

**FACHADA MODULAR, ADAPTABLE PARA EDIFICACIONES CON
FACHADAS ACRISTALADAS**

Víctor Alfonso Cepeda Ardila

Edgar Fernando Vargas



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

ARQUITECTURA

BOGOTÁ D.C.

12 DE NOVIEMBRE DE 2019

**FACHADA MODULAR, ADAPTABLE PARA EDIFICACIONES CON
FACHADAS ACRISTALADAS**

Víctor Alfonso Cepeda Ardila. 1022417951

Edgar Fernando Vargas 79895318

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de
Arquitecto**



Arq. Liliana Roció Patiño León

Universidad La Gran Colombia

Facultad de Arquitectura

Programa de Arquitectura

Bogotá, 2019

Tabla de contenido

1.	Glosario	8
2.	Resumen	10
3.	Abstract	11
4.	Introducción	12
5.	Formulación	13
5.1.	Problema	13
5.2	Pregunta problema	14
6.	Justificación	15
7.	Objetivos	18
7.1	Objetivo General	18
7.2	Objetivos Específicos	18
8.	Metodología	19
9.	Marco teórico	20
9.1	Determinantes de diseño arquitectónico	22
9.1.1	Transparencia visual	29
9.2	Incidencia Solar	29
9.2.1	La luz	31
9.2.1.1	Encapsulamiento	31
9.3	Repisas Solares	32

FACHADA MODULAR ADAPTABLE

	2
10. Control de acceso solar	38
10.1 Efecto invernadero	40
10.2 Repisa de Luz	41
10.2.1 Refracción	42
10.3 Uniformidad lumínica	43
11. Normativa	44
11.1 Normativa LEED	44
12. Caso de estudio	48
Edificio 80/ Once	48
12.1 Materialidad	55
12.1.1 Difracción	55
12.1.1.1 Luz difusa	56
12.1.2 Reflexión	57
13. Análisis de tipologías modulares propuestas	60
13.1 Prototipo Cóncavo y Convexo	61
13.1.1 Modulación	61
13.1.2 Materialidad tela Tensoflexada	62
13.2 Panel Hexagonal	63
13.2.1 Modulación	64
13.3 Módulo persiana	65

FACHADA MODULAR ADAPTABLE

	3
14. Desarrollo módulo adaptable	69
14.1. Metodología de análisis luminotécnicos	76
15. Conclusiones	85
16. Bibliografía	87

Índice de figuras

Figura 1. Evolución de diseño arquitectónico. Tomado de: Katrevich, 2002, p.1.	21
Figura 2. Patrones de sombra ciudad de San Francisco. Tomado de: Knowles, 2003, p. 18.	21
Figura 3. Envolventes Arquitectónicos. Tomado de: Renato, 2018, Art. 3.	23
Figura 4. Incidencias Lumínicas en puestos de trabajo. Tomado de: Katrevich, 2002, p.1.	24
Figura 5. Fachada Cinética. Tomado de: Paiz, 2013, Art. 1.	26
Figura 6. Fachada responsiva. Tomado de: Karanouh, 2012, p. 1.	27
Figura 7. Mediateca de Sendai de Toyo Ito 2000. Tomado de: Sakamoto, 2003.	29
Figura 8. Análisis de radiación Solar. Tomado de: Giraldo, 2003, p.16.	30
Figura 9. Repisas de Luz. Tomado de: Labra, 2009, p. 1.	32
Figura 10. Movimiento Solar. Tomado de: IDEAM, 2019.	34
Figura 11. Carta Solar. Tomado de: IDEAM, 2019.	34
Figura 12. Filtración solar Oficinas. Tomado de: Labra, 2009, p. 4.	35
Figura 13. Metodología evaluaciones post-ocupacionales. Tomado de: Ramírez, 2017, p.140.	36
Figura 14. Caso de estudio Teusaquillo. Tomado de: Ramírez, 2017, p. 156.	37
Figura 15. Filtración Solar. Tomado de: Eadic, 2012, p.7.	38
Figura 16. Filtración Solar. Tomado de: Seves Glass Block., 2014, p.8.	39
Figura 17. Márgenes de temperatura. Tomado de: Seves Glass Block., 2014, p.15.	40
Figura 18. Efecto invernadero. Tomado de: Intelli, 2015.	41
Figura 19. Repisa Solar. Tomado de: Paiz, 2013, Art. 1.	42
Figura 20. Refracción de luz sobre los objetos. Tomado de: Quontec, 2013.	43
Figura 21. Características físicas y mecánicas para fachadas. Tomado de: Paiz, 2013, Art. 1.	44
Figura 22. Estudio de Caso. Tomado de: Constructora Sestral, 1987, p.1.	48

Figura 23. Estructura sujeción fachada. Tomado de: Constructora Sestral, 1987, p.1.	49
Figura 24. Diseño Arquitectónico Estudio de Caso. Tomado de: Constructora Sestral, 1987, p.1.	50
Figura 25. Diseño Arquitectónico Estudio de Caso. Tomado de: Constructora Sestral, 1987, p.1.	50
Figura 26. Análisis Solar estudio de Caso. Elaboración propia.	51
Figura 27. Incidencia solar 6 - 8 am estudio de caso. Elaboración propia.	52
Figura 28. Incidencia solar 8 - 9 am estudio de caso. Elaboración propia.	53
Figura 29. Incidencia solar 9 - 11 am estudio de caso. Elaboración propia.	53
Figura 30. Incidencia solar 1 - 2 pm estudio de caso. Elaboración propia.	54
Figura 31. Dos ranuras iluminadas por una onda plana. Tomado de: Wikipedia, 2015.	56
Figura 32. Onda propagándose a través de una rendija. Tomado de: Wikipedia, 2015.	56
Figura 33. Reflexión difusa. Tomado de: Cuevas, 2016.	57
Figura 34. Traspaso de luz. Tomado de: Cuevas, 2016.	57
Figura 35. Trasmisión difusa. Tomado de: Anónimo, 2019.	57
Figura 36. a. Esquema de análisis lumínico simple; b. Esquema de análisis lumínico complejo: múltiples reflexiones; c. Esquema de visibilidad del objetivo. Tomado de: Moore (1985).	58
Figura 37. Reflexión de la luz. Tomado de: Fotonostira (2016).	58
Figura 38. Gráfico de estrategias para el uso eficiente de la luz solar. Tomado de: Egan y Olgway (2001).	59
Figura 39. Sistema modular girasol. Tomado de: Anónimo, 2014.	61
Figura 40. Modulación circular. Elaboración propia.	61
Figura 41. Propuesta Inicial Módulo. Elaboración propia.	62
Figura 42. Materialidad tela Tensoflexada en módulo circular. Elaboración propia.	62
Figura 43. Distribución de módulo circular. Elaboración propia.	63

FACHADA MODULAR ADAPTABLE

	6
Figura 44. Formas hexagonales en la naturaleza. Tomado de: Limbach, 2010.	63
Figura 45. Modulaci3n Hexagonal. Tomado de: Breiconsmartblog, 2019.	64
Figura 46. Determinantes de dise1o hexagonal. Tomado de: Arkipus, 2018.	65
Figura 47. Propuesta Final M3dulo Persiana. Elaboraci3n propia.	65
Figura 48. Anclaje para fachada tipo persiana. Elaboraci3n propia.	66
Figura 49. Distribuci3n modular vista en corte. Elaboraci3n propia.	66
Figura 50. Diagramaci3n de m3dulo seg1n incidencia solar. Elaboraci3n propia.	67
Figura 51. Disposici3n modular en estudio de caso Elaboraci3n propia.	68
Figura 52. Sistema estructural fachada. Tomado de: Constructora Sestral, 1987, p.1.	69
Figura 53. Anclaje de soporte met1lico a estructura estudio de caso. Elaboraci3n propia.	70
Figura 54. Soporte met1lico estructura propuesta. Elaboraci3n propia.	70
Figura 55. Platinas de conjunto soporte. Elaboraci3n propia.	71
Figura 56. Tubo rectangular graduable. Elaboraci3n propia.	72
Figura 57. Anclaje tipo abrazadera. Elaboraci3n propia.	72
Figura 58. Anclaje tipo abrazadera. Elaboraci3n propia.	73
Figura 59. Modulaci3n tipo fachada final. Elaboraci3n propia.	73
Figura 60. Tubo circular pasante graduable. Elaboraci3n propia.	74
Figura 61. Sistema de doblado y armado m3dulo adaptable. Elaboraci3n propia.	75
Figura 63. Ingreso Solar fachada carrera 80A. Elaboraci3n propia.	77
Figura 64. Ingreso Solar fachada calle 11. Elaboraci3n propia.	78
Figura 65. Ingreso Solar fachada carrera 80. Elaboraci3n propia.	79
Figura 66. Ingreso Solar fachada calle 11A. Elaboraci3n propia.	80
Figura 62. Medidas de iluminancia en los puestos de trabajo. Tomado de: RETILAP 2010	81

1. Glosario

1. Deslumbramiento: Sensación producida por la luminancia dentro del campo visual que es suficientemente mayor que la luminancia a la cual los ojos están adaptados y que es causa de molestias e incomodidad o pérdida de la capacidad visual y de la visibilidad. Existe deslumbramiento cegador, directo, indirecto, incómodo e incapacitado. (“Iluminación de interiores”, 2017).
2. Adaptabilidad: La arquitectura adaptable, es una arquitectura de corta vida que se caracteriza por acomodarse de forma pasiva o activa a las diferentes funciones y/o requerimientos. Se distingue por ser una arquitectura móvil, transformable, y está diseñada para cumplir ciclos y responder a las diversas dinámicas del hombre. (Franco, Becerra y Porras, 2009).
3. Modular: “Medida que se toma convencionalmente como norma o regla para medir o valorar cosas de la misma naturaleza” (Léxico, 2010).
4. Fachadas: La fachada es el paramento exterior de un edificio. El concepto permite hacer referencia a todos los paramentos exteriores de la construcción. (Veneo, 2019).
5. Topografía: Técnica que consiste en describir y representar en un plano la superficie o el relieve de un terreno. (Toluna, 2018).
6. Fractales: Un fractal es un objeto geométrico cuya estructura básica, fragmentada o aparentemente sable irregular, se repite a diferentes escalas. (Xatakaciencia, 2012).
7. Uniformidad: Semejanza o igualdad que presentan las características de los distintos elementos de un conjunto. (Anfixblog, 2010).

8. Radiación: Emisión de energía o de partículas que producen algunos cuerpos y que se propaga a través del espacio. (Coursehero, 2015).
9. Índice de reflexión: En óptica la reflexión interna total es el fenómeno que se produce cuando un rayo de luz atraviesa un medio de índice de refracción n_2 menor que el índice de refracción n_1 en el que éste se encuentra, se refracta de tal modo que no es capaz de atravesar la superficie entre ambos medios reflejándose completamente. (Sánchez, 2012).
10. Dinámico: Un sistema dinámico es un sistema cuyo estado evoluciona con el tiempo. Los sistemas físicos en situación no estacionaria son ejemplos de sistemas dinámicos, pero también existen modelos económicos, matemáticos y de otros tipos que son sistemas abstractos que son, además, sistemas dinámicos. (“Sistemas dinámicos”, 2017).
11. Sostenibilidad: Cualidad de sostenible, especialmente las características del desarrollo que asegura las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de futuras generaciones. (Romano, 2013).
12. Envolvente: Junto con la llegada de la arquitectura contemporánea se produce un cambio de paradigma en cuanto la fachada deja de ser un elemento pesado y estructural de un edificio, para transformarse en una envolvente, piel o membrana, capaz de proteger su interior, actuar como filtro del sol o el viento. (Archdaily, 2019).

2. Resumen

Este documento presenta un estudio sobre la comodidad laboral establecida en edificios con alturas mayores a 10 metros en condiciones de clima frío y húmedo donde se evidencian problemáticas de diseño e iluminación los cuales afectan a sus usuarios, con el fin de proponer la implementación de un sistema modular adaptable generando un cambio que sirva para mejorar las condiciones laborales. La investigación se centra en las diferentes variables necesarias para un óptimo uso y ahorro energético mitigando problemáticas como el deslumbramiento y a su vez contribuir con el impacto ambiental.

Algunas edificaciones fueron construidas en una época donde el impacto ambiental se conocía, pero no se le daba prioridad, desarrolladas con un uso estandarizado de disposición de oficinas. Además, con la transformación del sector económico se incrementó la ocupación de estas edificaciones y no se les realizó una adaptación al lugar como debió ser, sino que se le agregaron agentes temporales que cumplieran dichas funciones. Con esta investigación, se identificarán las problemáticas asociadas a las fachadas traslúcidas con el fin de proponer una solución efectiva dando un mejor estándar de calidad de vida para los usuarios.

Palabras claves: Iluminación, deslumbramiento, fachada, modular y adaptabilidad.

3. Abstract

This document presents a study on the work comfort established in buildings with heights greater than 10 meters in cold, wet conditions where problems of design and lighting are evident affecting its users in order to provide the possibility of implementing an adaptable modular system looking for a change that serves to improve working conditions. The research focuses on the different variables necessary for optimal use and energy savings mitigating problems such as glare and thus contributes to environmental impact.

Some buildings were built at a time when the environmental impact was known but not given priority, developed with a standardized use of office layout. In addition, with the transformation of the economic sector the occupation of these buildings increased and they were not adapted to the place as it should have been, but temporary agents were added who fulfilled said functions. With this research, the problems associated with translucent facades will be identified in order to propose an effective solution giving a better standard of quality of life for users.

Keywords: Illumination, glare, facade, modular and adaptability.

4. Introducción

En la actualidad, los proyectos arquitectónicos no son diseñados con base en su futura ocupación o uso, es así, como se evidencia la problemática de las intervenciones según la necesidad de los usuarios con el transcurso del tiempo. A causa del éxito de los edificios del movimiento moderno acristalado del siglo XX que se heredó en el país, la investigación se direcciona hacia problemáticas de diseño presentes en las edificaciones con fachadas acristaladas como envolventes exteriores, su comportamiento con la iluminación natural y cómo por medio de ésta se genera deslumbramiento visual en los puestos de trabajo y aumento de temperatura en el interior de la edificación.

La radiación solar provoca el aumento de temperatura de los materiales interiores que componen la edificación y a su vez el ingreso directo de la luz aumenta las enfermedades visuales y el deterioro en la salud, bajando los estándares de producción de la empresa. Por tal motivo, es necesario recurrir a mecanismos de nivelación como los sistemas de envolventes arquitectónicos, los cuales representan un alto costo en su implementación, pero a su vez un reembolso de inversión a corto plazo.

Con todo esto, se pretende llegar a una solución eficiente, económica y que contribuya a mitigar el impacto solar para estas tipologías de edificaciones con fachadas acristaladas, con un sistema de módulo adaptable móvil que permita la filtración de luz natural, logrando la regulación de niveles lumínicos al interior, adaptando los puestos de trabajo de una manera adecuada según la intensidad de los rayos solares y evitando de esta manera el deslumbramiento visual en los puestos de trabajo y el calentamiento interno de la edificación.

5. Formulación

5.1. Problema

El desarrollo del proyecto parte de las falencias evidenciadas en las edificaciones tipológicas de fachadas acristaladas como envolventes finales de la construcción arquitectónica, donde se determinan problemáticas de diseño, iluminación y temperatura por parte de la incidencia lumínica natural.

Los parámetros arquitectónicos a intervenir son aquellos que no poseen un uso predefinido de los espacios, además no se contemplaron variables de iluminación y ventilación natural por lo cual estas construcciones ocasionan problemas fisiológicos a largo plazo en sus residentes, representadas por enfermedades visuales, generadas por el deslumbramiento luminoso efectuado en los monitores de trabajo continuo, posteriormente se implementaron soluciones de fachadas acristaladas momentáneas para mitigar el contraste de incidencia lumínica proveniente del exterior, adicionalmente estas propuestas incrementaron la utilización de sistemas de control de radiación solar como los cortasoles, con el fin de tener un manejo más efectivo de la incidencia solar.

La aplicación de sistemas de regulación incrementa el uso de energía artificial en sistemas tecnológicos de regulación lumínica, térmica y aire acondicionado, generando un incremento de contaminación por el uso de componentes fósiles que contribuyen al cambio climático. El desarrollo de innovación tecnológica actual para las envolventes acristaladas, cuenta con sistemas de filtración solar, por medio de cámaras de aire con componentes químicos como el argón, criptón y xenón, siendo más densos que la atmósfera, proporcionando un valor de contraste a la respuesta térmica en las fachadas acristaladas. El xenón es el gas más pesado por consiguiente el mejor aislante, sin embargo, este gas tiene

un costo elevado, por lo tanto, la relación entre costos y funcionalidad determina que el mejor proponente para estos sistemas de regulación con cámaras de aire es el argón. (Escaplés, 2012)

De acuerdo con lo anterior y teniendo cuenta los análisis solares por medio de mediciones en sitio y encuestas de confort interior realizados en el lugar, el planteamiento del problema se encamina al desarrollo de los módulos de fachadas presentes en las edificaciones con alto uso de cristal en su envolvente, proponiendo sistemas alternativos de control solar que contribuyan a mitigar las condiciones internas de las edificaciones prestando un mejor confort para los usuarios que residan en estas construcciones.

Mediante la determinación de los principales agentes que caracterizan el caso de estudio, es necesario establecer la influencia de las variables climáticas y físicas sobre la edificación, para profundizar los métodos y mecanismos naturales a intervenir, controlando de forma adecuada estas determinantes y a su vez darles una aplicación conjunta con el sistema arquitectónico al cual se le proponga la utilización de la propuesta de envolvente externo, como filtro entre el exterior y el interior de la edificación.

5.2 Pregunta problema

¿Cómo mejorar el ingreso de luz natural al interior de las edificaciones, buscando mejorar las condiciones de consumo energético y variaciones de temperatura, direccionado la construcción a un modelo adaptable para cualquier posible ocupación y distribución mobiliario en diferentes tipologías de edificios?

6. Justificación

Los sistemas de fachadas acristaladas poseen una serie de problemáticas relacionadas con el incremento de iluminación artificial en su interior y el bloqueo de radiación solar que ingresa a través de los cristales que componen su estructura, afectando la percepción de los usuarios que se encuentran en el interior de las edificaciones. Se identifican las variables de diseño e iluminación como directa influyente al deslumbramiento visual, las cuales se podrían regular por medio del desarrollo de un módulo de fachada adaptable que controle los recorridos solares.

Por esta razón, se tiene un direccionamiento en busca de alternativas que mitiguen sustancialmente esta problemática sin ocasionar gastos excesivos y traumatismos en edificaciones donde se labora en actividades de computación y se contribuya en la disminución del consumo energético mediante el aprovechando luz natural, garantizando la recuperación de la inversión a corto plazo por medio de los estatutos del sello LEED, ésta es una normativa planteada para mejorar las directas variables de construcción en el momento de un planteamiento arquitectónico que consiste en dar incentivos económicos reflejados en los pagos de servicios públicos.

Con la integración del sistema modular de fachada que se pretende implementar promueve un ahorro energético el cual se verá reflejado en los pagos de impuestos y servicios básicos, pero lo más importante es que tendrá mejoría la calidad de vida de los usuarios debido a la mejora de sus espacios de trabajo mejorando la percepción de los mismos.

El desarrollo del módulo pretende mitigar el deslumbramiento fisiológico el cual es aquel ocasionado por una fuente de luz que hiere directamente la retina, evidenciada en edificaciones institucionales, estatales, y privadas, el arribo de luz solar directa sobre superficies donde se llevan a cabo tareas que requieren de una mejor iluminación (áreas de trabajo, escritorios, computadores, áreas de lectura etc.) y a la presencia de fuentes de alto brillo en el campo de visión pueden producir deslumbramiento. (IDAE, 2001). Con el tiempo ocasiona problemas visuales graves para los individuos expuestos por altas horas del día, en muchos casos pretenden mitigar esta problemática optando por cortinas especiales y utilizando luz artificial durante el día desaprovechando la luz solar, generando un consumo adicional energético, a su vez un aumento en los costos de sostenibilidad de la edificación y contribuyendo negativamente a los estándares de contaminación al medio ambiente.

Estos procesos de regulación se darán mediante la aplicación de conceptos de manejo lumínico, frente a los elementos sobre los cuales incide su radicación, principalmente se busca generar el mayor aprovechamiento de la incidencia solar la cual, con la resolución del módulo planteado puede ser maximizada de forma controlada.

Por tal motivo pueden generarse ahorros energéticos en sistemas de iluminación artificial y de calefacción los cuales están presentes en la mayoría de edificaciones con envolventes acristaladas puesto que los sistemas de regulación solar con los que cuentan comúnmente son persianas y esta provocan que el edificio sufra el efecto invernadero por lo cual la utilización de sistemas de regulación de temperatura son fundamentales en ellas, además al hacer uso de las persianas se bloquea el ingreso solar necesario para cumplir con

los niveles lumínicos adecuados para desarrollar las actividades laborales, por lo cual, es necesario el accionamiento continuo de los sistemas de iluminación artificiales.

Mediante los componentes de materialidad del módulo desarrollado es posible manejar y encapsular la luz diurna, de tal manera que se genere uniformidad lumínica en el espacio respondiendo a todos los objetivos planteados, mejorando la longitud de onda solar de esparcimiento reflejado en el sistema de manera eficiente reduciendo los contrastes de visualización plena y eliminando las problemáticas en la salud para los usuarios, Partiendo del análisis para la forma del módulo se desarrollan una serie de ejemplares que satisfacen la necesidad del control de ingreso solar, mediante un proponente de fachada adaptable a cualquier tipología de diseño arquitectónico, permitiendo una tipología de ensamble rápido y cumpliendo con unos estándares de conformidad al usuario.

7. Objetivos

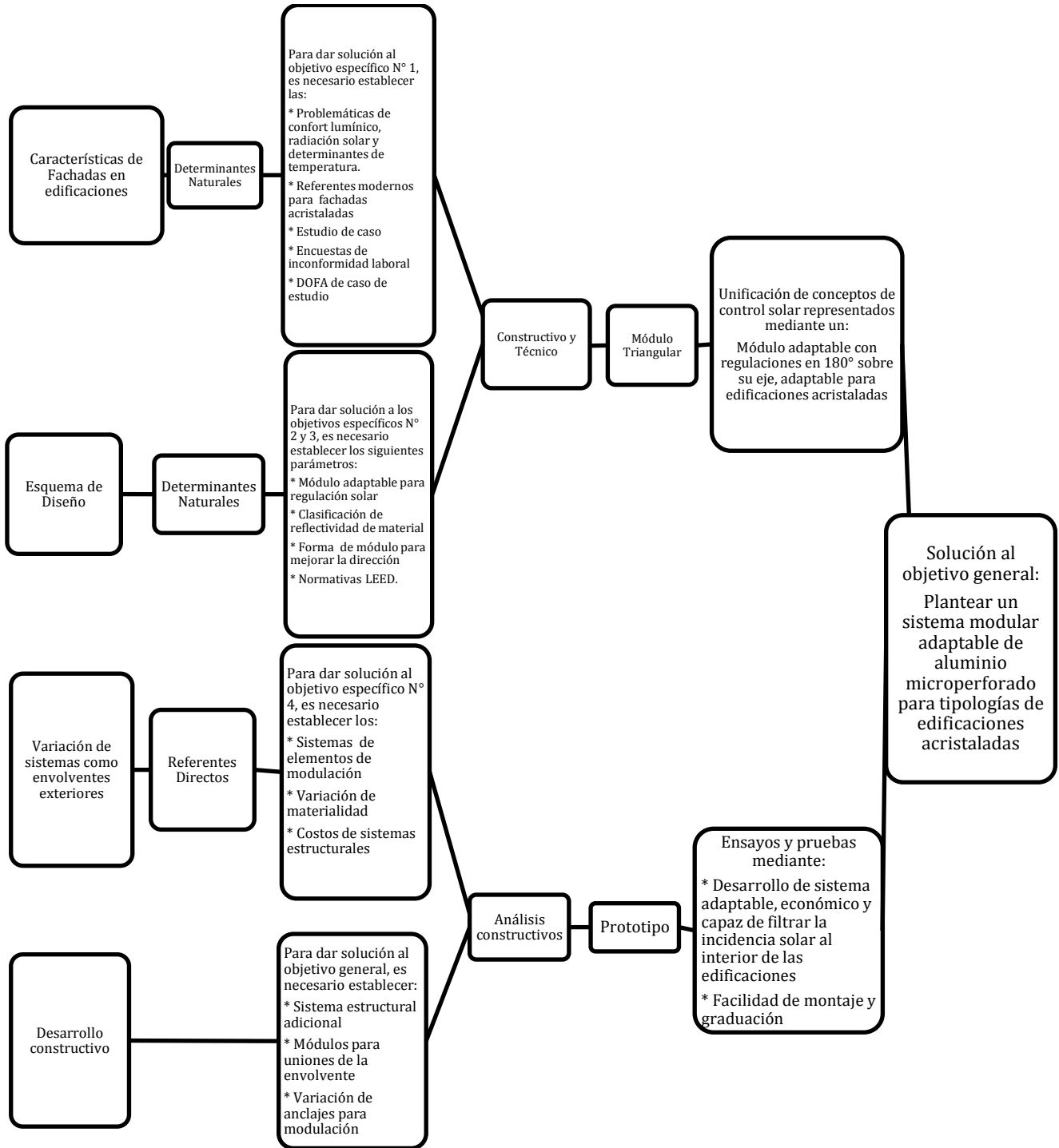
7.1 Objetivo General

Diseñar un sistema modular como envolvente para fachada, que mejore fallas de diseño, temperatura e iluminación evitando las problemáticas de deslumbramiento y confort interior, provocado a los usuarios establecidos en edificaciones a partir de 10 metros de altura.

7.2 Objetivos Específicos

- Determinar las variables asociadas a la producción de deslumbramiento por luz natural a través de los envolventes de edificaciones acristaladas, por medio de visitas y mediciones lumínicas.
- Analizar las determinantes de incidencia solar del estudio de caso, en cuanto a ubicación geografía y recorrido solar para sintetizar las variables lumínicas a corregir.
- Investigar los diferentes sistemas de módulos y anclajes para las fachadas teniendo en cuenta las viabilidades, el costo, durabilidad y estética, con la finalidad de proponer un módulo adaptable a distintas envolventes arquitectónicas.
- Diseñar un prototipo de pruebas luminotécnicas para fachada, por medio de softwares que permita determinar las variables de diseño y permita determinar su forma y materialidad y diseño estructural, plasmando el resultado en un prototipo a escala.
- Diseñar un módulo a escala real con materiales livianos y de transparencia visual, que permitan la reflectividad ideal hacia el interior de la edificación y el manejo del direccionamiento de los rayos solares, otorgando versatilidad en las propiedades de control luminotécnico.

8. Metodología



9. Marco teórico

Contextualizando el desarrollo e innovación de las fachadas con el paso del tiempo hasta el siglo XX, comienza el modernismo y el avance de las fachadas acristaladas, convirtiéndolas en envolventes diversas y funcionales. Se desarrollan las fachadas con agentes flotantes de la arquitectura y con las problemáticas del cambio climático se ve la necesidad de mitigar el impacto ambiental es así como surgen propuestas alternativas como las fachadas verdes, las fachadas en cristal auto regulador y la utilización de corta soles, capaces de controlar las determinantes solares que ingresan a la edificación. (Godoy G, 2017, p.1).

Por medio del análisis de las determinantes de diseño e iluminación arquitectónica en las edificaciones, por medio de la recolección de datos se busca dar respuesta a los objetivos planteados, indagando en tesis de grado y artículos científicos que aportan de forma concreta a la sustentación de la investigación, obteniendo respuestas concretas para la formalización del desarrollo y creación del módulo adaptable.

Principalmente el proceso de diseño arquitectónico parte de las diferentes tipologías de envolvente de fachadas que permiten el aislamiento de las edificaciones con el exterior, inicialmente el nivel de avance tecnológico de las distintas tendencias arquitectónicas, promueven la invención de nuevos materiales, la utilización de diferentes maquinarias y equipo de trabajo. Estos procesos dan cabida a nuevas técnicas de construcción auto-sostenible, dependiendo de los requerimientos climáticos del lugar de ejecución y los fines para los que sea creado.



Figura 1. Evolución de diseño arquitectónico. Tomado de: Katrevich, 2002, p.1.

La posibilidad de adquirir variedad de recursos constructivos, genera que las propuestas arquitectónicas dependan del planteamiento inicial que permitiera el aprovechamiento de la luz natural, el manejo del viento y las determinantes climáticas del lugar, para brindar el confort interior de las edificaciones.

Los aportes arquitectónicos que se desarrollan a medida de la evolución humana, permiten la innovación en proponentes de fachadas arquitectónicas. Se enfatiza en el análisis de la evolución del envolvente, partiendo desde el estilo románico en el cual se presentó la limitación en materiales y tecnologías para la época, siendo unas edificaciones robustas con muros gruesos que no permitían ventilación ni acceso de luz natural, los cuales soportaban las cargas de las edificaciones mediante grandes masas de volumen estructural, limitando la permeabilidad en el ingreso de luces naturales, generando espacios confinados y de muy bajo confort interior. (Mazanque, 2004, p.2, 3)

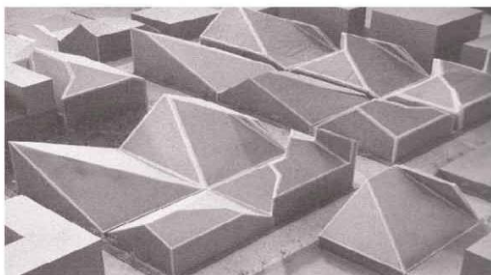


Figura 2. Patrones de sombra ciudad de San Francisco. Tomado de: Knowles, 2003, p. 18.

La fachada comienza a ser una propuesta versátil siendo un componente de diseño que no soporta toda la carga del edificio, a su vez, aparecen los sistemas estructurales dirigidos a resistencias de profundidad en la tierra, como los pilares y los aportantes que

transmiten la carga de las bóvedas directamente hacia el suelo sin tener un impacto con la fachada. Con estas innovaciones se permite crear mayores luces entre columnas en donde fueron ubicados los vitrales y los rosetones permitiendo el aprovechamiento de una forma pasiva de la luz natural y la ventilación.

Para entender las necesidades de confort interior para los usuarios, en los espacios de trabajo establecidos en edificaciones con 10 pisos o más de altura, se determinan variables de intervención por medio de análisis de confort espacial, mediante los agentes directamente influyentes sobre los elementos externos ubicados en las fachadas.

9.1 Determinantes de diseño arquitectónico

Las nuevas tecnologías son dirigidas a mejorar la imagen arquitectónica, para crear así nuevos espacios y nuevas sensaciones, contempla que la arquitectura habla por la sociedad, su cultura y también ofrece referencias que identifican usos y acciones especiales. Así, la tecnología y su capacidad de transformar se deben enlazar con una reflexión y valoración histórica, cultural y de respeto por el entorno. En esto se debe fundamentar el compromiso de la arquitectura contemporánea. (Castillo, Suárez y Tellez, 2012, p.29).

La caracterización de los envolventes arquitectónicos en la actualidad, representan las necesidades de la sociedad dirigidas al confort del espacio que los rodea, por esta razón, se desarrollan proyectos arquitectónicos con sistemas de fachadas divididas en dos áreas de intervención:

La primera, es un sistema de desarrollo en marketing y aspecto visual de la edificación sin ninguna funcionalidad respecto a los agentes naturales exteriores y la segunda, consiste en el desarrollo de propuestas tecnológicas que resuelven problemáticas de impacto exterior hacia el interior de la edificación.

Por medio de regulación con sistemas mecánicos de respuesta inmediata, se presentan componentes de envolventes ajenas a la estructura de la edificación con el fin de crear cámaras de aire entre los sistemas de ventanas y las envolventes propuestas.

Las propuestas de envolventes exteriores arquitectónicas contemporáneas permiten la implementación de figuras geométricas, capaces de cambiar el aspecto visual de la edificación y regular la influencia de agentes externos como: la luz solar, contaminantes acústicos y ventilación, todas estas variables permiten desarrollar propuestas más innovadoras en procesos de ahorros energéticos.

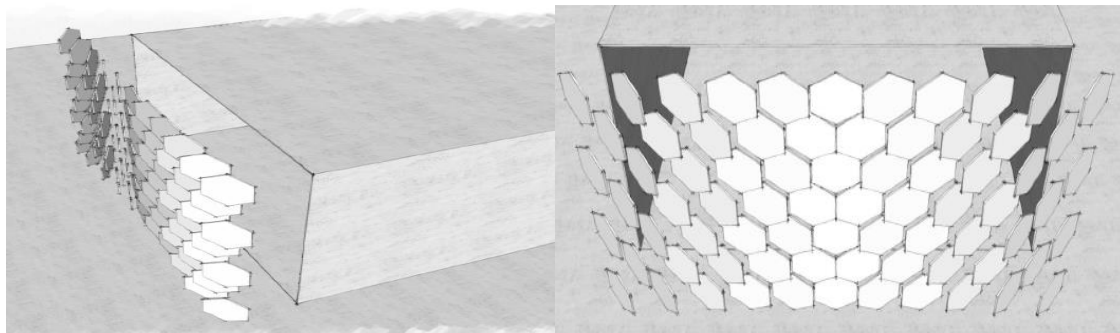


Figura 3. Envolventes Arquitectónicos. Tomado de: Renato, 2018, Art. 3.

El diseño arquitectónico busca optimizar recursos naturales y sistemas de la edificación para minimizar el impacto ambiental de los edificios sobre el medio ambiente y sus habitantes, también pretende fomentar la eficiencia energética para que las edificaciones no generen un gasto innecesario de energía, aprovechen los recursos de su entorno para el funcionamiento de sus sistemas y tengan el mínimo impacto en el medio ambiente. (Fontcuberta, 2014, p.6).

Una casa sostenible, es aquella cuyo impacto medioambiental es significativamente menor que el de una construcción convencional. Las dos estrategias clave que deben prevalecer son: reducir la cantidad de energía necesaria para construir el edificio, y

minimizar su dependencia energética una vez terminado y ocupado. (Fontcuberta, 2014, p.6).



Figura 4. Incidencias Lumínicas en puestos de trabajo. Tomado de: Katrevich, 2002, p.1.

Las construcciones sostenibles deben implementar en sus características una serie de sistemas recolectores, que aprovechen todos los recursos que se obtienen del exterior, además, se deben contemplar en su desarrollo y estructura materiales amigables con el medio ambiente, que se puedan reutilizar en cualquier prototipo de renovación que se le brinde a la edificación. (Peraza, J. y Gutiérrez, J., 2014)

El aprovechamiento de luz solar en las funciones básicas de la edificación, brindan un aporte económico para el propietario a corto plazo que desarrolla sistemas más efectivos de ejecución en las determinantes de ocupación establecidas para cada edificación. Los países latinoamericanos se encuentran en distintas etapas de desarrollo e implementación de políticas públicas de construcción sustentable, para el caso de Colombia se enfrenta a enormes retos asociados con la incorporación de sistemas de sostenibilidad en la construcción.

Actualmente, existen variables sistemáticas esenciales en la construcción, como el control de los recursos básicos de sostenibilidad humana como los sistemas de acueducto, de energía y de gas, permitiendo la realización de tareas diarias. De estos sistemas se analiza la problemática del sistema energético y su afectación al usuario y al medio

ambiente, siendo un sistema de gran complejidad de manejo al usuario que permite el funcionamiento de productos de actividad diaria. (GIZ Conalep, 2013).

Las fachadas hacen parte del progreso económico al realizar la función de ser la última capa arquitectónica que aísla la construcción del exterior, siendo así una variable de costos capaz de mejorar las adaptaciones que soporta unas determinantes naturales con el fin de mejorar el confort interior, según su materialidad y sus componentes tecnológicos que determinen su aplicación. Según el Conalep en un estudio sobre El uso eficiente de energía en las fachadas manifiesta que las envolventes cumplen tres funciones principales que son:

Soporte: Se refiere a que la edificación sea capaz de sostenerse a sí misma y responder a los esfuerzos estructurales para los que fue diseñada, para brindar seguridad a los usuarios. La envolvente puede formar parte del sistema constructivo (muros de carga) o estar adosada al mismo (fachadas superpuestas). Debe ser estructuralmente segura y sus elementos no deben representar riesgos para los habitantes o los transeúntes. (GIZ Conalep, 2013, p.6).

Partiendo de estos análisis bioclimáticos sobre el acceso solar en las edificaciones, se evidencia que los parámetros para tener en cuenta al desarrollar la propuesta de módulo adaptable parte de la necesidad que presente el usuario y las determinantes de diseño y falencias que se contemplen en la edificación, con el fin de anclar correctamente la propuesta de envolvente arquitectónica, además se debe tener en cuenta las determinantes de asolación y ventilación, las cuales son sistemas de complejidad y mayor consumo al interior de las edificaciones.

Control: Debe tener la capacidad de regular las cargas térmicas, cargas acústicas, las condiciones de iluminación natural, de humedad y el flujo y renovación del aire. Por ejemplo, mantener el calor en épocas de frío, aislar el ruido excesivo producido por autos, permitir el paso de la luz natural para prescindir de iluminación artificial durante el día, aislar de la lluvia y permitir la renovación del aire, para que se pueda respirar saludablemente. (GIZ Conalep, 2013, p.6).

El factor económico de la propuesta coacciona de manera fundamental, en relación con la competencia planteada por diversas compañías, que dan respuestas a las diferentes problemáticas que se generan en el interior de las construcciones, sin embargo, son soluciones con variables de costo muy elevadas que se convierten en accesorios utilizados únicamente en propuestas arquitectónicas especiales, donde no genera una solución eficiente a dichas problemáticas.

Presentación: Debe cumplir con una apariencia interior y exterior armónica, estética, acorde con su uso. También es importante que el mantenimiento de la misma sea fácil de llevar a cabo por el usuario, los acabados sean duraderos y que tanto construcción como mantenimiento, resulten económicos y ecológicos. (GIZ Conalep, 2013, p.6).

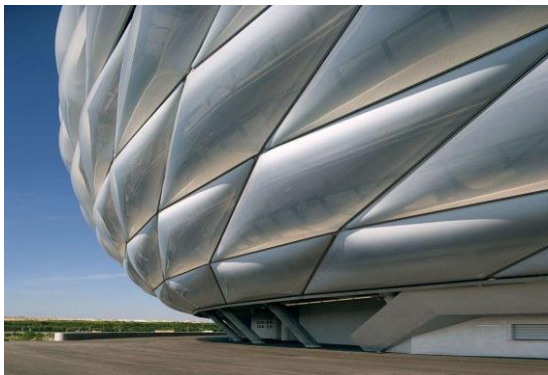


Figura 5. Fachada Cinética. Tomado de: Paiz, 2013, Art. 1.

El desarrollo de fachadas cinéticas establecidas por módulos, debe contemplar una serie de características que complementen su desarrollo, partiendo desde la versatilidad de ubicación y anclaje en las estructuras existentes, se deberán contemplar sistemas estructurales independientes con el fin de ser más adaptable. Debe contar con una serie de presentaciones de tamaño, color y uso de terminales, donde el usuario pueda optar por elegir el más adecuado, dependiendo a las influencias del diseño arquitectónico que presente la construcción.



Figura 6. Fachada responsiva. Tomado de: Karanouh, 2012, p. 1.

Los parámetros de diseños tecnológicos implantados en las fachadas de las edificaciones establecidas en las grandes ciudades, permiten la adaptación y recolección oportuna de los recursos naturales, con la finalidad de mejorar las condiciones climáticas del lugar, otorgando mejores niveles de confort a sus usuarios. En Dubái, se implementó una propuesta de fachada responsiva capaz de filtrar la incidencia de luz solar y estabilizar los niveles de calor dentro de la edificación, el desarrollo de la misma tomó una inversión considerable por ser un sistema móvil de regulación.

Uno de los factores más importantes a tener en cuenta, desde el punto de vista de la eficiencia energética, es el sombreado al momento de diseñar un edificio, es decir, elegir las técnicas que lo protejan de la radiación solar, lo que reduciría las ganancias de calor por conducción a través de los materiales de construcción y las ganancias de calor por radiación a través de las aberturas. Sin embargo, se debe tener especial cuidado en permitir la correcta iluminación del edificio. (Montañés, 2014).

Los elementos dispuestos alrededor de la edificación forman parte del parámetro obstructivo de la incidencia solar, todo dependiendo de la altura de los mismos, por ejemplo, los árboles o las edificaciones con mayor altura a la intervenida, la posición geográfica que tengan establecidas y la afectación solar que se presente en ese lugar dictaminada con la carta solar.

Sin embargo, la afectación puede ser negativa dependiendo a los índices de reflectividad que posean los materiales usados como envolvente arquitectónica en los otros recintos, dispuestos alrededor del caso de estudio, afectando por medio del reflejo de la incidencia solar sobre la fachada dispuesta en el edificio tipo a intervenir.

Las principales problemáticas encontradas en la funcionalidad de las fachadas consisten en su materialidad y direccionamiento específico, esto sucede debido a los ingresos de radiación solar, captación de energía calórica y la utilización de energías artificiales capaces de generar ambientes agradables dentro de las edificaciones que presentan estas tipologías de fachadas acristaladas.

La utilización de dispositivo de control de acceso solar, son procesos de obstrucción directa del ingreso lumínico, capaces de restringir los niveles de radiación solar aplicada a los mismos, sin embargo, la radiación directa sobre estos elementos como cortinas,

persianas y cristales opalizados, producen que el edificio pase por un proceso natural conocido como efecto invernadero. Este proceso es basado en la captación de calor y la permanencia del mismo dentro del edificio, por este motivo se amplía la utilización de sistemas de enfriamiento dentro del recinto, aumentando el consumo de energía artificial para generar confort dentro de la edificación.

9.1.1 Transparencia visual

La transparencia podría ser definida como esa condición de la materialidad que permite la percepción visual de aquello que se encuentra del otro lado, desde otro punto de vista arquitectónico, se trata que un observador efectúe el reconocimiento visual simultáneo sin distorsión alguna tanto en su interior como en su exterior.



Figura 7. Mediateca de Sendai de Toyo Ito 2000. Tomado de: Sakamoto, 2003.

9.2 Incidencia Solar

A fin de lograr un manejo adecuado de la incidencia lumínica, es primordial entender el movimiento aparente del sol respecto a una posición fija en la tierra; a esto se le conoce como trayectoria solar, existen métodos de regulación con sistemas de recubrimiento en las fachadas acristaladas capaces de corregir estas incidencias.

Para hacer uso de estos elementos, es necesario realizar una medición lumínica por medio de aparatos certificados que muestran los niveles de iluminación que posee cada espacio dentro de una construcción determinando los que poseen mayores problemáticas.

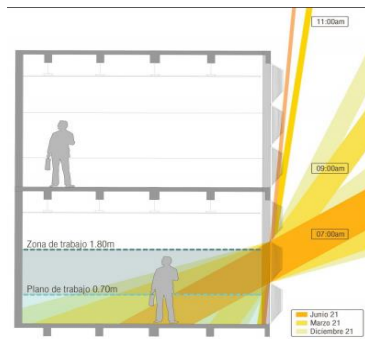


Figura 8. Análisis de radiación Solar. Tomado de: Giraldo, 2003, p.16.

Mediante las pruebas de mediciones luminotécnicas, se obtienen datos que permiten determinar las variables necesarias de obstrucción, para corregir las direcciones de incidencia lumínica que cumplan con los estándares establecidos por el RETILAP, sin embargo, la ejecución de cada uno posee un costo y un proceso de implementación diferente, por lo cual, es necesario determinar por medio de estas pruebas luminotécnicas, el proceso y el diseño del módulo más confortable para obstruir y controlar la incidencia solar, este ejemplar debe permitir el control de una serie de determinantes naturales que ingresan por las ventanas, las cuales son las principales problemáticas del deslumbramiento y generación de enfermedades visuales.

Las ventanas son los elementos de permeabilidad lumínica en una edificación, sometidas a la radiación de una gran cantidad de energía solar, la mayor parte de esta se pierde en un área, la luz directa del sol es la principal causa en las molestias nocivas de deslumbramiento en escritorios y monitores de los computadores. De hecho, una sola ventana bien orientada puede iluminar de 20 a 100 veces su unidad de superficie.

Estas incidencias lumínicas pueden ocasionar molestias, dependiendo el punto de incidencia y la variabilidad de posicionamiento del sol, generando factores de uniformidad cambiantes y aumentando la afectación visual. El correcto manejo de la radiación lumínica dentro del espacio puede generar valores agregados en el bajo consumo de energía artificial y mejorando el confort del espacio para los usuarios. (Velasco, R., y Robles, D., 2011)

9.2.1 La luz

La investigación demuestra la necesidad de manejar correctamente la luz dentro de un espacio adaptado para el ser humano, su comportamiento es diferente ante la exposición de diversidad objetos establecidos dentro y fuera de una edificación, con estas determinantes es posible dar respuesta a uno de los objetivos planteados con el fin de dar un avance teórico respecto a la incidencia lumínica en el caso de estudio.

“La luz es una onda electromagnética que es posible de ser percibida por el ojo humano, es parte del campo de radiación que emite el sol. Está formada por partículas elementales desprovistas de masa llamados fotones. La óptica es la rama de la física que estudia las propiedades sus características y comportamiento de la luz” (Meneses, 2015).

9.2.1.1 Encapsulamiento

Consiste en dirigir la luz en un objeto generando interreflexión entre las ondas aumentando la luminosidad dentro del objeto. Con este concepto es posible disminuir el consumo de luz artificial debido a que existe una barrera entre el edificio y el exterior la cual filtra la luz solar de manera adecuada generando una difracción por medio de los elementos dispuestos en la propuesta de módulo encapsulando la luz con la utilización

estratégica de material textil que sella el módulo en la parte posterior, generando un elemento luminoso durante todo el periodo de incidencia solar.

“Gracias a la luz nosotros estamos aquí hoy, es la que hace posible la vida en la Tierra. Nos permite saber dónde nos encontramos y poder ver todo aquello que nos rodea. Para nosotros, los arquitectos, este gran elemento puede suponernos todo un desafío. Podemos controlarla de diferentes maneras según el comportamiento que deseemos de ella, así como techos, acabados, muros, aberturas y membranas, de esta forma se puede enfocar, obstruir, dispersar, absorber o reflejar la luz que se recibe.”
(Zumthor, 2016, p.36)

9.3 Repisas Solares

Las repisas solares son un sistema de control solar diseñado para direccionar los rebotes de luz visible, esparciéndose por la superficie del techo, logrando mayores distancias de ingreso solar y profundizando esta luz en el interior de una habitación dando uniformidad en el espacio. (Labra.M, 2009, p. 1).



Figura 9. Repisas de Luz. Tomado de: Labra, 2009, p. 1.

Se puede reducir el consumo de energía artificial suprimiendo la utilización de luces establecidas en los espacios perimetrales de un edificio, cambiándola por luz natural para iluminar dichos espacios, sin embargo, es necesario la utilización de sistemas que permitan el control y la regulación de los rayos solares.

Las repisas solares permiten que la luz natural ingrese de manera más controlada e indirectamente en la edificación. Estos dispositivos de regulación solar permiten un ingreso de hasta 2.5 veces la distancia entre el piso y la parte alta de la ventana en promedio, y otras con más desarrollo en materialidad y posición hasta 4 veces esta distancia.

Estas deben ser livianas e instaladas en forma horizontal. La superficie superior puede ser pintada de color mate brillante o con alguna textura dependiendo a la utilidad y los análisis del espacio. El tipo de pintura es importante puesto que una aplicación brillante va a reflejar la luz al cielo con el mismo ángulo con la que llega a la repisa creando un ángulo de incidencia de luz directa y molesta para el desarrollo de actividades laborales, para una iluminación más difusa se utiliza una pintura mate o con textura, ya que esta permite que la luz se refleje con distintos ángulos a lo largo y ancho de la sala. (Labra M, 2009, p.2).

Es importante diseñar las repisas de acuerdo a donde se van a usar, ya que estas pueden trabajar en combinación con otros elementos que ayuden a maximizar el uso de la luz solar. Con lo anterior es necesario indagar documentación del instituto colombiano de hidrología y meteorología (IDEAM) donde indica que:

El eje rotación de la tierra forma un ángulo de $23^{\circ}26'54''$ con el eje vertical al plano de la eclíptica y un mismo punto (a) situado en el trópico de cáncer, en el solsticio de verano, tiene los rayos perpendiculares a su plano horizontal aprovechando de esta radiación al máximo, mientras que en el solsticio de invierno el trópico de cáncer tiene un plano horizontal inclinado con respecto a los rayos solares viendo disminuida su intensidad en función del coseno de dicho ángulo.

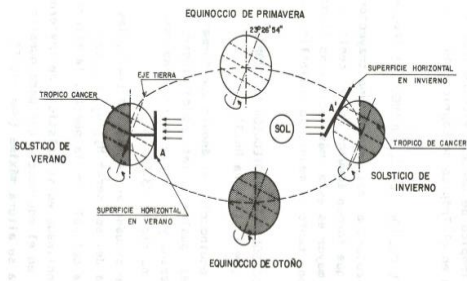


Figura 10. Movimiento Solar. Tomado de: IDEAM, 2019.

En el solsticio de verano los rayos del sol son perpendiculares al medio día del trópico de cáncer, mientras que en el solsticio de invierno lo son en el trópico de capricornio y en el equinoccio al ecuador, afectando en la radiación solar de la siguiente manera.

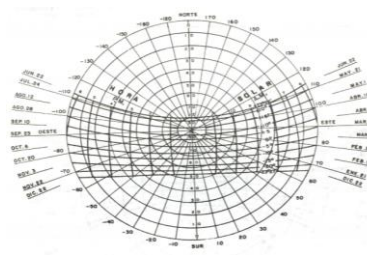


Figura 11. Carta Solar. Tomado de: IDEAM, 2019.

Estos datos sirven para realizar análisis de obstrucciones solares, realizar el diseño de vanos, estudiar sistemas de protección solar, hacer el análisis del recorrido solar anual, hacer el análisis de sombras exteriores; que permiten sustentar el análisis de la investigación de la incidencia del sol en las edificaciones. Se realizan todos estos importantes estudios debido a que es el sol la fuente primaria de calor y luz para la tierra, así como también es la fuente para proveer de confort con el aprovechamiento o control de la energía solar incidente en la envolvente arquitectónica. (Gómez, 2018).

La luz natural que proviene del sol y penetra en los ambientes, varía su intensidad dependiendo de su orientación, cuando la intensidad de la luz que penetra dentro

del ambiente supera los 2,000 Lux, se requiere el uso de protección solar en la ventana, buscando estabilizar dicha intensidad entre 500 y 750 lux. (Archdaily, 207).

La corrección de color se refiere a que el instrumento tiene un filtro de corrección, para que el instrumento tenga una sensibilidad espectral igual a la del Observador Standard Fotópico de la CIE. La corrección coseno significa que la respuesta del medidor de iluminancia a la luz que incide sobre él desde direcciones diferentes a la normal sigue la ley de coseno. (Labra M, 2009, p.4)

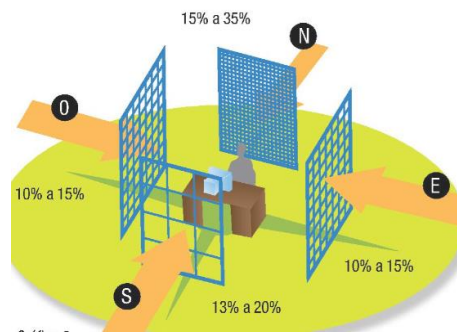


Figura 12. Filtración solar Oficinas. Tomado de: Labra, 2009, p. 4.

El luxómetro y los softwares de diseño, permiten medir correctamente los niveles de conformidad dentro de los espacios interiores donde se desarrollan actividades laborales de enfoque de computación, se determina la correcta sincronización de niveles lumínicos respecto a las características del espacio dependiendo de materialidad altura y labor a desempeñar, con base en estos resultados se puede someter un análisis a las producciones de cada uno de los empleados respecto a los niveles de conformidad que este perciba en relación con su estado de ánimo y disposición a permanecer en ese recinto.

Dependiendo de los análisis por espacio de trabajo surge la necesidad de plantear estrategias de corrección y mitigación progresiva para las problemáticas de incidencia solar y aumentos de consumo energético, en la siguiente tabla propuesta por Anna Gabriela

Ramírez (2017, p.140) se analizan los componentes de intervención y flujo de actividades siguiendo una secuencia a desarrollar, de este modo determina problemáticas en un espacio laboral dadas en un caso de estudio, que se desarrolla a partir de la resolución y consolidación de las encuestas propuestas como componente inicial de intervención, dicho análisis se organiza de la siguiente manera:



Figura 13. Metodología evaluaciones post-ocupacionales. Tomado de: Ramírez, 2017, p.140.

Las actividades humanas que se desarrollan dentro de los edificios logran su máximo potencial si se encuentran en un ambiente adecuado y cómodo, pese a ser subjetivas por la individualidad del ocupante, son objeto de estudio en múltiples ramas. De ahí, teniendo en cuenta que las personas pasan gran cantidad de tiempo en espacios de trabajo, el ambiente interior influye en su bienestar; por lo tanto, el síndrome del edificio enfermo es la situación en que más personas manifiestan tener síntomas que desaparecen al abandonar el edificio (Ramírez, 2017, p. 156).

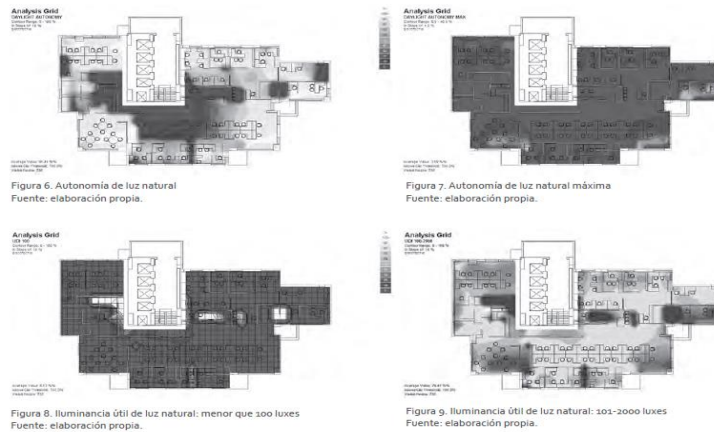


Figura 14. Caso de estudio Teusaquillo. Tomado de: Ramírez, 2017, p. 156.

Con base en lo mencionado en el análisis realizado por Anna Gabriela Ramírez, las personas permanecen determinado tiempo en espacios de trabajo, el ambiente interior influye en su bienestar; por lo tanto, el síndrome del edificio enfermo es la manifestación de variables conjuntas que provocan una inconformidad a los usuarios que desarrollan actividades en su interior, son recurrentes en las edificaciones modernas por falta de control en el acceso de luz natural, dando como resultado edificaciones con problemáticas de deslumbramiento y aumento de consumo energético desmesurado al interior. Lo planteado anteriormente, muestra la necesidad de intervenciones novedosas con el fin de la recuperación de estas edificaciones mitigando la problemática del usuario y postergando la vida útil de los edificios. (Ramírez, 2017, p. 149)

10. Control de acceso solar

El control solar es la variable de maximización del uso de luz natural, en cuanto a la variable de radiación solar, la luz artificial se debe considerar como un sistema de apoyo a los lugares cerrados dentro de la edificación a los cuales no accede la radiación lumínica. (IDAE, 2005)

La transmisión lumínica es la determinante de captación sensorial sobre los elementos donde la radiación solar surte efecto y permite la visualización del entorno por el ojo humano. Estas variables se controlan por grados de reflectividad, capaces de transmitir el brillo luminoso o capturar y dispersar sobre la superficie.

Los grados de permeabilidad lumínica aplicada a los envolventes arquitectónicos, afectan los niveles de radiación solar que ingresa a la edificación, normalmente cuentan con cintas de protección opalizante capaces de reducir el ingreso hasta en 70%, dependiendo los grados de oscuridad del material, estas variables de afectación se ven reflejadas de la siguiente manera: (Eadic, 2012, p. 7).

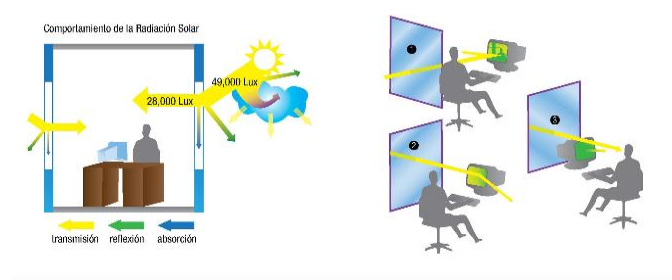


Figura 15. Filtración Solar. Tomado de: Eadic, 2012, p.7.

Las protecciones aplicadas a los cristales de fachadas arquitectónicas cumplen una serie de regulaciones capaces de variar la intensidad lumínica, contrastando con la materialidad interior, ocasionando una regulación y evitando el deslumbramiento expuesto en los dispositivos electrónicos de trabajo (computadores).

El aprovechamiento térmico es otra de las posibilidades de regulación, las cuales con la implementación de un sistema de fachada regulable permite la disminución de consumo energético, estos consumos se ven reflejados en el uso de aires acondicionados, siendo sistemas de consumo masivo incrementados por la utilización de fachadas acristaladas. Estas problemáticas surgen de la necesidad de mantener un ambiente agradable para el desempeño de actividades laborales y ocasionan un incremento en costo y manutención del sistema.

La orientación geográfica que se presenta en las edificaciones ya construidas, es una determinante fundamental para la afectación lumínica provocada por la incidencia solar, el correcto direccionamiento de la luz natural sobre los ventanales dispuestos en las fachadas, puede ser un factor corregible con dispositivos de regulación lumínica, sin embargo, estos elementos hacen la similitud a un muro de contención sin regular y direccionar correctamente el ingreso solar dentro de la edificación, cuando se disponen fachadas totalmente acristaladas las determinantes de materialidad son fundamentales para permeabilizar el ingreso lumínico.

- a. Vidrio Sencillo de 6mm: 90%
- b. Vidrio Doble de 6mm: 80%
- c. Vidrio reflectivo: $\leq 75\%$
- d. Vidrio revestido o fachadas dobles: $\geq 50\%$

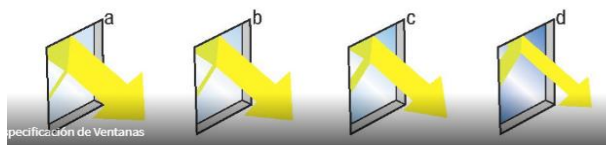


Figura 16. Filtración Solar. Tomado de: Seves Glass Block., 2014, p.8.

Las telas metalizadas, son dispositivos dispuestos consecutivamente antes de la fachada acristalada con su propio sistema estructural capaz de filtrar la radiación solar,

logrando los niveles de iluminación óptimos para la realizar trabajos, además cuenta con una capa de esparcimiento lumínico el cual distribuye la luminosidad sobre la tela logrando que el ingreso de la misma sea más uniforme mejorando las problemáticas de deslumbramiento reflejado en las pantallas de los computadores.

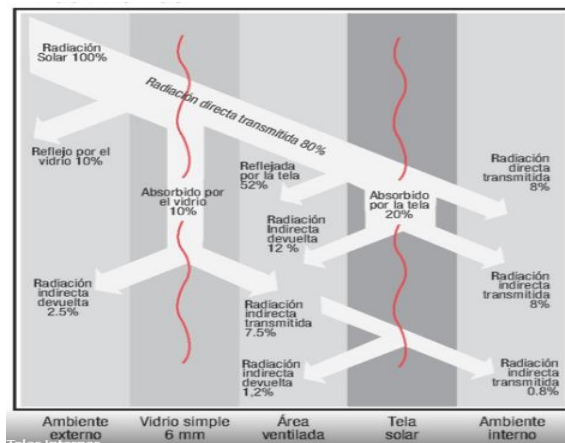


Figura 17. Márgenes de temperatura. Tomado de: Seves Glass Block., 2014, p.15.

10.1 Efecto invernadero

Es una situación que se provoca por determinantes de calor permanente dentro de un espacio cerrado, en el caso de las fachadas se ve reflejado por medio de la captación solar que reciben los sistemas de envolventes arquitectónicos como persianas y corta soles, cuando el ingreso de la radiación es directo y entra en contacto con los objetos interiores, este se transforma en calor y se mantiene en el interior, debido a que su dispersión por los objetos y al estar encerrado perimetralmente por un envolvente de cristal no tiene la opción de salir del recinto. (Intelli, 2015)

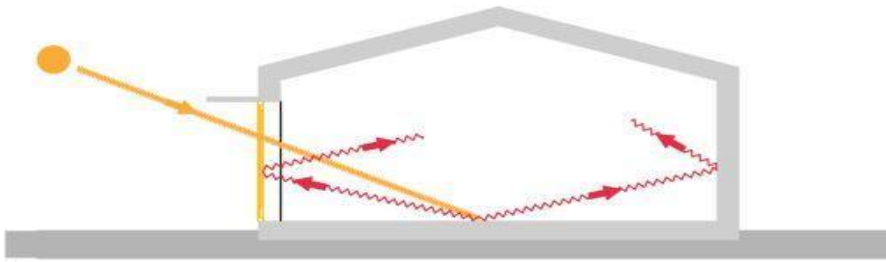


Figura 18. Efecto invernadero. Tomado de: Intelli, 2015.

El aprovechamiento de la radiación térmica tiene como variables de influencia los elementos a los cuales está expuesta, en el caso de las edificaciones acristaladas el primer contacto son los envolventes en cristal, estos cuentan con un espesor capaz de filtrar la radiación calórica, pero a la vez lograr captar en su centro el calor absorbido por el material, generando el esparcimiento de calor a través de todo el sistema de envolventes.

10.2 Repisa de Luz

Los parámetros de desarrollo envolventes arquitectónicos establecen que los elementos dispuestos como obstructores de luz permiten la regulación y filtración adecuada de la radiación solar. Las repisas de luz son sistemas de regulación lumínica capaces de redireccionar la radiación solar por medio de la utilización de elementos geométricos dispuestos exterior o interiormente, de forma vertical u horizontal y con la capacidad de graduarse de forma aleatoria para direccionar el rebote de luz que ingresa en el interior de la edificación. (Hildebrant Gruppe, 2016.)

La disposición de estos dispositivos permite la regulación adecuada de la incidencia lumínica exterior al interior de la edificación, estas posibilidades se dan a través de la longitud del objeto propuesto que genera la sombra dentro de la edificación y la clasificación de la materialidad capaz de reflejar y absorber la radiación solar, por lo cual

la necesidad de implementación de un sistema aleatorio que regule los rebotes solares permitirá generar mayores ángulos de uniformidad en el interior.



Figura 19. Repisa Solar. Tomado de: Paiz, 2013, Art. 1.

10.2.1 Refracción

La refracción es un fenómeno de esparcimiento que ocurre cuando un rayo de luz es desviado de su trayectoria en la superficie donde incide, ocurre debido a la intensidad de luz que cada material pueda absorber y al mismo tiempo reflejar. Cuando un rayo de luz con una dirección determinada incide sobre una superficie de cristal, el rayo cambia de dirección y es por esto que se perciben ciertas “deformaciones” de los objetos visualizados a través de la superficie. (Meneses, 2015)

Una característica fundamental es la refracción que experimenta la luz al ser interrumpida por un objeto ya sea opaco o translucido, se puede seleccionar el material en una propuesta encaminada a cumplir la resolución de otro de los objetivos planteados en esta tesis, el cual consiste en no permitir el ingreso directo de la radiación, evitando el calentamiento de la edificación garantizando el confort interior.

Para definir la materialidad a la cual se debe exponer la incidencia lumínica en el estudio de caso, es necesario determinar las variables de aplicación para el caso de estudio

80/Once, las cuales según el estudio de mediciones luminotécnicas dan determinantes de necesidad de uniformidad, por lo cual el rebote de iluminación en este elemento propuesto debe ser mayor al 60%, con el fin de dar ingreso sobre el cielo raso y los muros a la iluminación natural.



Figura 20. Refracción de luz sobre los objetos. Tomado de: Quontec, 2013.

10.3 Uniformidad lumínica

La uniformidad lumínica es la variable de medición de regularidad de intensidades luminosas las cuales permiten una adaptación correcta de la retina del ojo humano mejorando la percepción del espacio respecto a los contrastes de color y materialidad dispuesto en un espacio interior o exterior.

La estabilización de los estándares lumínicos en los puestos de trabajo genera un mayor confort al usuario al momento de desempeñar sus labores, esta variable es posible medirla a través de la toma de datos por medio de 9 puntos simétricos de un puesto de trabajo en el cual el porcentaje es determinado del mayor y el menor nivel encontrados.

La ausencia de uniformidad lumínica puede afectar la salud humana generando dolores de cabeza, deslumbramiento visual, pesadez, fatiga de los párpados hasta llegar a una afectación visual definitiva generando la pérdida de la misma. (Hernández, 2016)

11. Normativa

11.1 Normativa LEED

Para el desarrollo de estas propuestas arquitectónicas es necesario tener en cuenta las determinantes planteadas en las normativas colombianas para desarrollo de las propuestas arquitectónicas referenciadas en las fachadas o envolventes de exterior. Esta normativa plantea una serie de requerimientos, los cuales permiten el correcto manejo y la debida disposición de sistemas livianos como última capa de la edificación. A continuación, la norma sismo resistente plantea la siguiente tabla de requisitos por metro cuadrado para sistemas de vidriería como última capa.

Tabla K.4.2-0
Características físicas y mecánicas convencionales de productos de base vítrea

Característica	Símbolo	Valor numérico y unidad
Densidad (a 18 °C)	ρ	2500 kg/m ³
Dureza		6 unidades (escala de Mohs)
Módulo de Young (módulo de elasticidad)	E	7 x 10 ¹⁰ Pa
Índice de Poisson	μ	0.2
Calor específico	c	0.72 x 10 ³ J/(kg*K)
Coefficiente medio de dilatación lineal entre 20 °C y 300 °C	α	9 x 10 ⁻⁶ K ⁻¹
Conductividad térmica	λ	1 W/(m*K)
Índice de refracción medio en el espectro visible (380 nm a 780 nm)	n	1.5

Figura 21. Características físicas y mecánicas para fachadas. Tomado de: Paiz, 2013, Art. 1.

Esta edificación cuenta con la implementación de agentes ecológicos y la certificación LEED de bronce, en su desarrollo se buscó obtener la certificación LEED (Core & Shell) de oro, esta se obtiene cuando la construcción es un 90% sostenible respecto al consumo energético y los materiales que se usaron para su construcción, así mismo al ser poseedores de este reconocimiento obtienen una serie de beneficios

económicos en cuanto a su declaración de impuestos y los pagos de facturas de consumos frente los recursos básicos.

Los valores de concentración lumínica establecidas por la normativa RETILAP sobre los puestos de trabajo son entre 300 a 750 luxes teniendo como media objetivo 500lx, estos parámetros de iluminación son acordes a las necesidades de identificación de formas y objetos de detalle, necesarios para desempeñar una labor sin desgastar la visibilidad del usuario.

En “Natural Capitalism” (Capitalismo natural), Hawken, Lovins exploran de qué manera los mercados pueden usarse en contra de la sustentabilidad, no mediante su eliminación ni la incorporación de normativas estrictas, sino mediante el uso de los puntos de aprovechamiento dentro del sistema. Un punto de aprovechamiento que examinaron es el de los objetivos que rigen el sistema. Al valorar no solo el capital económico sino también el capital natural y el capital humano, los sistemas y las estructuras existentes pueden conducir a la sustentabilidad. (Washington, DC 20037).

El plan de regularización LEED consiste en analizar todos los estándares de vida que pueda tener una construcción, por medio de la implementación del desarrollo ecológico en los parámetros de diseño e innovación en las construcciones. La elaboración de una edificación debe partir desde la concepción de cuál será su vida útil y su uso está establecido, puesto que todas las aplicaciones de regulación ecológica no son aplicables a todos los ámbitos de cotidianidad humana.

El ciclo de vida integral entre el usuario y el proyecto puede mitigar la problemática de afectaciones en la salud en los usuarios, se debe tener en cuenta todos los componentes que llevaron a la utilización y aplicación de cada uno de los materiales, debido a que estas

pueden ser más afectivas en su proceso de elaboración y transporte que en el mismo bien o servicio que pueda otorgar a la construcción, esto es un proceso colaborativo el cual permite aumentar su viabilidad haciéndola más eficiente.

Las principales determinantes a tener en cuenta en la implementación de los LCC son: costos, construcción, adquisición, combustible, funcionamiento, mantenimiento y reparación, sustitución, eliminación. Estas variables son fundamentales para entender cuáles son los principales contribuyentes a las afectaciones de salud y plantear estrategias y objetivos de corrección de las mismas.

Para lograr obtener la certificación de LEED, los nuevos edificios no pueden usar refrigerantes a base de CFC, y los edificios existentes deben eliminarlos. LEED asigna más puntos por proyectos que eviten en mayor porcentaje el uso de refrigerante que aumentan las preocupaciones en torno a la destrucción de la capa de ozono y el cambio climático.

Si juntamos todo, las estrategias de reducción de demanda proporcionan las bases para más esfuerzos de eficiencia energética y el uso eficaz de energía renovable. Estrategias para reducir la demanda de energía en diseño y planificación, establecer objetivos energéticos y de diseño y fijar metas estableciendo indicadores de desempeño al comienzo de un proyecto, y verificar periódicamente su cumplimiento. Cita de copiar y pegar

Una instalación más grande de lo necesario para cumplir con su función genera una demanda energética costosa, y que produce mucho desperdicio. El uso de energía gratuita y la orientación correcta de los detalles arquitectónicos finales posibilita que las instalaciones obtengan ventajas que ofrece la ventilación natural, la energía solar y la luz natural.

La orientación geográfica y la prolongación de sombras, los accesos de luz natural por medio de las ventanas y la ventilación producidas por medio de estas, son medios

adecuados para los seguimientos de rutina que establece LEED, estos entes de interventoría dan la posibilidad de mejorar día a día los sistemas de regulación energética, puesto que la innovación humana y la calidad de vida que maneja cada ser humano permite la expansión de ideas tecnológicas capaces de suplir mejor cada necesidad.

12. Caso de estudio

Edificio 80/ Once



Figura 22. Estudio de Caso. Tomado de: Constructora Sestral, 1987, p.1.

El caso de estudio es la edificación 80/Once, ubicada en la ciudad de Bogotá en el sector de Chicó Norte, donde se evidencian propuestas de diseño variados respecto a la evolución de los sistemas de envolventes arquitectónicos y crecimiento económico del lugar, dado por la capacidad de desplazamiento que presentan sus vías y ser una zona de alto flujo laboral.

Esta edificación posee una envolvente acristalada dispuesta en las cuatro caras del recinto presentando problemáticas por el ingreso de luz solar, mediante análisis luminotécnicos se determina la necesidad de proponer un sistema modular de fachada que regule el ingreso de iluminación natural.

La edificación cuenta con un sistema de envolvente arquitectónico acristalado con películas de opacidad en sus ventanales que controlan el acceso solar en un 30%, debido a que son películas de oscurecimiento número 4, a su vez cuenta con persianas individuales por ventana, capaces de regular en 70% restante de ingreso solar, por otra parte, el consumo energético incrementa para la necesidad de suplir los requerimientos visuales mínimos

establecidos por el RETILAP para que un espacio de trabajo esté en óptimas condiciones para desarrollar dichas actividades laborales.

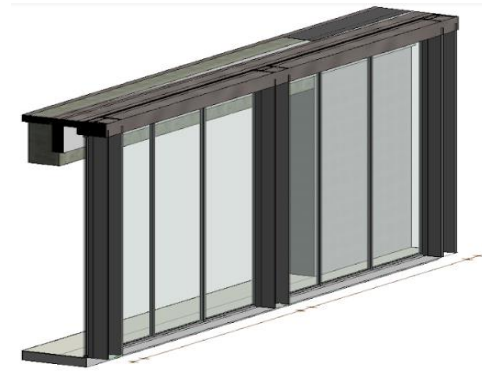


Figura 23. Estructura sujeción fachada. Tomado de: Constructora Sestral, 1987, p.1.

Teniendo en cuenta las determinantes naturales del lugar se evidencia que la edificación presenta problemáticas de diseño determinadas por medio de encuestas que se realizaron a los residentes del lugar y las mediciones lumínicas iniciales, demostrando las inconformidades de sus usuarios y por consiguiente la baja calidad de conformidad laboral.

Cuenta con versatilidad de ocupaciones tales como, oficinas de diseño arquitectónico, corredores de bolsa, consultorías, vivienda, inmobiliaria y espacios de diseño de redes eléctricas. Estas empresas manejan personal de diseño que labora en equipos tecnológicos durante el transcurso del día. Según la distribución de mobiliario arquitectónico y las variables de distribución de muros divisorios 7 de los 11 pisos que posee el caso de estudio cuentan con disposición de puestos de trabajo perimetrales, separados de la fachada acristalada en una distancia no mayor a 80 cm, lo cual genera problemáticas de deslumbramiento luminoso en el monitor de los equipos tecnológicos.



Figura 24. Diseño Arquitectónico Estudio de Caso. Tomado de: Constructora Sestral, 1987, p.1.

El proceso de mejora en esta edificación es un desarrollo de mejora continua, enfocada a la disminución del consumo de energía en la utilización de sistemas de regulación de temperatura y dispositivos de iluminación artificial.

Por su composición de material acristalado la fachada permite el ingreso directo de los rayos del sol, para contrarrestar esta problemática se hace uso de persianas en cada uno de los espacios, limitando el aprovechamiento de luz diurna y aumentando el consumo de energía artificial.



Figura 25. Diseño Arquitectónico Estudio de Caso. Tomado de: Constructora Sestral, 1987, p.1.

Por medio de los resultados obtenidos de las encuestas y las mediciones lumínicas en sitio se procede al análisis de los antecedentes de arquitectura en fachadas acristaladas, determinando las problemáticas de implementación en distintos lugares dependiendo de sus determinantes climáticas, el diagnóstico preliminar enfatiza el proyecto a regular la filtración de luz y aire en las fachadas, sin depender de su materialidad o localización.

La necesidad de una propuesta versátil, que permita generar un ángulo de obstrucción solar y genere sombreado regulatorio en los espacios interiores, con mejoras de uniformidad espacial por medio de la utilización de materialidades específicas y un sistema estructural regulable capaz de re direccionar la iluminación natural.

Con base en los resultados obtenidos por medio de los usuarios es necesario definir los niveles de incidencia solar sobre la edificación, por medio de análisis de la carta solar y mediciones luminotécnicas, las cuales determinan las zonas interiores con mayor problemática, adicionalmente se definen los conceptos de manejo lumínico con posibilidad de aplicación al módulo, capaces de mejorar las propiedades de la luz natural que ingresa a la edificación.

Para dar solución a la problemática de asoleación a la edificación se realizan varios análisis de módulos con características de tamaño, materialidad y funcionamiento, con el fin de proponer un sistema adaptable que regule las incidencias de luz diurna dentro de la edificación, se realiza una memoria de diseño respecto al análisis de los referentes y se determinan cada una de sus propiedades a favor y en contra.

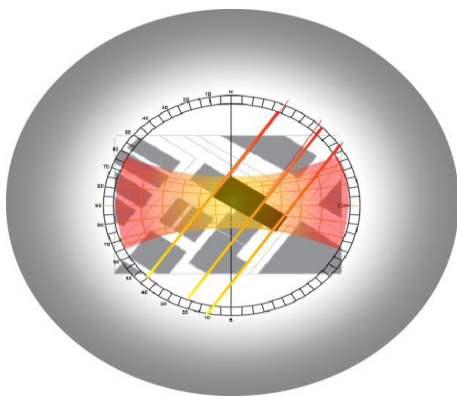


Figura 26. Análisis Solar estudio de Caso. Elaboración propia.

Las determinantes de incidencia solar en la edificación se analizan por medio de la utilización de la carta solar, verificando la radiación efectuada por los rayos del sol en el transcurso del día, sobre las fachadas acristaladas de la edificación, los resultados obtenidos en los análisis realizados son los siguientes:

La primera de las incidencias analizadas es en el horario de 6-8 am en la cual la afectación lumínica es mínima respecto a la fachada principal, sin embargo, las áreas de recepción y algunos locales comerciales ubicados en el primer piso, si poseen problemáticas de deslumbramiento visual, afectando a los usuarios que ingresan a la misma.

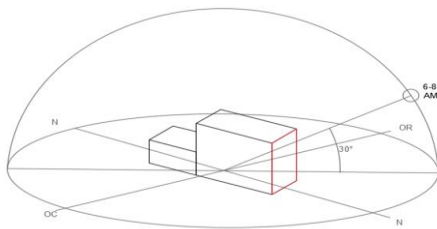


Figura 27. Incidencia solar 6 - 8 am estudio de caso. Elaboración propia.

El segundo análisis muestra las incidencias de afectación relacionadas a los pisos de mayor altura que van desde el 6 hasta el 11, en donde los mecanismos de control están relacionados a persianas manuales, además son espacios de oficinas en donde su ocupación está relacionada con equipos electrónicos, los cuales a su vez se ven afectados por el reflejo de los rayos solares y posteriormente el rebote de la luz en dirección al usuario que lo usa.

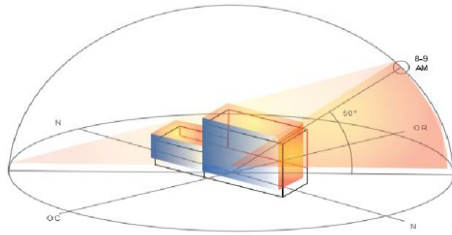


Figura 28. Incidencia solar 8 - 9 am estudio de caso. Elaboración propia.

La incidencia analizada en horarios de 10 a 12 pm , es una de las mayores contribuyentes en determinantes lumínicas que ingresan a la edificación puesto que la fachada está totalmente cubierta por esta radiación solar, los sistemas de regulación que posee el edificio son persianas manuales, las cuales en estas horas del día se encuentran totalmente desplegadas, generando aumento en consumos energéticos para el sistema de aire acondicionado y de iluminación artificial que suplan las necesidades visuales en el ámbito laboral.

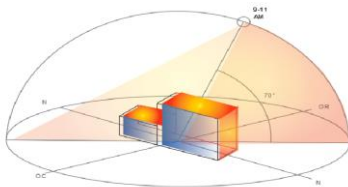


Figura 29. Incidencia solar 9 - 11 am estudio de caso. Elaboración propia.

El tercer análisis muestra problemáticas sobre la incidencia solar que afecta la edificación 80/11, determinando que no es continua en el transcurso del día, por lo cual se establece la propuesta de envoltura arquitectónica como un sistema mecánico capaz de resolver las direcciones incidentes de la iluminación, sin generar mayores gastos de energía y con un valor de adaptación respecto a las incidencias de aire dentro de la edificación.

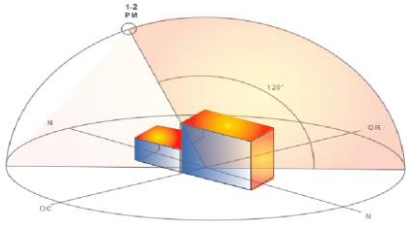


Figura 30. Incidencia solar 1 - 2 pm estudio de caso. Elaboración propia.

Es claro que el movimiento rotacional de la tierra nos permite diferentes ángulos solares durante el día que inciden directamente en nuestras edificaciones y es necesario comprender detalladamente esta variabilidad, para una posible intervención y plantear las mejores alternativas para mitigar las problemáticas y aprovechar de la manera más eficiente este recurso.

El sol influirá sustancialmente en las condiciones ambientales del interior del edificio generando un confort para el usuario, en todas las ocasiones no es muy confortable, el ingreso de radiación y a su vez surten problemáticas que se reflejan en la eficiencia laboral de los usuarios. Es necesario tener en cuenta las ondas electromagnéticas solares y que permitirán dar un acercamiento preliminar de diseño, para lograr condiciones adecuadas que apunten a un confort adecuado y así generar un bienestar para los usuarios. De esta manera el sol nos da parámetros de diseño y a medida que se utilicen este recurso de manera adecuada se controlarán las ventajas y desventajas que ofrece el sol y sus incidencias. Es claro que estas incidencias no son las mismas en diferentes puntos terrestres por tal razón nos centraremos a analizar el comportamiento solar cerca al caso de estudio para ser un poco más certeros en nuestros estudios y analizaremos detenidamente la geometría solar de Bogotá Colombia.

En una misma zona hay diferentes factores que inciden en la intensidad de radiación solar como: la nubosidad y la polución atmosférica el aprovechamiento solar son factores múltiples a tener en cuenta para la orientación del edificio y su futuro diseño ,teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente tenemos la necesidad de entender profundamente los diferentes ángulos de incidencia solar en el elemento captador como el edificio sus afectaciones y sus beneficios encaminados en lograr un buen ambiente climático para el mejoramiento del confort interior de los usuarios.

12.1 Materialidad

Los estándares de reflexividad y textura de los materiales son la principal determinante que afecta el rebote directo de la radiación solar comprendida en diferentes ángulos de rebote. Para los análisis de los prototipos es necesario realizar diversidad de pruebas, capaces de determinar los estándares y ubicaciones exactas de los mismos en las caras diseñadas del módulo.

12.1.1 Difracción

Entender correctamente la aplicación de la difracción en un elemento de control lumínico permite regular de manera adecuada la trasmisión de luz irradiada por el sol, por tal motivo la implementación de un material micro perforado al 5% podrá manipular el rayo electromagnético y producir la uniformidad de la misma aumentando la percepción de ingreso luminoso, siempre y cuando el material al cual se le aplica esta radiación mantenga parámetros de colores con reflectividad mayor al 70% disminuyendo la radiación directa.

“Cuando la luz atraviesa una abertura estrecha el rayo se curva ligeramente esto se conoce como difracción. La difracción es un fenómeno que consiste en la dispersión y curvado aparente de las ondas cuando encuentra un obstáculo. La difracción

ocurre en todo tipo de onda desde ondas sonoras ondas en la superficie de un fluido y ondas electromagnéticas como la luz y las ondas de radio.” (Meneses, 2015).

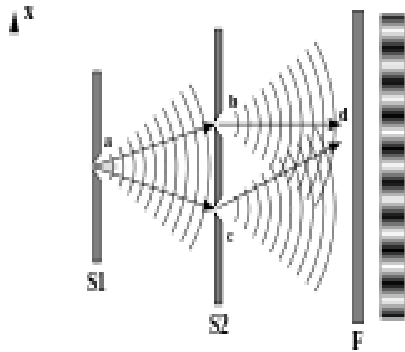


Figura 31. Dos ranuras iluminadas por una onda plana. Tomado de: Wikipedia, 2015.

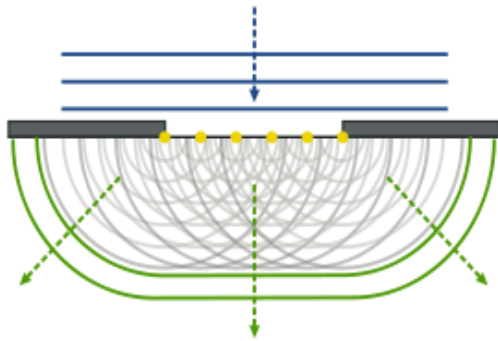


Figura 32. Onda propagándose a través de una rendija. Tomado de: Wikipedia, 2015.

12.1.1.1 Luz difusa

La luz difusa es tenue sin la intensidad ni el resplandor de la luz directa, está diseminada y viene desde todas las direcciones. Por lo tanto, parece envolver a los objetos y no genera sombras pronunciadas. (Techlandia, s.f.).

La importancia de manipular la dirección de la luz de una forma controlada sobre una superficie traslúcida de textura lisa, permite generar un esparcimiento uniforme en el momento de atravesarla, logrando el paso de una luz difusa o sólida generando ambientes de confort en el interior de la edificación y evitando problemáticas de deslumbramientos por la incidencia de la luz directa en los objetos.

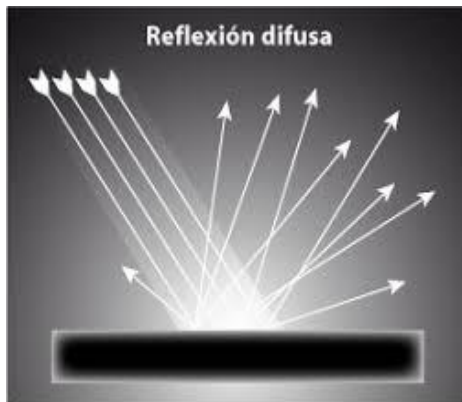


Figura 33. Reflexión difusa. Tomado de: Cuevas, 2016.

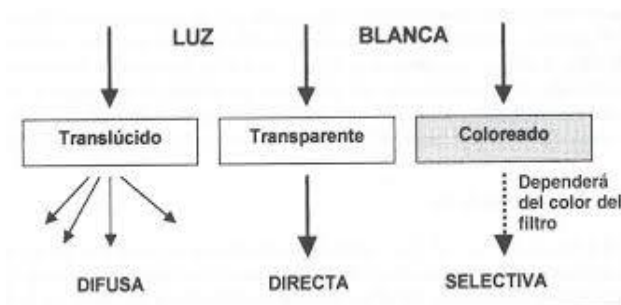


Figura 34. Traspaso de luz. Tomado de: Cuevas, 2016.

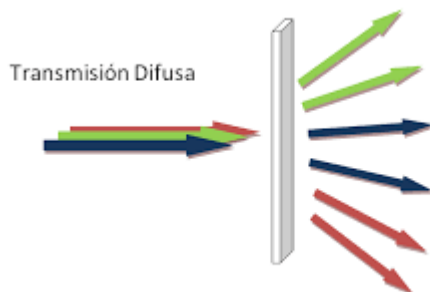


Figura 35. Trasmisión difusa. Tomado de: Anónimo, 2019.

12.1.2 Reflexión

Al incidir la luz en cuerpo la materia se retiene en éste por unos instantes, posteriormente, se remite en el mismo ángulo que incide, esto ocurre en superficies lisas, corrugadas y opacas donde la mayor parte de la radiación se pierde y es absorbida por el material. La reflexión de la luz es el cambio de dirección que experimenta la onda magnética al entrar en contacto con la superficie.

Este se produce en la superficie de todos los cuerpos y es una de las principales propiedades y fenómenos perceptibles del comportamiento de la luz al incidir sobre la superficie de los objetos. Cuando la luz incide sobre la superficie de estos cuerpos, parte de esta luz (radiación electromagnética) es absorbida y la otra es reflejada de acuerdo a la longitud de onda de la radiación.

“La reflexión de una determinada frecuencia de ondas es la responsable de la visualización de los colores de los objetos y de la apariencia visual de la superficie. Ésta se rige por la ley de reflexión que dice que el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia del rayo de luz sobre la superficie reflejante con respecto a la normal de la superficie” (Meneses, 2015, p.44).

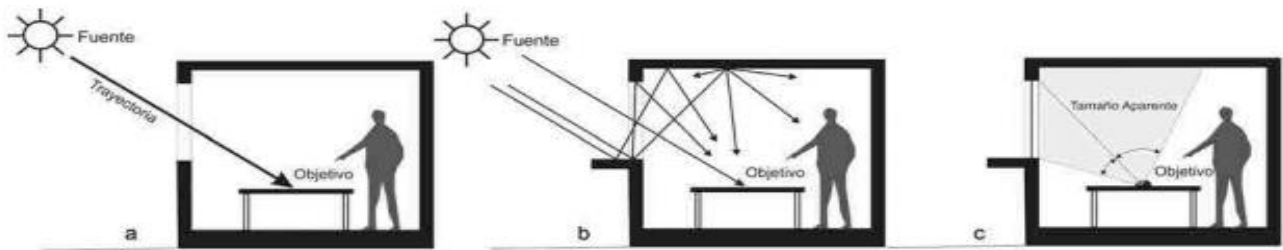


Figura 36. a. Esquema de análisis lumínico simple; b. Esquema de análisis lumínico complejo: múltiples reflexiones; c. Esquema de visibilidad del objetivo. Tomado de: Moore (1985).

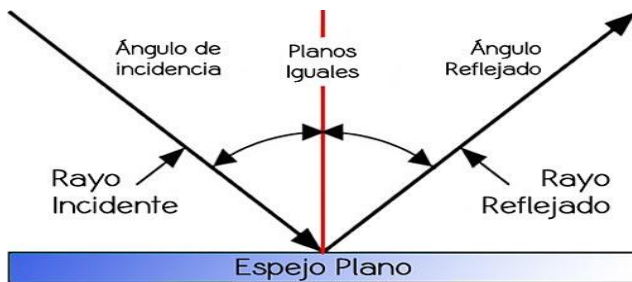


Figura 37. Reflexión de la luz. Tomado de: Fotonostira (2016).

Analizando cómo se comporta el rayo electromagnético al hacer contacto con una superficie es posible concluir que al ubicar una superficie de manera correcta con un material adecuado se podría manipular la incidencia solar a conveniencia, un ejemplo es el uso de la repisa solar para el ingreso de la luz natural hacia el interior del edificio.

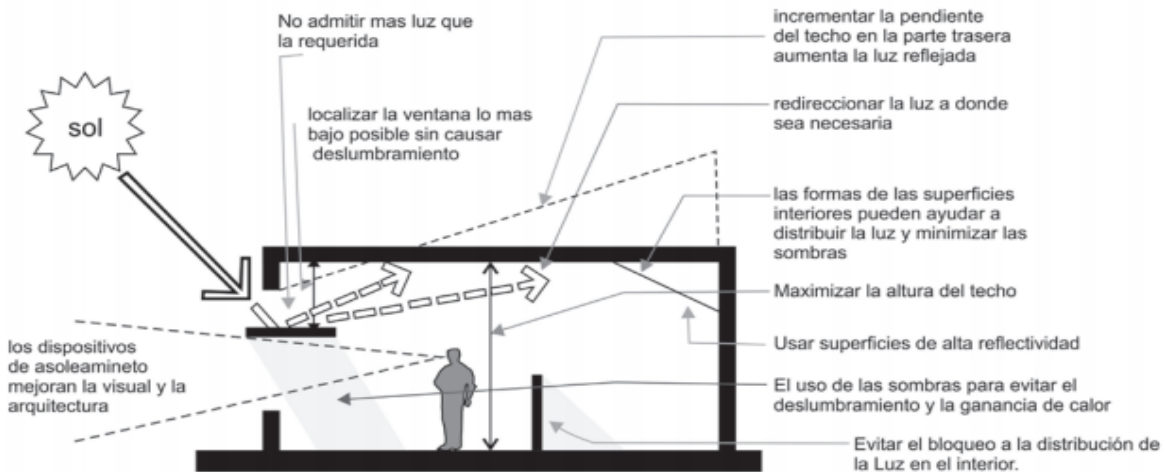


Figura 38. Gráfico de estrategias para el uso eficiente de la luz solar. Tomado de: Egan y Olgway (2001).

Materialidad:

“Según las condiciones de reflectividad de los materiales constitutivos de las superficies, la luz que ingresa al espacio podrá ser absorbida por superficies opacas con baja reflectividad, consumiéndose la luz y apropiándose de su energía para ser devuelta debilitada al espacio. También podrá ser reflejada por superficies opacas altamente reflectivas que permiten que la luz rebote múltiples veces en el espacio inundándolo con su energía y envolviendo cada rincón del espacio, casi desmaterializando la materia con su presencia.” (Meneses, 2015 p.69.)

Los materiales más adecuados a implementar para mejorar la reflexión de la luz solar deben cumplir con las especificaciones requeridas, ya que cada elemento del módulo propuesto cumple con una función y maneja un concepto específico, en algunos casos es

necesario que la materialidad sea opaca y en otros translucido, permitiendo el direccionamiento de la incidencia solar, puede ser liso, rugoso o perforado dependiendo su ubicación y posicionamiento para poder cumplir con el objetivo específico planteado en la propuesta.

13. Análisis de tipologías modulares propuestas

Partiendo del análisis para la forma del módulo se desarrollan una serie de ejemplares que satisfacen la necesidad del control de ingreso solar, mediante un proponente de fachada adaptable a cualquier tipología de diseño arquitectónico, permitiendo una tipología de ensamble rápido y cumpliendo con unos estándares de conformidad al usuario.

Los parámetros más destacados en el análisis de las encuestas, determinan cuales son las variables más usadas para resolver problemáticas en la afectación visual de la salud. Por medio de la recolección de datos y tabulación de los mismos, la población residente establece las medidas de control sobre estas problemáticas. (Ver anexo 1)

Seguido de esto se realiza un análisis de las determinantes básicas de accesibilidad, condiciones sociales y culturales y determinantes económicas, posteriormente se tabulan estos datos para obtener los datos de rentabilidad económica del proyecto planteado y finalmente se procede al desarrollo de esquemas visuales referentes al proponente con el fin de atraer más inversionistas dependiendo la calidad de los mismos.

Para el planteamiento de la propuesta de fachada modular se investigan diferentes tipologías de fachadas modernas, con el fin de establecer la forma, material y el sistema estructural más adecuado para intervenir la problemática de iluminación solar reflejadas en las fachadas acristaladas, los siguientes referentes analizados arrojan las siguientes determinantes de diseño:

13.1 Prototipo Cóncavo y Convexo

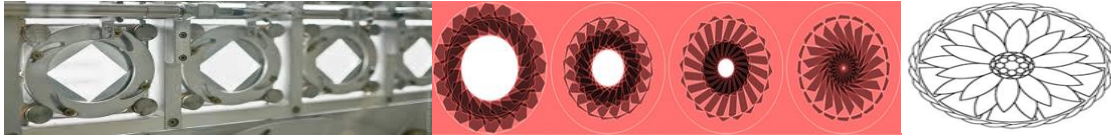


Figura 39. Sistema modular girasol. Tomado de: Anónimo, 2014.

Parte desde las particularidades naturales del girasol, desarrollando su configuración geométrica de forma mecánica, buscando las formas que resaltan este elemento, se tomaron las figuras circulares y semicirculares con el fin de generar una superposición de elementos capaces de contraerse al tiempo. Este desarrollo permite la filtración regulada de la luz por medio de movimientos coordinados y la utilización de sensores.

13.1.1 Modulación

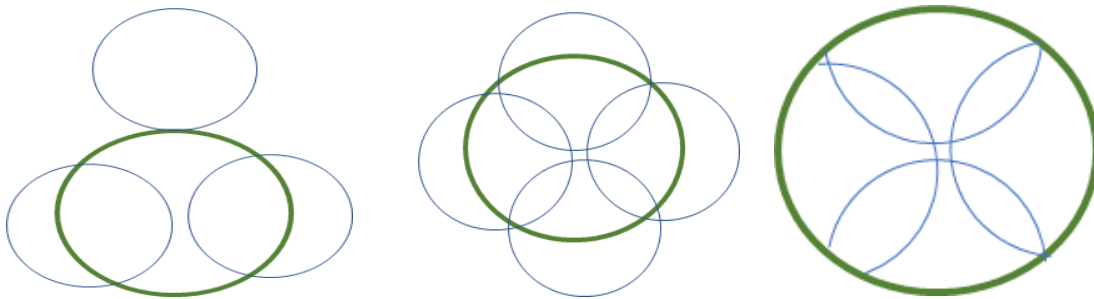


Figura 40. Modulación circular. Elaboración propia.

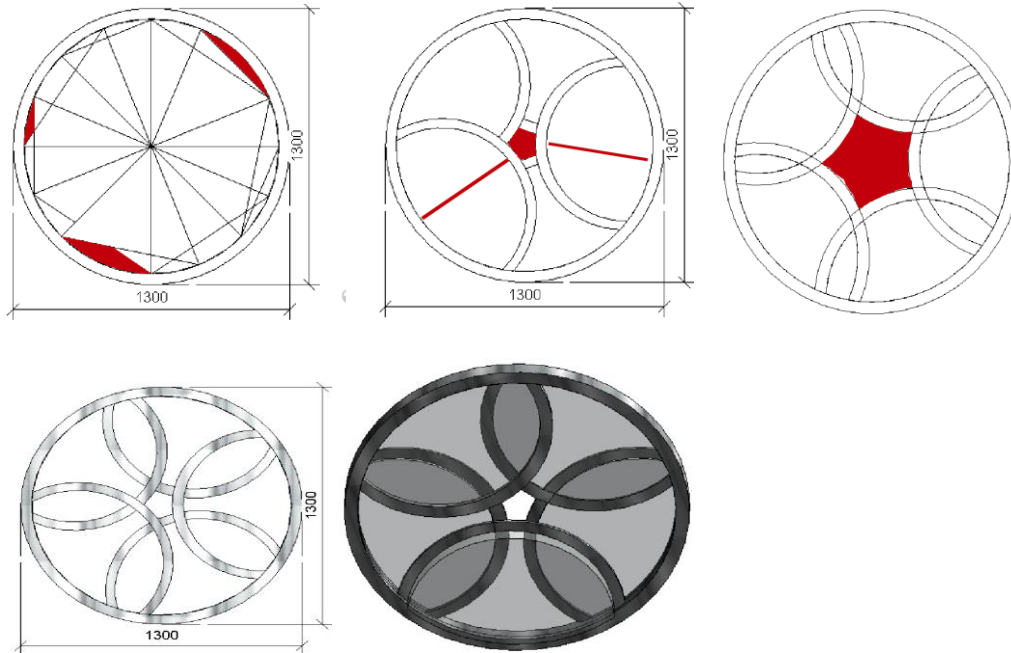


Figura 41. Propuesta Inicial Módulo. Elaboración propia.

13.1.2 Materialidad tela Tensoflexada



Figura 42. Materialidad tela Tensoflexada en módulo circular. Elaboración propia.

El desarrollo de esta propuesta se realizó en materiales tales como marco en aluminio y la malla micro perforada en acrílico de 5mm de espesor, las conclusiones generales fueron la filtración de la luz a un 60% y el índice de deslumbramiento cambio de 23 a 21. Como análisis de resultados se determinó que la micro perforación del acrílico no cambiaba los resultados de deslumbramiento, pero si controlaba el paso de luz, además

queda comprobado que los sistemas de automatización y mecánicos son de un costo elevado por lo cual la implementación del mismo no es viable para todo tipo de edificación y por último su forma no era adaptable a toda tipología de edificación.

Una de las principales deficiencias del módulo es la separación que hay entre circunferencias, generando una tipología de pechinas.

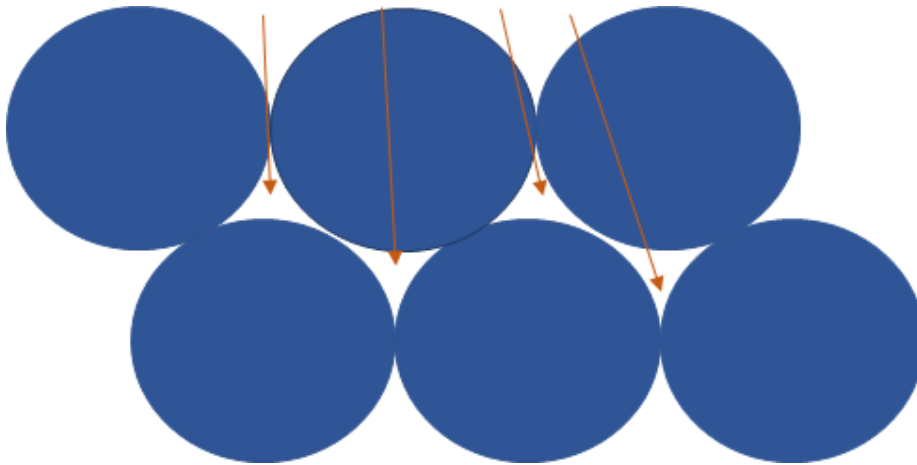


Figura 43. Distribución de módulo circular. Elaboración propia.

13.2 Panel Hexagonal



Figura 44. Formas hexagonales en la naturaleza. Tomado de: Limbach, 2010.

Los parámetros de intervención en las formas hexagonales surgen como corrección de las problemáticas evidenciadas en la propuesta de módulos circulares, con el fin de

evitar los espacios entre los mismos y generar una capa de cobertura maciza. En la naturaleza este sistema se observa en la elaboración de los paneles de abejas, donde su desarrollo tiene como funcionalidad captar la miel, generando un sistema organizado de recolección, esto a su vez hace parte fundamental del sistema estructural del panel.

13.2.1 Modulaci3n



Figura 45. Modulaci3n Hexagonal. Tomado de: Breiconsmartblog, 2019.

El desarrollo de esta propuesta cuenta con movimientos c3ncavos, capaces de regularse debido a las necesidades de recubrimiento solar, donde la utilizaci3n de mecanismos mec3nicos, como los brazos hidr3ulicos, son fundamentales para generar esta tipolog3a de movimiento.

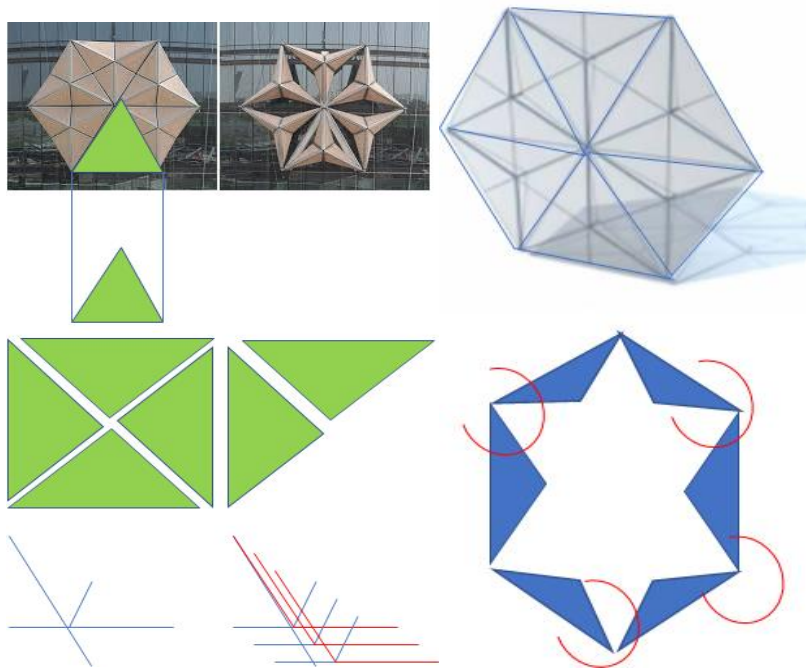


Figura 46. Determinantes de diseño hexagonal. Tomado de: Arkipus, 2018.

La composición geométrica utilizada en este prototipo son pestañas triangulares entrelazadas capaces de regularse con la ayuda de sensores lumínicos que medirán los niveles de ingreso luminoso exterior e inmediatamente mandaría el movimiento necesario a los ejes hidráulicos para regular la posición más correcta para obstruir el ingreso solar.

13.3 Módulo persiana



Figura 47. Propuesta Final Módulo Persiana. Elaboración propia.

Se analizaron tres tipologías de formas básicas con el fin de definir una sola, la más oportuna para el desarrollo del proyecto de estos tres prototipos, presenta el que mejor estándar de respuesta frente a las necesidades que se buscaban solucionar , se compone de una forma de paralelogramo, con la inclusión de sistemas mecánicos , permitiendo que la misma sufra una serie de cambios de posición estática según lo requiera el usuario, además tiene la factibilidad de ser anclada a sistemas de control domótica por medio de sensores fotovoltaicos y sistemas informáticos Dalí, permitiendo versatilidad en la propuesta.

Los Sistemas de anclaje para este módulo, parten del análisis de las determinantes constructivas más recurrentes en el siglo 21, donde se establecieron los rieles y anclajes fijos adosados al sistema estructural de la edificación, por ende, se desarrolla un sistema de contracción rectilínea anclada a los cinco travesaños dispuestos en el módulo y regulados de manera mecánica mediante palancas ubicadas en la parte superior de la propuesta.

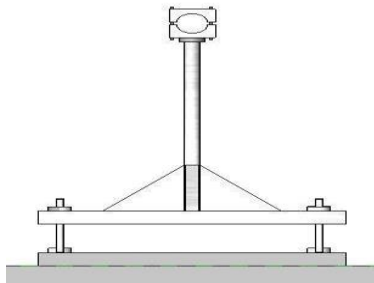


Figura 48. Anclaje para fachada tipo persiana. Elaboración propia.

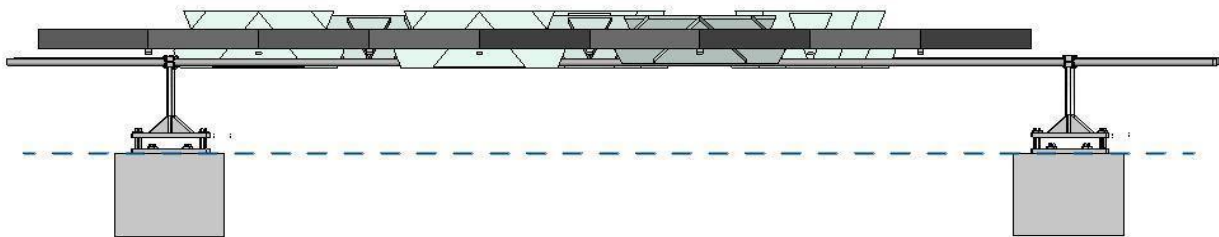


Figura 49. Distribución modular vista en corte. Elaboración propia.

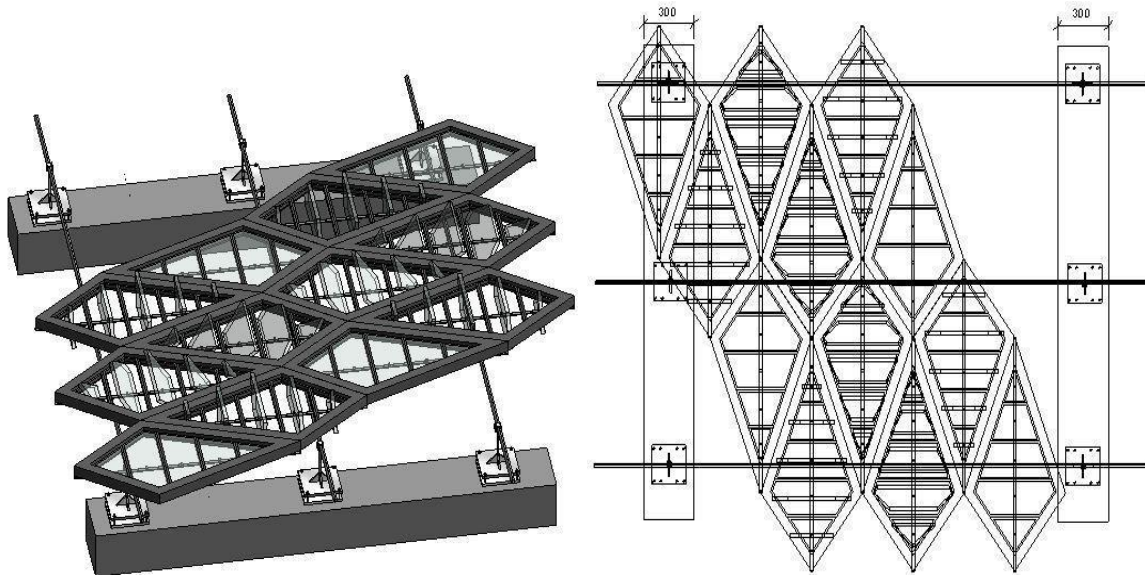


Figura 50. Diagramación de módulo según incidencia solar. Elaboración propia.

La propuesta consta de variedad de disponibilidad frente a la solución de otras problemáticas y no va ligada a que su implementación debe ser continua en la envolvente arquitectónica, por tal motivo da la posibilidad de generar diversidad de tramas sin limitarse a ninguna tipología de diseño.

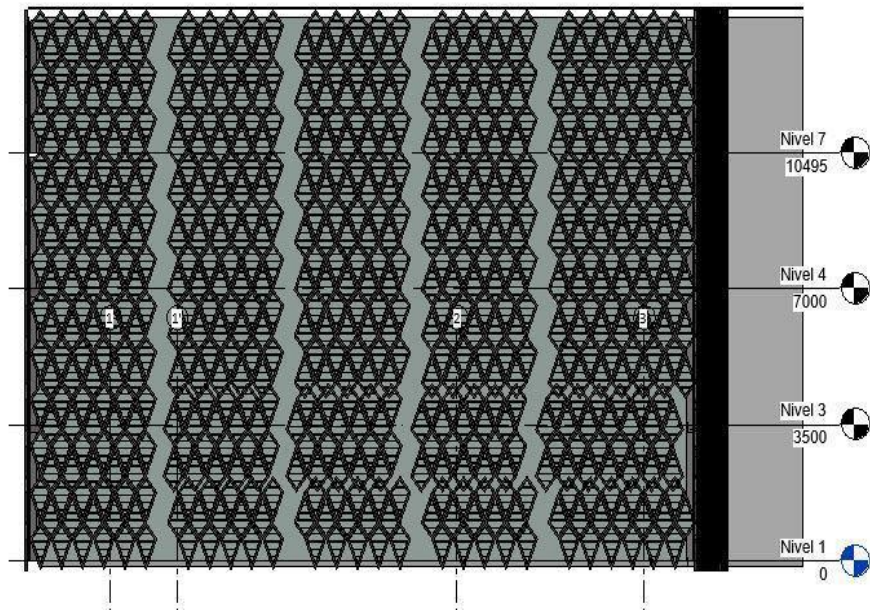


Figura 51. Disposición modular en estudio de caso Elaboración propia.

14. Desarrollo módulo adaptable

Con las determinantes estructurales del caso de estudio es necesario el planteamiento de un sistema estructural adicional, capaz de sostener elementos longitudinales y transversales livianos de aluminio.

El sistema estructural actual de la fachada de caso de estudio cuenta con columnas verticales en IP, con prensas de agarre verticales para sostener los cristales propuestos en el diseño inicial, dando la transmisión de peso en la placa de entrepiso por nivel. Sin embargo, la columna en IP queda un 50% descubierta al exterior lo cual permite el anclaje de otros elementos estructurales adicionales.

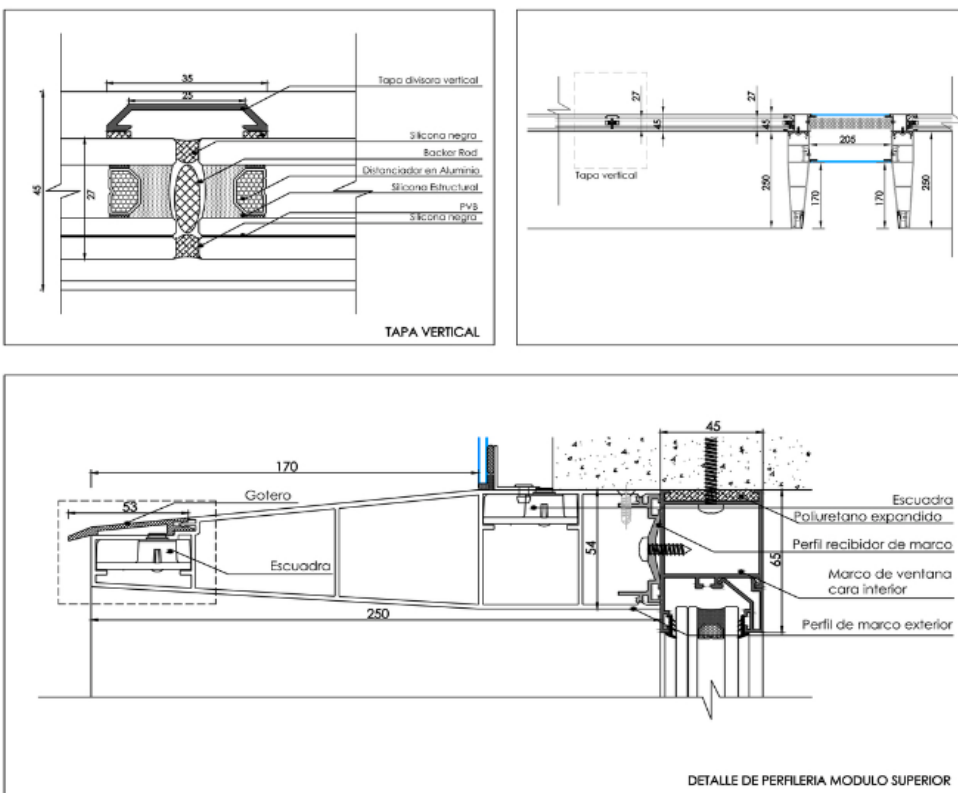


Figura 52. Sistema estructural fachada. Tomado de: Constructora Sestral, 1987, p.1.

La adaptación del nuevo sistema de envolvente arquitectónico permite adherirse a este sistema estructural por medio de soportes metálicos anclados al alma de la IP por

medio de 8 perforaciones expansivas a lo largo de cada tramo de IP que consta de 2.5m de longitud.

Corte fachada con adosamiento de propuesta

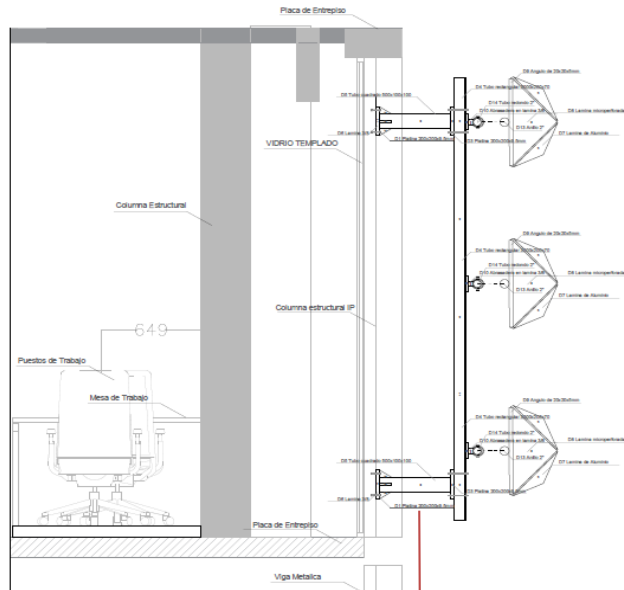


Figura 53. Anclaje de soporte metálico a estructura estudio de caso. Elaboración propia.

Soporte metálico

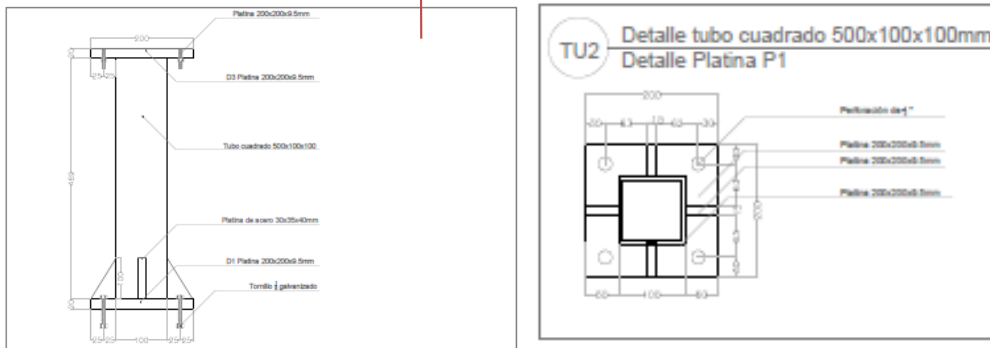


Figura 54. Soporte metálico estructura propuesta. Elaboración propia.

Para la elaboración del soporte metálico las piezas a tener en cuenta son las siguientes, unidas con soldadura MIC en un espesor de cordón de 3mm espina de pescado dando rigides a la pieza armada.

Para responder a el objetivo principal de realizar un módulo adaptable a cualquier tipo de edificación es necesario desarrollar un sistema estructural capaz de regular el posicionamiento del módulo propuesto en el eje vertical y de forma gradual entre 90° a 180°, con el fin de mejorar y controlar los rayos solares que inciden desde diferentes ángulos, el sistema estructural propuesto es liviano y su carga se distribuye a través de las placas de entre piso de cada nivel transmitidas al suelo, además su peso neto es bajo ya que está diseñado en estructura metálica de aluminio y cold rolled.

Platinas metálicas

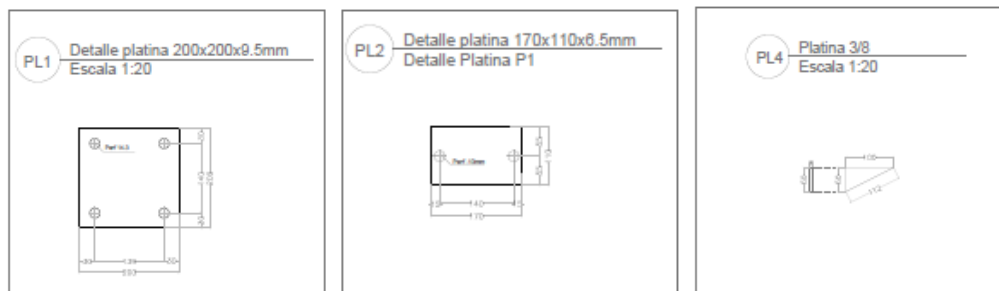


Figura 55. Platinas de conjunto soporte. Elaboración propia.

Posteriormente la propuesta estructural cuenta con un elemento estructural vertical tubular perforado cada 140mm, esto para dar versatilidad en la ubicación de la sección del módulo, adaptandolo a las necesidades de sombreo y control solar necesarias para generar confort interior.

Tubo Rectangular 200x70x3000mm

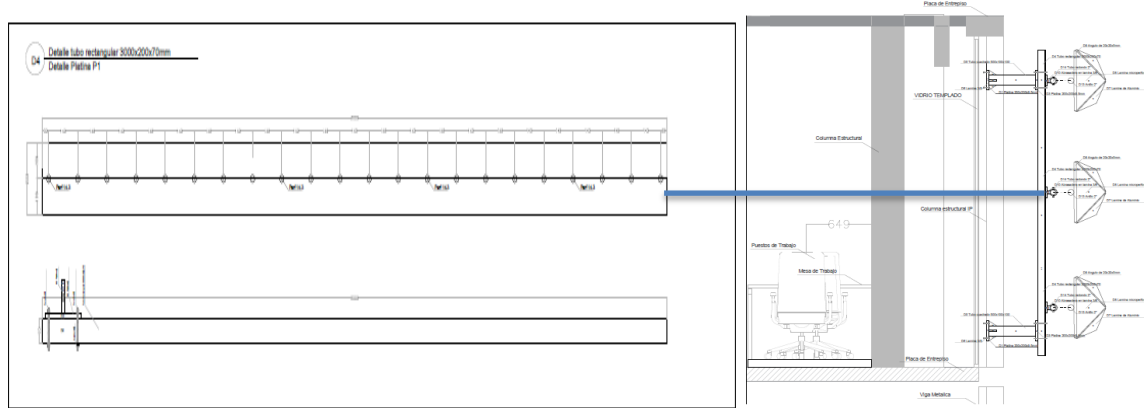


Figura 56. Tubo rectangular graduable. Elaboración propia.

Para dar respuesta a las necesidades de inclinación del módulo con fin de generar el mejor aprovechamiento del rebote solar y guiarlo al interior de la edificación de forma difractada en el cielo raso, se propone un anclaje tipo abrazadera capaz de regular a la inclinacion de la hilera unificada en 180°.

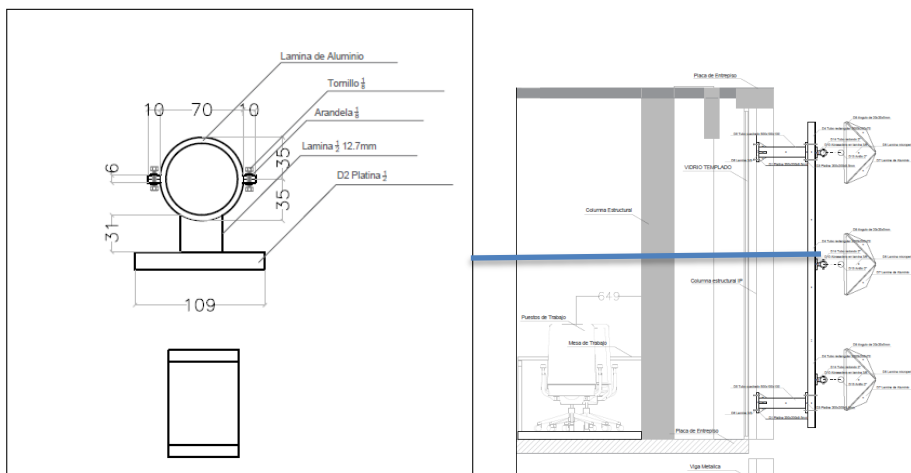


Figura 57. Anclaje tipo abrazadera. Elaboración propia.

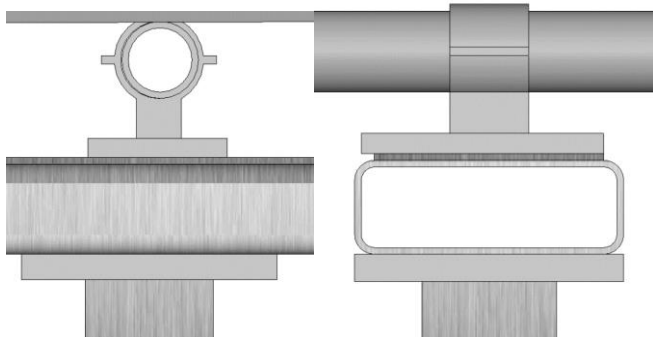


Figura 58. Anclaje tipo abrazadera. Elaboración propia.

Especificaciones de material:

- ¿Tubería metálica con uso de platinas? Metálica de $\frac{3}{4}$ 20x20x1 cm
- Perforaciones de $\frac{1}{2}$ pulgada
- Tornillo galvanizado $\frac{1}{2}$
- Soldadura a 45° espina de pescado.
- Perforaciones $\frac{1}{8}$
- Perfil rectangular 20x7x 250cm espesor 5mm perforaciones cada 25cm.

Este anclaje permite fijar la posición de un tubo pasante de diámetro 2" galvanizado con perforaciones de $\frac{1}{8}$ el cual sostiene el módulo de fachada en aluminio microperforado, este tubo cuenta con perforaciones radiales pasantes para graduar de forma individual la posición final del módulo, dependiendo del análisis solar.

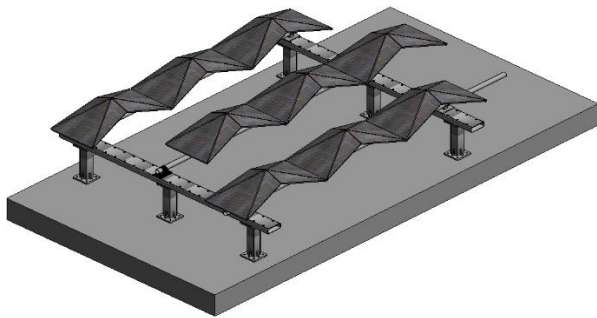


Figura 59. Modulaci3n tipo fachada final. Elaboraci3n propia.



Figura 60. Tubo circular pasante graduable. Elaboración propia.

Para dar respuesta a las necesidades de reflectividad, encapsulamiento y difracción de luz solar, se propone una forma cóncava con partes lisas en material de aluminio, con el fin de realizar el concepto de repisa solar, el material del modulo es de aluminio sólido y aluminio microperforado capaz de disipar el calor y mejorar las condiciones de temperatura del interior, la microperfocación tiene como funcionalidad permitir el paso de aire y el ingreso de luz la cual se difracta sobre tela color blanca que esta dispuesta en la parte posterior del módulo.

El encapsulamiento lumínico generado por el sellado del módulo con ayuda de la tela tensoflexada y la permeabilidad de los rayos solares atreves del material micro perforado, genera un sistema de retroiluminamiento permanente en el interior de la edificación, reduciendo la necesidad de utilización de sistemas de iluminación artificial.

El módulo cuenta con inclinaciones capaces de mejorar las determinantes de rebote solar y direccionamiento angular de la luz, ademas es liviano y su sistema de sujeción es a base de tornillos pasantes por medio de las microperforaciones anclándolo a un tubo circular de 2" galvanizado.

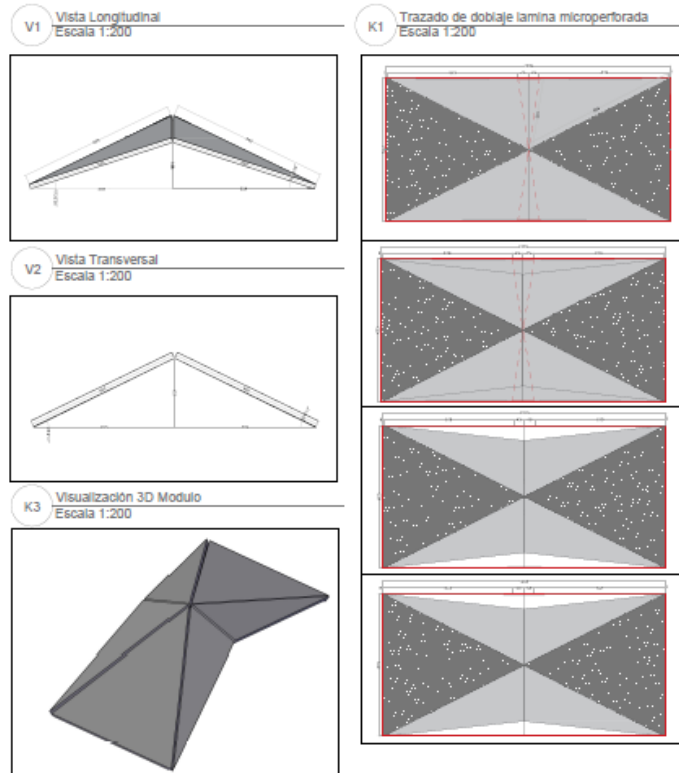


Figura 61. Sistema de doblado y armado módulo adaptable. Elaboración propia.

14.1. Metodología de análisis luminotécnicos

Con el fin de establecer los cambios y variaciones mantenidas de las incidencias lumínicas presentes en un año tipo, se desarrollan 48 pruebas luminotécnicas, las cuales determinaran la necesidad de la utilización de un sistema de control lumínico, capaz de mejorar las condiciones de confort lumínico y térmico dentro de la edificación.

Para determinar las mejores propiedades del sistema capaz de regular las incidencias lumínicas presentes en el edificio usado como estudio de caso, se gradúa de manera general todos los módulos establecidos en las cuatro fachadas, determinando la mejor inclinación por cada cara de la edificación, este proceso permite comprobar la necesidad de establecer la propuesta modular como un sistema graduable en el proceso de instalación y determinado desde los análisis previos de incidencia solar, para establecerlo como un sistema estático funcional durante todo el año.

Estos parámetros permiten el control específico de la luz, la forma de direccionar los rayos solares depende del ángulo de ubicación del módulo. La forma de este específicamente responde a un sistema estático regulable capaz de adaptarse a 180° de manera rotacional y 14 posibilidades de ubicación vertical.

Los procesos de inclinación y graduación vertical más adecuados por cada una de las caras de la fachada son los siguientes:

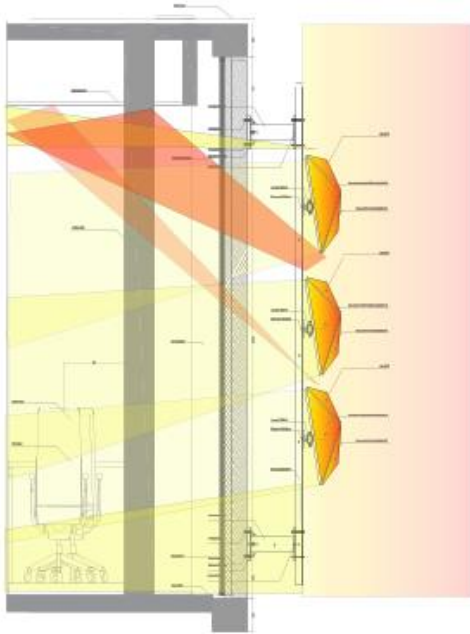


Figura 62. Ingreso Solar fachada carrera 80A. Elaboración propia.

Para la fachada occidental comprendida sobre la calle 80A la disposición modular esta inclinada a 120° , debido a que la incidencia lumínica debe obstruirse frontalmente puesto que su incidencia es directa durante el transcurso del día, sin embargo, esta disposición permite generar la reflexión solar direccionándola hacia el cielo raso y los muros dispuestos dentro de la edificación, mejorando la uniformidad lumínica reflectada sobre estas superficies de materialidad lisa y color blanca.

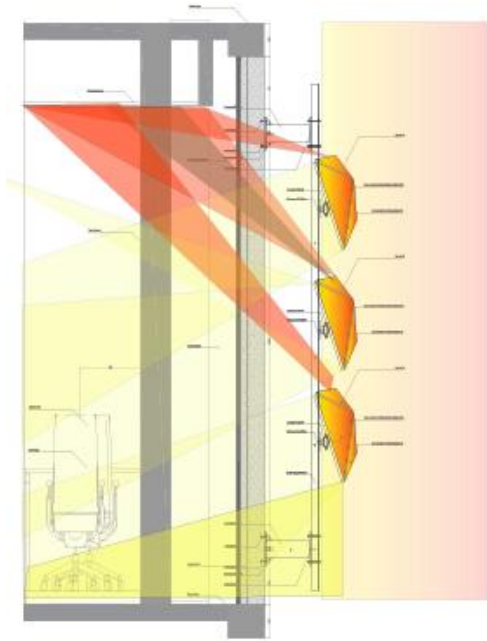


Figura 63. Ingreso Solar fachada calle 11. Elaboración propia.

Para la fachada oriental comprendida sobre la calle 11 la disposición modular está inclinada a 135° , debido a que la incidencia lumínica debe obstruirse con un ángulo de 60° durante el transcurso del día, sin embargo, esta disposición permite generar la reflexión solar direccionándola hacia el cielo raso y los muros dispuestos dentro de la edificación, mejorando la uniformidad lumínica reflejada sobre estas superficies de materialidad lisa y color blanca.

El encapsulamiento lumínico generado por el sellado del módulo con ayuda de la tela tensoflexada y la permeabilidad de los rayos solares a través del material micro perforado, genera un sistema de retroiluminamiento permanente en el interior de la edificación, reduciendo la necesidad de utilización de sistemas de iluminación artificial.

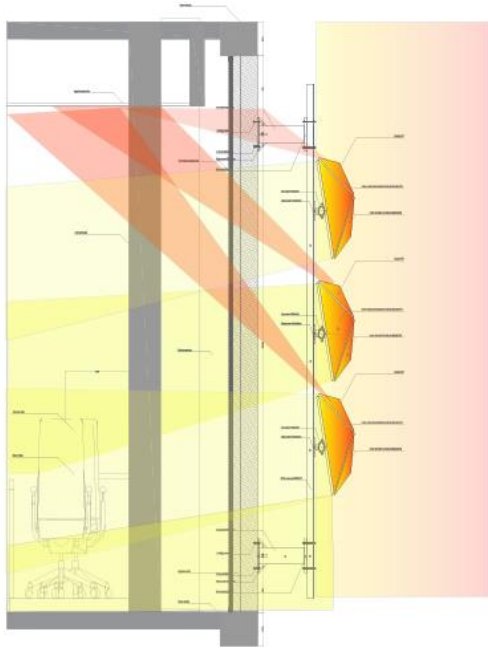


Figura 64. Ingreso Solar fachada carrera 80. Elaboración propia.

Para la fachada oriental comprendida sobre la carrera 80 la disposición modular esta inclinada a 120° , debido a que la incidencia lumínica debe obstruirse con un ángulo de 45° durante el transcurso del día, sin embargo, esta disposición permite generar la reflexión solar direccionándola hacia el cielo raso y los muros dispuestos dentro de la edificación, mejorando la uniformidad lumínica reflectada sobre estas superficies de materialidad lisa y color blanca.

El encapsulamiento lumínico generado por el sellado del módulo con ayuda de la tela tensoflexada y la permeabilidad de los rayos solares a través del material micro perforado, genera un sistema de retroiluminamiento permanente en el interior de la edificación, reduciendo la necesidad de utilización de sistemas de iluminación artificial.

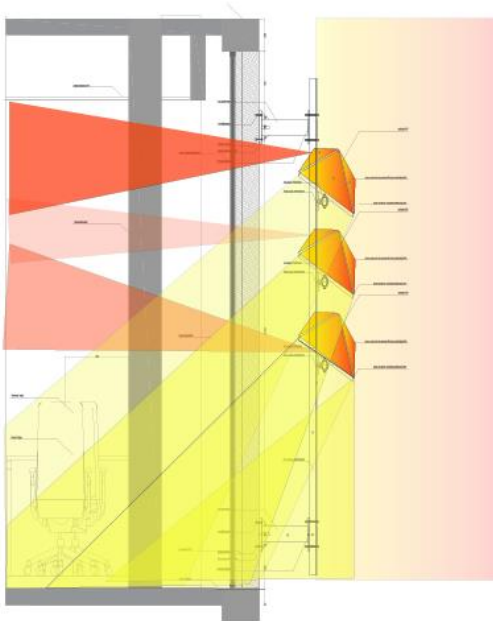


Figura 65. Ingreso Solar fachada calle 11A. Elaboración propia.

Para la fachada oriental comprendida sobre la calle 11A la disposición modular esta inclinada a 155° , debido a que la incidencia lumínica debe obstruirse con un ángulo de 72° durante el transcurso del día, sin embargo, esta disposición permite generar la reflexión solar direccionándola hacia el cielo raso con mayor profundidad y alcance de longitud de reflexión de rayos solares dentro de la edificación, mejorando la uniformidad lumínica reflectada sobre estas superficies de materialidad lisa y color blanca.

Para determinar la forma más adecuada de posicionar los módulos de fachada propuestos, es necesario desarrollar pruebas luminotécnicas a través de la utilización del luxómetro, utilizando 6 puntos de medición por superficie de trabajo, para determinar la iluminación promedio y la uniformidad lumínica del espacio medido, para realizar estos procesos el RETILAP establece una tabla de mediciones que permite tomar datos específicos de niveles lumínicos, los datos arrojados por las pruebas luminotécnicas realizadas a cada prototipo de iluminación son los siguientes. (Ver anexo 2)

El formato correspondiente para realizar las pruebas luminotécnicas establecido por la normativa RETILAP consiste en la toma de 6 mediciones simétricas sobre la superficie de trabajo, los resultados posteriormente se suman y se dividen entre 6, obteniendo la media objetivo constante sobre la superficie, posteriormente se toman el valor más alto valor más bajo de estas mediciones y se dividen obteniendo el porcentaje de uniformidad.

FORMATO 3

MEDIDAS DE ILUMINANCIA EN LOS PUESTOS DE TRABAJO

EMPRESA: _____ SECCIÓN: _____

FECHA: _____ HORA: _____

OFICIO: _____ EQUIPO MEDICIÓN: _____

Tabla de datos

Lectura puesto de trabajo	Altura sobre el piso	NIVEL DE ILUMINANCIA						
		Plano			General únicamente		General + suplementaria	
		Vertical	Horizontal	Inclinado	Prom.	Rango recomendado	Prom.	Rango recomendado

Figura 66. Medidas de iluminancia en los puestos de trabajo. Tomado de: RETILAP 2010

Para complementar la tabla de datos es necesario establecer la altura de los puestos de trabajo que en el caso de estudio es de 0,75m desde el suelo, además se enfatiza en el posicionamiento del puesto de trabajo que es de forma horizontal con el fin de generar la retícula simétrica de 6 puntos equidistantes.

Para concluir la efectividad del módulo desarrollado, se tomaron tres pruebas por puesto de trabajo, de las cuales se obtuvieron diferentes datos concluyentes para afirmar la efectividad del módulo, los resultados fueron los siguientes:

La primera prueba se tomó con la utilización de las persianas desplegadas en su totalidad dispuestas en el caso de estudio y el aporte de la iluminación artificial que se dispone actualmente en el mismo, los resultados obtenidos fueron entre 430lx y 580lx y uniformidades de 33 a 38%, menores a los permitidos por la normativa, la cual establece niveles promedio entre 750lx a 1000lx y uniformidades de 40%.

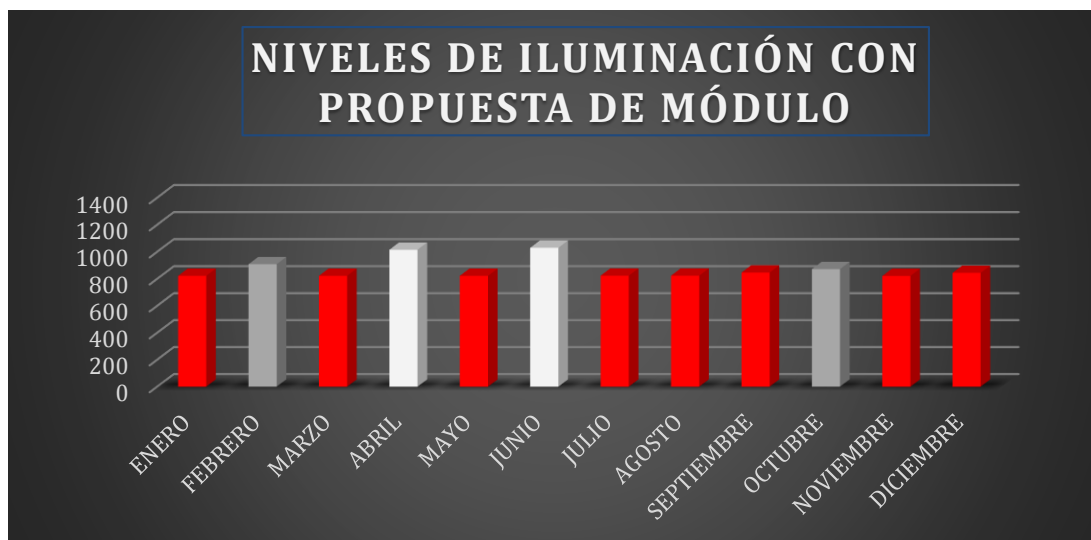
La segunda prueba se tomó con la influencia de la luz natural y luz artificial sobre la superficie de trabajo, los resultados obtenidos fueron entre 3500lx hasta 7340lx y uniformidades de 29% y 42%, los niveles lumínicos sobrepasaron 5 a 6 veces lo permitido por la normativa y la uniformidad lumínica promedio podría ser aceptable para los usuarios.

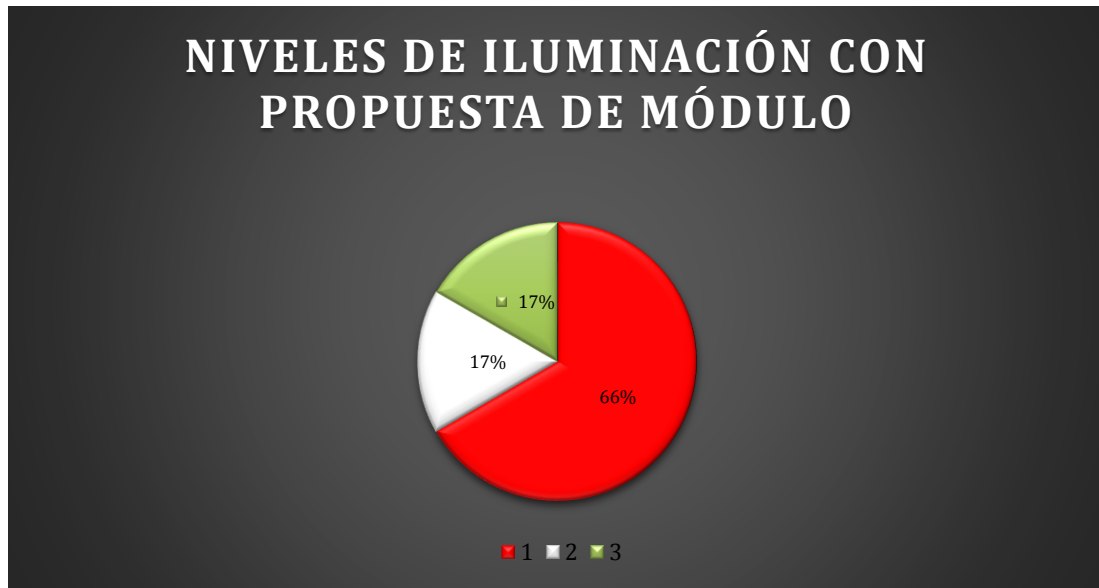
La tercera prueba consistió en la utilización del módulo propuesto con diferentes inclinaciones predeterminadas de pruebas alternas según la ubicación de cada fachada y la incidencia que tenía cada una, además la ausencia de luz artificial, los resultados obtenidos fueron entre 850lx a 1000lx y uniformidades de 48% y 51%, los niveles y uniformidades cumplieron con los parámetros para certificación RETILAP y redujeron la utilización de sistemas de iluminación artificial y aire acondicionado puesto que la energía de las luminarias genera calor en el espacio absorbido por los muebles y componentes de la oficina.

Para definir en el caso de estudio cuáles son las inclinaciones del módulo necesarias para obstruir y controlar la incidencia solar, es necesario realizar pruebas por medio de

prototipos a escala y realizar mediciones luminotécnicas de los niveles de iluminación obtenidos al interior, después de las pruebas se determina que las mejores inclinaciones y regulaciones verticales dadas las cuatro fachadas acristaladas son las siguientes: fachada sur 120° separación entre líneas modulares de 1 metro entre estas a eje , fachada oriental 155° separación entre líneas modulares de 80 cm entre estas a eje, fachada occidental 120° separación entre líneas modulares de 1 metro entre estas a eje y fachada norte 135° separación entre líneas modulares de 1 metro entre estas a eje, las inclinaciones y regulaciones arrojaron en las pruebas luminotécnicas niveles de iluminación entre 600lx y 1000lx siendo permitidos por la normativa RETILAP que establece en puestos de trabajo abiertos niveles lumínicos de 750 a 1000lx y una uniformidad entre el 40 y 60°.

Los resultados de la iluminación mantenida en el caso de estudio después de la aplicación del módulo diseñado, dan como conclusión que las uniformidades en las diferentes zonas interiores establecidas en el caso de estudio mejoraron sus condiciones representándolas de la siguiente forma:





Estas inclinaciones permiten el control lumínico eficiente en el 66% del año cumpliendo los parámetros normativos establecidos por RETILAP, el 34% restante cumple con los parámetros de uniformidad lumínica en el espacio, sin embargo, los niveles de iluminación sobrepasan los 1000lx permitidos por la norma llegando a 1200 y 1300lx, estas son diferencias aceptables puesto que se dan en 3 de los meses del año y en días específicos por lo cual no son de gran aporte a la funcionalidad correcta del módulo.

15. Conclusiones

El diseño arquitectónico del edificio 80/Once con fachada acristalada, presenta problemáticas de deslumbramiento visual y de efecto invernadero generadas por las determinantes climáticas presentadas en la zona de ubicación, generando la necesidad de implementar un sistema de segunda piel capaz de resolver estas problemáticas con el fin de mejorar el estado de confort dentro de la edificación.

Por medio de las encuestas realizadas al personal que labora en este lugar, se determina la inconformidad del personal frente al deslumbramiento óptico del espacio proveniente de los grandes ventanales, optando por la iluminación artificial y el uso de cortinas como obstructoras del ingreso lumínico.

Las necesidades de confort de los usuarios del caso estudio, son de uniformidad lumínica y control de temperatura en los puestos de trabajo perimetrales en la edificación, además, los estándares de deslumbramiento y enfermedades visuales establecen necesidades de regulación o filtración de los rayos solares que traspasan por el sistema de fachada acristalada actual.

Con el análisis de diferentes propuestas de fachadas utilizados en la actualidad, se llega a la conclusión que el módulo a implementar en la edificación debe ser regulable durante el proceso de instalación para posteriormente ser un sistema estático, con base en los recorridos solares previos, además es de costo accesible y de fácil implementación en cualquier tipo de edificación con envolvente acristalada.

Además de ser un sistema estático por medio de la unificación de los conceptos de encapsulamiento lumínico, refracción solar, difracción lumínica, reflexión de luz, interreflexión lumínica y transparencia visual, el módulo propuesto en forma cóncava con

materialidades sólidas y micro perforadas de textura lisa y de colores blanco y plateado, posibilita mejorar el ingreso de la luz solar logrando la uniformidad lumínica necesaria en el espacio.

Es necesario implementar un material micro perforado en el módulo desarrollado para generar el aprovechamiento de encapsular la luz, generando un elemento fotolumincente que difracte los rayos solares y se retro ilumine durante todo el día. La forma del objeto propuesto responde a las necesidades de los conceptos anteriores, puesto que su forma y la disposición de materialidades específicas permiten la regulación necesaria para mejorar las condiciones de incidencia lumínica en el interior de la edificación.

El sistema modular propuesto varía dependiendo la ubicación geográfica de la edificación, debido a los cambios del recorrido solar durante el día por la rotación de la tierra, no obstante, el ingreso de iluminación es directa o indirecta por la reflexión solar sobre todos los elementos dispuestos en el espacio. Por otro lado, establece nuevas posibilidades de envoltentes arquitectónicos como segunda piel, permitiendo regular las determinantes naturales provenientes del entorno inmediato, así mismo, la reducción en el consumo de energía artificial y la mejora continua del confort lumínico para los usuarios en la edificación.

La viabilidad en costo del sistema modular propuesto, en comparación con los sistemas Revestimiento Lite y el sistema de Fachada Ventilada pertenecientes a la compañía Hounter Douglas, siendo los de mayor frecuencia de uso, se destaca la ventaja competitiva frente a estos, recalcando el manejo adecuado del acceso solar con una regulación adaptable a las necesidades de los usuarios.

16. Bibliografía

- GIZ CONALEP. (2013). *Uso eficiente de energía en fachadas y cubiertas*. Ciudad de México. Recuperado de:
https://energypedia.info/wiki/File:GIZ_Uso_eficiente_de_energ%C3%ADa_en_fachadas_y_cubiertas_2013.pdf?page=29
- Piderit, A. G. (2017). *Evaluación post ocupacional del confort lumínico en edificios de oficina*. Bogotá. Recuperado de: https://issuu.com/dearq/docs/00_revistadearq20
- Fundermax. (2015). *Sistema de fachadas SCALEO y Sistema de fachadas MÓDULO*. Recuperado de:
https://www.fundermax.at/fileadmin/redakteure/Downloads_ESPANOL/Catalogos_Exterior/MODULO_SCALEO_Sistemas_ES_WEB.PDF
- Trujillo, J. L. (2016). *Investigación pre-normativa de control térmico en fachadas de edificios multifamiliares tipo VIS en la ciudad de Bogotá D.C.* Bogotá D.C. Recuperado de:
<http://www.bdigital.unal.edu.co/54897/7/JaiberLeandroVegaT.2016.pdf>
- Fontcuberta, M. B. (2014). *La arquitectura sostenible*. Bogotá D.C.: Fert Batxillerat. Recuperado de: <http://www.fertbatxillerat.com/wp-content/uploads/Briones-Marta-La-arquitectura-sostenible.pdf>
- Gruppe, H. (2016) Técnicas de distribución de la luz solar. *Eficiencia energética*. Recuperado de: <http://www.hildebrandt.cl/tecnicas-de-distribucion-de-la-luz-solar/>

- Gruppe, H. (2016) El papel de la envolvente en la arquitectura sostenible. *Arquitectura*. Recuperado de: <http://www.hildebrandt.cl/el-papel-de-la-envolvente-en-la-arquitectura-sostenible/>
- TROVATO, Graziella (2007). *Des-velos: autonomía de la envolvente en la arquitectura contemporánea*. Akal: Madrid. GAUSA, Manuel (2001). *Diccionario Metapolis de Arquitectura Avanzada*. Ed. Metapolis: Barcelona.
- Peraza, J. y Gutiérrez, J. (2014) *Estudio de los sistemas sostenibles implementados en la construcción de vivienda unifamiliar en la ciudad de Bogotá* (tesis de especialización). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.
- IDAE Instituto para la diversificación y ahorro de la energía. (2005) *Guía técnica, aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios*. Comité Español de iluminación, Madrid, España.
- Meneses, E. (2015) *La representación de la luz natural en el proyecto arquitectónico*. (tesis de doctorado). Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España.
- Ecured. (2019) *Teoría ondulatoria de la luz*. Recuperado de: https://www.ecured.cu/index.php?title=Teor%C3%ADa_ondulatoria_de_la_luz&oldid=3318533.
- Esclapés, J. (2012) *Adaptabilidad de la energía solar fotovoltaica sobre fachadas urbanas*. (tesis de doctorado) Universidad de Alicante, Alicante, España.
- Hernández, C. (2016) *Exceso de luz detona trastornos visuales*. Recuperado de: <https://www.salud180.com/salud-dia-dia/exceso-de-luz-detona-trastornos-visuales-0>

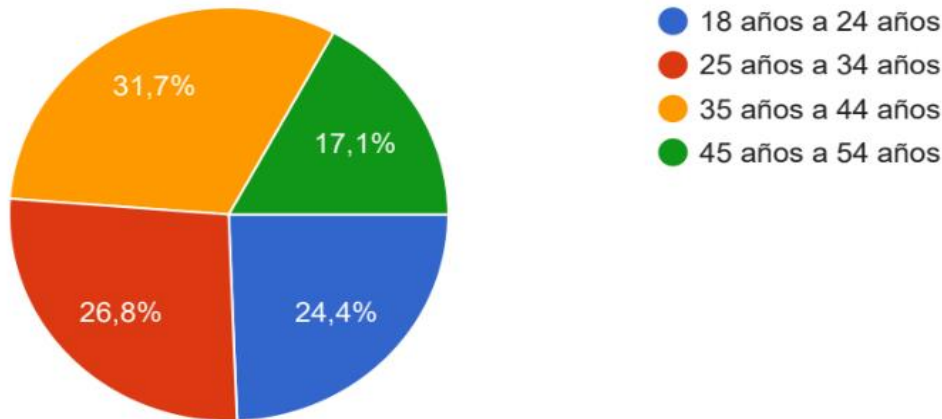
- Arquitectos Aedas. (2012) *Torres Al Bahar*. Recuperado de: <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/torres-al-bahar/>
- Intelli. (2015) *Efecto invernadero*. Recuperado de: <http://intelli.mx/efecto-invernadero/>
- Godoy, F. (2017) *El gran problema de los edificios de vidrio en la ciudad*. Recuperado de: <https://laderasur.com/articulo/el-gran-problema-de-los-edificios-de-vidrio-en-la-ciudad/>
- Velasco, R., y Robles, D. (2011). *Diseño de eco envolventes. Modelo para la exploración, el diseño y la evaluación de envolventes arquitectónicas para climas tropicales*. Revista de Arquitectura, 13, 92-105.

Anexos

Anexo 1. Análisis de encuestas

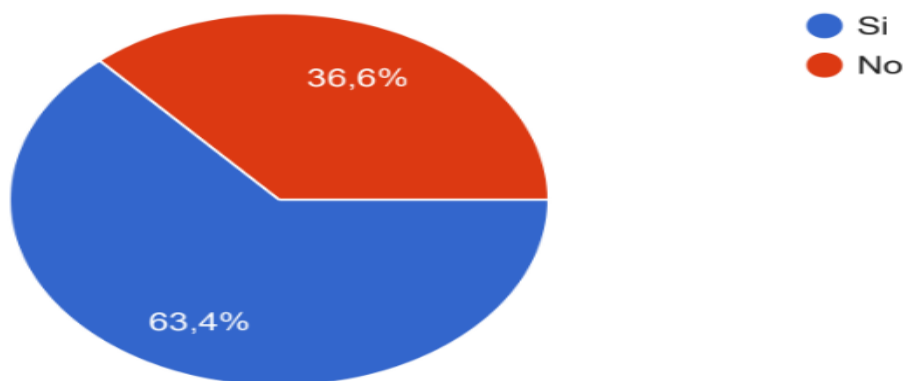
Se aplicaron un total de 41 encuestas.

1. ¿Qué edad tiene?



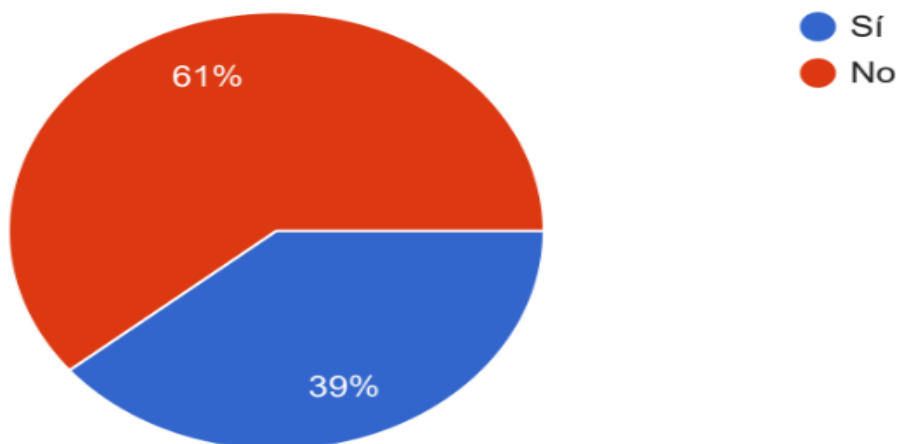
Se evidencia que el mayor porcentaje equivalente a 31.7% corresponde a 17 personas entre 18 a 24 años, seguido del 26.8% siendo 11 personas entre 25 a 34 años, luego, 10 personas entre 35 a 44 años representando un 24.4% y finalmente, entre 45 a 54 años hay 7 personas correspondientes al 17.1%.

2. ¿Sufre de alguna enfermedad visual?



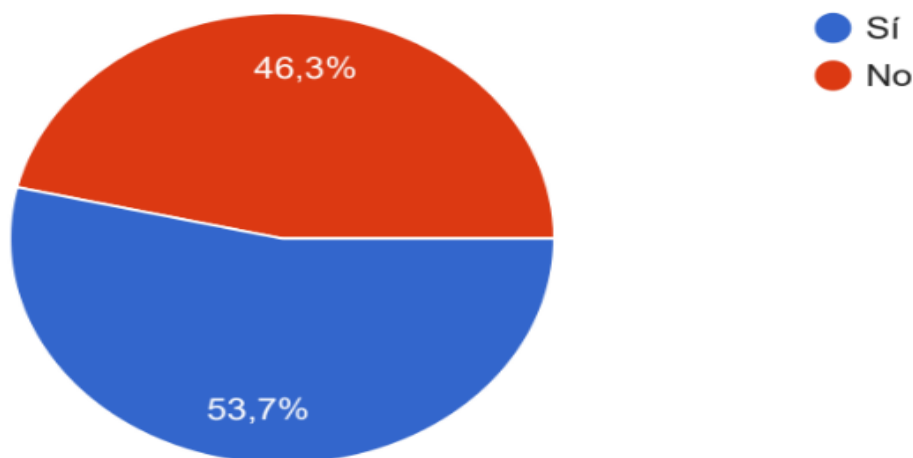
Se puede evidenciar que más de la mitad de la población total encuestada, siendo un total de 26 personas correspondiente al 63.4% presenta alguna enfermedad que afecta su visión y 15 personas que representan el 36.6% que no posee enfermedad visual.

3. ¿Son adecuados los niveles de iluminación en su puesto de trabajo?



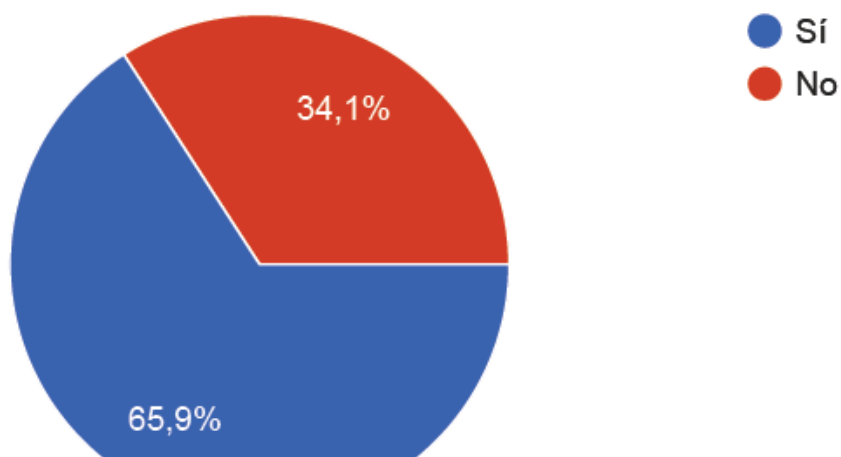
De los 41 encuestados, el 61% considera que no son adecuados los niveles de iluminación que tiene en su puesto de trabajo siendo un total de 25 personas, mientras que el 39%, es decir 16 personas considera que si tiene un adecuado nivel de iluminación.

4. ¿Considera altos los niveles de iluminación en su puesto de trabajo?



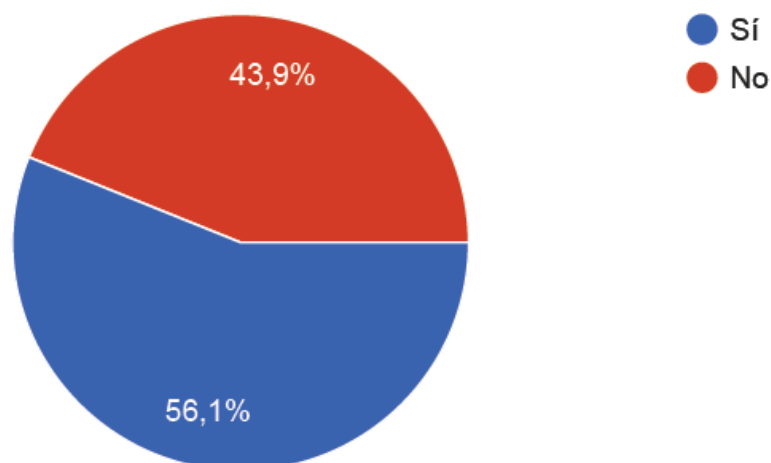
Teniendo relación con la pregunta anterior, el 53,7% de los encuestados considera que los niveles de iluminación a los que se encuentra expuesto en su puesto de trabajo son altos, mientras que 46,3% considera que no lo son.

5. En días calurosos, ¿son altos los niveles de temperatura en su trabajo?



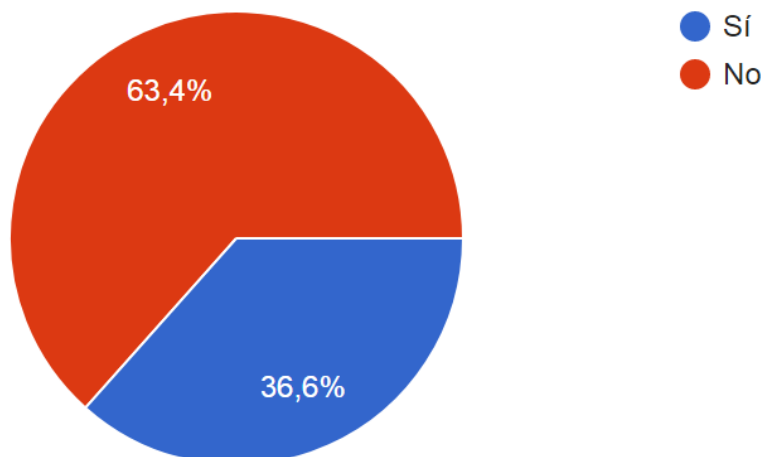
El 65,9% de los encuestados considera que la temperatura en días calurosos en sus puestos de trabajo es alta en comparación con los días lluviosos, mientras que el 34,1% no considera que en épocas de calor se incremente la temperatura en un nivel alto en su lugar de trabajo.

6. Al final de la jornada, ¿su cansancio físico es elevado?



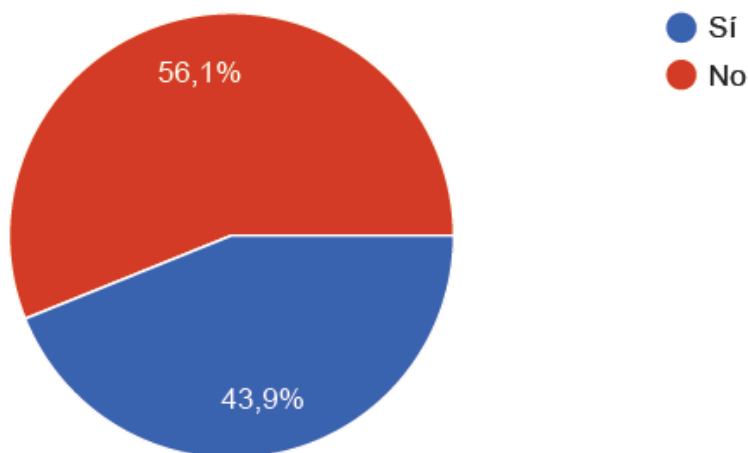
Más de la mitad de los encuestados al finalizar su jornada laboral se siente con cansancio físico elevado representando el 56,1% del total de los encuestados a comparación del 43,9% que no se siente con demasiado cansancio físico.

7. ¿Existen controles de ingreso de la luz solar cercanos a su puesto de trabajo?



El 63,34% de la población encuestada afirma que no existen controles de ingreso solar en su puesto de trabajo, por otro lado, el 36,6% afirma que si los tienen.

8. ¿Tiene en su dispositivo electrónico de trabajo, protección para evitar el reflejo de la luz solar?



Del total de la población encuestada, hay un porcentaje considerable que no cuenta con protección que evite el reflejo del ingreso de la luz solar desprotegiendo su visión equivalente al 56,1%, así mismo, el 43% afirma utilizar métodos de protección.

Anexo 2. Pruebas prototipo cóncavo y convexo

Prueba 1

Universidad La Gran Colombia						
		Facultad de Arquitectura				
FACHADA MODULAR, ADAPTABLE PARA EDIFICACIONES CON FACHADAS ACRISTALADAS						
Descripción de Prueba: Se toman diferentes mediciones con el luxómetro dentro del prototipo propuesto para determinar la incidencia de la luz solar con la propuesta de módulo y sin ella para comparar las variaciones.						
Conceptos a tener en cuenta: Incidencia de la luz, aumento o disminución de los lómenes con el módulo y sin él, ubicación, hora del día, posición de los módulos: 110 grados de inclinación.						
Prueba 1	Fecha			Hora		
	Fecha 8 de noviembre del 2019			11:30 am		
Objetivo: probar por medio de mediciones que la implantación de un módulo funciona perfectamente para el direccionamiento de la luz y mitigar la radiación directa que sufre el edificio y por tal razón el aumento de temperatura.						
Imagen 1: 			Imagen 2: 			
Resultados Lumínotécnicos			Conclusiones: El diseño permite el ingreso de luz directa a pesar que funciona bien como repleta de luz los demás conceptos no son muy óptimos en general no es muy eficiente en su sistema.			
Lx	Lx	Lx	Lx	Lx	Lx	
5500	5300	5110	4999	4800	4950	
Em: 5032Lx			Uniformidad: 30%			

Prueba 2

Universidad La Gran Colombia						
		Facultad de Arquitectura				
FACHADA MODULAR, ADAPTABLE PARA EDIFICACIONES CON FACHADAS ACRISTALADAS						
<p>Descripción de Prueba: Se toman diferentes mediciones con el luxómetro dentro del prototipo propuesto para determinar la incidencia de la luz solar con la propuesta de módulo y sin ella para comparar las variaciones.</p>						
<p>Conceptos a tener en cuenta: Incidencia de la luz: aumento o disminución de los lúmenes con el módulo y sin él, ubicación, hora del día posición de los módulos</p>						
Prueba 1		Fecha		Hora		
		Fecha 8 de noviembre del 2019		12:30 pm		
<p>Objetivo: probar por medio de mediciones que la implantación de un módulo funciona perfectamente para el direccionamiento de la luz y mitigar la radiación directa que sufre el edificio y por tal razón el aumento de temperatura.</p>						
Imagen 1:					Imagen 2:	
						
Resultados Lumíntecnicos:				Conclusiones:		
Lx	Lx	Lx	Lx	Lx	Lx	<p>El material es muy importante en el diseño ya que a pesar que son los mismos conceptos las mediciones a rojas niveles muy alto ya que la refracción es aún mayor y permite el paso de la mayor cantidad de energía al edificio y además la forma permite mayor ingreso de luz por los costados</p>
6200	6240	6320	6840	5940	5999	
Em:			Uniformidad: 35%			

Prueba 3

Universidad La Gran Colombia						
 UNIVERSIDAD La Gran Colombia <small>Fundada en 1931</small>		Facultad de Arquitectura				
FACHADA MODULAR, ADAPTABLE PARA EDIFICACIONES CON FACHADAS ACRE TALADAS						
Descripción de Prueba: Se toman diferentes mediciones con el luxómetro dentro del prototipo propuesto para determinar la incidencia de la luz solar con la propuesta de módulo y sin ella para comparar las variaciones.						
Conceptos a tener en cuenta: incidencia de la luz aumento o disminución de los lómenes con el módulo y sin él, ubicación, hora del día posición de los módulos 90° entre sí al translucido						
Prueba 1		Fecha			Hora	
		Fecha 8 de noviembre del 2019			10:30 am	
Objetivo: probar por medio de mediciones que la implantación de un módulo funciona perfectamente para el direccionamiento de la luz y mitigar la radiación directa que sufre el edificio y por tal razón el aumento de temperatura.						
Imagen 1: 				Imagen 2: 		
Resultados Lumínotécnicos				Conclusiones:		
Lx	Lx	Lx	Lx	Lx	Lx	el material es muy importante en el diseño ya que a pesar que son los mismos conceptos las mediciones arrojan niveles muy alto ya que la refracción es aún mayor y permite el paso de la mayor cantidad de energía al edificio
4506	4600	4710	4450	4520	4630	
Em:			Uniformidad: 40%			

Prueba 4

Universidad La Gran Colombia



Facultad de Arquitectura

FACHADA MODULAR, ADAPTABLE PARA EDIFICACIONES CON FACHADAS ACRISTALADAS

Descripción de Prueba:

Se toman diferentes mediciones con el luxómetro dentro del prototipo propuesto para determinar la incidencia de la luz solar con la propuesta de módulo y sin ella para comparar las variaciones.

Conceptos a tener en cuenta:

Incidencia de la luz, aumento o disminución de los lúmenes con el módulo y sin él, ubicación, hora del día posición de los módulos 110 grados de inclinación.

Prueba 1	Fecha	Hora
	Fecha 8 de noviembre del 2019	2:00pm

Objetivo:

probar por medio de mediciones que la implantación de un módulo funciona perfectamente para el direccionamiento de la luz y mitigar la radiación directa que sufre el edificio y por tal razón el aumento de temperatura.

Imagen 1:

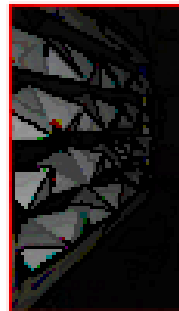


Imagen 2:



Resultados Lumínotécnicos

Lx	Lx	Lx	Lx	Lx	Lx
3110	3250	3180	2990	3001	3021

Em:	Uniformidad: 40%
-----	------------------

Conclusiones

los resultados de las mediciones confirman que el diseño del módulo por su versatilidad impide el ingreso de luz directa la posición de los módulos no están favorable permitiendo el ingreso de luz directamente

Universidad La Gran Colombia



Facultad de Arquitectura

FACHADA MODULAR, ADAPTABLE PARA EDIFICACIONES CONFACHADAS ACERIS TALADAS

Descripción de Prueba:

Se toman diferentes mediciones con el luxómetro dentro del prototipo propuesto para determinar la incidencia de la luz solar con la propuesta de módulo y sin él para comparar las variaciones.

Conceptos a tener en cuenta:

incidencia de la luz aumento o disminución de los lúmenes con el módulo y sin él, ubicación, hora del día posición de los módulos adicionalmente con tela translúcida que forma el módulo por la parte posterior grados de inclinación 90°

Prueba 1	Fecha	Hora
	Fecha 8 de noviembre del 2019	4:00 pm

Objetivo:

probar por medio de mediciones que la implantación de un módulo funciona perfectamente para el direccionamiento de la luz y mitigar la radiación directa que sufre el edificio y por tal razón el aumento de temperatura.

Imagen 1:



Imagen 2:



Resultados Luminotécnicos

Lx	Lx	Lx	Lx	Lx	Lx
1920	2050	2115	1980	1990	2010

Em:	Uniformidad: 40%
-----	------------------

Conclusiones:

los resultados de las mediciones confirman que el diseño del módulo por su versatilidad impide el ingreso de luz directa y tiene la capacidad de cambiar la trayectoria de la onda electromagnética con la tela textil aumenta su eficiencia ya que encapsula la luz y sirve como aislante térmico filtrando la luz y aprovechando la difracción que se genera

Universidad La Gran Colombia



Facultad de Arquitectura

FACHADA MODULAR, ADAPTABLE PARA EDIFICACIONES CON FACHADAS ACRISTALADAS

Descripción de Prueba:

Se toman diferentes mediciones con el luxómetro dentro del prototipo propuesto para determinar la incidencia de la luz solar con la propuesta de módulo y sin ella para comparar las variaciones.

Conceptos a tener en cuenta:

incidencia de la luz aumento o disminución de los lúmenes con el módulo y sin él, ubicación, hora del día posición de los módulos 90° grados vértices paralelos entre módulos

Prueba 1

Fecha

Hora

Fecha
8 de noviembre del 2019

3:00pm

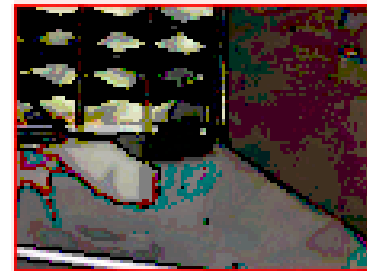
Objetivo:

probar por medio de mediciones que la implantación de un módulo funciona perfectamente para el direccionamiento de la luz y mitigar la radiación directa que sufre el edificio y por tal razón el aumento de temperatura.

Imagen 1:



Imagen 2:



Resultados Luminométricos

Lx	Lx	Lx	Lx	Lx	Lx
3620	3716	3699	3701	3680	3720

Em:

Uniformidad: 40%

Conclusiones:

los resultados de las mediciones evidencian que los módulos en sentido paralelo entre sí por su diseño permiten el ingreso de luz sólidamente, no siendo el más conveniente si pretendemos bloquear la mayor cantidad de radiación para evitar el calentamiento del edificio

Prueba 7

Universidad La Gran Colombia



Facultad de Arquitectura

FACHADA MODULAR, ADAPTABLE PARA EDIFICACIONES CON FACHADAS ACRISTALADAS

Descripción de Prueba:

Se toman diferentes mediciones con el luxómetro dentro del prototipo propuesto para determinar la incidencia de la luz solar con la propuesta de módulo y sin ella para comparar las variaciones.

Conceptos a tener en cuenta:

incidencia de la luz, aumento o disminución de los lúmenes con el módulo y sin él, ubicación, hora del día, posición de los módulos 90° grados verticales paralelas entre módulos.

Prueba 1

Fecha

Hora

Fecha

3:30 pm

8 de noviembre del 2019

Objetivo:

probar por medio de mediciones que la implantación de un módulo funciona perfectamente para el direccionamiento de la luz y mitigar la radiación directa que sufre el edificio y por tal razón el aumento de temperatura.

Imagen 1:



Imagen 2:



Resultados Luminotécnicos

Lx	Lx	Lx	Lx	Lx	Lx
580	610	612	598	601	622

Em:

Uniformidad: 40%

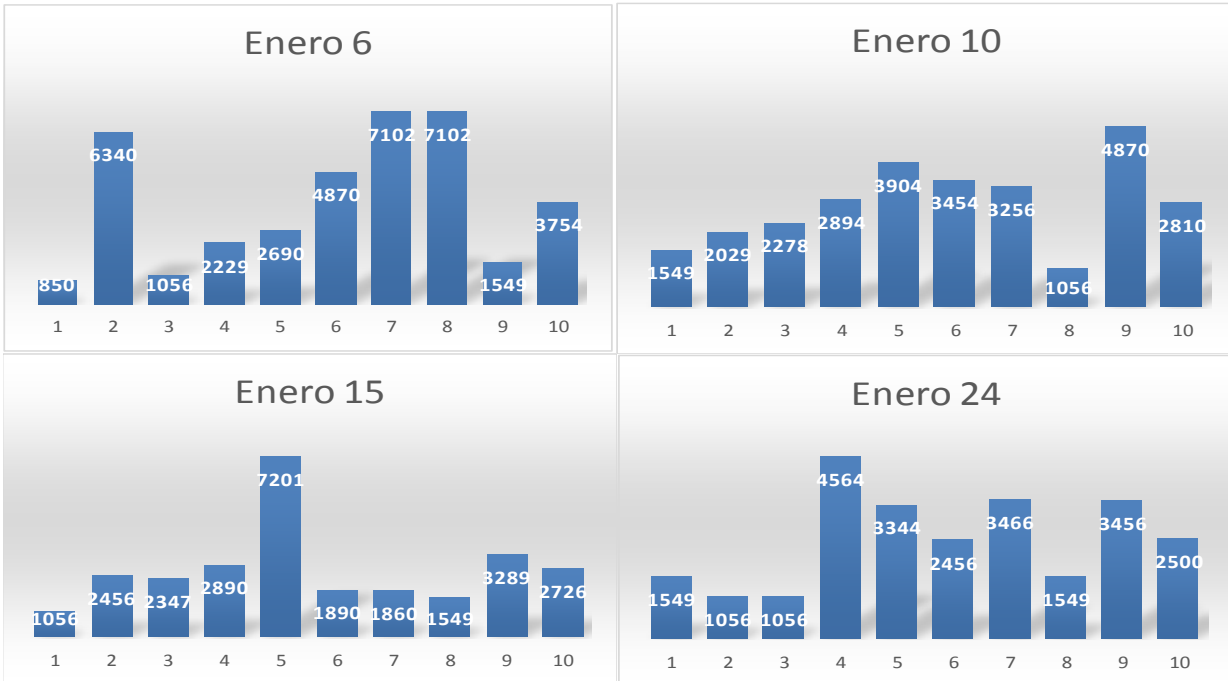
Conclusiones:

los resultados de las mediciones confirman que el diseño del módulo por su versatilidad impide el ingreso de luz directa y tiene la capacidad de cambiar la trayectoria de la onda electromagnética gracias a su materialidad y posicionamiento de sus bisel, disminuyendo en gran proporción los lúmenes que podrían ingresar sin el sistema propuesto es la posición más efectiva ya que cubre en gran parte la fachada.

Anexo 3. Análisis anual de iluminación estado actual

Para determinar las falencias existentes en el estudio de caso durante un año, se realizaron pruebas luminotécnicas por medio de simulaciones de software, tomando 4 días al azar de cada uno de los meses del año, dando los siguientes resultados evidenciados en las siguientes tablas y gráficas.

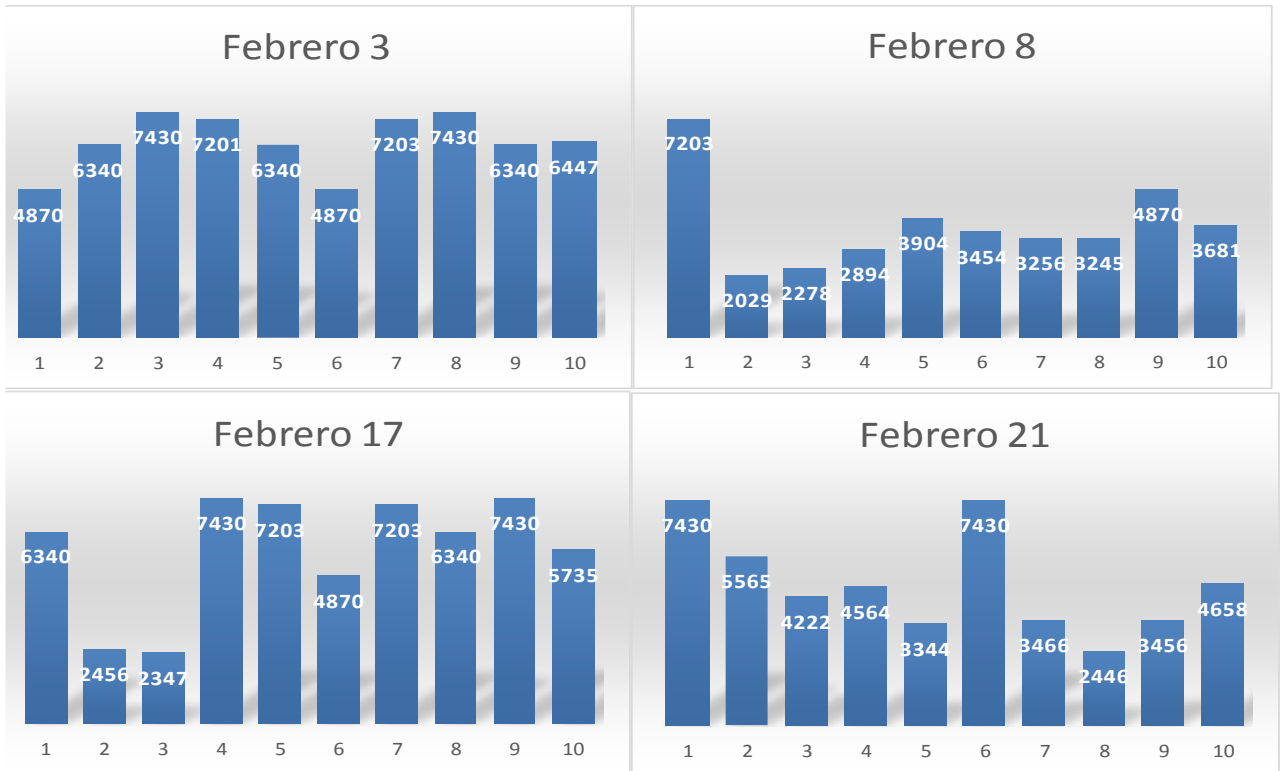
ENERO					
	Enero 6	Enero 10	Enero 15	Enero 24	
	850	1549	1056	1549	
	6340	2029	2456	1056	
	1056	2278	2347	1056	
	2229	2894	2890	4564	
	2690	3904	7201	3344	
	4870	3454	1890	2456	
	7102	3256	1860	3466	
	7102	1056	1549	1549	
	1549	4870	3289	3456	
Promedio día	3754	2810	2726	2500	2948



De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación presentes en el caso actual para el mes de enero, se evidencian la falta de uniformidad mantenida por medio de la variación de niveles lumínicos durante los días escogidos.

FEBRERO			
Febrero 3	Febrero 8	Febrero 17	Febrero 21
4870	7203	6340	7430
6340	2029	2456	5565
7430	2278	2347	4222
7201	2894	7430	4564
6340	3904	7203	3344
4870	3454	4870	7430
7203	3256	7203	3466
7430	3245	6340	2446
6340	4870	7430	3456
Promedio día	6447	3681	5735

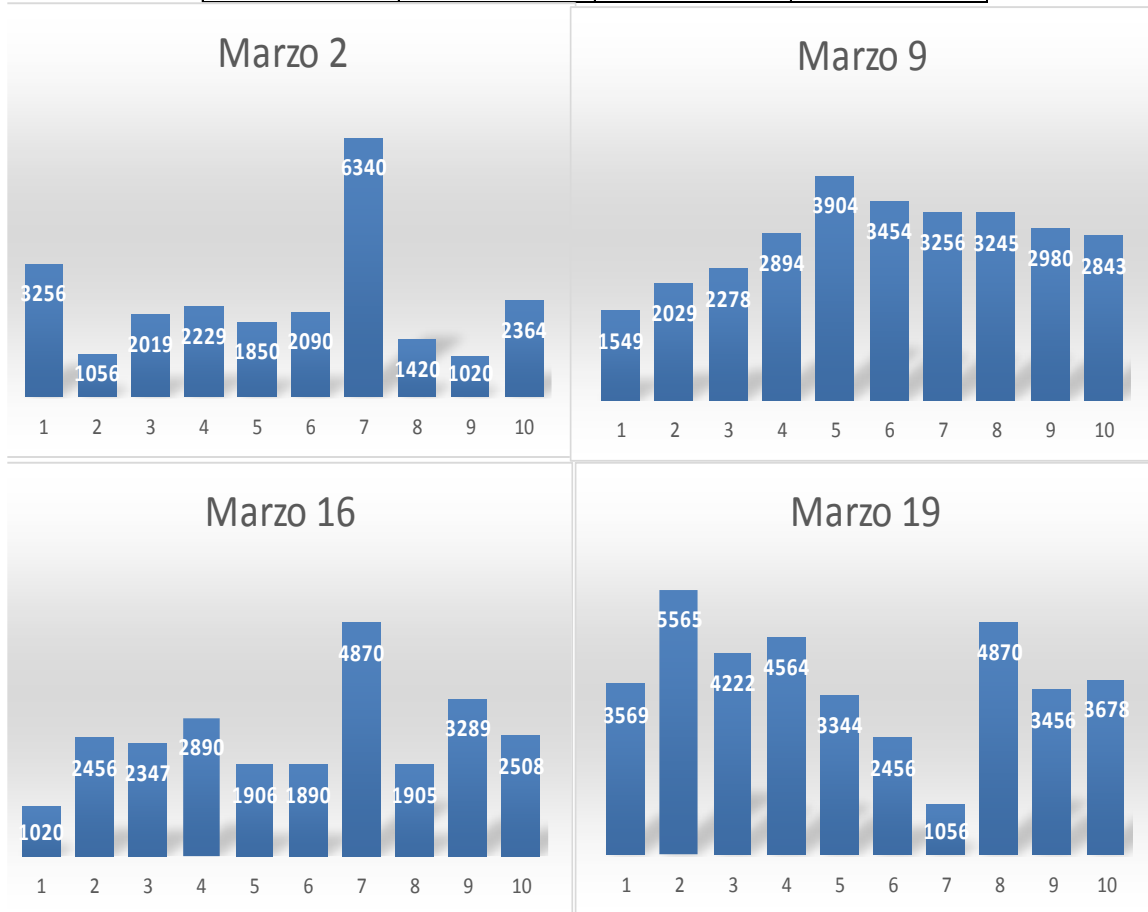
5131



De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación presentes en el caso actual para el mes de febrero, se evidencian la falta de uniformidad mantenida por medio de la variación de niveles lumínicos durante los días escogidos. Sin embargo, presenta mejores condiciones que el mes anterior.

MARZO				
Marzo 2	Marzo 9	Marzo 16	Marzo 19	
3256	1549	1020	3569	
1056	2029	2456	5565	
2019	2278	2347	4222	
2229	2894	2890	4564	
1850	3904	1906	3344	
2090	3454	1890	2456	
6340	3256	4870	1056	
1420	3245	1905	4870	
1020	2980	3289	3456	
Promedio día	2364	2843	2508	3678

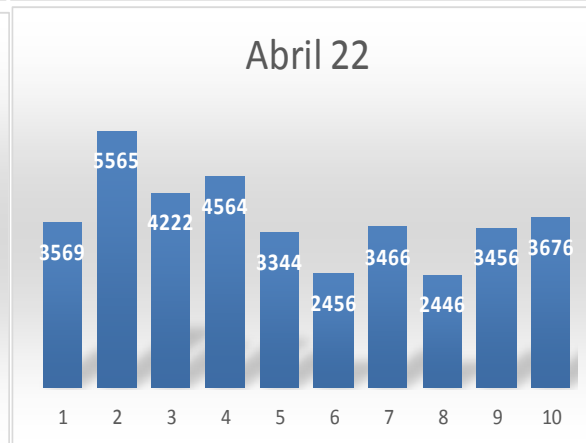
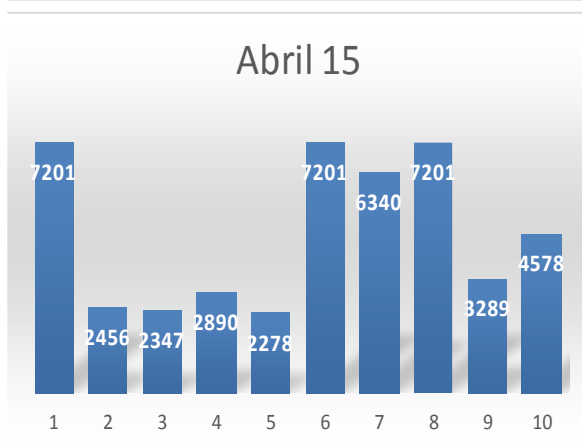
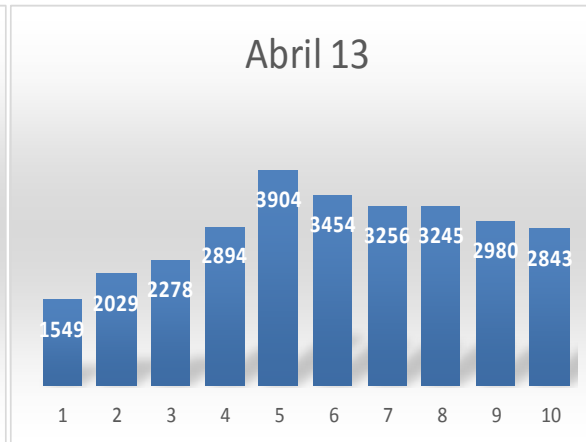
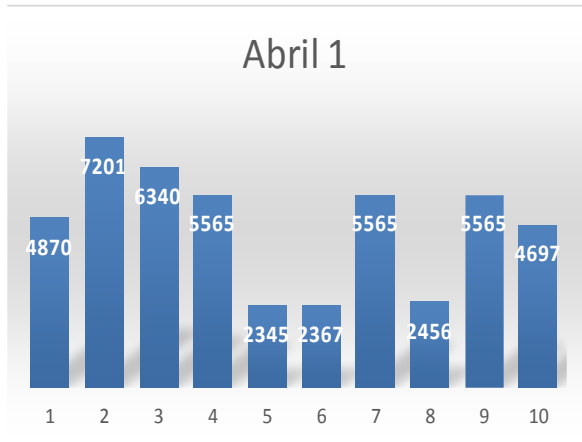
2848



De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación presentes en el caso actual para el mes de marzo, se evidencian la falta de uniformidad mantenida por medio de la variación de niveles lumínicos durante los días escogidos, estableciendo el 2 y 16 de marzo como los días con mayor afectación.

ABRIL			
Abril 1	Abril 13	Abril 15	Abril 22
4870	1549	7201	3569
7201	2029	2456	5565
6340	2278	2347	4222
5565	2894	2890	4564
2345	3904	2278	3344
2367	3454	7201	2456
5565	3256	6340	3466
2456	3245	7201	2446
5565	2980	3289	3456
Promedio día	4697	2843	4578

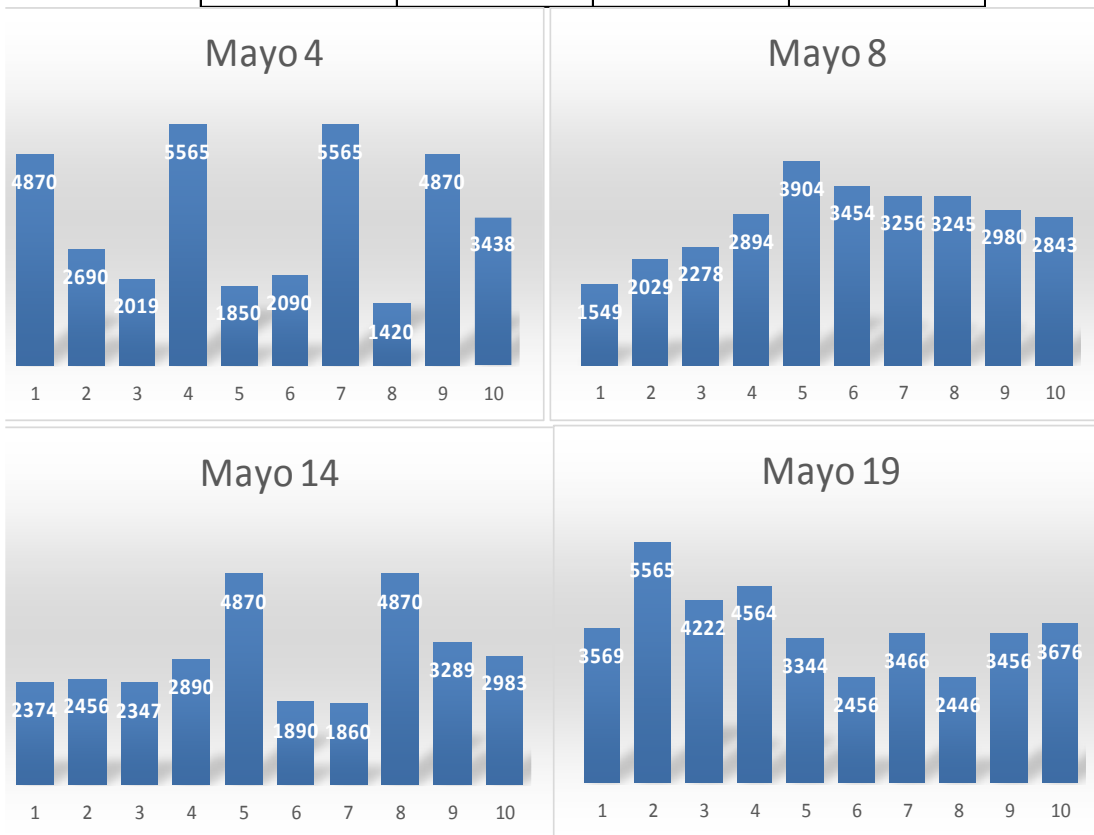
3949



De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación presentes en el caso actual para el mes de abril, se evidencian la falta de uniformidad mantenida por medio de la variación de niveles lumínicos durante los días escogidos, Sin embargo, presenta mejores condiciones que el mes anterior.

MAYO				
Mayo 4	Mayo 8	Mayo 14	Mayo 19	
4870	1549	2374	3569	
2690	2029	2456	5565	
2019	2278	2347	4222	
5565	2894	2890	4564	
1850	3904	4870	3344	
2090	3454	1890	2456	
5565	3256	1860	3466	
1420	3245	4870	2446	
4870	2980	3289	3456	
Promedio día	3438	2843	2983	3676

3235

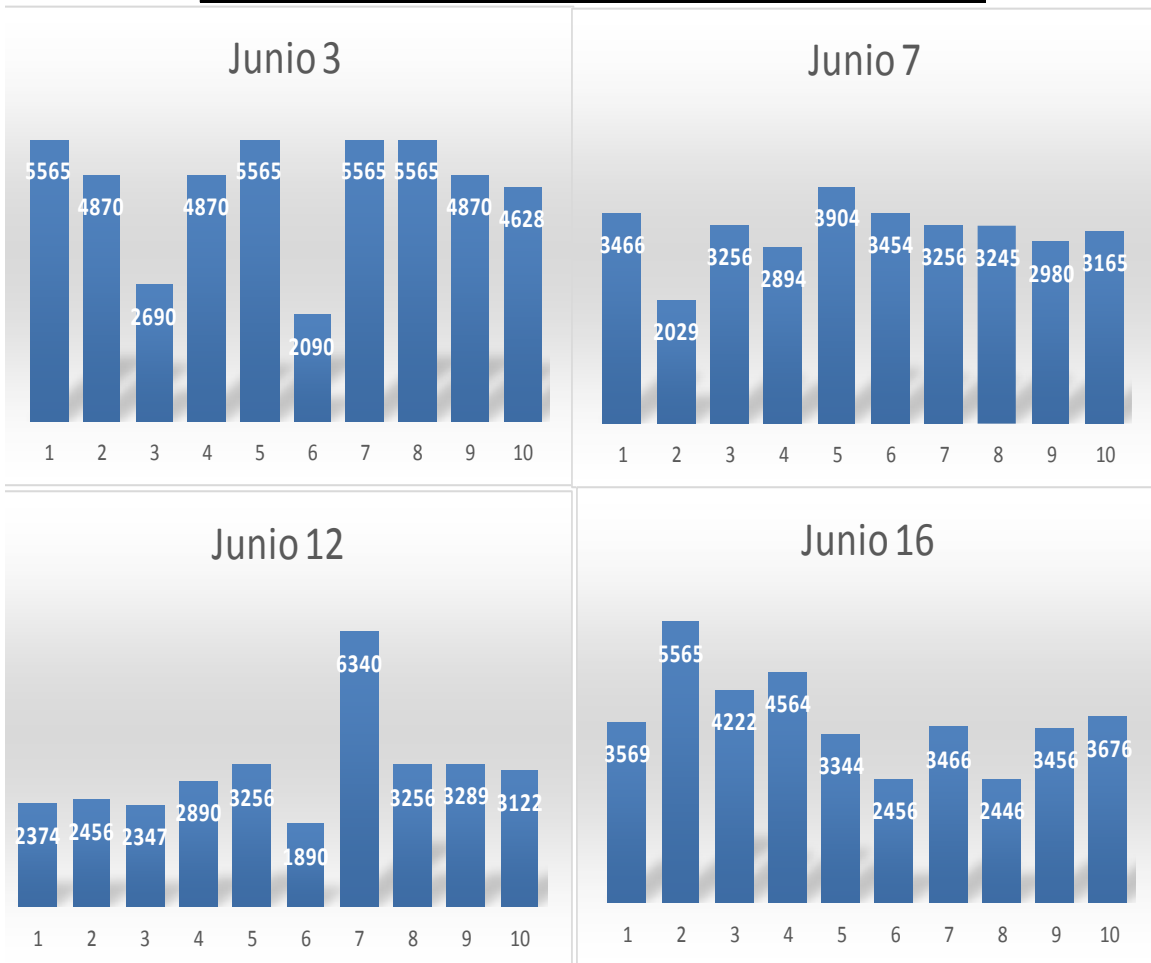


De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación presentes en el caso actual para el mes de mayo, se evidencian la falta de uniformidad mantenida por medio de la variación de niveles lumínicos durante los días escogidos, Sin embargo, presenta mejores condiciones que el mes anterior.

JUNIO				
Junio 3	Junio 7	Junio 12	Junio 16	
5565	3466	2374	3569	
4870	2029	2456	5565	
2690	3256	2347	4222	
4870	2894	2890	4564	
5565	3904	3256	3344	
2090	3454	1890	2456	
5565	3256	6340	3466	
5565	3245	3256	2446	
4870	2980	3289	3456	
Promedio día	4628	3165	3122	3676

Promedio día

3648

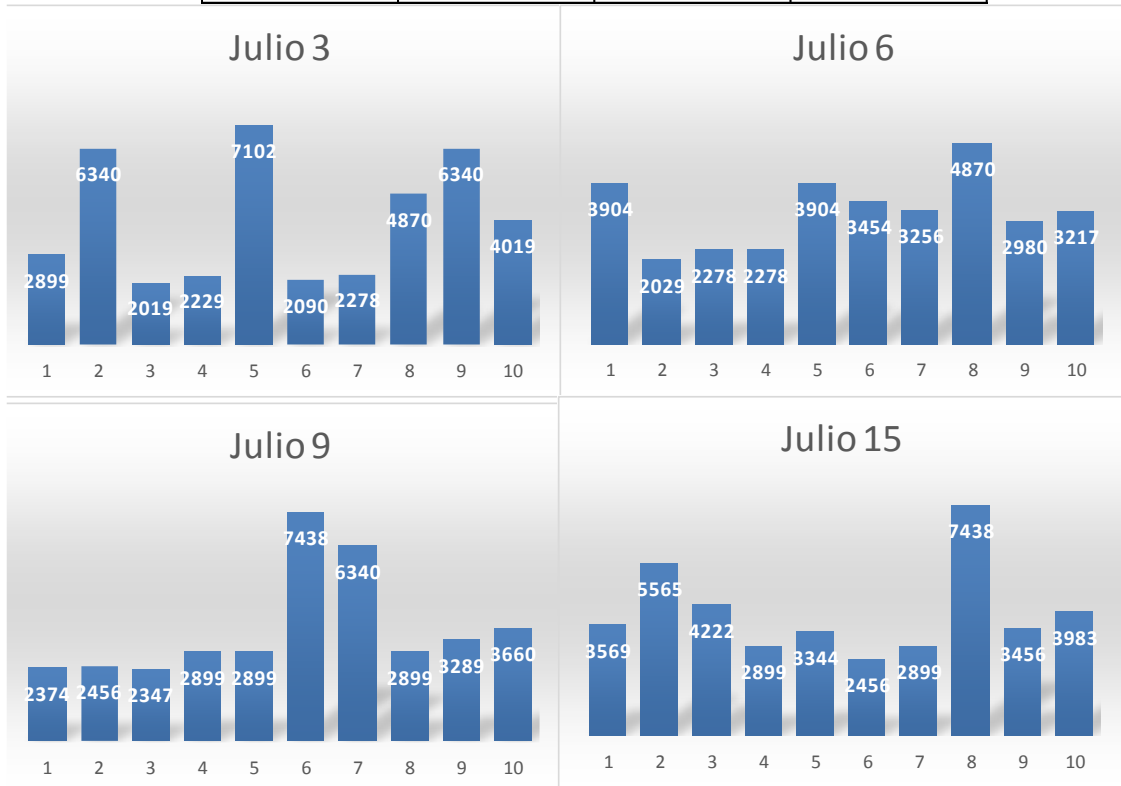


De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación presentes en el caso actual para el mes de junio, se evidencian la falta de uniformidad mantenida por medio de la variación de niveles lumínicos durante los días escogidos.

JULIO			
Julio 3	Julio 6	Julio 9	Julio 15
2899	3904	2374	3569
6340	2029	2456	5565
2019	2278	2347	4222
2229	2278	2899	2899
7102	3904	2899	3344
2090	3454	7438	2456
2278	3256	6340	2899
4870	4870	2899	7438
6340	2980	3289	3456
4019	3217	3660	3983

Promedio día

3720

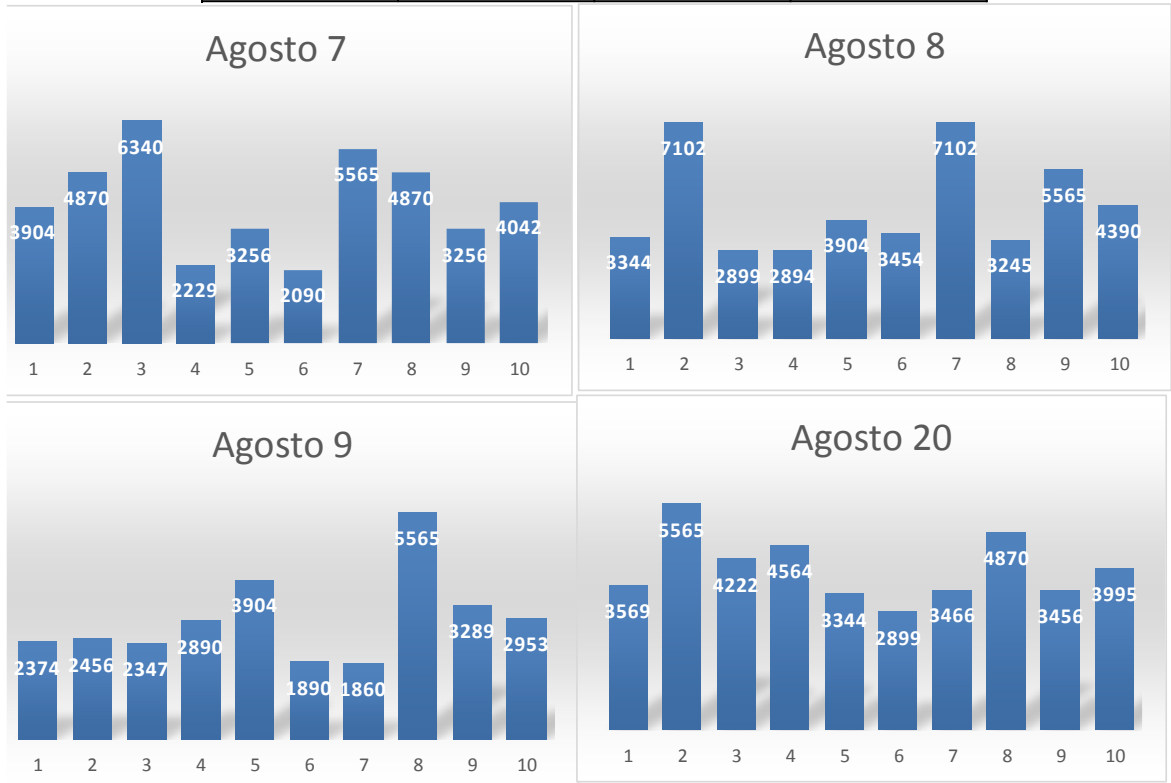


De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación presentes en el caso actual para el mes de julio, se evidencian la falta de uniformidad mantenida por medio de la variación de niveles lumínicos durante los días escogidos.

AGOSTO			
Agosto 7	Agosto 8	Agosto 9	Agosto 20
3904	3344	2374	3569
4870	7102	2456	5565
6340	2899	2347	4222
2229	2894	2890	4564
3256	3904	3904	3344
2090	3454	1890	2899
5565	7102	1860	3466
4870	3245	5565	4870
3256	5565	3289	3456
4042	4390	2953	3995

Promedio día

3845

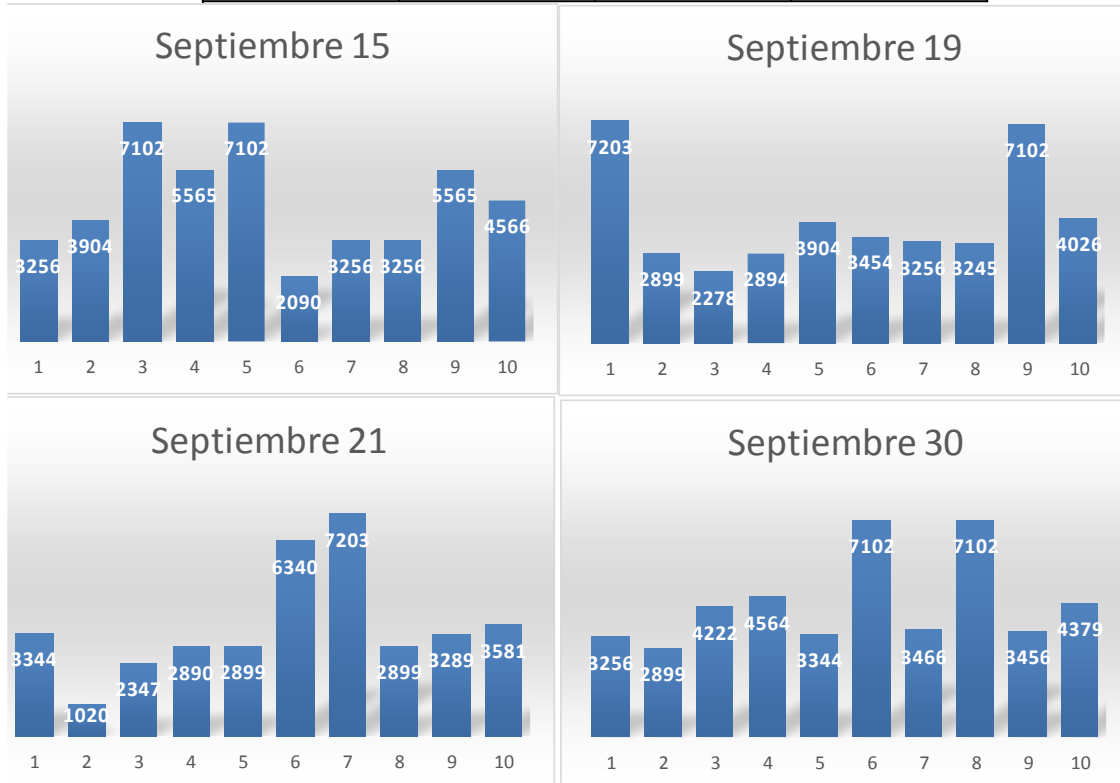


De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación presentes en el caso actual para el mes de agosto, se evidencian la falta de uniformidad mantenida por medio de la variación de niveles lumínicos durante los días escogidos.

SEPTIEMBRE			
Septiembre 15	Septiembre 19	Septiembre 21	Septiembre 30
3256	7203	3344	3256
3904	2899	1020	2899
7102	2278	2347	4222
5565	2894	2890	4564
7102	3904	2899	3344
2090	3454	6340	7102
3256	3256	7203	3466
3256	3245	2899	7102
5565	7102	3289	3456
4566	4026	3581	4379

Promedio día

4138

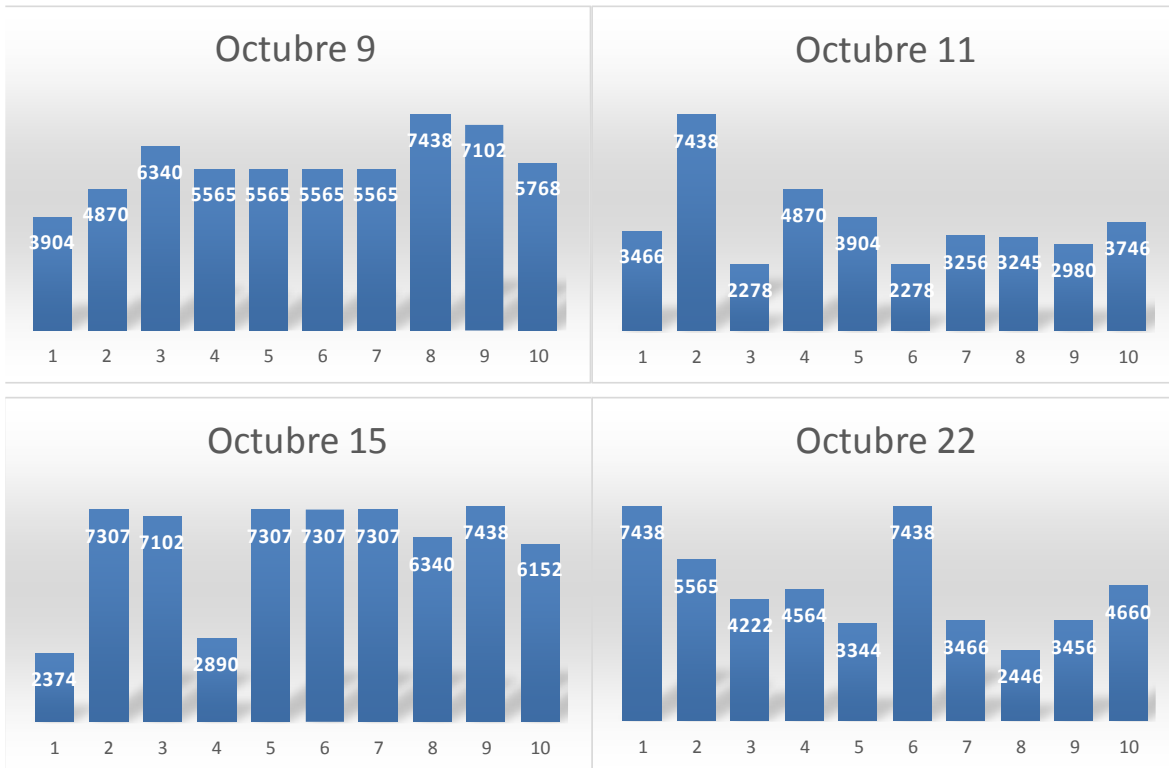


De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación presentes en el caso actual para el mes de septiembre, se evidencian la falta de uniformidad mantenida por medio de la variación de niveles lumínicos durante los días escogidos.

OCTUBRE			
Octubre 9	Octubre 11	Octubre 15	Octubre 22
3904	3466	2374	7438
4870	7438	7307	5565
6340	2278	7102	4222
5565	4870	2890	4564
5565	3904	7307	3344
5565	2278	7307	7438
5565	3256	7307	3466
7438	3245	6340	2446
7102	2980	7438	3456
5768	3746	6152	4660

Promedio día

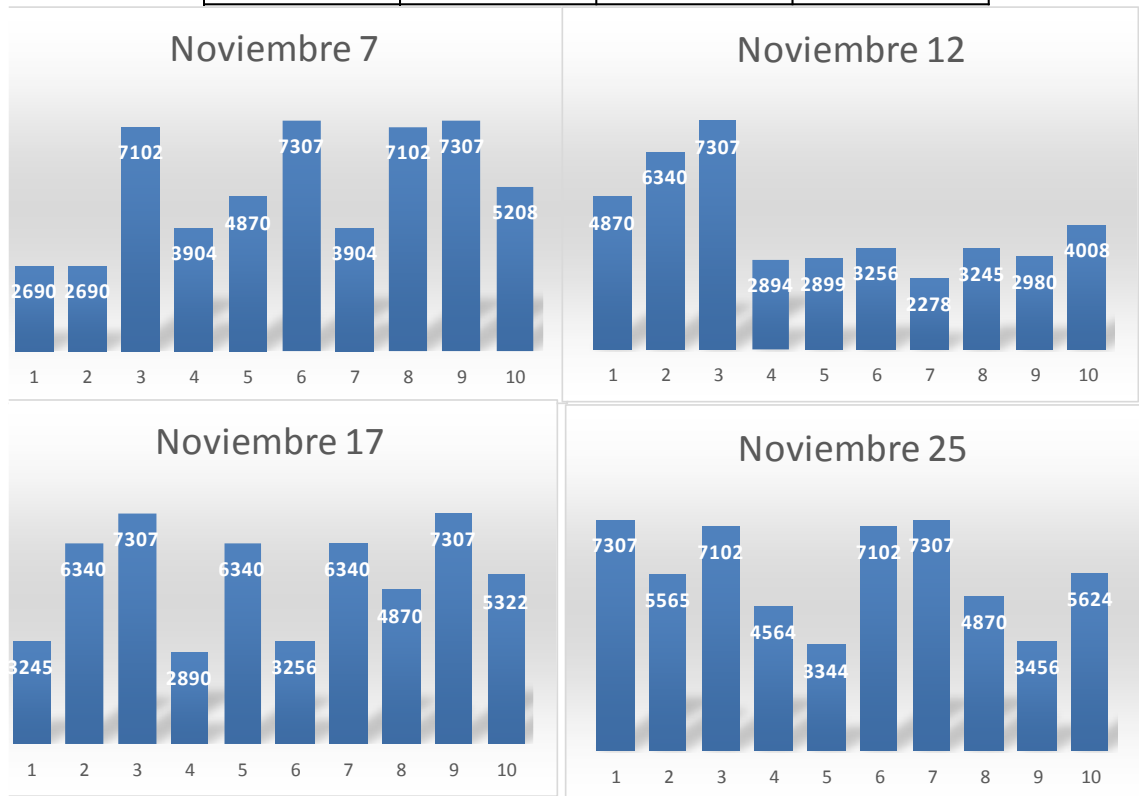
5082



De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación presentes en el caso actual para el mes de octubre, se evidencian la falta de uniformidad mantenida por medio de la variación de niveles lumínicos durante los días escogidos.

NOVIEMBRE			
Noviembre 7	Noviembre 12	Noviembre 17	Noviembre 25
2690	4870	3245	7307
2690	6340	6340	5565
7102	7307	7307	7102
3904	2894	2890	4564
4870	2899	6340	3344
7307	3256	3256	7102
3904	2278	6340	7307
7102	3245	4870	4870
7307	2980	7307	3456
Promedio día	5208	4008	5322

5040

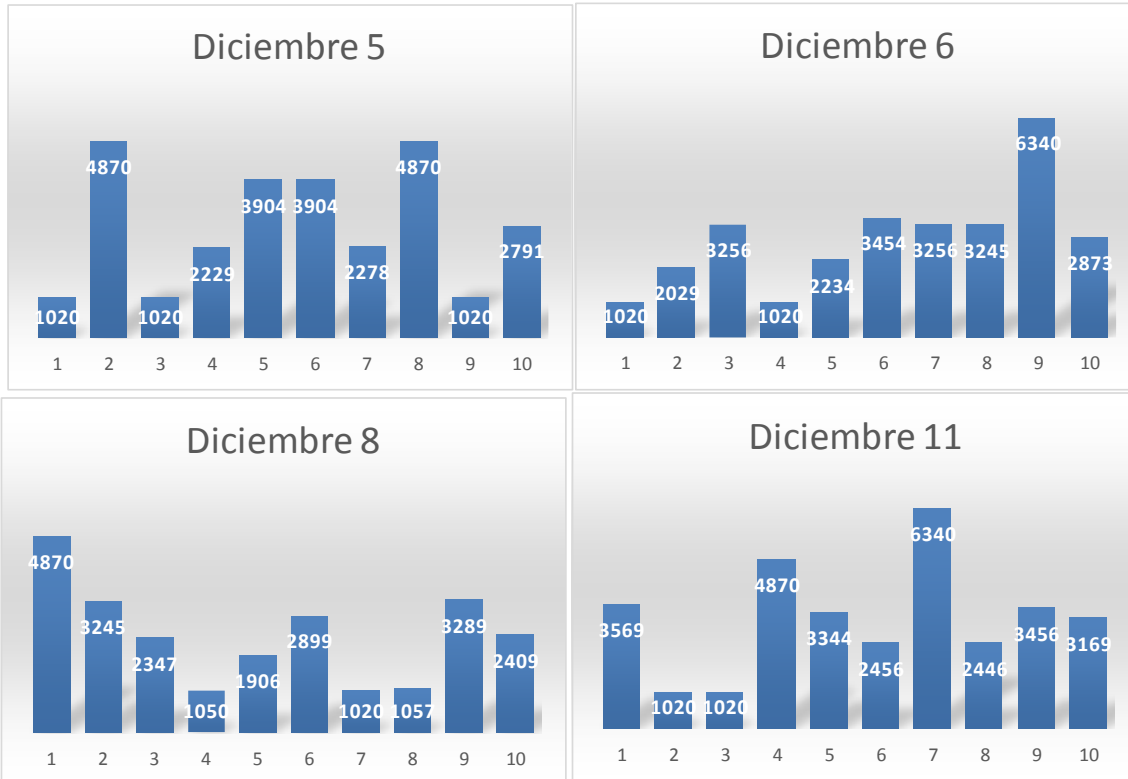


De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación presentes en el caso actual para el mes de noviembre, se evidencian la falta de uniformidad mantenida por medio de la variación de niveles lumínicos durante los días escogidos.

DICIEMBRE			
Diciembre 5	Diciembre 6	Diciembre 8	Diciembre 11
1020	1020	4870	3569
4870	2029	3245	1020
1020	3256	2347	1020
2229	1020	1050	4870
3904	2234	1906	3344
3904	3454	2899	2456
2278	3256	1020	6340
4870	3245	1057	2446
1020	6340	3289	3456
2791	2873	2409	3169

Promedio día

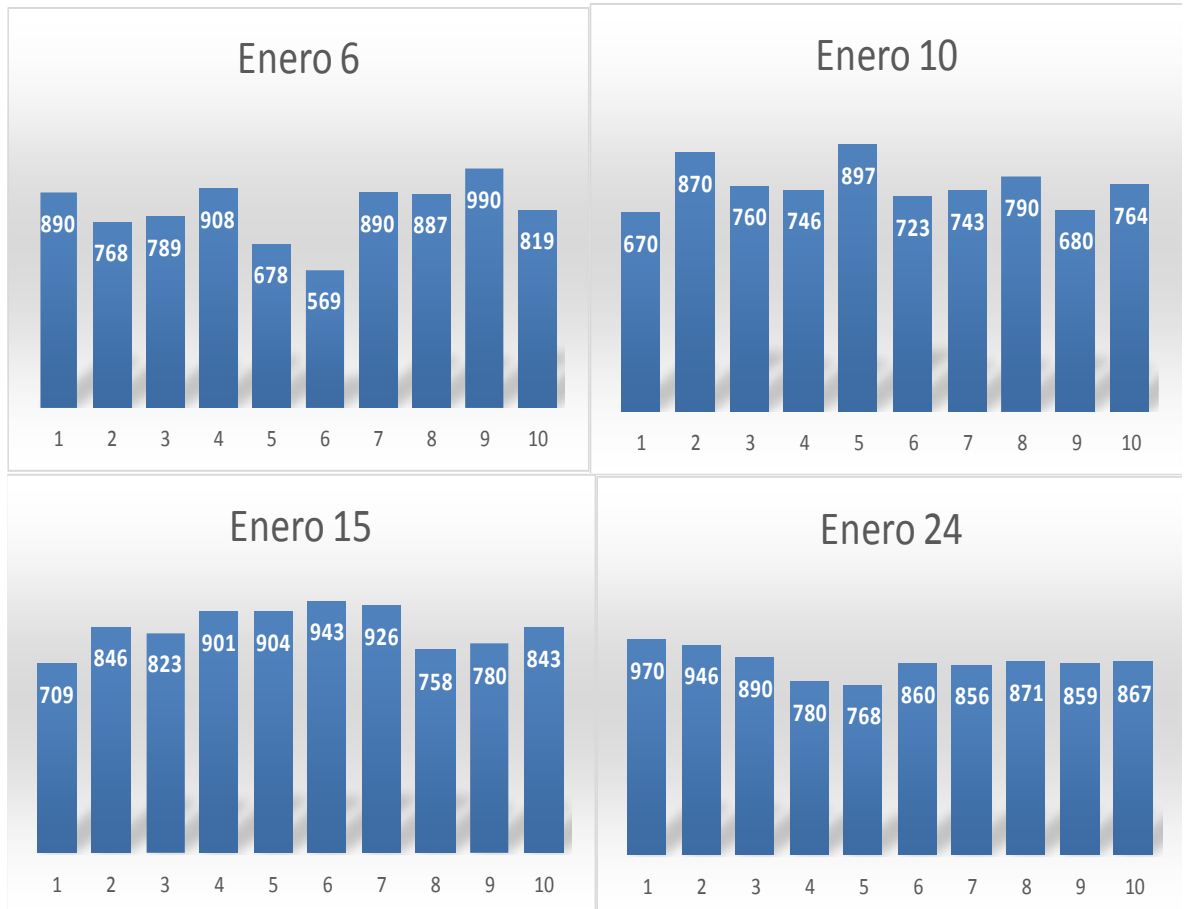
2810



De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación presentes en el caso actual para el mes de diciembre, se evidencian la falta de uniformidad mantenida por medio de la variación de niveles lumínicos durante los días escogidos.

Anexo 4. Análisis anual de iluminación módulo propuesto

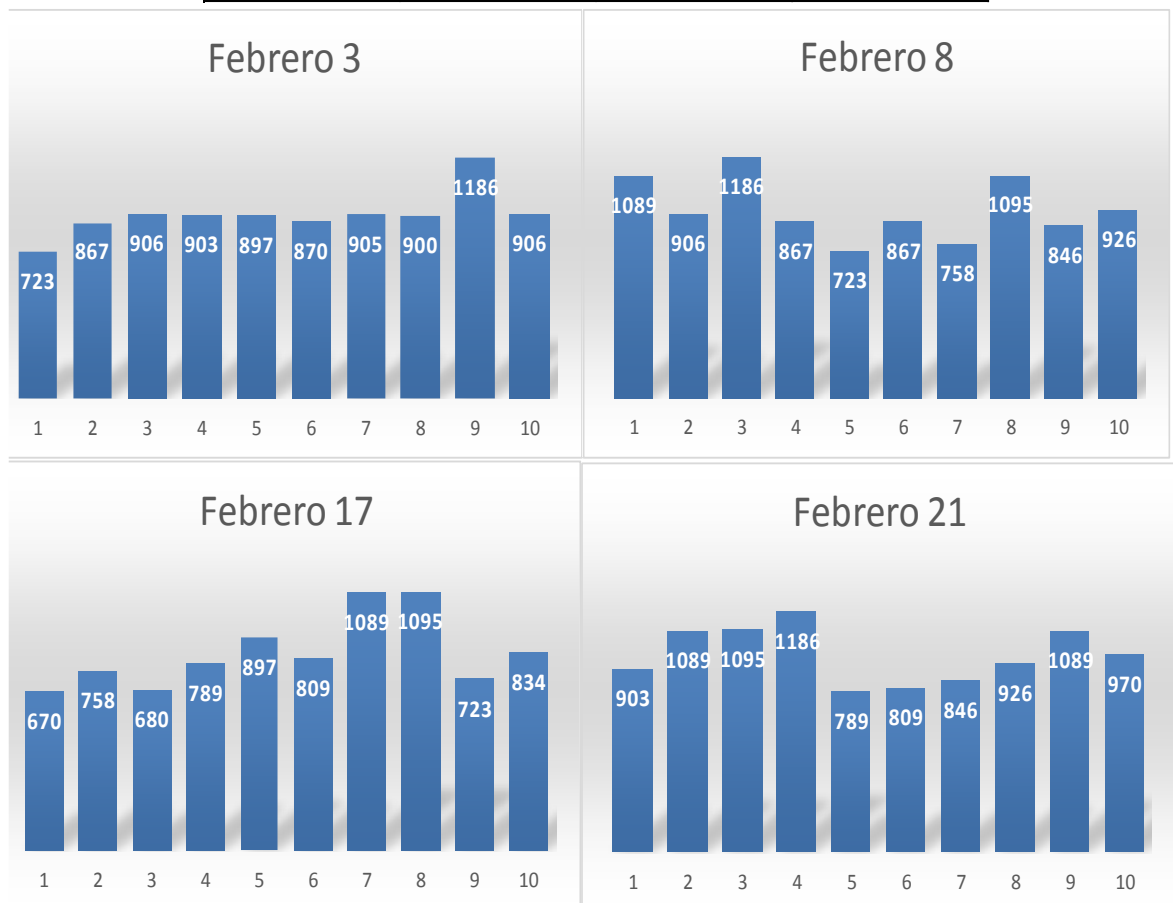
ENERO				
Enero 6	Enero 10	Enero 15	Enero 24	
890	670	709	970	
768	870	846	946	
789	760	823	890	
908	746	901	780	
678	897	904	768	
569	723	943	860	
890	743	926	856	
887	790	758	871	
990	680	780	859	
Promedio día	819	764	843	823



De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación obtenidos con la propuesta modular reguladora para el mes de enero, se evidencian las similitudes de niveles luminotécnicos y el trazado de uniformidad es constante.

FEBRERO			
Febrero 3	Febrero 8	Febrero 17	Febrero 21
723	1089	670	903
867	906	758	1089
906	1186	680	1095
903	867	789	1186
897	723	897	789
870	867	809	809
905	758	1089	846
900	1095	1095	926
1186	846	723	1089
Promedio día	906	834	970

909



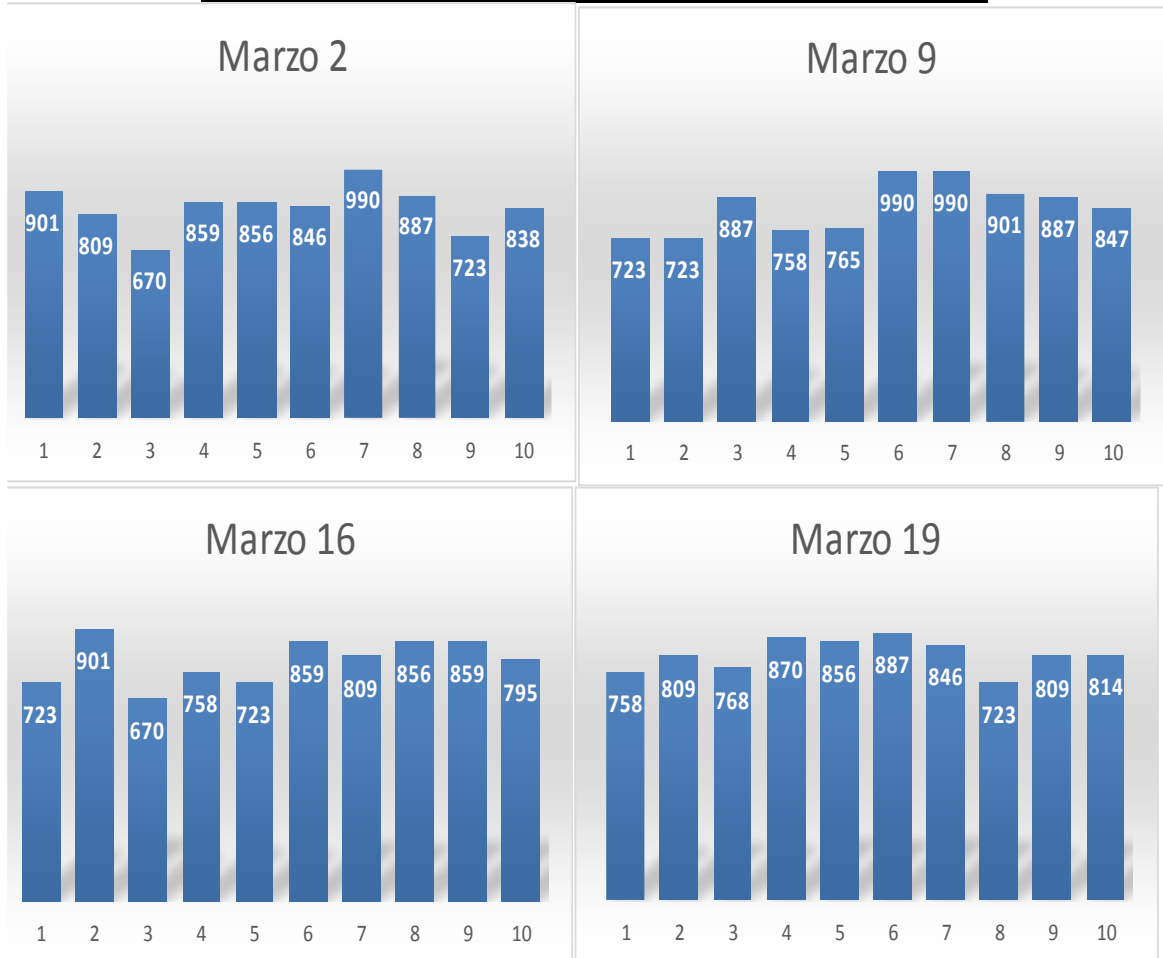
De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación obtenidos con la

propuesta modular reguladora para el mes de febrero, se evidencian las similitudes de niveles luminotécnicos y el trazado de uniformidad es constante.

MARZO			
Marzo 2	Marzo 9	Marzo 16	Marzo 19
901	723	723	758
809	723	901	809
670	887	670	768
859	758	758	870
856	765	723	856
846	990	859	887
990	990	809	846
887	901	856	723
723	887	859	809
838	847	795	814

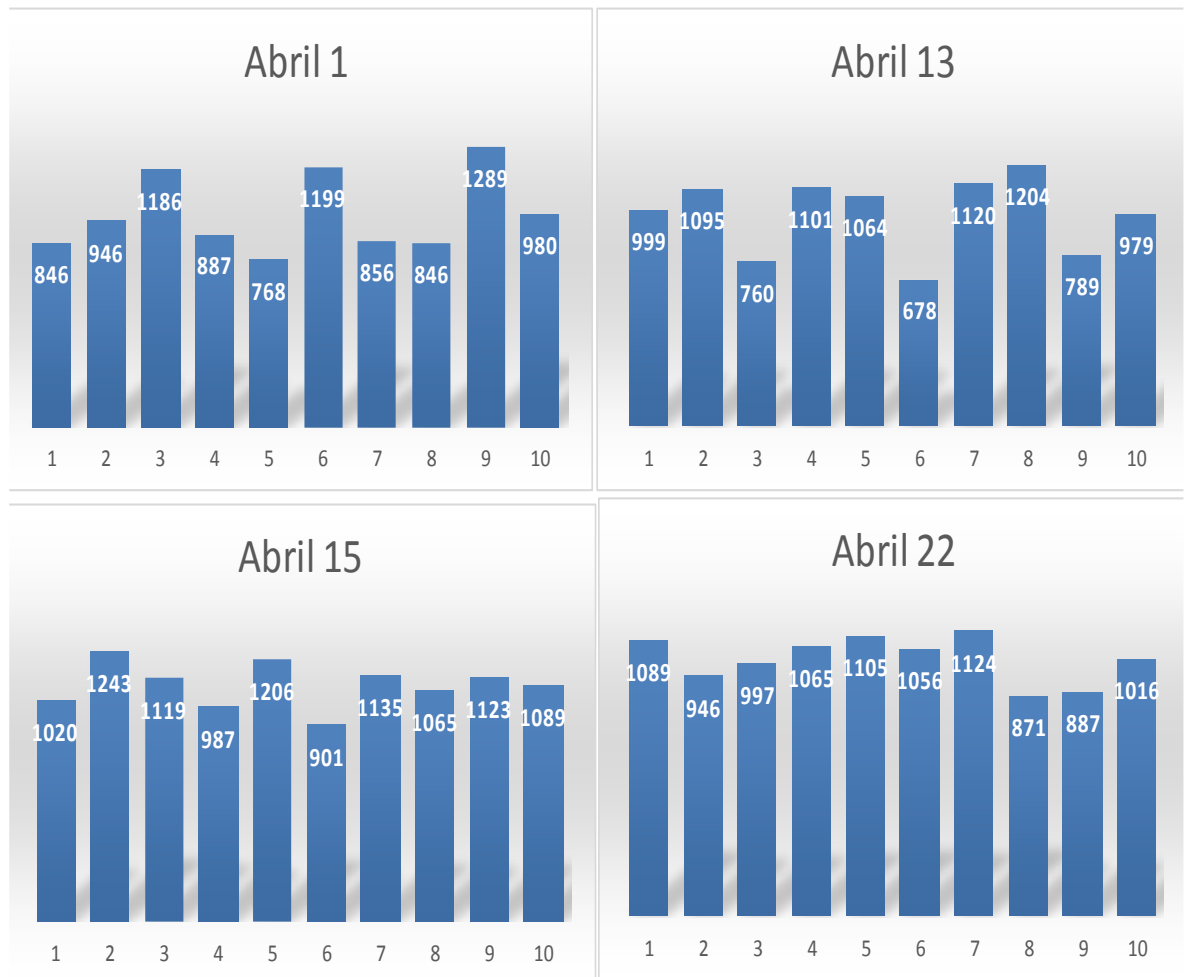
Promedio día

824



De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación obtenidos con la propuesta modular reguladora para el mes de marzo, se evidencian las similitudes de niveles luminotécnicos y el trazado de uniformidad es constante.

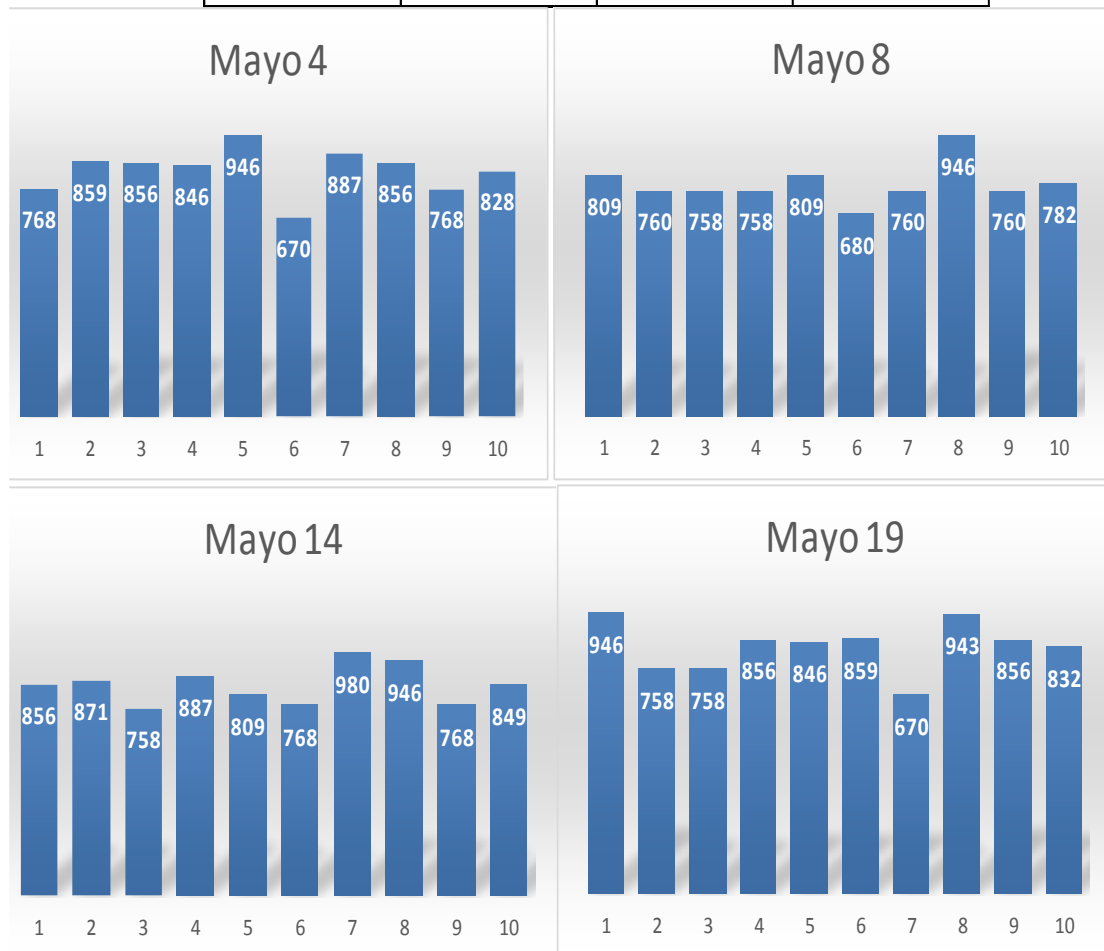
ABRIL			
Abril 1	Abril 13	Abril 15	Abril 22
846	999	1020	1089
946	1095	1243	946
1186	760	1119	997
887	1101	987	1065
768	1064	1206	1105
1199	678	901	1056
856	1120	1135	1124
846	1204	1065	871
1289	789	1123	887
Promedio día	980	1089	1016



De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación obtenidos con la propuesta modular reguladora para el mes de abril, se evidencian las similitudes de niveles luminotécnicos y el trazado de uniformidad es constante.

MAYO			
Mayo 4	Mayo 8	Mayo 14	Mayo 19
768	809	856	946
859	760	871	758
856	758	758	758
846	758	887	856
946	809	809	846
670	680	768	859
887	760	980	670
856	946	946	943
768	760	768	856
Promedio día	828	782	849

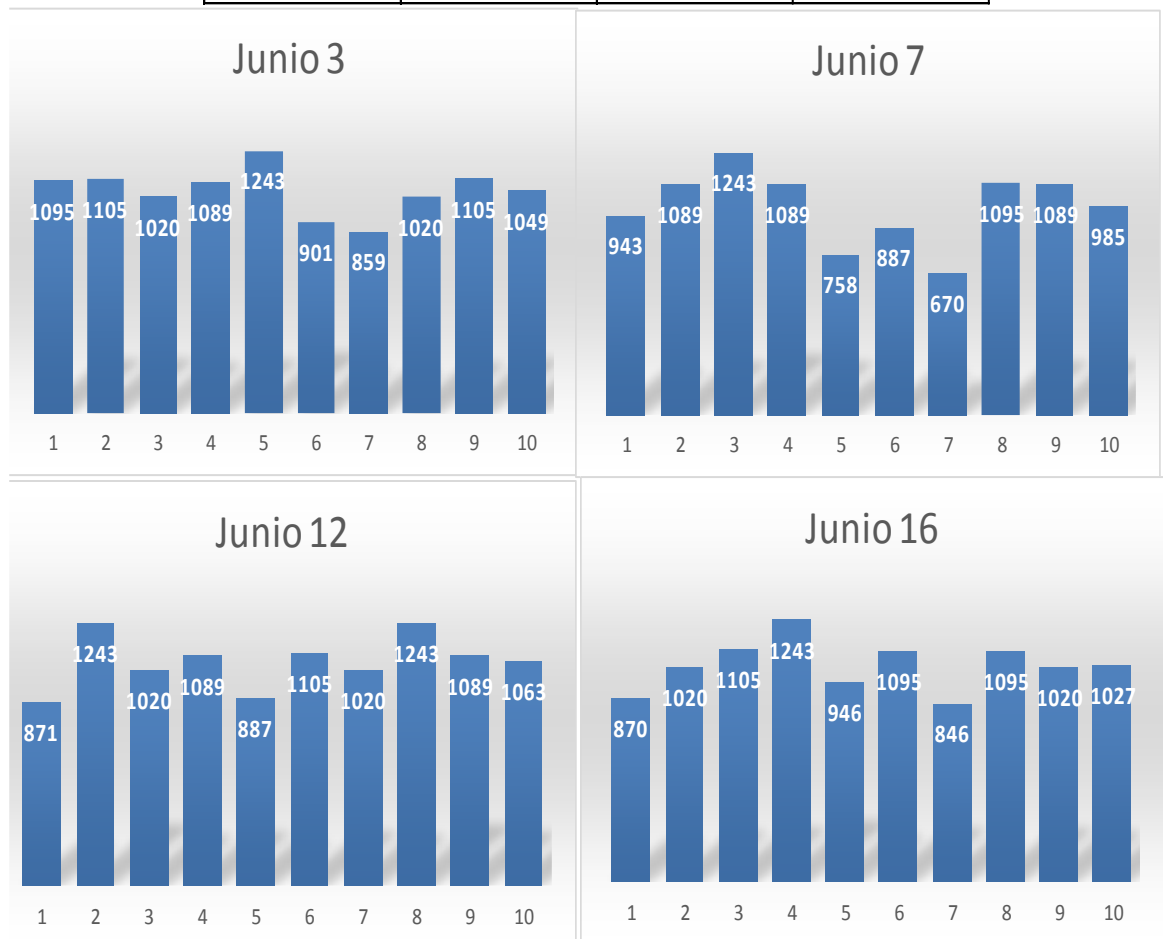
823



De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación obtenidos con la propuesta modular reguladora para el mes de mayo, se evidencian las similitudes de niveles luminotécnicos y el trazado de uniformidad es constante.

JUNIO			
Junio 3	Junio 7	Junio 12	Junio 16
1095	943	871	870
1105	1089	1243	1020
1020	1243	1020	1105
1089	1089	1089	1243
1243	758	887	946
901	887	1105	1095
859	670	1020	846
1020	1095	1243	1095
1105	1089	1089	1020
Promedio día	1049	985	1063

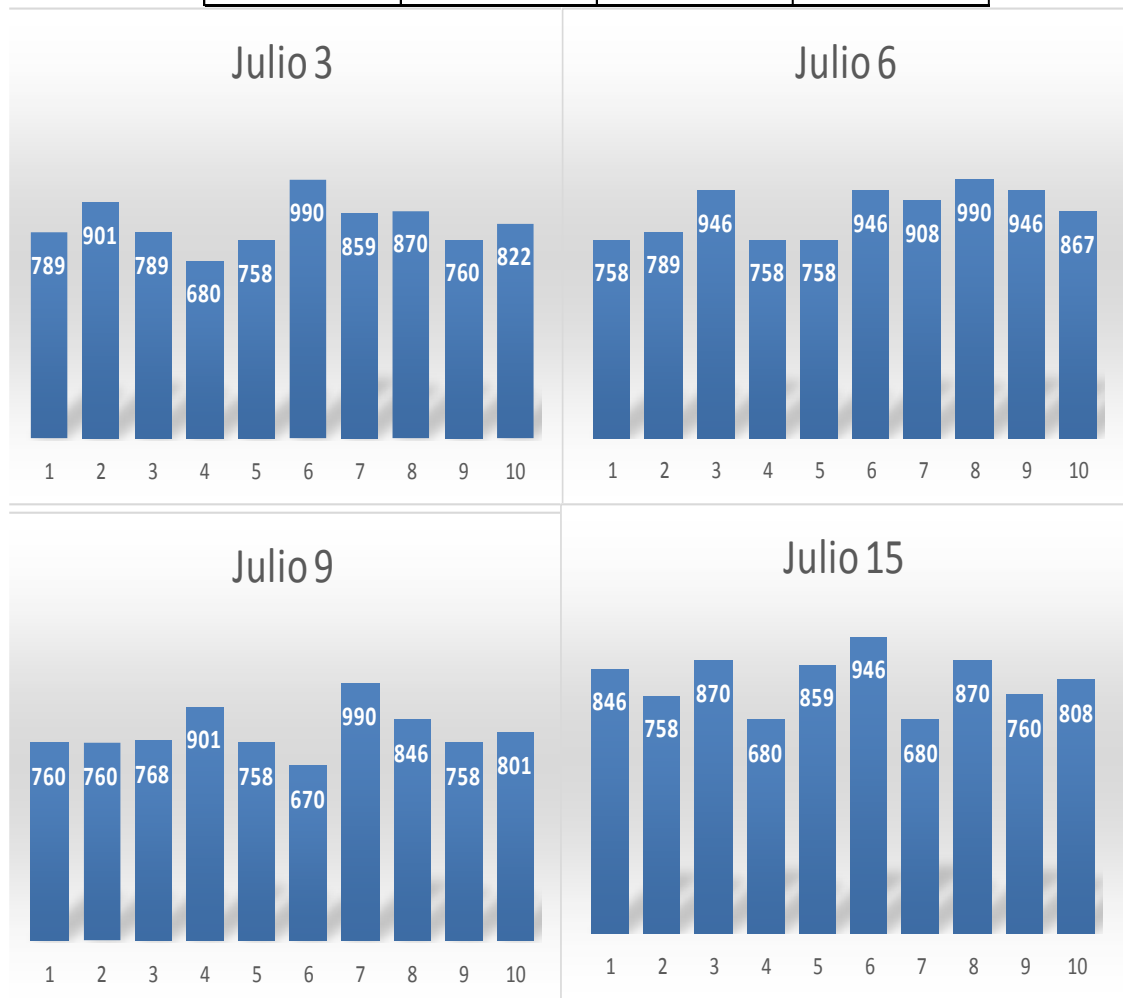
1031



De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación obtenidos con la propuesta modular reguladora para el mes de junio, se evidencian las similitudes de niveles luminotécnicos y el trazado de uniformidad es constante.

JULIO			
Julio 3	Julio 6	Julio 9	Julio 15
789	758	760	846
901	789	760	758
789	946	768	870
680	758	901	680
758	758	758	859
990	946	670	946
859	908	990	680
870	990	846	870
760	946	758	760
Promedio día	822	867	801

824



De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación obtenidos con la propuesta modular reguladora para el mes de julio, se evidencian las similitudes de niveles luminotécnicos y el trazado de uniformidad es constante.

AGOSTO			
Agosto 7	Agosto 8	Agosto 9	Agosto 20
856	760	901	846
901	670	680	943
758	870	859	990
680	990	758	990
859	946	670	768
768	870	670	768
758	870	680	760
670	901	946	870
846	946	768	901
Promedio día	788	869	770

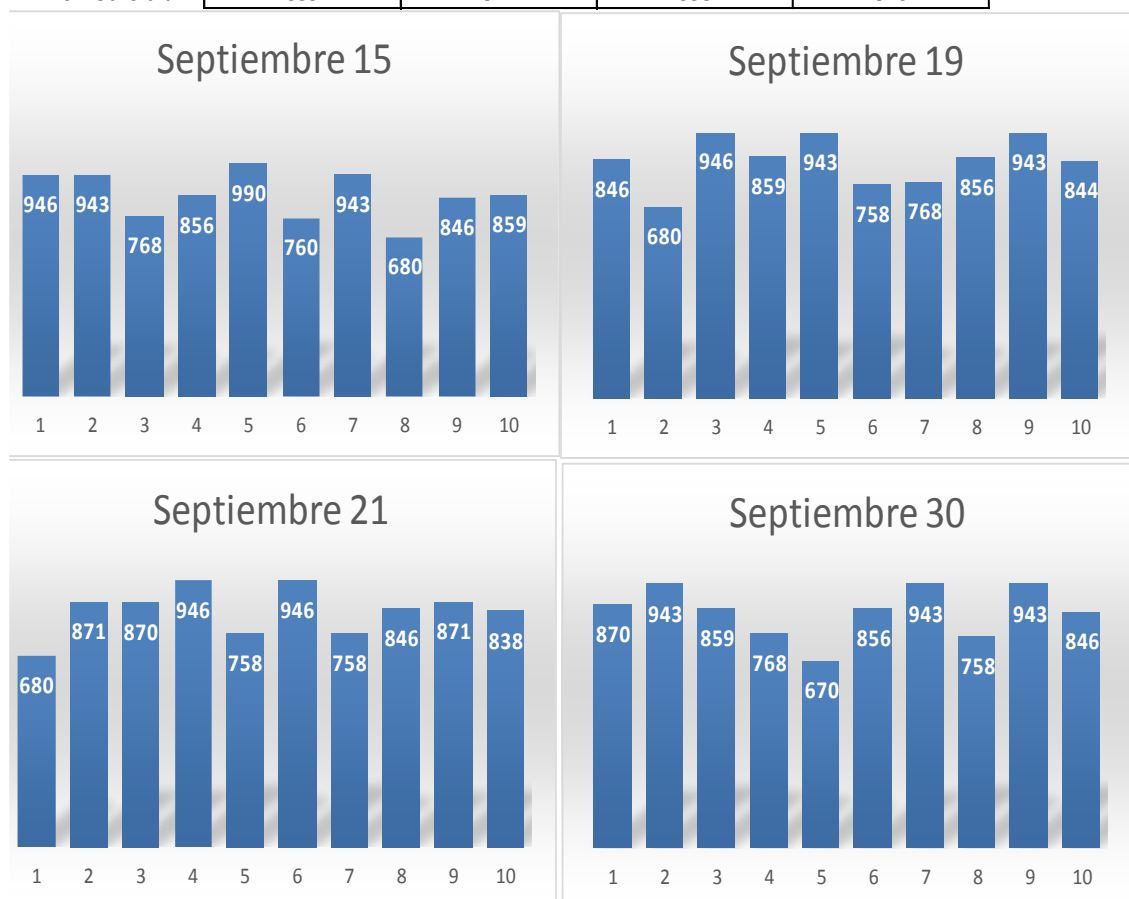
825



De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación obtenidos con la propuesta modular reguladora para el mes de agosto, se evidencian las similitudes de niveles luminotécnicos y el trazado de uniformidad es constante.

SEPTIEMBRE			
Septiembre 15	Septiembre 19	Septiembre 21	Septiembre 30
946	846	680	870
943	680	871	943
768	946	870	859
856	859	946	768
990	943	758	670
760	758	946	856
943	768	758	943
680	856	846	758
846	943	871	943
Promedio día	859	844	838

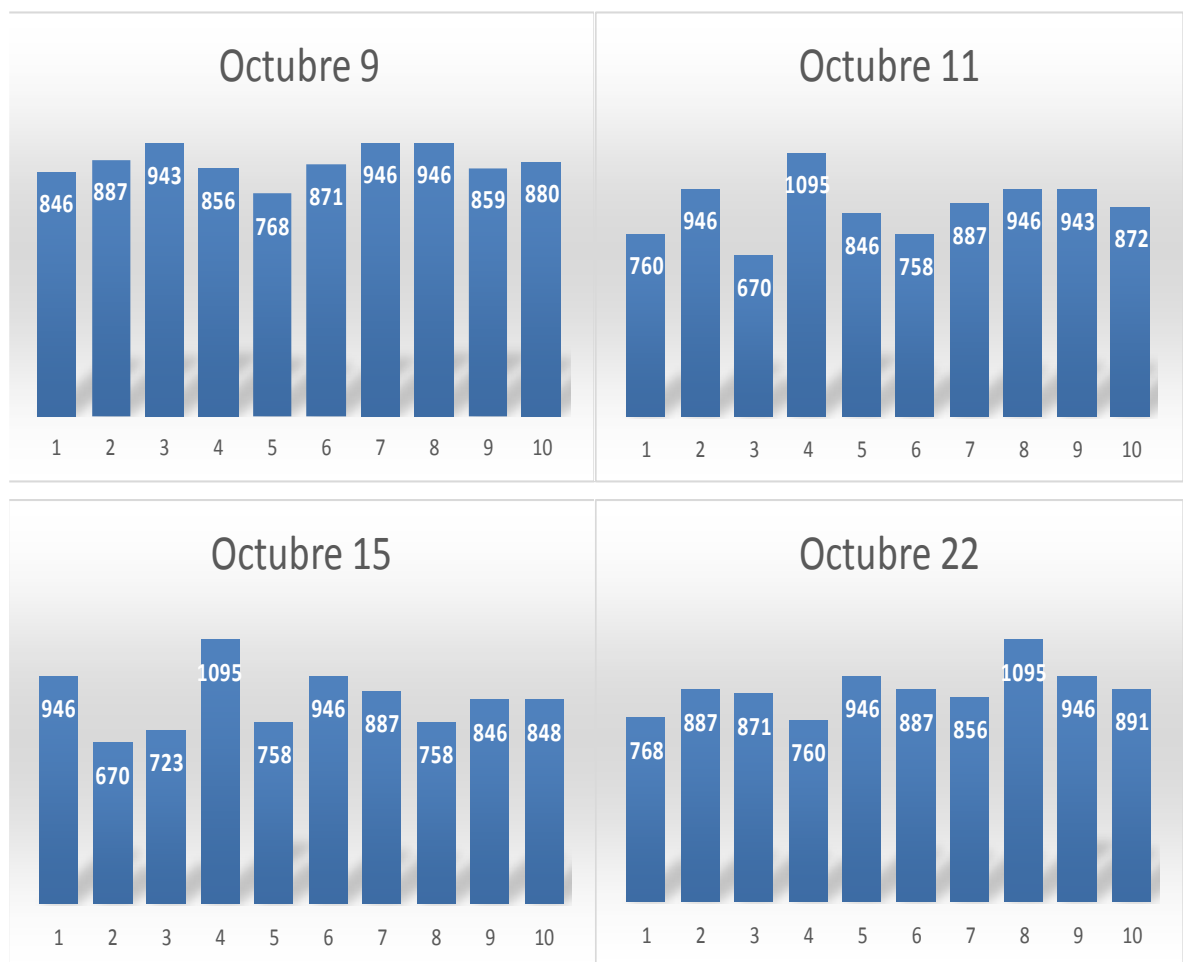
847



De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación obtenidos con la propuesta modular reguladora para el mes de septiembre, se evidencian las similitudes de niveles luminotécnicos y el trazado de uniformidad es constante.

OCTUBRE			
Octubre 9	Octubre 11	Octubre 15	Octubre 22
846	760	946	768
887	946	670	887
943	670	723	871
856	1095	1095	760
768	846	758	946
871	758	946	887
946	887	887	856
946	946	758	1095
859	943	846	946
Promedio día	880	872	848

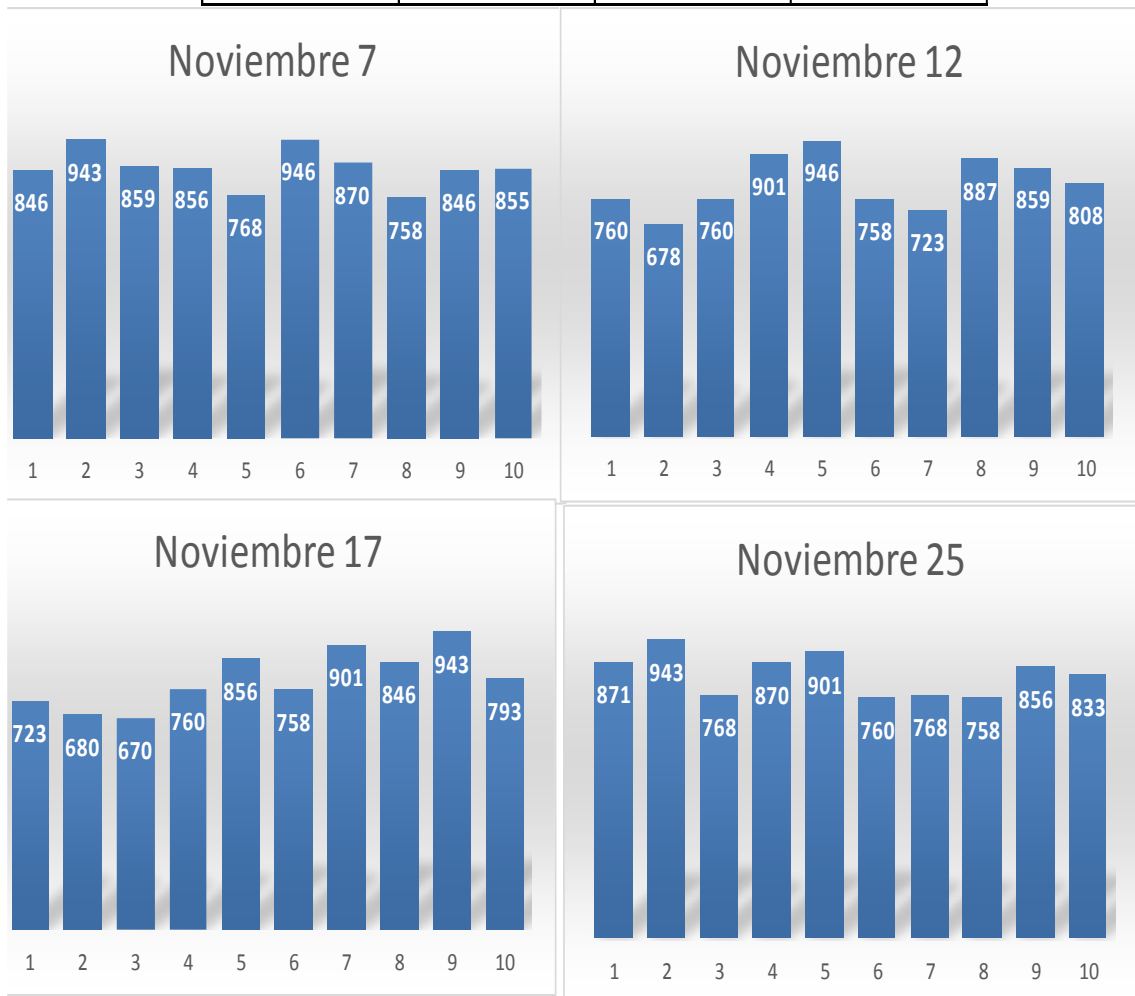
873



De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación obtenidos con la propuesta modular reguladora para el mes de octubre, se evidencian las similitudes de niveles luminotécnicos y el trazado de uniformidad es constante.

NOVIEMBRE			
Noviembre 7	Noviembre 12	Noviembre 17	Noviembre 25
846	760	723	871
943	678	680	943
859	760	670	768
856	901	760	870
768	946	856	901
946	758	758	760
870	723	901	768
758	887	846	758
846	859	943	856
Promedio día	855	808	793

822

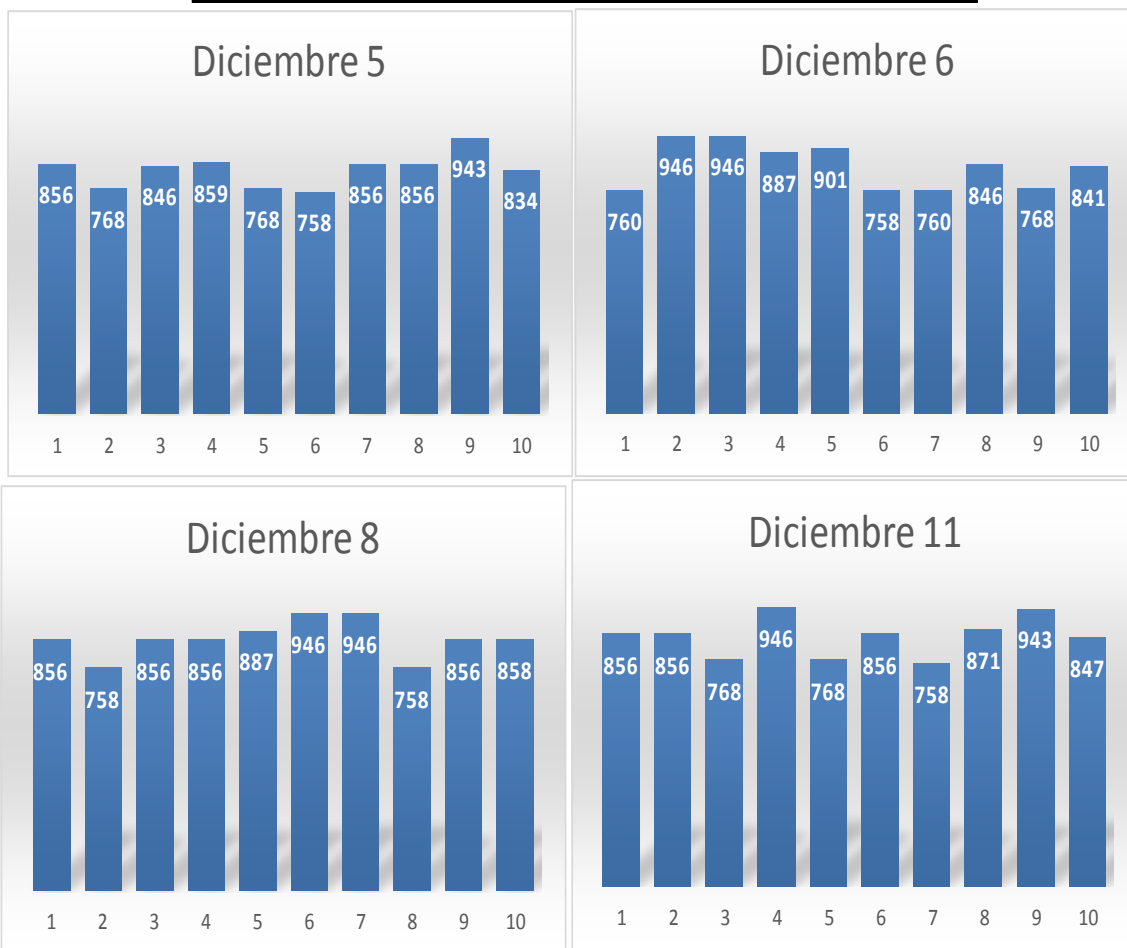


De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles de iluminación obtenidos con la propuesta modular reguladora para el mes de noviembre, se evidencian las similitudes de niveles luminotécnicos y el trazado de uniformidad es constante.

De acuerdo a los análisis obtenidos, los niveles

DICIEMBRE			
Diciembre 5	Diciembre 6	Diciembre 8	Diciembre 11
856	760	856	856
768	946	758	856
846	946	856	768
859	887	856	946
768	901	887	768
758	758	946	856
856	760	946	758
856	846	758	871
943	768	856	943
Promedio día	834	841	858

845



s de iluminación obtenidos con la propuesta modular reguladora para el mes de diciembre, se evidencian las similitudes de niveles luminotécnicos y el trazado de uniformidad es constante.

