnica para el aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios*. IDAE.
- Esquivias Fernandez, P. M. (2017). *Iluminación Natural diseñada a través de la Arquitectura*. UNIVERSIDAD DE SEVILLA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA.
- Gil Martín, A. A. (2009). *HISTORIA DE LA ILUMINACIÓN*. 23.
- Gómez-Pérez, C. I. (2022). Aprovechamiento de la luz natural en edificios de la Ciudad de México. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI*, 10(Especial2), 109–116. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial2.8693>
- Guadarrama Gándara, C. (2021, March 4). *Luz natural en la arquitectura*.
- Guadarrama Gándara, C., & Bronfman Rubli, D. (2016). Sobre luz natural en la arquitectura. *Bitácora Arquitectura*, 29, 76. <https://doi.org/10.22201/fa.14058901p.2015.29.56260>
- Haro, A. G., Bojorquez, G., Luna, A., & Vázquez, E. (2011). Confort Térmico y Consumo Energético por uso de Sistemas Constructivos para Muros , en Mexicali Baja California. *Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California*, March 2017, 6.

- Herrera Flores, J. H. I. T. V. M. B. I. (2011). *Balance Nacional de Energía*. 1.
- Hodgson Cuadra, A. Á. (2015). *Luz diurna o natural*.
- Márquez Vega, S. G., & Martínez, C. F. (2022). Mejoras para condiciones de iluminación en aulas tipo de escuelas nuevas construidas en Tucumán, Argentina. *Arquitecno*, 20, 3–67. <https://doi.org/10.30972/arq.0206260>
- Monteoliva, J. M., & Pattini, A. (2010). EVALUACIÓN DINÁMICA DE LA LUZ NATURAL EN AULAS. METODOS DE RELEVAMIENTO Y ANÁLISIS SENSIBLES AL CLIMA LUMINOSO. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 14.
- Monteoliva, J. M., Villalba, A., & Pattini, A. E. (2014). Uso de dispositivo de control solar en aulas Impacto en la simulación dinámica de la iluminación natural. 43, 43, 43–58.
- Montero, J. (2015). *Mala iluminación afecta la salud en el lugar de trabajo*. El Financiero. <https://www.elfinancierocr.com/gerencia/mala-iluminacion-afecta-la-salud-en-el-lugar-de-trabajo/4ZWWJ6YJVJDA7MQCT43LK7Q5WE/story/>
- Muñoz González, C. M. (2019). *Iluminación Natural Bloque I*. <https://ecodiario.eleconomista.es/viralplus/noticias/9387237/09/18/Esta->
- Nahar, L., Hossain, A., Rahman, A., & Bairagi, A. (2013). Relación entre la satisfacción laboral, el estrés laboral y la salud mental de los empleados públicos y privados de Bangladesh. *SciRes. Psicología*, 4(6), 520–525. <https://doi.org/10.4236/psych>
- Nieto-Vallejo, A. E., Camacho, J. E., Cuervo-Pulido, R., & Hernandez-Mihajlovic, E. (2021). Dynamic Lighting System to Increase the Attention of Design Students in the Classroom. *Revista Facultad de Ingeniería*, 30(55), 4–13. <https://doi.org/10.19053/01211129.v30.n55.2021.12233>
- Pacheco Ochoa, V., Jiménez Pérez, A. L., & Ramírez Pérez, J. F. (2021). IMPACTO DE LA LUZ Y LA VENTILACIÓN NATURAL EN EL AMBIENTE LABORAL SOBRE EL SÍNDROME DEL EDIFICIO ENFERMO Y LA PRODUCTIVIDAD. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*. ISSN 2602-8166, 5(4), 97–108. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v5.n4.2021.581>
- Pattini, A. (2006). *Luz Natural e Iluminación de Interiores*.
- Paz, J. M. (2022). La Luz. In *Compañeras: Latina Lesbians (An Anthology)*, *Lesbianas Latinoamericanas (Expandido en Español)* (pp. 211–212). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003320166-44>
- Sáez Miguel, E. (2021). *La iluminación en las aulas como estrategia para un buen aprendizaje* [Tecnología]. Universidad Politécnica de Catalunya.
- Sara Lía, L., Viviana María, N., & Cecilia Fernanda, M. (2022). *EVALUACIÓN Y PROPUESTAS DE MEJORAS TÉRMICAS Y LUMÍNICAS PARA AULAS DE ESCUELAS PRIMARIAS DE RECIENTE CONSTRUCCIÓN EN TUCUMÁN Eje 2: Tecnología para la construcción sustentable*.
- Secretaría de Educación Pública. (2022). *INIFED*.

- SECRETARIA DE ENERGIA. (2014). NORMA Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2014, Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales. In *SECRETARIA DE ENERGIA*.
- SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL. (2008). NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. In *SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL*.
- Tapia Guillen, F. E., Carbajal Avila, J., & Castellanos Meza, C. (2023). Aplicación de una metodología de eficiencia energética de un edificio escolar de nivel superior: caso de estudio centro de información del TecNM / IT de Acapulco. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 5129–5149. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4820
- Valerdi Nochebuena, M. C., Sosa Oliver, J., & Romero Robles, E. (2010). LA PERCEPCIÓN DE LOS USUARIOS DEL CENTRO CULTURAL “LA MONJA”, BUAP, PUEBLA. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, 5(7), 63–74.
file:///C:/Users/usuario5091/Downloads/Iluminaci%C3%B3n%20y%20confort%20ambiental.%20La%20percepci%C3%B3n%20de%20los%20usuarios%20del%20Centro%20Cultural%20La%20Monja,%20BUAP,%20Puebla.pdf
- Vera Mazuelos, G. A. (2019). *La iluminación como elemento de estimulación. Análisis del uso de la iluminación como elemento de estimulación en espacios de educación infantil*. Universidad Politécnica de Catalunya.
- Warr, P. (1996). Job features and excessive stress. In J. Billsberry (Ed.), *The Effective Manager, Perspectives and Illustrations* (pp. 61–68). SAGE Publications.