

Rediseño del Sistema de Iluminación Eléctrica del Edificio de Ingeniería Industrial de la
Universidad Industrial de Santander

Gerardo Castro Duran, Yorledinson Martinez Subero y Alex David Astralaga Padilla.

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Electricista

Director

Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga

Doctorado en Ingeniería Eléctrica

Codirector

Daniela del Pilar Mesa Hernández

Profesional en Ingeniería Industrial

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctricas, Electrónica y de Telecomunicaciones

Ingeniería Eléctrica

Bucaramanga

2023

Dedicatorias

A mi madre Yamel Padilla Arzuzar, por su amor, comprensión y apoyo incondicional a lo largo de este camino, por los consejos y dedicación para lograr este sueño, que sin importar que tan difícil haya sido todo el proceso, siempre estuvo cuando más la necesitaba, gracias por la confianza depositada en mí para hacer de mí una mejor persona, por enseñarme a no desistir y luchar cada día para poder cumplir mis metas.

A la familia Padilla Arzuzar, por las diversas enseñanzas a lo largo del tiempo. A mi pareja Sofia Torrecilla Morales por estar conmigo y creer en mí, también a mis amigos por crecer juntos y ser cómplices de todas las aventuras académicas.

Alex David Astralaga Padilla

Dedicatorias

Quiero dedicar este trabajo a todas las personas que han sido mi fuente de inspiración, guía y apoyo a lo largo de mi trayecto académico. En primer lugar, doy gracias a Dios por darme salud, vida y bendiciones para llevar a cabo cada una de las actividades de mi formación profesional.

A mi madre, Zaida Duran Arguello, le agradezco por su apoyo incondicional en cada uno de los días en los que necesité contar con alguien y ahí estaba para mí. Gracias a ella, pude superar muchos desafíos y alcanzar mis metas.

A mi padre, Gerardo Castro Quintero, le agradezco por inculcarme buenos valores y principios, y por su motivación diaria. Saber que se siente orgulloso de mí me impulsó a seguir adelante y a nunca rendirme.

A mi hermana, Ingrid Marcela Gallo Duran, le agradezco por su ayuda en todo momento y por ser una persona tan especial en mi vida.

A mi pareja, Luisa Fernanda Payares, le agradezco por llegar a mi vida y convertirse en una guía para mí. Gracias a ella, he aprendido mucho y he mejorado como persona y como estudiante.

Quiero hacer una mención especial a mis abuelos, Teresa Argüello y Rito Rueda, quienes desde el otro lado de la vida están muy orgullosos de mí. El amor y el apoyo que me brindaron cuando estaban aquí conmigo nunca serán olvidados.

Finalmente, quiero agradecer a mis amigos de la universidad: Yorledinson, Alex, Herminson, Nayron y David. Gracias por su compañía y su apoyo en cada una de las aventuras vividas semestre a semestre en la universidad y por estar ahí y así poder superar cualquier dificultad y alcanzar nuestros objetivos.

Sin importar las dificultades y los malos momentos, agradezco a cada una de estas personas por depositar su confianza en mí y ayudarme a desarrollar habilidades y capacidades ocultas las cuales hicieron de mí una mejor persona.

“Las mejores y más bellas cosas en el mundo no pueden verse, ni siquiera tocarse; deben sentirse con el corazón” Hellen Keller

Gerardo Castro Duran

Dedicatorias

A Dios que en su infinita bondad y misericordia me permitió cumplir mi objetivo por el cual trabajé muy duro, sin embargo, no es un logro que me amerite solo a mí los créditos, es un logro colectivo, les pertenece a todas aquellas personas que me ayudaron y vieron por mí a lo largo de este gran camino, es por esto por lo que desde el fondo de mi corazón se los dedico.

A mi abuelito José Dolores Subero Meneses, quién por razones injustas me ve desde el cielo.

A mi mamá, Yennis María Subero López, quién con su gran carácter envuelto de amor y respeto forjó mi responsabilidad y gusto por el estudio, enseñándome lo valiosa que es la vida y lo increíble que puede ser si decidimos tomar las riendas de esta.

A mi papá, Hedinson Eliécer Martínez Becerra, el hombre que me enseñó que para todo en la vida siempre hay un camino, que todo se puede solucionar y quién me inculcó los buenos valores y el buen trato hacia los demás.

A Luis Carlos Ariza Granados, el hombre que la vida me otorgó cómo segundo papá, la persona de la que aprendí lo importante que es saber ser independiente y quién me enseñó el significado del trabajo.

A mis hermanos, Yomirson, Yeraldin, Karla y Yordin, quienes espero que tomen este ejemplo y decidan encaminarse hacia el futuro logrando ser como yo, incluso mejor, no tengo duda de que lo lograrán.

A mí familia, en especial a mis tíos. Roimel y Marlin Subero Díaz, quienes me ayudaron en momentos cruciales con los buenos consejos y las oportunidades brindadas.

A mí novia Yasmin Sofía Fuentes González, la mujer que conocí en el momento indicado quién me ayudó a crecer y que estuvo conmigo apoyándome, por su puesto, a su familia, quién me acogió como un miembro más y aportó su granito en esta travesía.

A mis amigos, Jhoel Urbina, Nayron Rodríguez, Gerardo Castro, Herminson Herrera, Alex Astralaga, David Marín, Erick Pérez, a mis compa'es Fabián Adarme, José Miguel Roa y Julio León, además a mis dos amigas, Juliana Barrios y Karen Moya. Mi combo universitario a los que le debo este y muchos más.

A una gran familia que me apoyó enormemente, la fundación que me permitió culminar y concretar este logro, fundación Jóvenes con Calidad de Vida.

Por último, pero no menos importantes, a todas aquellas personas que aportaron con su esfuerzo y dedicación a qué este sea un logro alcanzado.

Yorledinson Martínez Subero

Agradecimientos

El agradecimiento de este proyecto de grado está dirigido principalmente a Dios, por permitirnos culminar de manera exitosa esta etapa de nuestras vidas.

A la Universidad Industrial de Santander sede Bucaramanga y sede Barrancabermeja, por brindarnos la oportunidad de ser parte de la mejor Universidad de Colombia, por enseñarnos a ser persistentes, responsables, íntegros y éticos, y sobre por permitirnos crecer de manera académica y como personas.

A la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones, por su claustro profesorado quienes nos ayudaron guiándonos por el camino de la investigación y conocimiento, por sus magníficas instalaciones, por el respeto hacia los demás y por estar al pendiente de las dificultades académicas de cada uno de sus estudiantes.

Al profesor Cesar Loaiza, por su esfuerzo, dedicación y pedagogía como docente de nuestra alma mater, por enseñarnos a derivar problemas, integrar amistades y solucionar diferencias y sobre todo por la amistad brindada.

Al profesor Viterbo Barrera, por su pasión y entrega con la ingeniería eléctrica y electrónica, por ser un referente en nuestras vidas, por ayudarnos a aprovechar las oportunidades y la confianza en nosotros para hacer de este mundo algo mejor.

Tabla de Contenido

Introducción	23
1. Objetivos.....	25
1.1 Objetivo General.....	25
1.2 Objetivos Específicos	25
2. Referente Normativo y Metodología para el Rediseño.....	26
2.1 Marco Normativo para Diseño de Sistemas de Iluminación	27
2.1.1 Normatividad en Ambientes Escolares	27
2.1.2 Alternativa de Automatización del Sistema de Iluminación del Edificio.....	36
2.2 Inventario de Luminarias	39
3. Descripción de las Luminarias Seleccionadas	43
3.1 Luminarias Ilumax.....	43
3.2 Luminarias Philips.....	45
3.3 Luminarias Sylvania.....	46
3.4 Comparación de Costos entre las Luminarias Seleccionadas.....	48
4. Modelado y Simulación del Sistema de Alumbrado en Software DIALux EVO	50
4.1 Plan de Acción para la Realización del Modelado.....	50
4.1.1 Modelado Estructural.....	50
4.1.2 Modelado de Puertas y Ventanas.....	58
4.1.3 Modelado de Mobiliario.....	60
4.2 Rediseño de Iluminación en el Software DIALux EVO	67

5. Modelado del Sistema de iluminación con Distribución Actual.....	74
5.1 Resultados Sala Computo 01 (30).....	74
5.2 Resultados Salón Mejoramiento Continuo.....	76
5.3 Resultados Aula E (306).....	77
5.4 Resultados Sala de Reuniones 04	78
5.5 Resultados Oficina C09	80
5.6 Resultados Aula de Exposiciones	81
6. Rediseño con las Diferentes Alternativas de iluminación Led.....	85
6.1 Rediseño del Sistema de Iluminación con Luminarias Ilumax.....	85
6.2 Rediseño del Sistema de Iluminación con Luminarias Philips.....	89
6.3 Rediseño del Sistema de Iluminación con Luminarias Sylvania.....	94
7. Análisis Comparativo de las Simulaciones en los Diferentes Escenarios.....	99
7.1 UGR e Iluminancia en Sala de Computo 01 (30).....	99
7.2 UGR e Iluminancia en Salón Mejoramiento Continuo	100
7.3 UGR e Iluminancia en Aula E (305).....	102
7.4 UGR e Iluminancia en Sala de Reuniones 04	104
7.5 UGR e Iluminancia en Oficina C09.....	105
7.6 UGR e Iluminancia en Aula de Exposiciones	107
8. Actualización de Planos Eléctricos con el Nuevo Sistema de Iluminación	114
9. Presupuesto	119
10. Conclusiones	120

Referencias Bibliográficas	122
Apéndices	124

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Parámetros fotométricos RETILAP</i>	27
Tabla 2 <i>Índice UGR máximo y niveles de iluminancia para diferentes áreas</i>	29
Tabla 3 <i>Valores mínimos de coeficiente de luz diurna CLD</i>	31
Tabla 4 <i>Uniformidades y relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas al área de tarea</i>	32
Tabla 5 <i>Inventario de luminaria de salones</i>	39
Tabla 6 <i>Inventario de luminaria de oficinas</i>	41
Tabla 7 <i>Costos de las opciones de las luminarias seleccionadas</i>	48
Tabla 8 <i>Resultados del modelado en instalaciones existentes</i>	83
Tabla 9 <i>Cantidad de luminarias en aulas, baños y pasillos del edificio de Ingeniería Industrial (Ilumax)</i>	85
Tabla 10 <i>Cantidad de luminarias en oficinas y salas de reuniones de Ingeniería Industrial (Ilumax)</i>	88
Tabla 11 <i>Cantidad de luminarias en aulas, baños y pasillos del edificio de Ingeniería Industrial (Philips)</i>	90
Tabla 12 <i>Cantidad de luminarias en oficinas y salas de reuniones de Ingeniería Industrial (Philips)</i>	92
Tabla 13 <i>Cantidad de luminarias en aulas, baños y pasillos del edificio de Ingeniería Industrial (Sylvania)</i>	94
Tabla 14 <i>Cantidad de luminarias en oficinas y salas de reuniones de Ingeniería Industrial (Sylvania)</i>	97
Tabla 15 <i>Resultados del modelado en recintos específicos</i>	108
Tabla 16 <i>Cantidad de luminarias marca Ilumax</i>	110

Tabla 17 Cantidad de luminarias marca Philips	110
Tabla 18 Cantidad de luminarias marca Sylvania	110
Tabla 19 Costo de implementación con las diferentes alternativas	111
Tabla 20 Costo anual por consumo con las diferentes alternativas	111
Tabla 21 Costo de 11 años por consumo con las diferentes alternativas	111
Tabla 22 Número de implementación en 11 Años (Ilumax)	112
Tabla 23 Número de implementación en 11 Años (Philips)	112
Tabla 24 Número de implementación en 11 Años (Sylvania)	113
Tabla 25 Resultados previos a la selección de la mejor opción	113
Tabla 26 Presupuesto General.....	119

Lista de Figuras

Figura 1 Metodología del trabajo de grado TG.2022SI.RSIEEIIUIS	26
Figura 2 Coeficiente de luz diurna	31
Figura 3 Distancias y cavidades para aplicación del método del Coeficiente de local	34
Figura 4 Microcontrolador MSP430 Launchpad.....	37
Figura 5 Arquitectura del sistema de automatización	37
Figura 6 Esquema del proceso de automatización	38
Figura 7 Luminaria rectangular referencia 794 LED 48W.....	44
Figura 8 Luminaria cuadrada referencia 466 LED 48W.....	44
Figura 9 Luminaria redonda backlite redondo incrustar.....	44
Figura 10 Luminaria rectangular RC048B LED40S/865 100-277 W30L121 LA	45
Figura 11 Luminaria cuadrada RC048B LED40S/865 100-277 W59L59 LA	46
Figura 12 Luminaria redonda DL252 G2 R Rd LED 2000 65K 24W 11" WV.....	46
Figura 13 Luminaria rectangular LED PANEL RC 40W DL 100-277V.....	47
Figura 14 Luminaria cuadrada LED PANEL SQ 40W DL UNV 50HR	47
Figura 15 Luminaria redonda LED PANEL RD 30W DL 100-240V	48
Figura 16 Portada inicial del software DIALux EVO.....	50
Figura 17 Importación de plano al software DIALux EVO.....	51
Figura 18 Selección de origen y rotación del plano	52
Figura 19 Selección de unidades de longitud	52
Figura 20 Desactivar capas en el software DIALux EVO.....	53
Figura 21 Opción dibujar nuevo edificio.....	54
Figura 22 Determinación área del sótano	54
Figura 23 Delimitaciones internas del sótano	55

Figura 24 Modelo tridimensional del primer piso	55
Figura 25 Modelo tridimensional del segundo piso.....	56
Figura 26 Modelo tridimensional del tercer piso	56
Figura 27 Modelo tridimensional del cuarto piso.....	57
Figura 28 Modelo tridimensional del quinto piso.....	57
Figura 29 Opción de abertura de edificio	58
Figura 30 Selección del tipo de ventana a utilizar.....	59
Figura 31 Modelado tridimensional exterior del sótano con ventanas	59
Figura 32 Modelado tridimensional del sótano con puertas y ventanas	60
Figura 33 Modelado tridimensional exterior del primer piso con ventanas	60
Figura 34 Opción de muebles y objetos dentro del software	61
Figura 35 Modelado de mesas y sillas.....	62
Figura 36 Modelo tridimensional amoblado del salón fundadores 101	62
Figura 37 Modelo tridimensional amoblado de la sala de cómputo 111-1	63
Figura 38 Vista de planta tridimensional de amoblamiento del primer piso.....	63
Figura 39 Vista de planta tridimensional de amoblamiento del segundo piso	64
Figura 40 Vista de planta tridimensional de amoblamiento del tercer piso.....	64
Figura 41 Vista de planta tridimensional de amoblamiento del cuarto piso	65
Figura 42 Vista de planta tridimensional de amoblamiento del quinto piso	65
Figura 43 Vista frontal del edificio	66
Figura 44 Vista posterior del edificio	66
Figura 45 Identificación y limitación de las áreas específicas.....	67
Figura 46 Selección de propiedades para aula de actividades generales	68
Figura 47 Selección de propiedades para oficinas tipo general	68
Figura 48 UGR para las superficies de cálculo en cualquier tipo de espacios paso.....	69
Figura 49 UGR e iluminación perpendicular para los tableros en aulas de clase.....	70

Figura 50 Ejemplo de importación de archivo (.IES) paso 1.....	70
Figura 51 Ejemplo de importación de archivo (.IES) paso 2.....	71
Figura 52 Ejemplo de importación de archivo (.IES) paso 3.....	71
Figura 53 Disposición manual de luminarias en un aula de activades generales.....	72
Figura 54 Resultado de disposición manual de luminarias en un aula de activades generales	73
Figura 55 Valores de simulación de Sala de Cómputo 01 (Ilumax)	74
Figura 56 Valores de simulación de Sala de Cómputo 01 (Philips)	75
Figura 57 Valores de simulación de Sala de Cómputo 01 (Sylvania)	75
Figura 58 Valores de simulación de salón mejoramiento continuo (Ilumax)	76
Figura 59 Valores de simulación de salón mejoramiento continuo (Philips)	76
Figura 60 Valores de simulación de salón mejoramiento continuo (Sylvania)	77
Figura 61 Valores de simulación de aula E (Ilumax).....	77
Figura 62 Valores de simulación de aula E (Philips).....	78
Figura 63 Valores de simulación de aula E (Sylvania).....	78
Figura 64 Valores de simulación de sala de reuniones 04 (Ilumax)	79
Figura 65 Valores de simulación de sala de reuniones 04 (Philips)	79
Figura 66 Valores de simulación de sala de reuniones 04 (Sylvania)	80
Figura 67 Valores de simulación de oficina C09 (Ilumax).....	80
Figura 68 Valores de simulación de oficina C09 (Philips).....	81
Figura 69 Valores de simulación de oficina C09 (Sylvania).....	81
Figura 70 Valores de simulación de aula de exposiciones (Ilumax)	82
Figura 71 Valores de simulación de aula de exposiciones (Philips)	82
Figura 72 Valores de simulación de aula de exposiciones (Sylvania)	83
Figura 73 Simulación del sistema iluminación en un aula de activades generales (Ilumax).....	85
Figura 74 Simulación de iluminación en un aula de activades generales (Philips).....	89
Figura 75 Simulación de iluminación en un aula de activades generales (Sylvania).....	94

Figura 76 Resultados de sala computo 01 (30) (Ilumax)	99
Figura 77 Resultados de sala computo 01 (30) (Philips)	100
Figura 78 Resultados de sala computo 01 (30) (Sylvania)	100
Figura 79 Resultados de salón mejoramiento continuo (Ilumax)	101
Figura 80 Resultados de salón mejoramiento continuo (Philips)	101
Figura 81 Resultados de salón mejoramiento continuo (Sylvania)	102
Figura 82 Resultados de Aula E (305) (Ilumax)	102
Figura 83 Resultados de Aula E (305) (Philips)	103
Figura 84 Resultados de Aula E (305) (Sylvania)	103
Figura 85 Resultados de Sala de Reuniones 04 (Ilumax).....	104
Figura 86 Resultados de Sala de Reuniones 04 (Philips).....	104
Figura 87 Resultados de Sala de Reuniones 04 (Sylvania).....	105
Figura 88 Resultados de Oficina C09 (Ilumax)	105
Figura 89 Resultados de Oficina C09 (Philips)	106
Figura 90 Resultados de Oficina C09 (Sylvania)	106
Figura 91 Resultados de Aula de Exposiciones (Ilumax).....	107
Figura 92 Resultados de Aula de Exposiciones (Philips).....	107
Figura 93 Resultados de Aula de Exposiciones (Sylvania).....	108
Figura 94 Exportación de archivo EVO a DWG	114
Figura 95 Plano base de trabajo planta 1 con nueva tecnología led	115
Figura 96 Rediseño de planos eléctricos de iluminación sótano	116
Figura 97 Rediseño de planos eléctricos de iluminación primer piso	116
Figura 98 Rediseño de planos eléctricos de iluminación segundo piso.....	117
Figura 99 Rediseño de planos eléctricos de iluminación tercero piso	117
Figura 100 Rediseño de planos eléctricos de iluminación cuarto piso	118
Figura 101 Rediseño de planos eléctricos de iluminación quinto piso.....	118

Lista de Apéndices

Apéndice A. <i>Especificaciones técnicas de luminarias</i>	124
Apéndice B. <i>Análisis de costo Ilumax</i>	126
Apéndice C. <i>Análisis de costo Philips</i>	132
Apéndice D. <i>Análisis de costo Sylvania</i>	138

Glosario

El presente documento contempla las definiciones de mayor frecuencia de aplicación en lo correspondiente a los diseños y rediseños del sistema de iluminación eléctrica en edificios con ambientes escolares, vivienda multifamiliares y etc.

Automatización: la automatización consiste en usar la tecnología para realizar tareas con muy poca intervención humana. Se puede implementar en cualquier sector en el que se lleven a cabo tareas repetitivas.

Bombilla o lámpara: término genérico para denominar una fuente de luz fabricada por el hombre. Por extensión, el término también es usado para denotar fuentes que emiten radiación en regiones del espectro adyacentes a la zona visible. Puede asimilarse a la definición de lámpara.

Campo visual: lugar geométrico de todos los objetos o puntos en el espacio que pueden ser percibidos cuando la cabeza y los ojos de un observador se mantienen fijos. El campo puede ser monocular o binocular.

Capacidad lumínica: relaciona el flujo luminoso con el ángulo del haz de una fuente de luz. La intensidad luminosa indica, por tanto, la concentración de la luz o la densidad de la luz emitida. La intensidad luminosa se indica en candelas (cd).

Coefficiente de Utilización: relación entre el flujo luminoso que llega a la superficie a iluminar (flujo útil) y el flujo total emitido por una luminaria. Usualmente, se aplica este término cuando se refiere a luminarias de alumbrado público. También se conoce como factor de utilización de la luminaria.

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 incapacitivo.

Eficacia luminosa de una fuente: relación entre el flujo luminoso total emitido por una fuente luminosa (bombilla) y la potencia de esta. La eficacia de una fuente se expresa en lúmenes/vatio (lm/W).

Eficiencia energética: la eficiencia energética implica usar bien la energía, porque significa ahorrar sin perder en calidad de vida o en calidad de producción. Un ejemplo de esto es la introducción de nueva tecnología o el cambio de conducta en las personas.

Estudio luminotécnico: es el cálculo de la distribución luminosa dentro de un espacio, el cual se realiza con el objetivo de encontrar la forma óptima y económica de iluminar dicho espacio.

Factor de mantenimiento (FM): factor usado en el cálculo de la luminancia e iluminancia después de un período dado y en circunstancias establecidas. Tiene en cuenta la hermeticidad de la luminaria, la depreciación del flujo luminoso de la bombilla, la clasificación de los niveles de contaminación del sitio y el período de operación (limpieza) de la luminaria.

Flujo luminoso (Φ): cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones por unidad de tiempo. Su unidad es el lumen (lm).

Iluminancia (E): densidad del flujo luminoso que incide sobre una superficie. La unidad de iluminancia es el lux (lx).

Índice de deslumbramiento unificado (UGR): es el índice de deslumbramiento molesto procedente directamente de las luminarias de una instalación de iluminación interior, definido en la publicación CIE (Comisión Internacional de Iluminación).

Lúmen (lm): unidad de medida del flujo luminoso en el Sistema Internacional (SI).

Radiométricamente, se determina de la potencia radiante; fotométricamente, es el flujo luminoso emitido dentro de una unidad de ángulo sólido (un estereorradián) por una fuente puntual que tiene una intensidad luminosa uniforme de una candela.

Luminancia (L): en un punto de una superficie, en una dirección, se interpreta como la relación entre la intensidad luminosa en la dirección dada producida por un elemento de la superficie que rodea el punto, con el área de la proyección ortogonal del elemento de superficie sobre un

plano perpendicular en la dirección dada. La unidad de luminancia es candela por metro cuadrado. (Cd/m²).

Lux (lx): unidad de medida de iluminancia en el Sistema Internacional (SI). Un lux es igual a un lúmen por metro cuadrado (1 lx = 1 lm/m²).

Luz artificial: es aquella fuente producida por el ser humano. La principal son las bombillas o lámparas. Una ventaja de la luz artificial es que la podemos controlar a nuestra voluntad.

Luz natural: la luz natural consta de energía electromagnética generada desde la fuente; contiene un espectro saludable de colores y amplitudes de onda apropiadas para la vida sobre la tierra.

Planos eléctricos: un diagrama eléctrico es la representación ilustrada (pictórica) de un circuito eléctrico. También se le conoce con el nombre de esquema eléctrico y tiene la finalidad de presentar los componentes de un circuito eléctrico de manera sencilla, siguiendo las normas establecidas.

Rediseñar: es la modificación de la identidad visual de un plano para adaptarlo a un nuevo diseño eléctrico.

Sistema de iluminación: componentes de la instalación de iluminación y sus interrelaciones para su operación y funcionamiento.

Uniformidad: la uniformidad en la iluminación hace referencia en valores constantes y similares de luz en el área de trabajo, ya sea en interiores o exteriores.

Vida útil (de una fuente luminosa): período de servicio efectivo de una fuente que trabaja bajo condiciones y ciclos de trabajo nominales hasta que su flujo luminoso sea el 70 % del flujo luminoso total.

Resumen

Título: Rediseño del Sistema de Iluminación Eléctrica del Edificio de Ingeniería Industrial de la Universidad Industrial de Santander¹

Autor: Gerardo Castro Duran, Yorledinson Martínez Subero y Alex David Astralaga Padilla²

Palabras Claves: Energía, DIALux EVO, Eficiencia, Luminarias, Intensidad Lumínica, Auditoria Energética, RETILAP

Descripción: Rediseñar el sistema de iluminación del edificio de ingeniería industrial, utilizando fuentes de luz más eficientes y empleando elementos que permitan la automatización de la iluminación. Se deben actualizar los planos eléctricos vigentes y realizar estudios de iluminación mediante el software DIALux EVO.

La solución para implementar el rediseño logrará un ahorro considerable en el consumo eléctrico, permitiendo una adecuada iluminación de los espacios de trabajo y áreas comunes de circulación, incorporando elementos de automatización para facilitar el control de la iluminación, dando como resultado un sistema eficiente que satisface las necesidades visuales de los transeúntes dentro de las instalaciones.

¹ Trabajo de Grado

² Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctricas, Electrónica y de Telecomunicaciones. Ingeniería Eléctrica. Director: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga. Doctor en Ingeniería Eléctrica. Codirector: Daniela del Pilar Mesa Hernández. Profesional en Ingeniería Industrial

Abstract

Title: Redesign of the Electrical Lighting System of the Industrial Engineering Building of the Industrial University of Santander³

Author(s): Gerardo Castro Duran, Yorledinson Martinez Subero y Alex David Astralaga Padilla⁴

Key Words: Energy, DIALux EVO, Efficiency, Luminaires, Light Intensity, Energy Audit, RETILAP

Description: Redesign the lighting system of the industrial engineering building, using more efficient light sources and using elements that allow lighting automation. Current electrical plans must be updated and lighting studies carried out using the DIALux EVO software.

The solution to implement the redesign will achieve considerable savings in electricity consumption, allowing adequate lighting in work spaces and common circulation areas, incorporating automation elements to facilitate lighting control, resulting in an efficient system that satisfies the visual needs of passers-by within the facilities.

¹ Research Work

² Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Electric engineering. Advisor: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga. PhD in Electrical Engineering. Co-Advisor: Daniela del Pilar Mesa Hernández. Professional in Industrial Engineering

Introducción

En el año 2020 se realizó una auditoría energética por parte de la empresa francesa AMBASSADE DE FRANCE EN COLOMBIE por medio de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, 2020) encontrando como resultado falencias en el sistema de iluminación del edificio de ingeniería industrial de la Universidad Industrial de Santander (UIS), debido al tipo de luminaria que se encuentra en la instalación, el 89% de estas son T5 fluorescentes de baja eficiencia, y el 11% LED logrando ahorro de energía hasta de 50%. La capacidad lumínica de las luminarias actuales no alcanza a cubrir la totalidad del área que se requiere para obtener condiciones de iluminación seguras dentro del edificio.

El edificio de ingeniería industrial consta de 31 aulas de clase, 2 salas de cómputo, 17 oficinas, 2 auditorio y diferentes espacios comunes, de los cuales en su gran mayoría se presenta una problemática por la mala distribución del sistema de iluminación de la edificación. La falta de iluminación reduce de manera considerable realizar algunas de las actividades para el cumplimiento de la misión de la escuela, haciendo de esta instalación un espacio inconfortable. No cuenta con sistema automatizado que permita evitar pérdidas no técnicas debido al consumo de energía, tratándose de recintos vacíos donde se dejan diferentes artefactos eléctricos consumiendo energía eléctrica.

Realizar este proyecto genera una propuesta clave en busca de dar solución a las falencias encontradas en la auditoría energética mencionada, específicamente en lo referente a las mejoras requeridas a nivel de iluminación eléctrica. Por lo anterior, es necesario rediseñar el sistema de iluminación utilizando fuentes de luz más eficientes y buscando alternativas que permitan la automatización del alumbrado. Parte del trabajo por realizar incluye la actualización de los planos eléctricos y realización de los estudios de iluminación empleando el software DIALux EVO.

Como resultado al implementar el diseño se podrá obtener un ahorro considerable en el consumo de energía eléctrica permitiendo una adecuada iluminación de los espacios de trabajo

y de las zonas comunes de circulación, donde la incorporación de la nueva tecnología en sus luminarias permita la obtención de un sistema de iluminación más eficiente, que satisfaga las necesidades visuales de la comunidad académica dentro de las instalaciones. Todo lo anterior apunta al uso eficiente de la energía eléctrica que es una de las medidas más efectivas a corto y mediano plazo para lograr una reducción significativa de las emisiones de CO_2 y de otros gases de efecto invernadero (Universidad de Cataluña, 2022).

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Rediseñar el sistema de iluminación eléctrica del edificio de ingeniería industrial de la Universidad Industrial de Santander, incorporando tecnología led y realizar una propuesta de elementos de automatización del alumbrado.

1.2 Objetivos Específicos

- Realizar el estudio luminotécnico y la definición de requerimientos normativos del sistema de iluminación del edificio de ingeniería industrial.
- Realizar un análisis exhaustivo de las opciones de luminarias disponibles en el mercado, evaluando sus características técnicas, costos y compatibilidad con el espacio a iluminar. Con base en este análisis, definir el tipo de luminarias más adecuadas para lograr una iluminación eficiente, confortable y segura en el espacio de interés, además, proponer alternativas de automatización de los diferentes espacios del edificio.
- Realizar el modelado y la simulación del sistema de alumbrado proyectado en el software DIALux EVO.
- Actualizar los planos eléctricos de alumbrado del edificio de ingeniería industrial acorde con el sistema de alumbrado proyectado.
- Realizar presupuesto y especificaciones técnicas para la actualización del sistema de alumbrado del edificio.

2. Referente Normativo y Metodología para el Rediseño

La metodología que se aplicó en el presente trabajo de grado se dividió en cinco fases fundamentales que permitieron sintetizar los procesos necesarios para lograr el desarrollo del proyecto. Se tuvo como punto de partida la revisión de documentación de trabajos acorde a diseños de sistemas de iluminación, seguidamente se realizó la revisión de normatividad colombiana vigente, correspondiente al sector de iluminación en ambientes escolares (Reglamento técnico de alumbrado público RETILAP y norma técnica colombiana NTC 4595), luego se procedió a realizar las etapas de modelado y rediseño de los planos eléctricos empleando herramientas computacionales como DIALux EVO y AutoCAD 2D. Finalmente se realizó un análisis presupuestal entre las luminarias seleccionadas para elegir la que se comporte de manera óptima, eficiente y cumpliendo con las expectativas del rediseño, ver Figura 1.

Figura 1

Metodología del trabajo de grado TG.2022SI.RSIEEIIUIS



2.1 Marco Normativo para Diseño de Sistemas de Iluminación

Los referentes normativos en el presente trabajo de grado son indispensables para la realización del rediseño del sistema de iluminación del edificio de ingeniería industrial, garantizando la seguridad y la eficiencia en los diferentes espacios, según la Norma Técnica Colombiana (NTC 4595, 2020) la cual establece los requisitos para el diseño e instalación de sistemas de iluminación en interiores y exteriores, al igual que el Ministerio de Minas y Energía (RETILAP, 2010) determina los requerimientos mínimos que se deben cumplir en los sistemas de iluminación.

2.1.1 Normatividad en Ambientes Escolares

La NTC 4595 (2020) se basa principalmente en toda normatividad referente a los ambientes escolares, sin embargo, en este trabajo de grado solo se realizó un enfoque en cuanto a instalaciones eléctricas de ambientes escolares; capítulo 7 de la norma técnica, específicamente en el apartado 7.2.2 (iluminación artificial).

Los planteles educativos deben dar prioridad a la luz natural sobre la artificial, esto con la finalidad de asegurar condiciones de comodidad visual durante transcurso de la jornada académica. Se debe dar cumplimiento a lo estipulado en el RETILAP (2010) para el diseño de los sistemas de iluminación artificial en el cual están establecidos los niveles de iluminancia promedio, uniformidad, deslumbramiento máximo (UGR) y eficiencia energética (VEEI) (NTC 4595, 2020, p. 28). Ver Tabla 1.

Tabla 1

Parámetros fotométricos RETILAP

Área	Em (lx)	Uo (%)	UGR	VEEI**	Ev	Uov (%)
Aula tipo	500	50	19	4		
Tablero aula y/o laboratorio					500	50
Laboratorio	500	50	19	4		

Área	Em (lx)	Uo (%)	UGR	VEEI**	Ev	Uov (%)
Baños	150	50	25	4,5		
Circulaciones	100	50	28	4,5		
Oficinas	500	50	19	3,5		
Talleres*	500	50	22	4,5		
Biblioteca	500	50	19	6		
Cocina	300	50	25	5		
Aula múltiple	500	50	19	4		

Nota. Adoptada de NTC 4595 (2020).

^a W/m²/100 lx.

^b Talleres de ensamble, trabajo intermedio.

Los requisitos generales para un sistema de iluminación basado en el RETILAP (2010) se establecen en el capítulo 2, en las secciones 200.1, 200.2 y 200.3, donde se plantea el reconocimiento del sitio y objetivos a iluminar conociéndose las condiciones físicas, arquitectónicas, ambientales y su entorno, lo cual dependiendo de estos parámetros se deben tomar decisiones conforme al reglamento, también todo proyecto de iluminación debe conocer los requerimientos de iluminación para los usos que se deseen, ya que se deben tener en cuenta los niveles óptimos de iluminación, condiciones visuales de quien desarrolla las actividades, el tiempo de duración de las tareas y los fines específicos que se busquen con la iluminación, finalmente se debe seleccionar luminarias y/o fuentes luminosas teniendo en cuenta, la eficiencia lumínica, flujo luminoso, características fotométricas, reproducción cromática, temperatura de color de la fuente, vida útil de la luminaria, característica de luminaria, todo estos conforme con las actividades y objetivos de uso de los espacios a iluminar.

Los requisitos generales del diseño de alumbrado interior según RETILAP (2010) se establecen en el capítulo 4, en la sección 410, donde se presentan algunos requisitos importantes para tener en cuenta a la hora de realizar un diseño de iluminación interior.

- a. Conocer con detalle las actividades asociadas con cada espacio.
- b. Las exigencias visuales de cada puesto de trabajo y su localización.
- c. Las condiciones de reflexión de las superficies.
- d. Los niveles de iluminancia y uniformidad requerida.
- e. La disponibilidad de la iluminación natural.
- f. El control de deslumbramiento.
- g. Los requerimientos espaciales en las propiedades de las luminarias, por el tipo de aplicación.
- h. Propiedades de la fuente y luminarias.

La sección 410.1 del RETILAP (2010) corresponde a los niveles de iluminación y distribución de luminancias de cada uno de los espacios, en la Tabla 2 se presentan los índices máximos de UGR y niveles de iluminación para los espacios correspondientes del edificio de ingeniería industrial.

Tabla 2

Índice UGR máximo y niveles de iluminancia para diferentes áreas

Tipo de recinto y actividad	UGR	Niveles de iluminación (lx)		
		Mínimo	Medio	Máximo
Áreas generales en las edificaciones				
Área de circulación, corredores	28	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	25	100	150	200
Vestidores, baños	25	100	150	200
Almacenes, bodegas	25	100	150	200
Oficinas				
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	19	300	500	750
Oficinas abiertas	19	500	750	1000
Oficinas de dibujo	16	500	750	1000

Tipo de recinto y actividad	UGR	Niveles de iluminación (lx)		
		Mínimo	Medio	Máximo
Salas de conferencia	19	300	500	750
Colegios y centros educativos				
Salones de clase				
Iluminación general	19	300	500	750
Tableros	19	300	500	750
Elaboración de planos	16	500	750	1000
Salas de conferencia				
Iluminación general	22	300	500	750
Tableros	19	500	750	1000
Banco de demostración	19	500	750	1000
Laboratorios	19	300	500	750
Salas de arte	19	300	500	750
Talleres	19	300	500	750
Salas de asamblea	22	150	200	300

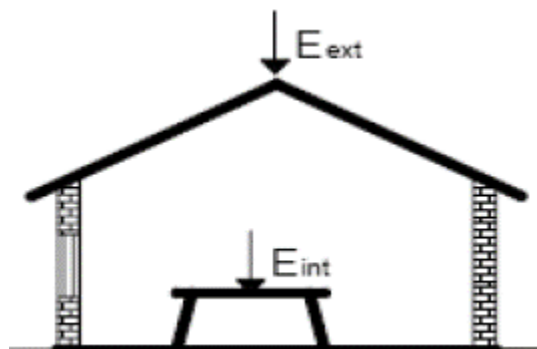
Nota. Adoptada de la tabla 410.1 del RETILAP (2010).

En todo proyecto de construcción se debe utilizar hasta donde sea posible la luz natural emitida por la energía radiante del sol, es decir, que en este trabajo de grado sobre el rediseño del sistema de iluminación del edificio de ingeniería industrial se contempló el mínimo uso de luz artificial, ya que la edificación posee grandes ventanales en la mayoría de los salones, centro de estudios, laboratorios y oficinas (RETILAP, 2010, p. 80).

El coeficiente de luz diurna (CLD) promedio se estima a través de la disponibilidad de luz natural en interiores y su potencial de ahorro de energía, ver Figura 2. El CLD expresa la relación entre la iluminación promedio interior (E_{int}) producida por la luz natural y la iluminación en el exterior (E_{ext}) determinada en el mismo instante en un cielo uniformemente nublado y sin obstrucciones, ver Ecuación 1.

Figura 2

Coeficiente de luz diurna



Nota. Adaptada de RETILAP (2010, p. 81).

$$CLD \% = \frac{E_{int}}{E_{ext}} * 100 \quad (1)$$

A continuación, se presentan los valores mínimos de coeficiente de luz diurna que se deben cumplir para edificaciones no residenciales, ver Tabla 3.

Tabla 3

Valores mínimos de coeficiente de luz diurna CLD

CLD en edificaciones no residenciales	
Fábricas	5%
Oficinas	2%
Salones de clase	2%
Hospitales	2%

Nota. Adaptada de la tabla 410.2.2 del RETILAP (2010).

La sección 410.3 del RETILAP (2010) resalta los requisitos que se deben atender sobre el control de deslumbramiento; el deslumbramiento es la sensación producida por áreas brillantes dentro del campo de visión y puede ser experimentado como deslumbramiento molesto o perturbador.

El efecto de deslumbramiento se puede originar por la presencia de fuentes de luz que emiten una luminancia muy elevada en comparación con la luminancia general presente en el espacio cerrado (denominado como deslumbramiento directo), o cuando las fuentes de luz se reflejan en superficies con acabado pulido, dando lugar al llamado deslumbramiento por reflejos.

El grado de deslumbramiento directo procedente de las luminarias puede ser estimado mediante el método de tabulación del índice de deslumbramiento UGR, ver Ecuación 2.

$$UGR = 8 \text{Log}_{10} \left(\frac{0.25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right) \quad (2)$$

L_b : Luminancia de fondo en cd/m^2 .

L : Luminancia de las partes luminosas de cada luminaria en la dirección del ojo del observador en cd/m^2 .

ω : Angulo solido (estereorradianes) de las partes luminosas de cada luminaria en el ojo del observador.

p : Índice de posición de Guth para cada luminaria individual que se refiere a su desplazamiento de la línea de visión.

Nota. Ecuación adoptada de la sección 410.3 del RETILAP (2010, p. 84).

Los niveles de uniformidad se deben establecer con el fin de evitar las molestias debidas a los cambios bruscos de luminancias, la relación entre el nivel de iluminación existente en el área de trabajo y el alumbrado general no debe ser menor a lo establecido en la Tabla 4.

Tabla 4

Uniformidades y relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas al área de tarea

Iluminancia de tarea (lx)	Iluminancia de áreas circundantes inmediatas (lx)
Mayor o igual a 750	500
500	300
300	200

Iluminancia de tarea (lx)	Iluminancia de áreas circundantes inmediatas (lx)
Menor o igual a 200	E_{tarea}
Uniformidad ($E_{\text{min}}/E_{\text{prom}}$)	
Mayor o igual a 0,5	Mayor o igual a 0,4

Nota. Adoptado de la tabla 410.4 del RETILAP (2010).

En la sección 410.7 del RETILAP (2010), establece que se deben tener en cuenta la apariencia de color de la fuente definida como su temperatura de color (T_c) en Kelvin y su rendimiento de color que refleja la capacidad de una fuente de luz para representar los colores de un objeto iluminado de manera precisa.

Otro aspecto a tener en cuenta son los requisitos específicos de iluminación interior propuestos en la sección 420 del RETILAP (2010), en los ítems 420.1.1 (Alumbrado de oficinas) y 420.1.2 (Alumbrado en instituciones educativas, salas de lecturas y auditorios), esto se tuvo en cuenta al momento de realizar el rediseño de este trabajo de grado, debido a que se encuentra ubicado en una institución educación superior donde se frecuentan dichos espacios.

Los cálculos para la iluminación interior, los cuales se presentan en la sección 430 del RETILAP (2010), se deben tener en cuenta los requisitos como: Iluminancia, uniformidad y el índice de deslumbramiento (UGR). La iluminancia promedio se calcula mediante la siguiente ecuación, ver Ecuación 3.

$$E_{\text{prom}} = \frac{\Phi_{\text{tot}} * CU * FM}{A} \quad (3)$$

Φ_{tot} : Flujo luminoso total de las bombillas.

A: Área del plano de trabajo m^2

CU: Coeficiente o factor de utilización para el plano de trabajo.

FM: Factor de mantenimiento.

Nota. Adoptada de la sección 430 del RETILAP (2010, p. 91).

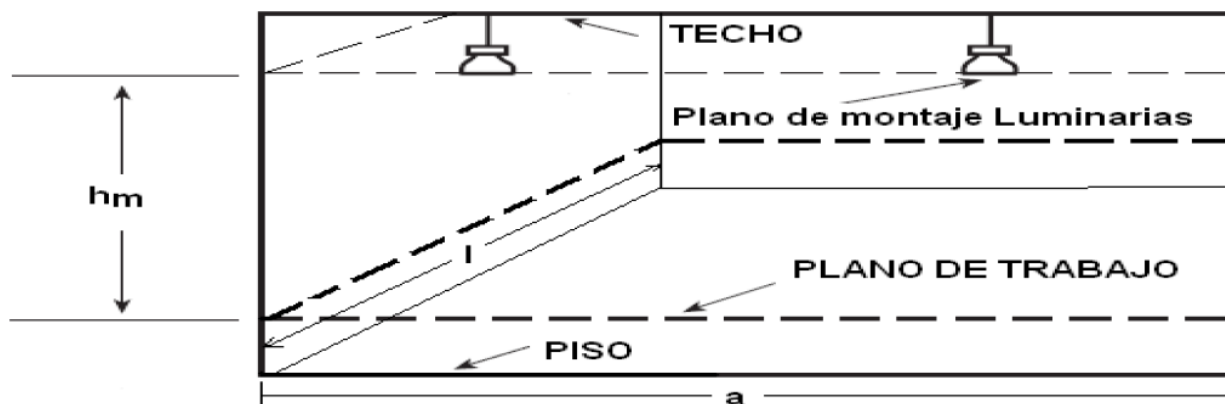
En el apartado 430.1 se calcula el coeficiente o factor de utilización (CU) como el producto de la eficiencia local (η_R) por la eficiencia de la luminaria (η_L) la cual se puede determinar la iluminancia media en el plano de trabajo. Para su aplicación se debe contar con la información de las luminarias por los fabricantes para obtener su coeficiente de utilización a través de sus fichas técnicas. También es importante conocer sus dimensiones geométricas del área a iluminar y las correspondiente al montaje de las luminarias. Para que los resultados del método de factor de utilización (CU) se debe cumplir los siguientes requisitos (RETILAP, 2010, p. 92):

- Contar con una distribución uniforme de las luminarias.
- El área del local deben ser difusoras y espectralmente neutras.
- El flujo incidente sobre cada superficie debe distribuirse uniformemente.
- El local no debe tener obstrucciones de gran tamaño.

En la sección 430.2 (Método de cavidades zonales) se establecen dos planos imaginarios para el área de trabajo, los cuales uno es sobre el nivel de las luminarias y el otro sobre la zona de trabajo, ver Figura 3.

Figura 3

Distancias y cavidades para aplicación del método del Coeficiente de local



Nota. Adoptada de RETILAP (2010, p. 93).

Una vez de establezcan los planos, se calculan la iluminancia promedio horizontal, mediante la Ecuación 4.

$$E_{prom} = \frac{N * n * \Phi_L * CU * FM}{I * A} \quad (4)$$

N: Número de luminarias en el local.

n: Número de bombillas por luminaria.

Φ_L : Flujo luminoso de una bombilla de luminaria.

CU: Factor de utilización para el plano de trabajo.

FM: Factor de mantenimiento.

I: Longitud del local (m).

A: Ancho del local (m).

Nota. Adoptada de la sección 430.2 del RETILAP (2010, p. 93).

Para realizar el cálculo del número de luminarias necesarias dentro de un área, se realiza mediante Ecuación 5 de la sección 430.3 del RETILAP (2010).

$$N = \frac{\Phi_{tot}}{n * \Phi_I} \quad (5)$$

Φ_{tot} : Flujo luminoso total.

n: Número de bombillas por luminaria.

Φ_I : Flujo luminoso de una bombilla.

Donde el flujo luminoso total se calcula mediante la Ecuación 6.

$$\Phi_{tot} = \frac{E_{prom} * A}{CU * F_M} \quad (6)$$

E_{prom} : Iluminancia promedio requerida.

A: Área en m².

CU: Coeficiente de utilización.

F_M: Factor de mantenimiento.

Todo diseño de un sistema de iluminación debe considerar el factor de mantenimiento, para la conservación de la vida útil de las luminarias, ya que algunas están expuesta al deterioro por parte de las condiciones ambientales a que pueden estar sometidas. Mediante la Ecuación 7 se calcula el factor de mantenimiento para la preservación de la intensidad lumínica de las luminarias.

$$FM = FE * DLB * Fb \quad (7)$$

FE: Depreciación de la luminaria por ensuciamiento.

DLB: Depreciación por disminución del flujo luminoso de la bombilla.

Fb: Factor de balasto.

Atendiendo todos los requisitos establecidos en el RETILAP (2010), este proyecto de grado cumple con los mínimos parámetros de diseño para un sistema de iluminación basado en el reglamento.

2.1.2 Alternativa de Automatización del Sistema de Iluminación del Edificio

El consumo de energía eléctrica en el edificio de ingeniería industrial es elevado de acuerdo con la auditoria energética realizada en el año 2020 (Unidad de Planeación Minero Energética, 2020), una de las principales causas se le atribuye al tipo de luminarias que se encuentran en el edificio, además, el uso inadecuado de la energía por parte de los usuarios, por ejemplo:

- Encendiendo las luminarias en las aulas de clase en presencia de luz natural.
- Dejando las luminarias encendidas después de la finalización de ciertas actividades.

Debido a lo expuesto anteriormente, la creación de espacios automatizados en el edificio permite la ejecución óptima del sistema de iluminación, disminuyendo el consumo de energía y

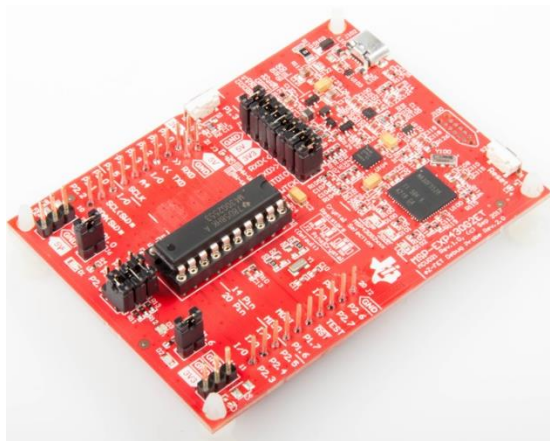
limitando el uso de las luminarias mediante el correcto funcionamiento y aprovechamiento energético.

En este proyecto de grado se sugieren dos métodos de automatización los cuales son: implementación de microcontroladores para la automatización de la iluminación de un salón de clase y el diseño de un módulo de entrenamiento para el control de iluminación.

La primera opción es desarrollar un prototipo de automatización del sistema de iluminación para los salones de clase mediante el uso de microcontroladores (ver Figura 4) y nodos interconectados para permitir una mayor interacción entre las luminarias. Se debe crear un software que permita controlar el encendido y apagado de las lámparas a través de circuitos impresos en placas conectadas a los microcontroladores (Diaz and Rosas 2015).

Figura 4

Microcontrolador MSP430 Launchpad

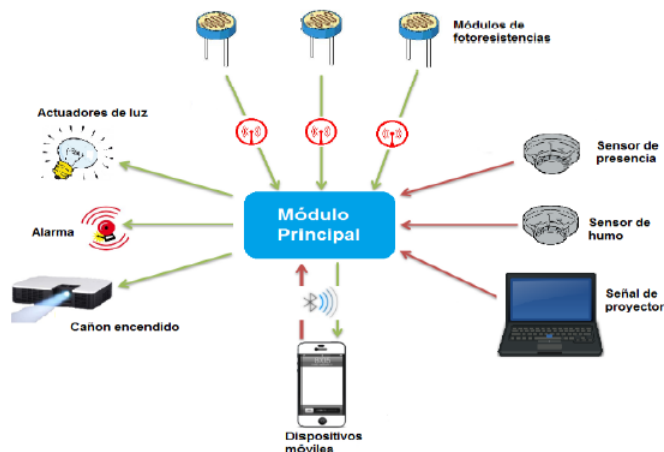


Nota. Adoptado de Electronilab (n.d.).

En la Figura 5 se ilustra el diagrama de bloque del prototipo donde se especifica que cada nodo tendrá un sistema de intercomunicación con los sensores actuadores, dispositivos móviles y entre nodos.

Figura 5

Arquitectura del sistema de automatización

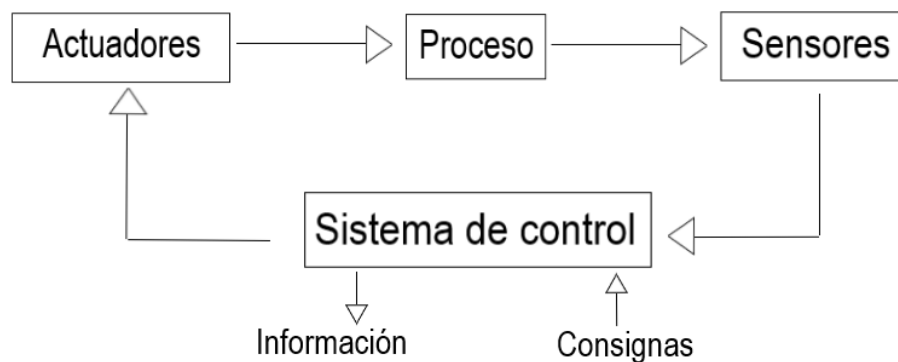


Nota. Adoptada de Diaz and Rosas (2015).

La segunda opción es crear una estructura compuestas por controladores lógicos programables (PLC), pulsadores, pilotos, relés, selectores, medidores de tensión, portafusibles y reguladores de tensión, para lograr el diseño de los módulos con los cuales obtener la automatización del sistema de iluminación, haciendo prácticas con software de programación para el correcto funcionamiento de los módulos.

Figura 6

Esquema del proceso de automatización



Nota. Adaptada de Merchán and Calderón (2018).

Los cuales se pueden implementar mediante programas que puede ejecutarse mediante microprocesadores que son:

- Autómata programable industrial
- Ordenador (PC industrial)
- Microcontrolador

El mecanismo de automatización se emplea mediante programas computarizados en el cual se crean escenarios similares a un salón de clase, haciendo uso de la herramientas como sensores los cuales rigen el comportamiento de las luminarias para así establecer los puntos de inicios y finales de su funcionamiento, es decir cuando el sensor detecte la presencia de la persona envíe una señal y accione el mecanismo de maniobra el cual tendrá como resultado en el encendido de las luminarias y caso contrario cuando se detecta la ausencia de la misma. (Merchán and Calderón, 2018)

2.2 Inventario de Luminarias

Como primera medida se realizó una visita en la que inspeccionó el estado actual del sistema de iluminación y las condiciones de funcionamiento, como resultado de esta visita se creó un inventario del total de luminarias en los diferentes salones y oficinas, con el fin de realizar un rediseño del sistema de iluminación en estos espacios, en aras de mejorar la eficiencia energética del edificio, ver Tabla 5 y Tabla 6.

Tabla 5

Inventario de luminaria de salones

Aulas de Clase					
Piso 1					
Aula	Tipo	Cantidad	Estados de Luminarias		
			Amarillas	Blancas	Fundidas
101	Larga	12	8	2	2
103	Larga	20	8	10	2
111	Larga	14	-	10	4
Sala de cómputo 1	Larga	8	8	-	-
111	Larga	14	-	14	-
Sala de cómputo 2	Larga	8	8	-	-
118	Larga	14	-	14	-

Aulas de Clase					
Piso 1					
Aula	Tipo	Cantidad	Estados de Luminarias		
			Amarillas	Blancas	Fundidas
118	Corta	12	-	12	-
	Paneles led	10	-	10	-
Piso 2					
Aula	Tipo	Cantidad	Estados de Luminarias		
			Amarillas	Blancas	Fundidas
201	Larga	12	10	2	-
202	Larga	12	8	4	-
204	Larga	12	10	2	-
205	Larga	12	6	6	-
206	Larga	12	12	-	-
Piso 3					
Aula	Tipo	Cantidad	Estados de Luminarias		
			Amarillas	Blancas	Fundidas
301	Larga	12	4	8	-
302	Larga	12	10	2	-
303	Larga	8	6	2	-
304	Larga	8	4	4	-
305	Larga	8	8	-	-
306	Larga	10	6	4	-
307	Larga	12	6	6	-
309	Larga	8	4	4	-
310	Larga	8	6	-	2
311	Larga	8	8	-	-
316	Larga	24	20	2	2
317	Corta	39	39	-	-
	Larga	6	6	-	-
Piso 4					
Aula	Tipo	Cantidad	Estados de Luminarias		
			Amarillas	Blancas	Fundidas
402	Larga	8	4	4	-
403	Larga	8	8	-	-
Piso 5					
Aula	Tipo	Cantidad	Estados de Luminarias		
			Amarillas	Blancas	Fundidas
501	Larga	12	8	4	-
502	Larga	12	12	-	-
503 y 504	Larga	8	8	-	-

Piso 5					
Aula	Tipo	Cantidad	Estados de Luminarias		
			Amarillas	Blancas	Fundidas
503 y 504	Corta	16	-	16	-
505	Larga	8	6	2	-
506	Larga	12	6	4	2
508	Larga	12	10	2	-
509	Larga	8	4	2	2
510	Larga	8	8	-	-

Tabla 6*Inventario de luminaria de oficinas*

Oficinas					
Piso 1					
Oficina	Tipo	Cantidad	Estados de Luminarias		
			Amarillas	Blancas	Fundidas
116	Corta	8	-	8	-
117	Corta	8	-	8	-
102	Corta	8	-	8	-
104	Corta	8	-	8	-
			-	8	-
Piso 2					
Oficina	Tipo	Cantidad	Estados de Luminarias		
			Amarillas	Blancas	Fundidas
1	Corta	8	-	8	-
2	Corta	8	-	8	-
3	Corta	8	-	8	-
4	Corta	8	-	8	-
9	Corta	8	-	8	-
10	Corta	8	-	8	-
11	Corta	8	-	8	-
12	Corta	8	-	8	-
13	Corta	8	-	8	-
14	Corta	8	-	8	-
15	Corta	8	-	8	-
16	Corta	8	-	8	-
17	Corta	8	-	8	-
18	Corta	8	-	8	-
22	Corta	8	-	8	-
23	Corta	8	-	8	-

Piso 2					
Oficina	Tipo	Cantidad	Estados de Luminarias		
			Amarillas	Blancas	Fundidas
24	Corta	8	-	8	-
25	Corta	8	-	8	-
26	Corta	8	-	8	-
32	Corta	8	-	8	-
33	Corta	8	-	8	-
34	Corta	8	-	8	-
35	Corta	8	-	8	-
8	Corta	8	-	8	-
27	Corta	8	-	8	-
29	Corta	8	-	8	-
31	Corta	8	-	8	-
Piso 4					
Oficina	Tipo	Cantidad	Estados de Luminarias		
			Amarillas	Blancas	Fundidas
401	Corta	60	-	60	-
407	Corta	8	-	8	-
415	Corta	24	-	24	-
416 -1	Corta	8	-	8	-
416 -2	Corta	8	-	8	-
416 -3	Corta	8	-	8	-
416 - 4	Corta	20	-	20	-
Pasillo 416	Corta	8	-	8	-
Dirección	Corta	8	-	8	-
404	Corta	8	-	8	-
405	Corta	8	-	8	-
408	Corta	8	-	8	-
409	Corta	8	-	8	-
410	Corta	8	-	8	-

3. Descripción de las Luminarias Seleccionadas

Para la ejecución de la simulación del sistema de iluminación en el software DIALux EVO del edificio de ingeniería industrial, es importante seleccionar los nuevos tipos de luminarias que se emplearan. Las cuales fueron seleccionadas bajo algunos parámetros físicos y eléctricos tales como: que las nuevas luminarias sean de tecnología led, que las luminarias sean de color blanco frio (temperatura de 6500 K), que las dimensiones de las nuevas luminarias sean lo más cercanas posibles a las antiguas, que sean empotradas en techo y que tengan una potencia óptima para iluminar los diferentes espacios.

Debido a lo expuesto anteriormente, se seleccionaron tres marcas de luminarias las cuales fueron: Ilumax, Philips y Sylvania. Estas cuentan con archivos (.ies) compatibles con DIALux EVO facilitando el desarrollo de las simulaciones. En cada una de las marcas se eligieron tres tipos de luminarias (rectangulares, cuadradas y circulares) adecuándose a las luminarias antiguas, en cuanto a dimensiones y potencia entregada con la finalidad de cumplir con la correcta distribución de lúmenes en los diferentes espacios de trabajo.

3.1 Luminarias Ilumax

Ilumax S.A es una empresa colombiana dedicada a la fabricación, distribución y comercialización de productos de iluminación LED de alta calidad y eficiencia energética. Fundada en 2012, la compañía tiene su sede en Bogotá y cuenta con una amplia gama de productos LED que incluyen paneles, tubos, focos, bombillas y tiras LED, entre otros. Ilumax se enfoca en ofrecer soluciones de iluminación personalizadas y eficientes para proyectos residenciales, comerciales e industriales, y ha obtenido varias certificaciones y reconocimientos por sus productos y procesos de producción sostenible.

Para el caso de estudio se seleccionaron tres tipos de luminarias, las cuales se clasifican según su implementación, es decir, rectangulares en salones de clase y salas de conferencias (ver Figura 7), cuadradas en oficinas (ver Figura 8) y redondas en cuartos de aseo, pasillos y baños (ver Figura 9). Ver Anexo A para especificaciones técnicas del fabricante.

Figura 7

Luminaria rectangular referencia 794 LED 48W



Nota. Adoptada de Ilumax Iluminación (2023c).

Figura 8

Luminaria cuadrada referencia 466 LED 48W



Nota. Adoptada de (Ilumax Iluminación 2023b).

Figura 9

Luminaria redonda backlite redondo incrustar



Nota. Adoptada de Ilumax Iluminación (2023a).

3.2 Luminarias Philips

Philips es una empresa holandesa fundada en 1891, que se ha expandido en múltiples sectores, pero es principalmente reconocida por su liderazgo en la industria de la electrónica y la iluminación. La empresa ha desarrollado una amplia gama de productos de iluminación, desde bombillas convencionales hasta soluciones avanzadas de iluminación LED para el hogar, el comercio y la industria. Con su amplia presencia global y su compromiso constante con la innovación y la excelencia en el diseño, Philips sigue siendo una de las empresas más reconocidas en todo el mundo.

Para este caso de estudio también se escogieron tres tipos de luminarias, cumpliendo las mismas funciones que las anteriores, es decir, las rectangulares en salones de clase y salas de conferencias (ver Figura 10), las cuadradas en oficinas y pasillos (ver Figura 11) y las redondas en cuartos de aseo, pasillos y baños (ver Figura 12). Ver Anexo A para especificaciones técnicas del fabricante.

Figura 10

Luminaria rectangular RC048B LED40S/865 100-277 W30L121 LA



Nota. Adoptada de Philips Lighting (2022b).

Figura 11

Luminaria cuadrada RC048B LED40S/865 100-277 W59L59 LA



Nota. Adoptada de Philips Lighting (2022a).

Figura 12

Luminaria redonda DL252 G2 R Rd LED 2000 65K 24W 11" WV



Nota. Adoptada de Philips Lighting (2022c).

3.3 Luminarias Sylvania

Sylvania es una marca global de iluminación, propiedad de la empresa estadounidense LEDVANCE, que ofrece soluciones de iluminación para el hogar, la oficina, la industria y el sector público. A lo largo de los años, la marca ha desarrollado una amplia gama de productos de iluminación, incluyendo lámparas incandescentes, lámparas fluorescentes compactas, halógenas, LED y otros productos de iluminación especializados. Sylvania es conocida por su enfoque en la eficiencia energética y la sostenibilidad, y ofrece soluciones de iluminación que cumplen con los estándares más exigentes en cuanto a calidad, seguridad y rendimiento.

Siguiendo la metodología planteada en ítem 4.1 y 4.2 del presente documento, también se procedió a seleccionar 3 tipos de luminarias bajo las mismas características. Ver Figura 13, Figura 14 y Figura 15. Ver Anexo A para especificaciones técnicas del fabricante.

Figura 13

Luminaria rectangular LED PANEL RC 40W DL 100-277V



Nota. Adoptada de Sylvania (2022b).

Figura 14

Luminaria cuadrada LED PANEL SQ 40W DL UNV 50HR



Nota. Adoptada de Sylvania (2022a).

Figura 15*Luminaria redonda LED PANEL RD 30W DL 100-240V*

Nota. Adoptada de Sylvania (2022c).

3.4 Comparación de Costos entre las Luminarias Seleccionadas

Comparamos las tres marcas de luminaria para poder determinar cuál de ellas se adapta mejor a este trabajo de grado. Ilumax, Philips y Sylvania son marcas ofrecen productos de alta calidad y eficiencia, pero sus precios pueden variar según el tipo de producto y sus características. podemos evaluar algunas particularidades técnicas de cada marca, tales como la potencia, el consumo de energía, la calidad de la iluminación, la durabilidad y el precio. Ver Tabla 7.

Tabla 7

Costos de las opciones de las luminarias seleccionadas

Marca	Referencia	Precio (COP)
Ilumax	Luminaria rectangular referencia 794 LED 48W	\$ 156.655
	Luminaria cuadrada referencia 466 LED 48W.	\$ 174.900
	Luminaria redonda backlite redondo incrustar	\$ 44.445
Philips	Luminaria rectangular RC048B LED40S/865 100- 277 W30L121 LA	\$ 500.000

Marca	Referencia	Precio (COP)
Philips	Luminaria cuadrada RC048B LED40S/865 100- 277 W59L59 LA	\$ 600.000
	Luminaria redonda DL252 G2 R Rd LED 2000 65K 24W 11" WV	\$ 150.000
Sylvania	Luminaria rectangular LED PANEL RC 40W DL 100- 277V	\$ 172.000
	Luminaria cuadrada LED PANEL SQ 40W DL UNV 50HR	\$ 150.000
	Luminaria redonda LED PANEL RD 30W DL 100- 240V	\$ 56.000

Nota. En la tabla 7 se representan los valores comerciales de cada tipo de luminarias, se puede observar que la marca philips tiene unos precios muy elevados, pero al momento de simular el modelado si es la que obtiene un mejor comportamiento, su consideración será descartada y considerar otra opción (Ilumax - Sylvania) debido al gran costo de inversión que esta representa.

4. Modelado y Simulación del Sistema de Alumbrado en Software DIALux EVO

Para llevar a cabo la simulación del sistema de iluminación del edificio de ingeniería industrial fue necesario la obtención de los planos arquitectónicos y eléctricos de estas instalaciones. Por lo anterior fue fundamental la realización de visitas y recorridos de las diferentes áreas de la edificación, con el fin de reconocer el uso de los diversos espacios.

4.1 Plan de Acción para la Realización del Modelado

El montaje del modelado del rediseño del sistema de iluminación en el software DIALux EVO se dividió en cinco etapas fundamentales, las cuales partieron desde el levantamiento estructural de las diferentes áreas por pisos hasta la disposición final de las luminarias a simular, para la obtención de un análisis cuantitativo y la selección de una sugerencia eficaz, óptima y económica.

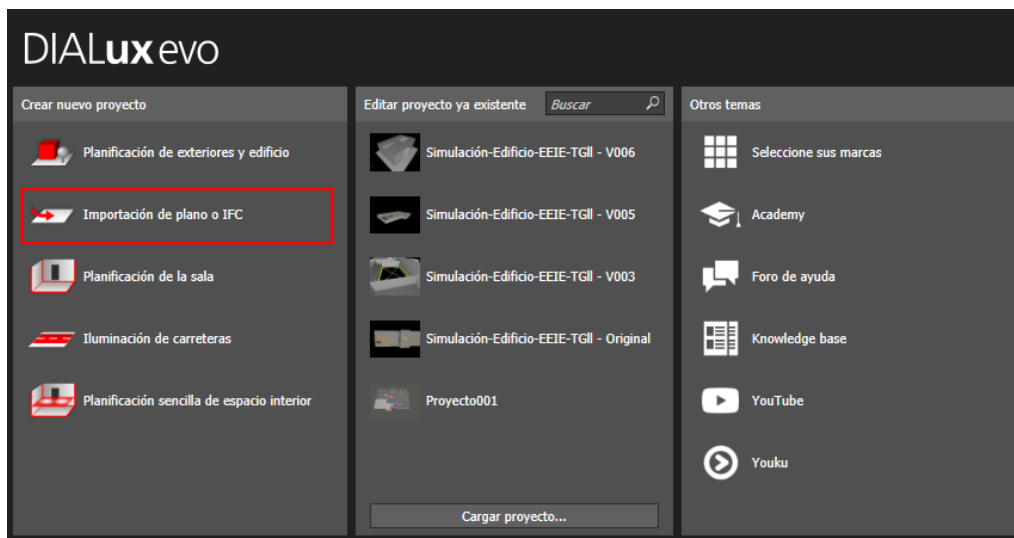
4.1.1 Modelado Estructural

El modelado estructural del edificio en el software DIALux EVO es de gran importancia debido a que, en base a una buena delimitación de los diferentes espacios, se puede realizar un estudio de lumínico efectivo. En este caso los espacios se clasificaron mediante la Tabla 2, esto conforme a la disposición del edificio.

Como punto de partida del modelado estructural se importaron los planos arquitectónicos suministrados por parte de la universidad al software DIALux EVO, como se presentan en la Figura 16 donde se debe seleccionar la opción de importación de plano o IFC.

Figura 16

Portada inicial del software DIALux EVO





















Nota. Se debe seleccionar la opción de importación de plano o IFC.

Seguidamente se seleccionan los planos que se desean importar de manera ordenada, para este caso deben ser los siguientes: sótano, primero, segundo, tercero, cuarto y quinto piso, ver Figura 17.

Figura 17

Importación de plano al software DIALux EVO

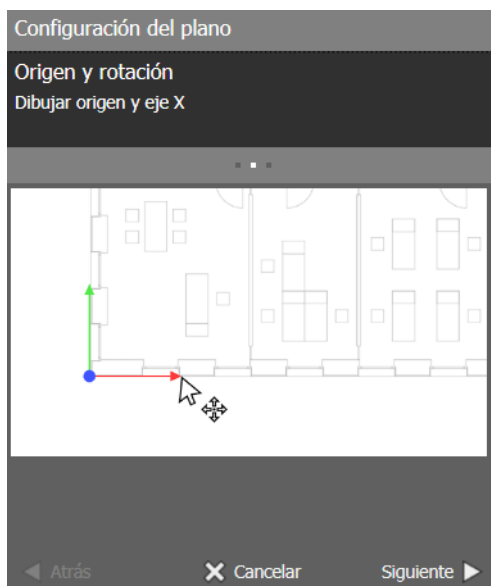
Nombre	Estado	Fecha de modificación
 Plano Planta 1	 	24/02/2023 9:21 a. m.
 Plano Planta 2	 	24/02/2023 9:21 a. m.
 Plano Planta 3	 	24/02/2023 9:21 a. m.
 Plano Planta 4	 	24/02/2023 9:21 a. m.
 Plano Planta 5	 	24/02/2023 9:21 a. m.
 Plano Sotano	 	24/02/2023 9:21 a. m.

Nota. Se debe seleccionar un solo plano por planta y este debe estar en formato DWG.

Una vez identificados los planos que se trabajaran se establece uno como base para el inicio de la estructuración de la edificación, en este caso el “sótano”, luego se procede hacer los ajustes iniciales como la selección del origen y rotación (ver Figura 18) y de las unidades de longitud del plano (ver Figura 19).

Figura 18

Selección de origen y rotación del plano

**Figura 19**

Selección de unidades de longitud

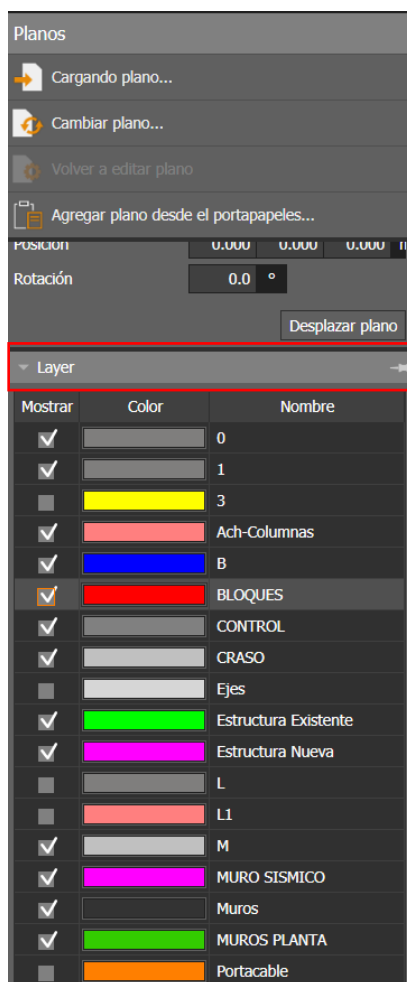


Para una mejor claridad en el espacio de trabajo fue oportuno desactivar algunas de las capas de los planos importados, con el fin de enfocarse solo en la parte estructural del edificio.

Ver Figura 20.

Figura 20

Desactivar capas en el software DIALux EVO

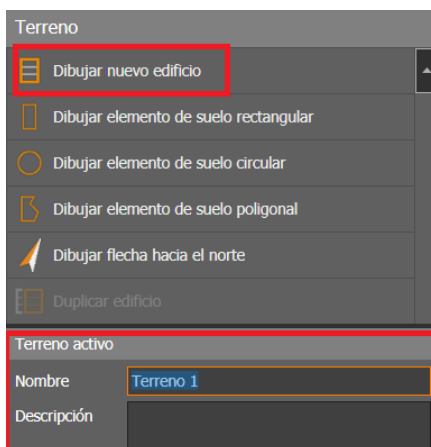


Nota. La opción se encuentra dentro de la pestaña de planos, la misma que se utilizó para importar los planos.

Luego de realizar los ajustes iniciales e importar el plano, se debe seleccionar la opción “Dibujar nuevo edificio”, ver Figura 21.

Figura 21

Opción dibujar nuevo edificio.



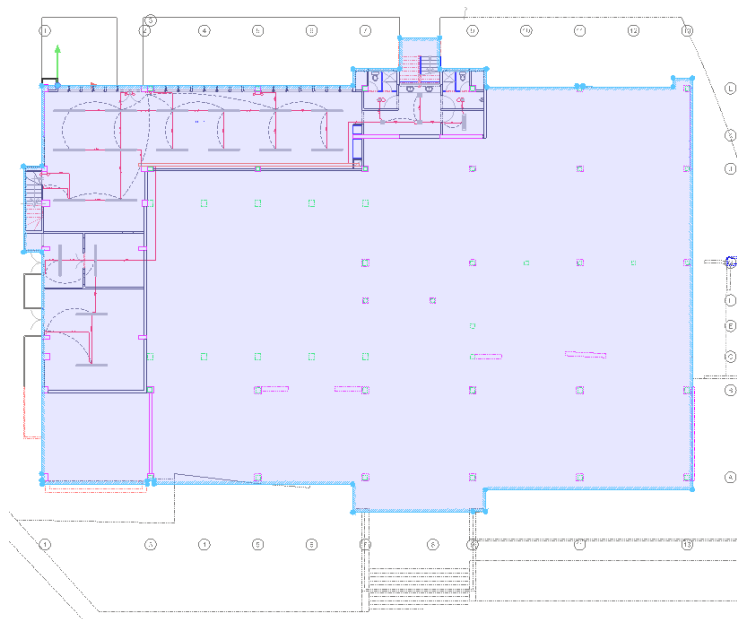
Nota. Con la finalidad de llevar un orden en el diseño. se cambió el nombre según el área de correspondiente, es decir, para el primer plano que se importó se colocó "Sótano", para el segundo plano "Primer piso" y así sucesivamente.

Una vez seleccionada la opción anterior, se procede a determinar el área del sótano. Ver

Figura 22.

Figura 22

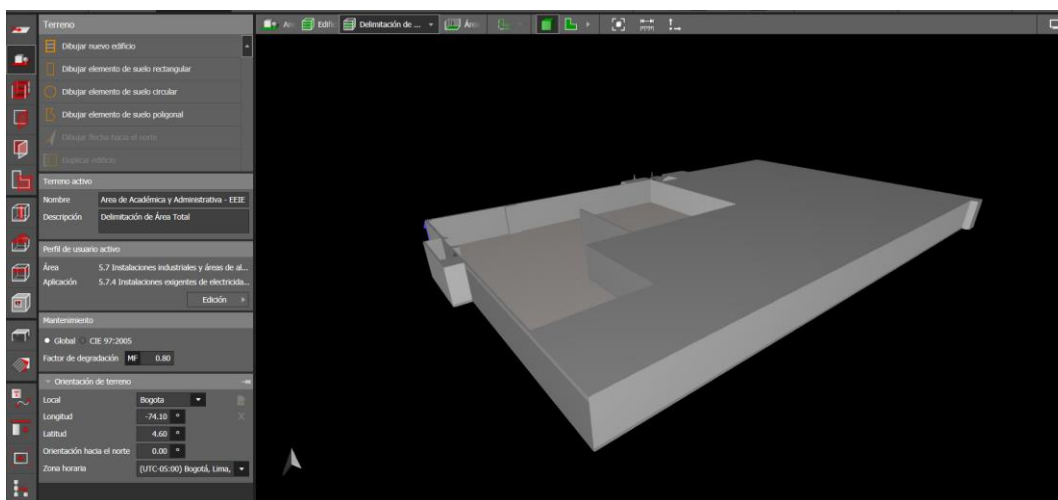
Determinación área del sótano



Después se procedió a establecer las delimitaciones internas de los diferentes espacios del sótano. Ver Figura 23.

Figura 23

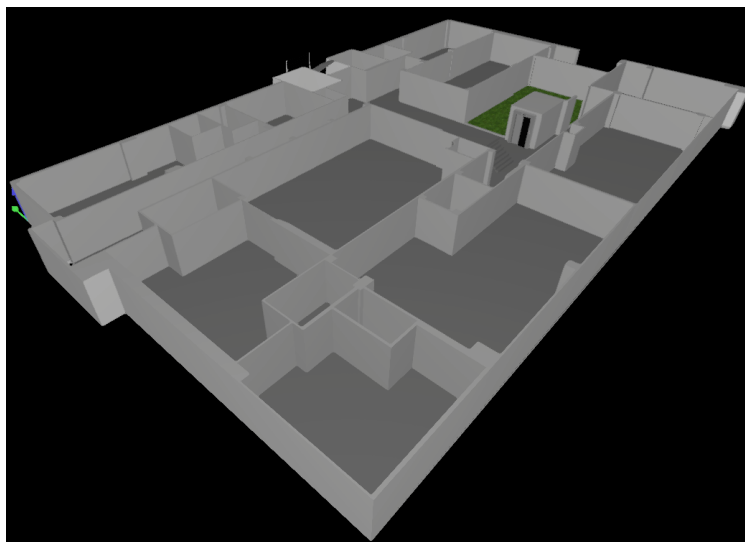
Delimitaciones internas del sótano



Siguiendo el método presentado anteriormente, se realizó los mismos pasos para las siguientes plantas. Planta 1, ver Figura 24.

Figura 24

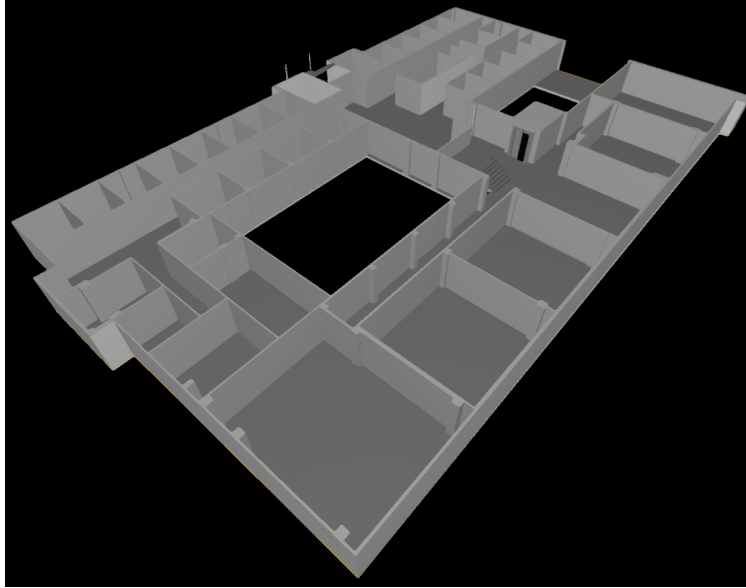
Modelo tridimensional del primer piso



Planta 2, ver Figura 25.

Figura 25

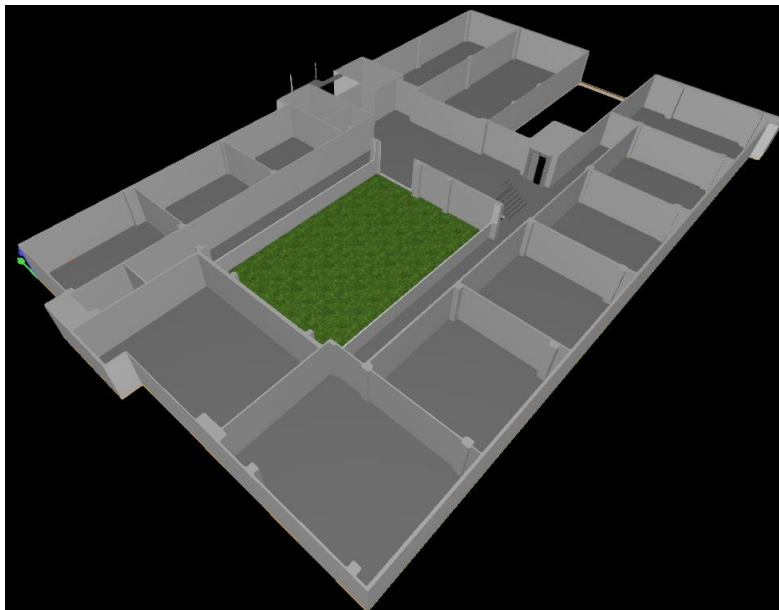
Modelo tridimensional del segundo piso



Planta 3, ver Figura 26.

Figura 26

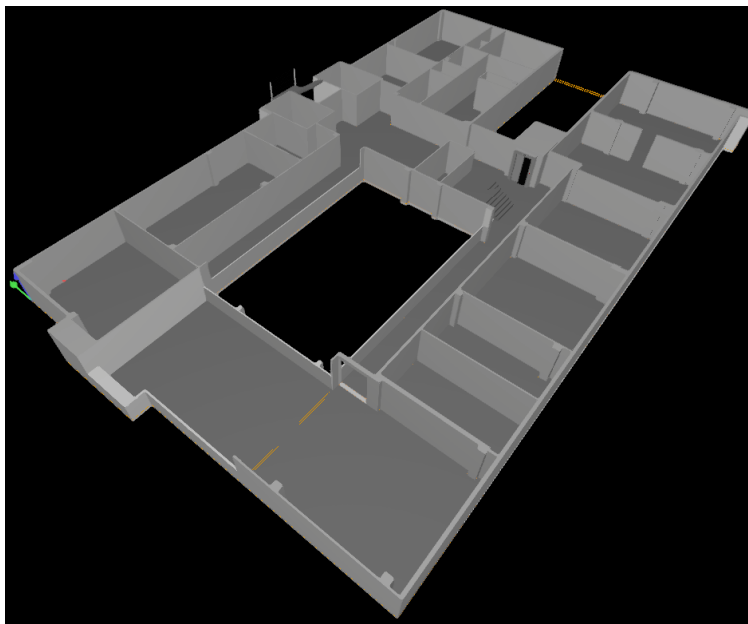
Modelo tridimensional del tercer piso



Planta 4, ver Figura 27.

Figura 27

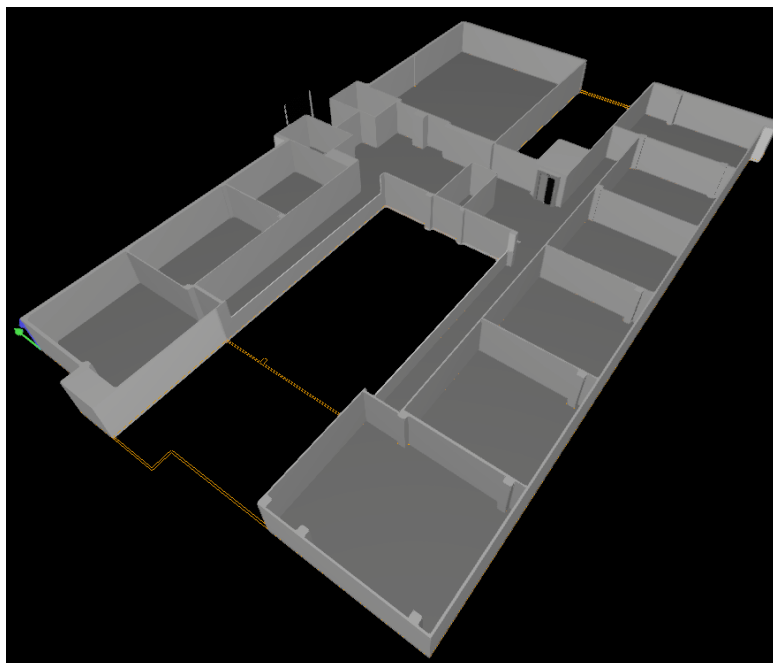
Modelo tridimensional del cuarto piso



Planta 5, ver Figura 28.

Figura 28

Modelo tridimensional del quinto piso



Cabe destacar que los modelados estructurales que se realizaron en el software DIALux EVO se ejecutaron a partir de los planos arquitectónicos existentes, de los cuales no se tuvo en cuenta algunas caracterizaciones bajo normativa para obras civiles.

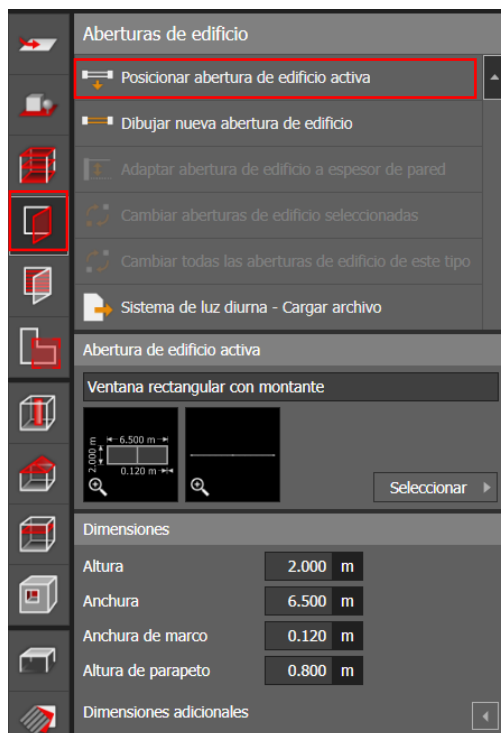
4.1.2 Modelado de Puertas y Ventanas

Para la realización de esta sección fue necesario validar de manera fotográfica algunas puertas y ventanas que no se encontraban de manera explícita en los planos suministrados. A continuación, se evidencia el procedimiento que se llevó a cabo para la realización del modelado de puertas y ventanas.

En primer lugar, se seleccionó la opción aberturas de edificio, seguido de la opción posicionar abertura de edificio activa como se muestra en la Figura 29.

Figura 29

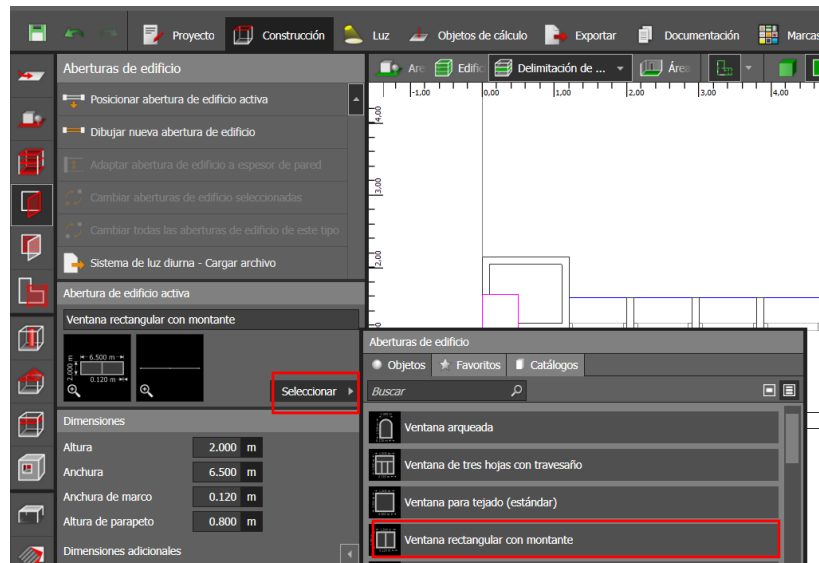
Opción de abertura de edificio



Luego de desplegar la opción de posicionar abertura de edificio activa, se seleccionó el tipo de ventana que se utilizó, como se muestra en la Figura 30.

Figura 30

Selección del tipo de ventana a utilizar



Como resultado del modelado de puertas y ventanas del sótano, se presentan las Figura 31 y Figura 32 las cuales muestran unas imágenes representativas de dicho espacio.

Figura 31

Modelado tridimensional exterior del sótano con ventanas

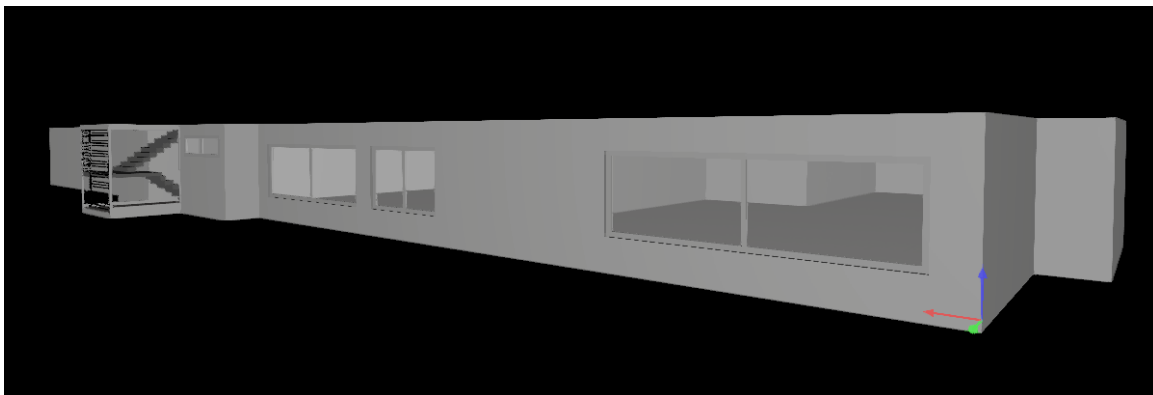
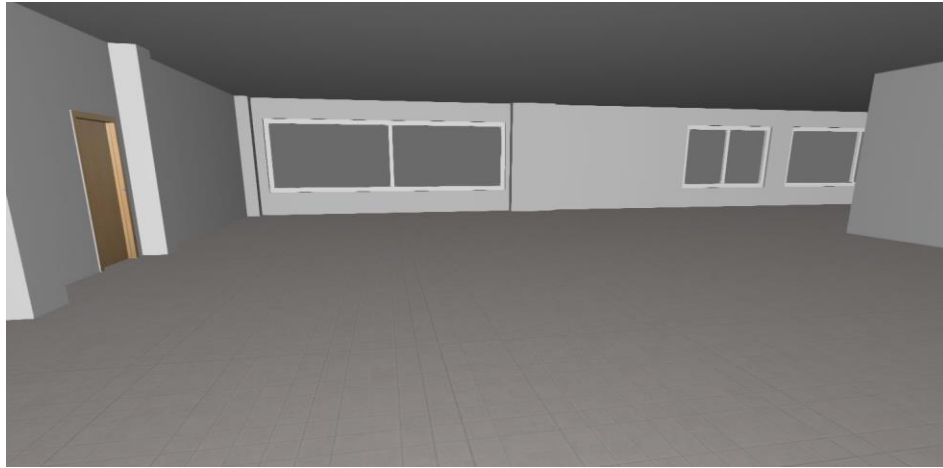


Figura 32

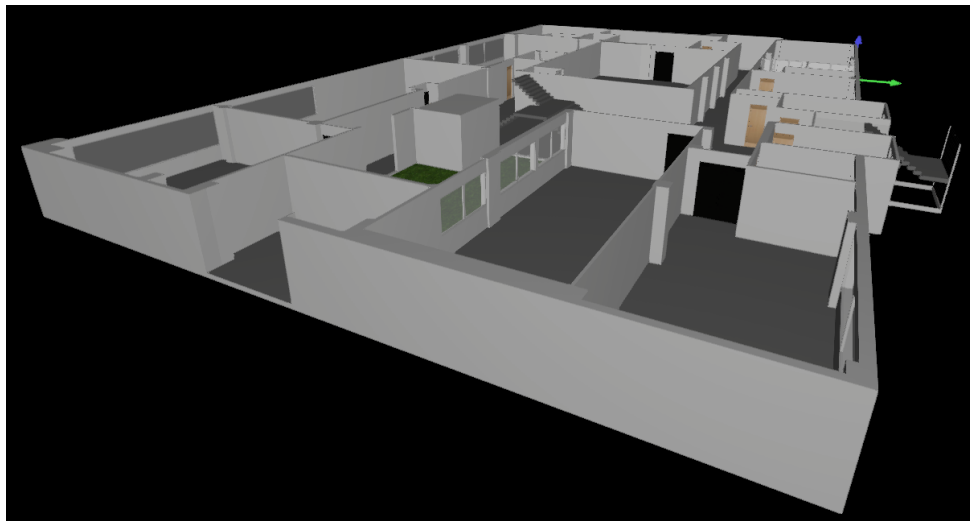
Modelado tridimensional del sótano con puertas y ventanas



Siguiendo la metodología de modelado de puertas y ventanas, se realizaron los respectivos pasos para las siguientes plantas de la edificación. Ver Figura 33.

Figura 33

Modelado tridimensional exterior del primer piso con ventanas

**4.1.3 Modelado de Mobiliario**

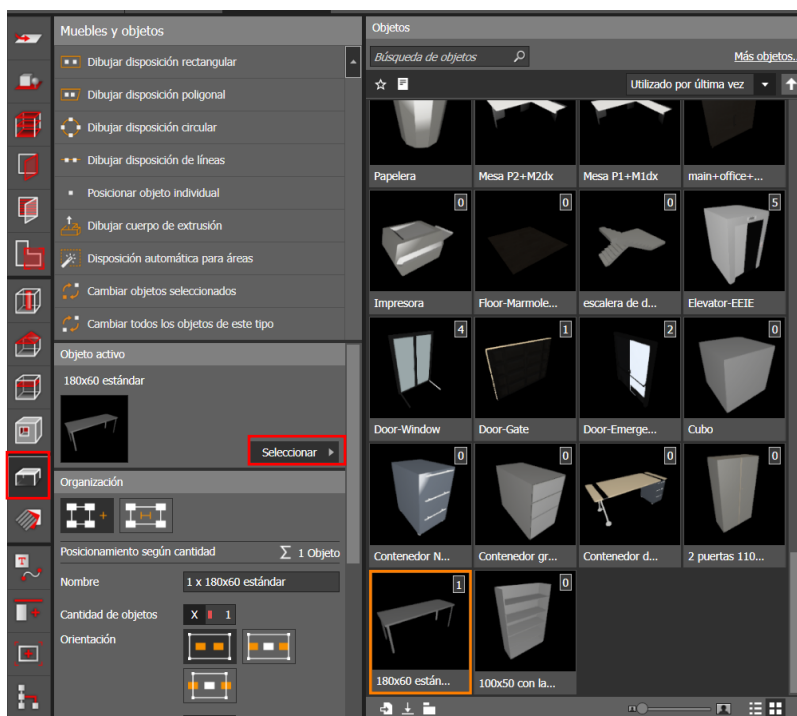
Para el desarrollo de este ítem se implementó los bloques predeterminados de DIALux EVO, evitando importar material mobiliario externo al programa que tenga como consecuencia la

sobrecarga y difícil manejo de este. A continuación, se presentan los procedimientos para llevar a cabo el amoblamiento de las diferentes áreas en el software.

Como punto de partida se seleccionó la opción muebles y objetos, seguido de la opción seleccionar dentro de la misma pestaña; lugar donde muestra las variedades de accesorios dentro del programa como se presenta en la Figura 34.

Figura 34

Opción de muebles y objetos dentro del software



Después de reconocer los diferentes objetos, se establecieron cuáles eran los más adecuados a los respectivos espacios incorporándolos con las opciones que nos muestra DIALux EVO teniendo como guía los planos arquitectónicos.

En la Figura 35 se muestra como incluir y adaptar de manera adecuada las mesas y sillas de los diferentes recintos tales como: sala de cómputo, salones, centro de estudio, salas de conferencias entre otros.

Figura 35

Modelado de mesas y sillas



Nota. La altura de la mesa es de 80 cm sobre el nivel del suelo según lo establecido en el artículo 420.1.1 del RETILAP (2010).

A continuación, se presentan algunos espacios amoblados del primer piso del edificio de ingeniería industrial. Ver Figura 36, Figura 37 y Figura 38.

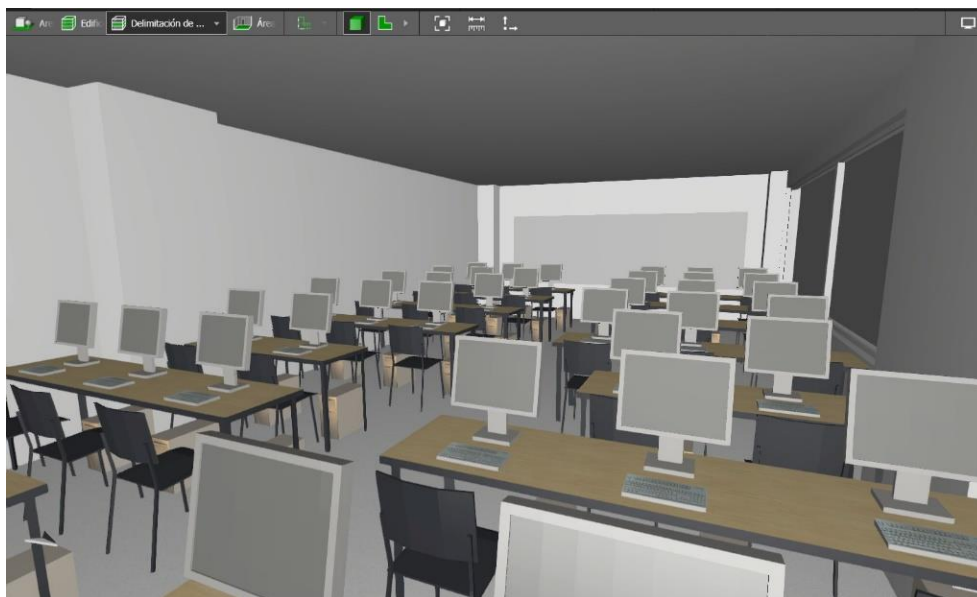
Figura 36

Modelo tridimensional amoblado del salón fundadores 101



Figura 37

Modelo tridimensional amoblado de la sala de cómputo 111-1

**Figura 38**

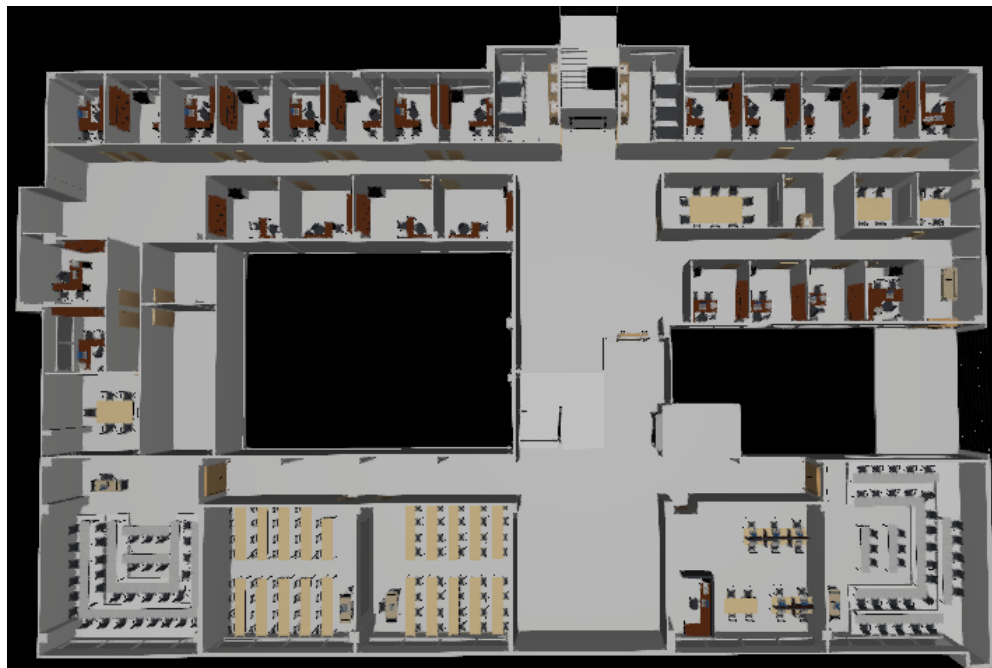
Vista de planta tridimensional de amoblamiento del primer piso



A continuación, presentan las diferentes vistas de planta de la edificación con todo el material mobiliario implementado. Ver Figura 39, Figura 40, Figura 41 y Figura 42.

Figura 39

Vista de planta tridimensional de amoblamiento del segundo piso

**Figura 40**

Vista de planta tridimensional de amoblamiento del tercer piso

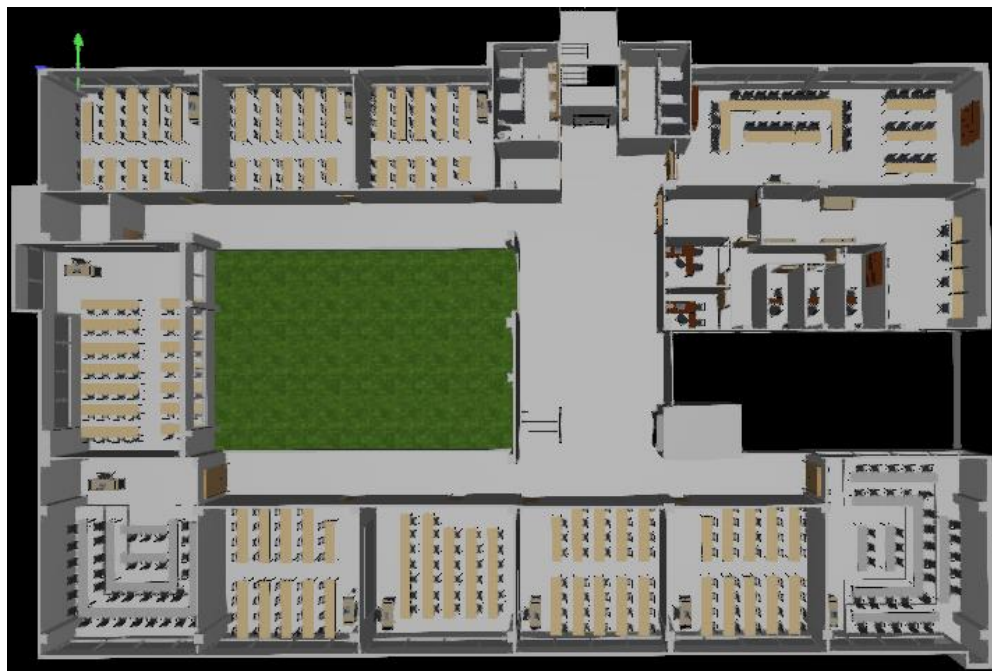
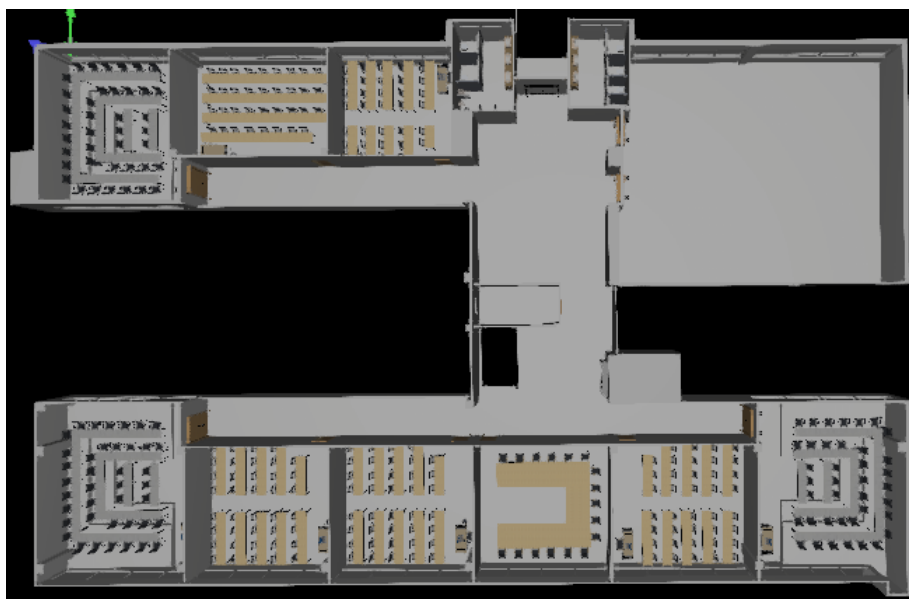


Figura 41

Vista de planta tridimensional de amoblamiento del cuarto piso

**Figura 42**

Vista de planta tridimensional de amoblamiento del quinto piso



¹ Los espacios que se presentan sin ningún tipo de material mobiliario corresponden a los dos auditorios que se encuentran en el edificio de ingeniería industrial, de los cuales no se tendrán en cuenta para este trabajo de grado debido a que estos espacios poseen diseños eléctricos independientes.

Finalmente se muestran la vista frontal y posterior del edificio las cuales representan el resultado de la concatenación del modelado estructural y mobiliario atendidos previamente. Ver Figura 43 y Figura 44.

Figura 43

Vista frontal del edificio



Figura 44

Vista posterior del edificio

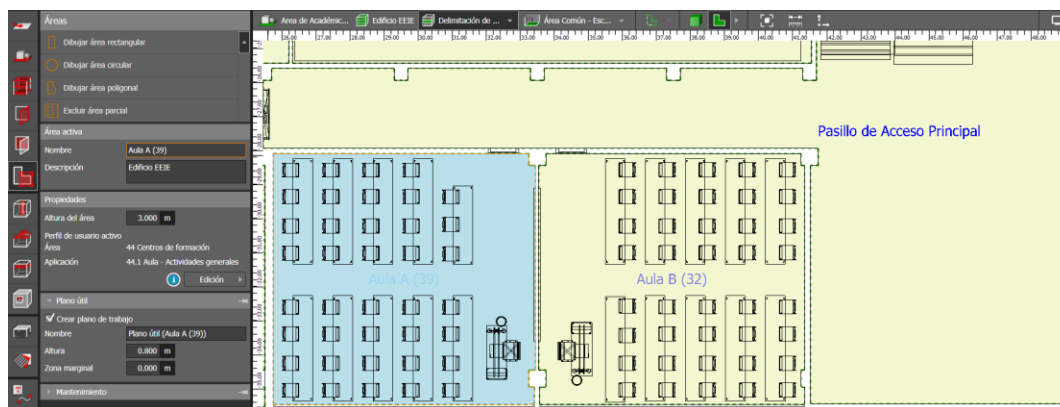


4.2 Rediseño de Iluminación en el Software DIALux EVO

De acuerdo con la información suministrada en los planos, se establecen las delimitaciones con sus respectivos nombres para cada uno de los espacios según su uso, ver Figura 45.

Figura 45

Identificación y limitación de las áreas específicas



Nota. Se debe seleccionar la opción “Áreas” para posteriormente renombrar los espacios que están definidos por defecto en el software.

Una vez definidas las áreas, se asignaron las propiedades de uso correspondientes para ambientes escolares según lo indicado en la Tabla 2. En primer lugar, se seleccionó la opción “áreas”, seguidamente se ubicó en el recuadro de propiedades y se dio clic en “edición” para desplegar los criterios que se establecen por defecto, después se procede a desplegar la opción de “selección de plantilla” y se elige lo correspondiente para cada lugar. Ver Figura 46 como ejemplo de ilustración para la selección de un recinto de aula de actividades generales y Figura 47 para oficinas tipo general, mecanografía y computación.

Figura 46

Selección de propiedades para aula de actividades generales

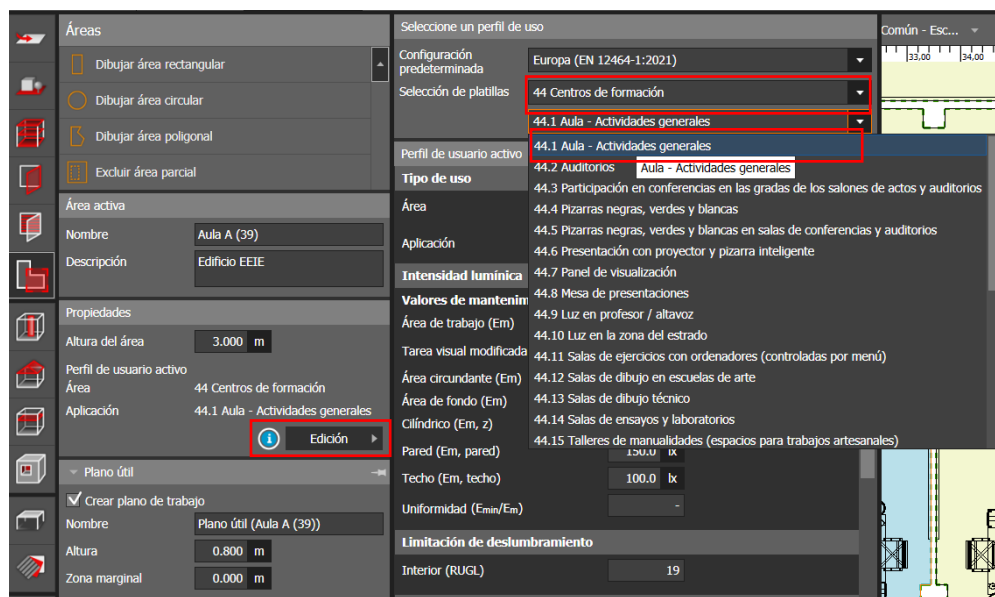
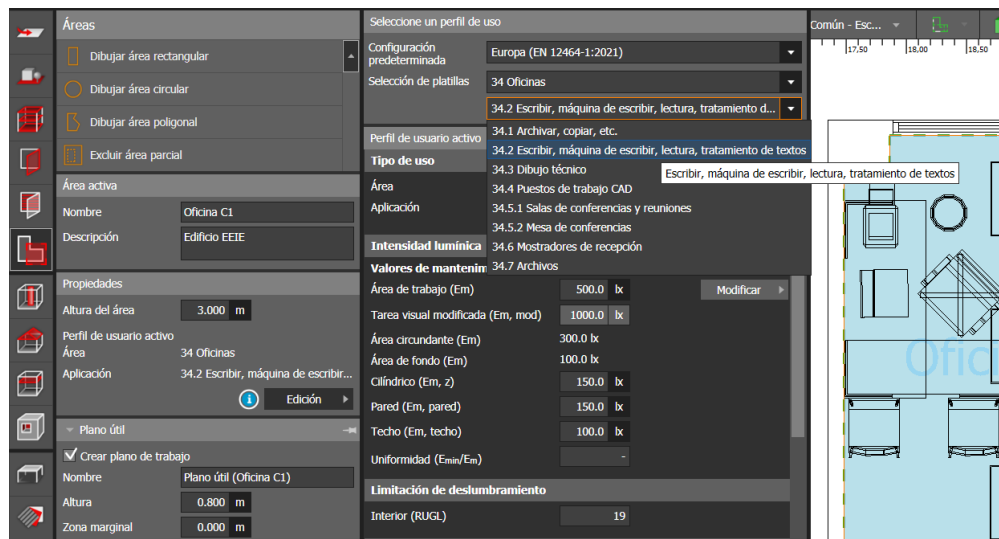


Figura 47

Selección de propiedades para oficinas tipo general

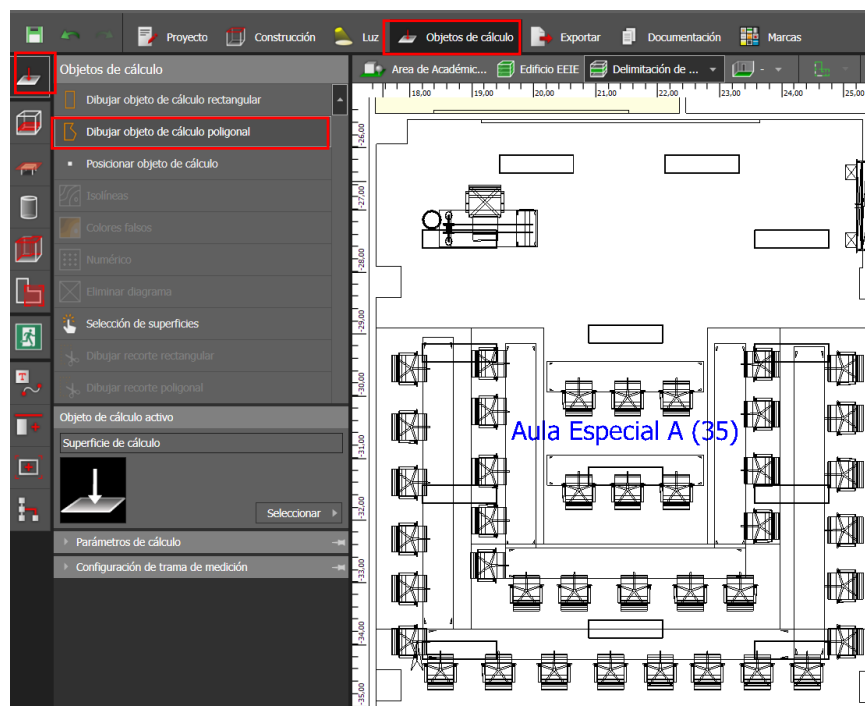


Nota. La altura del plano útil se trabajó a 0.8m al nivel del suelo, debido a que es un promedio de lo establecido en la sección 430 del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP (2010).

Al finalizar la selección de las propiedades de cada uno de los tipos de espacios, se seleccionó la superficie de cálculo para aulas, oficinas, salas de reuniones y objetos de cálculo en especial para los tableros que se encuentran ubicados en los salones de clases, con el fin de determinar el índice de deslumbramiento (UGR), ver Figura 48 para superficies de cálculo y ver Figura 49 para objetos de cálculo (UGR e iluminación perpendicular).

Figura 48

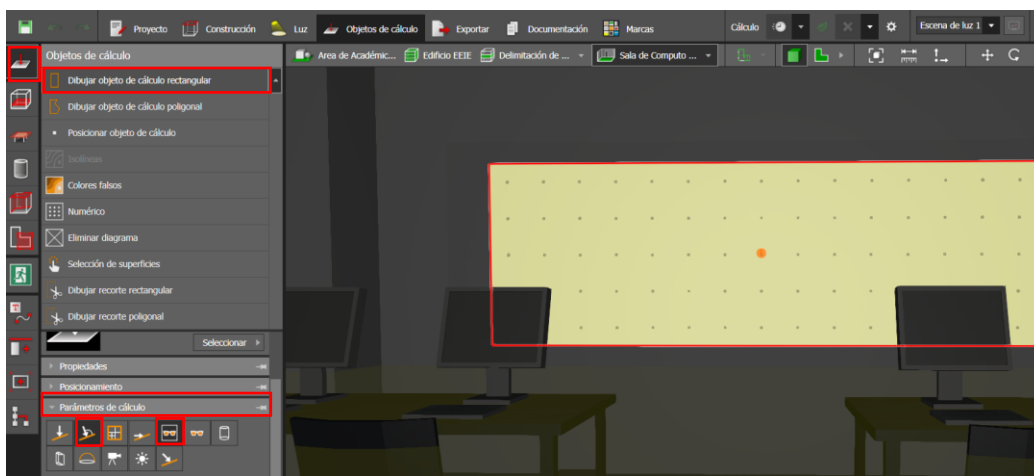
UGR para las superficies de cálculo en cualquier tipo de espacios paso



Nota. Se desplego la opción “propiedades” y se modificó el nombre de la superficie de cálculo seleccionado correspondiente a cada espacio, por ejemplo “Objeto de cálculo – Aula 302”.

Figura 49

UGR e iluminación perpendicular para los tableros en aulas de clase.



Nota. Se desplego la opción “propiedades” y se modificó el nombre del objeto de cálculo seleccionado correspondiente a cada espació, por ejemplo “Objeto de cálculo – Tablero Aula 302”.

Después de establecer los criterios y verificar cada uno de los parámetros a calcular según lo establecido en la Tabla 2, se procedió a importar cada uno de los archivos de luminarias en formato (.IES), con el objetivo de realizar las simulaciones con cada una de las diferentes marcas de luminarias tales como: Ilumax, Sylvania y Philips. Ver Figura 50, Figura 51 y Figura 52

Figura 50

Ejemplo de importación de archivo (.IES) paso 1

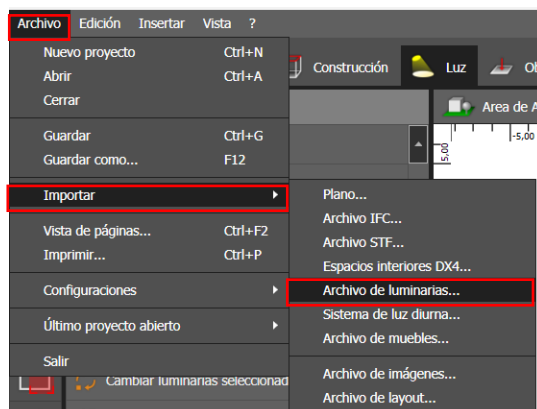


Figura 51

Ejemplo de importación de archivo (.IES) paso 2

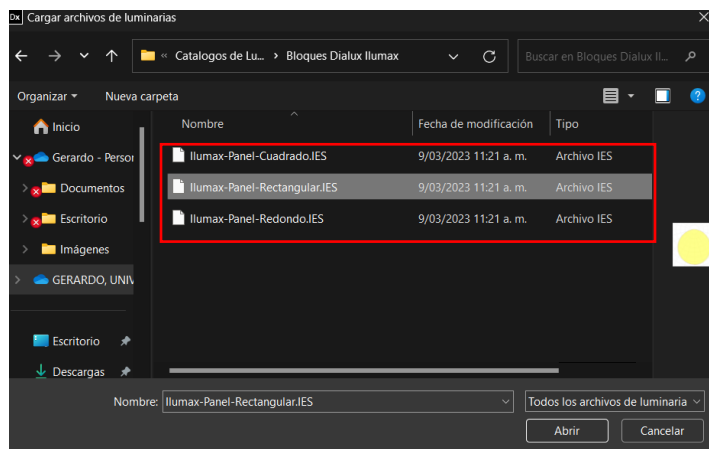
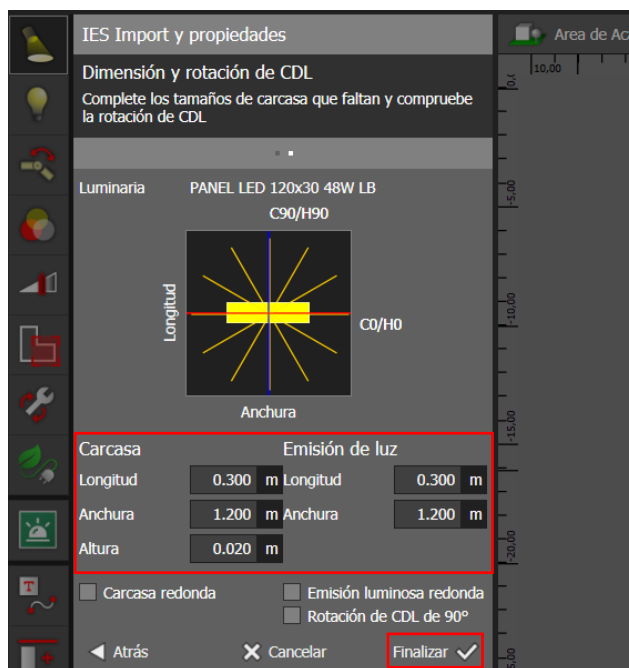


Figura 52

Ejemplo de importación de archivo (.IES) paso 3



Nota. Se encontraron los archivos .IES de las luminarias en las páginas web oficiales de cada marca. Estos archivos se importaron en el software DIALux el cual permite ajustar las dimensiones de las luces de acuerdo con las especificaciones técnicas de cada marca. Ayudando a garantizar una simulación de iluminación de manera más precisa en el software.

El edificio de ingeniería industrial cuenta con diferentes espacios de trabajo, en los cuales se implementaron 3 tipos de luminarias con tecnología LED; en las aulas de clases, se utilizaron luminarias rectangulares de dimensiones 1200x300x10mm, en oficinas, luminarias cuadradas 600x600x10mm y en zonas comunes, como baños, pasillos y salas de espera, luminarias redondas de diámetro de 300mm, todas estas empotradas en el cielorraso.

A continuación, se presenta un paso a paso de la disposición del tipo de luminaria y la ubicación adecuada según el criterio seleccionado para cada uno de los espacios, de tal manera que cumpliera con los requisitos mínimos establecidos por el RETILAP (2010), ver Figura 53 y Figura 54

Figura 53

Disposición manual de luminarias en un aula de actividades generales

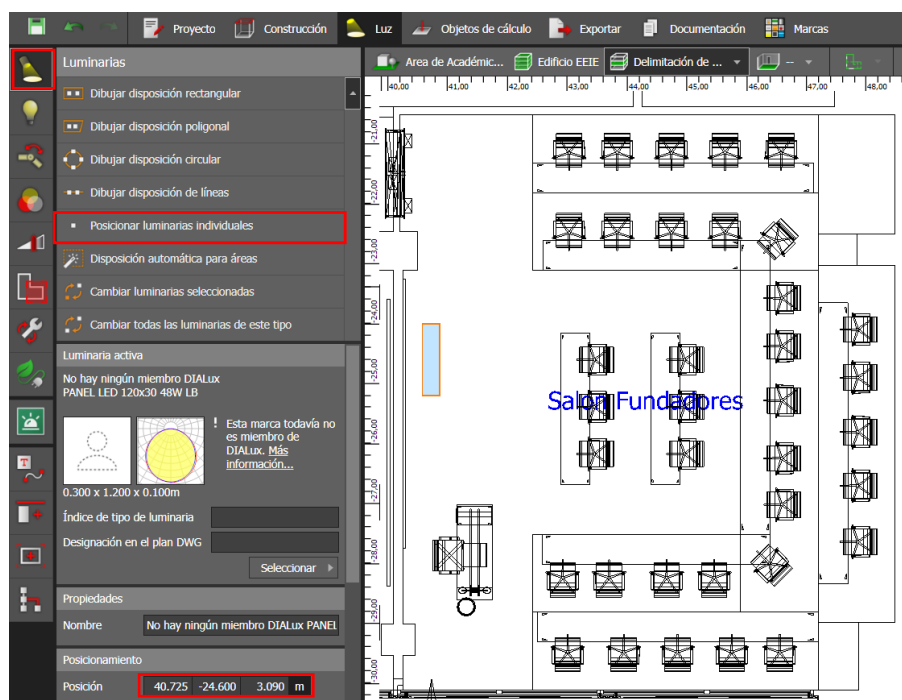
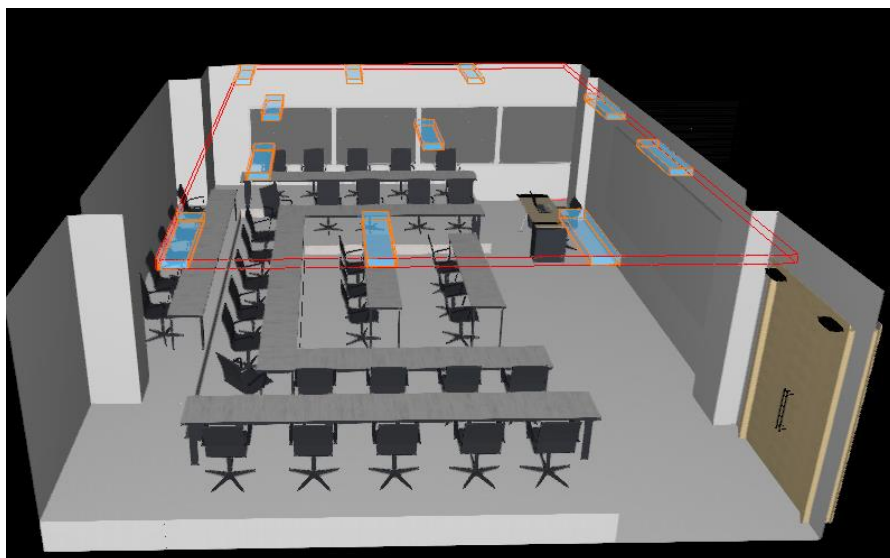


Figura 54

Resultado de disposición manual de luminarias en un aula de actividades generales



Nota. Este paso se realizó para todos los recintos ubicados en el edificio, con la disposición manual.

5. Modelado del Sistema de iluminación con Distribución Actual

Como primera medida para tener una base fundamental para iniciar el proceso de rediseño, se modeló la distribución actual de las luminarias con la tecnología led dando como resultado lo expuesto en la Tabla 8.

5.1 Resultados Sala Computo 01 (30)

Se simuló la distribución existente para el edificio correspondiente para la Sala de Computo con las marcas seleccionadas, Ilumax, Philips y Sylvania, obteniendo los resultados en las Figura 55, Figura 56 y Figura 57.

Figura 55

Valores de simulación de Sala de Cómputo 01 (Ilumax)

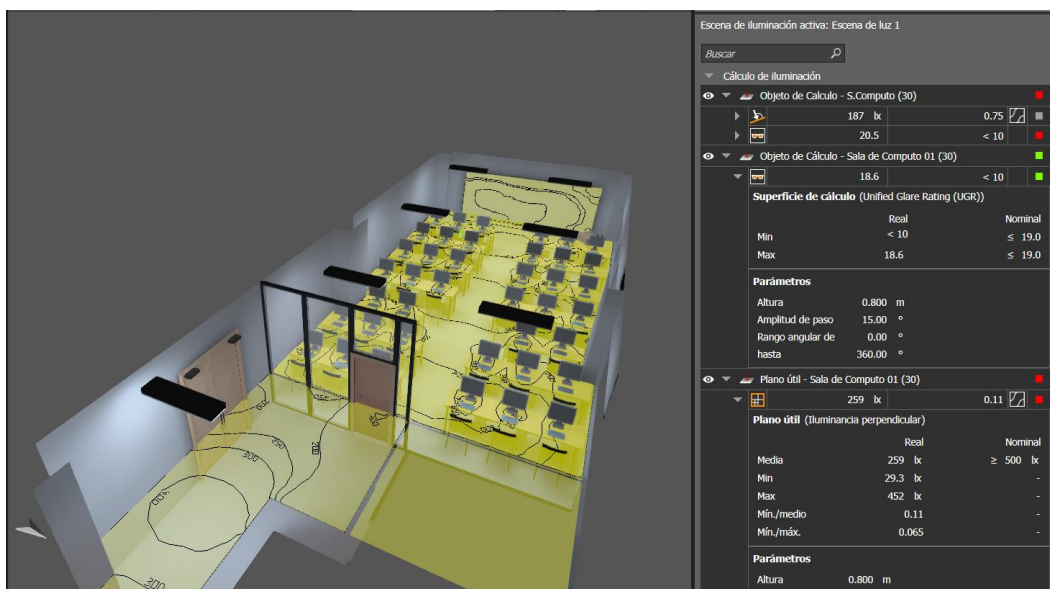
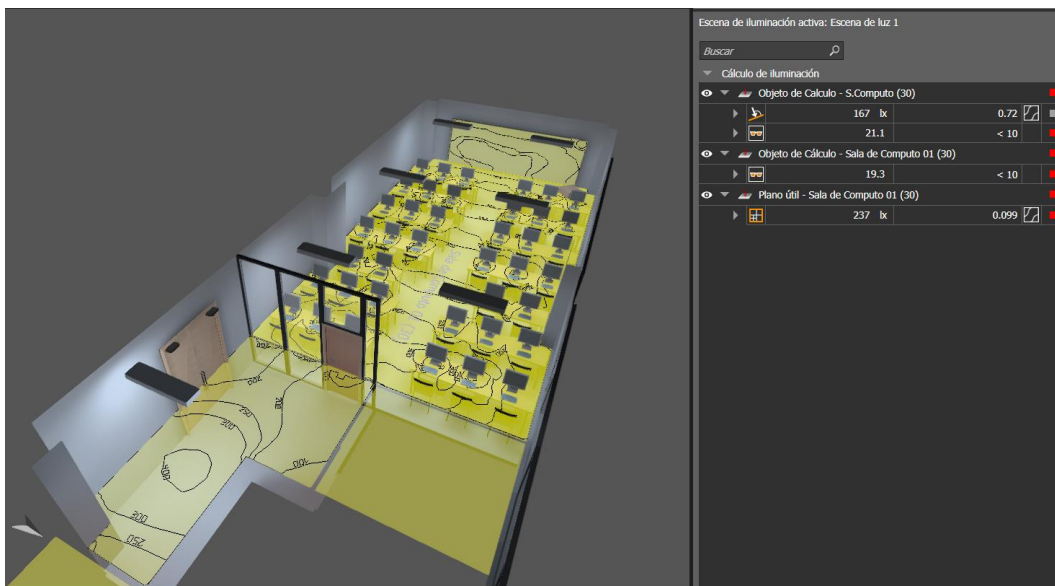
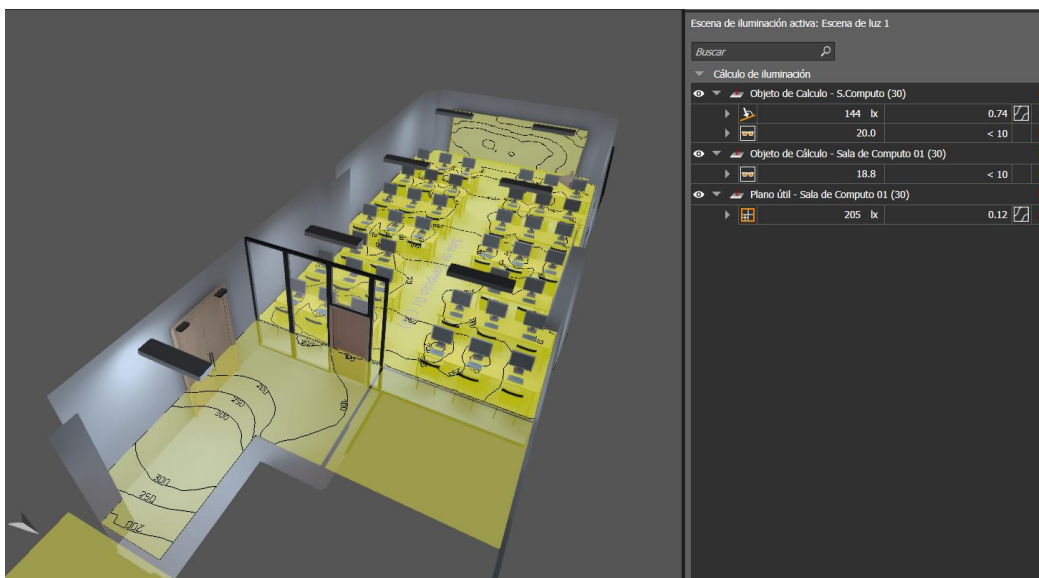


Figura 56

Valores de simulación de Sala de Cómputo 01 (Philips)

**Figura 57**

Valores de simulación de Sala de Cómputo 01 (Sylvania)



5.2 Resultados Salón Mejoramiento Continuo

Se simuló la distribución existente para el edificio correspondiente para el salón de mejoramiento continuo con las marcas seleccionadas, Ilumax, Philips y Sylvania, obteniendo los resultados en las Figura 58, Figura 59 y Figura 60.

Figura 58

Valores de simulación de salón mejoramiento continuo (Ilumax)

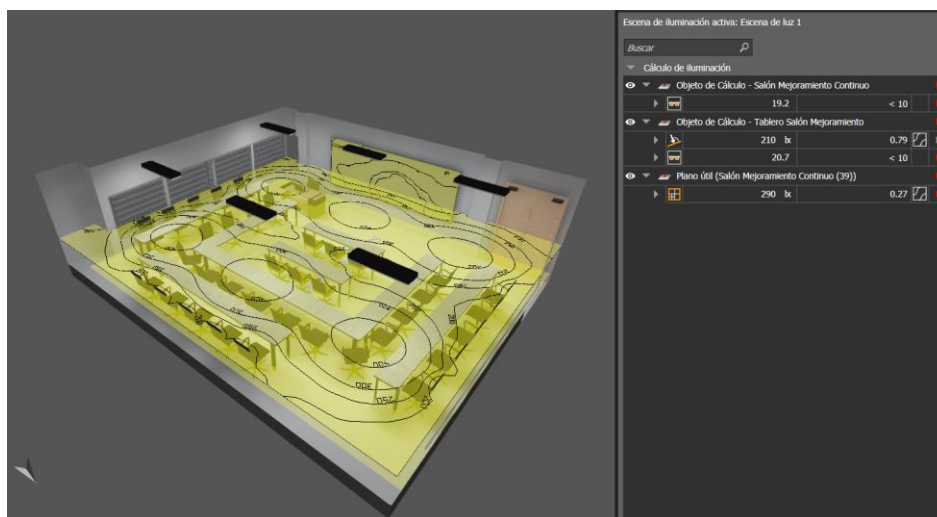


Figura 59

Valores de simulación de salón mejoramiento continuo (Philips)

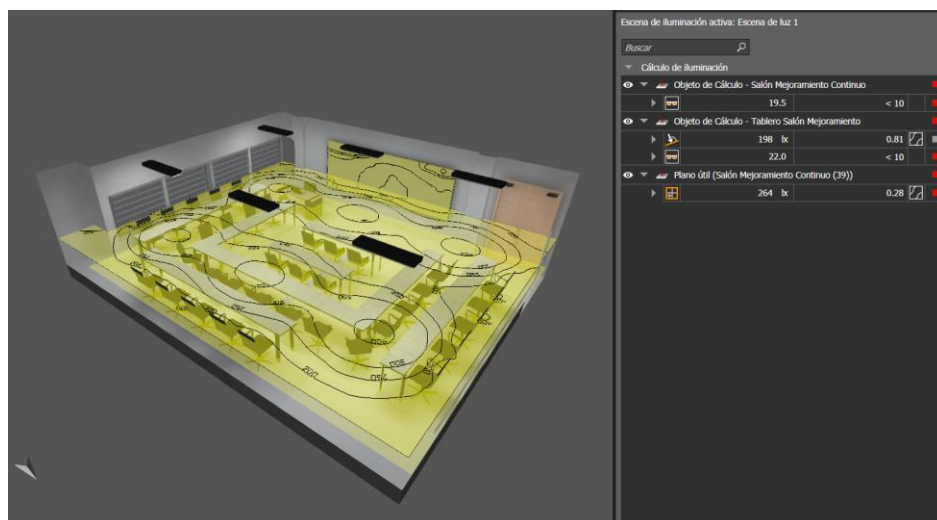
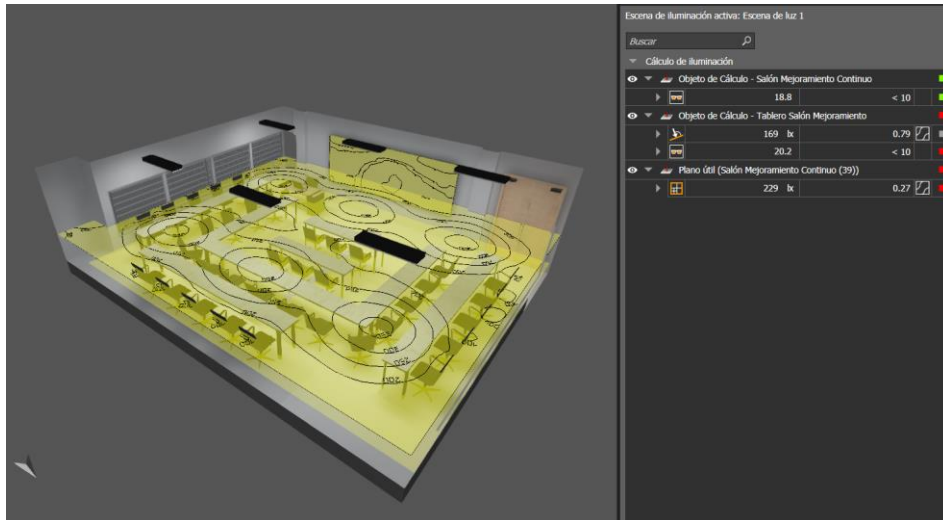


Figura 60

Valores de simulación de salón mejoramiento continuo (Sylvania)



5.3 Resultados Aula E (306)

Se simuló la distribución existente para el edificio correspondiente para aula E con las marcas seleccionadas, Ilumax, Philips y Sylvania, obteniendo los resultados en las Figura 61, Figura 62 y Figura 63.

Figura 61

Valores de simulación de aula E (Ilumax)

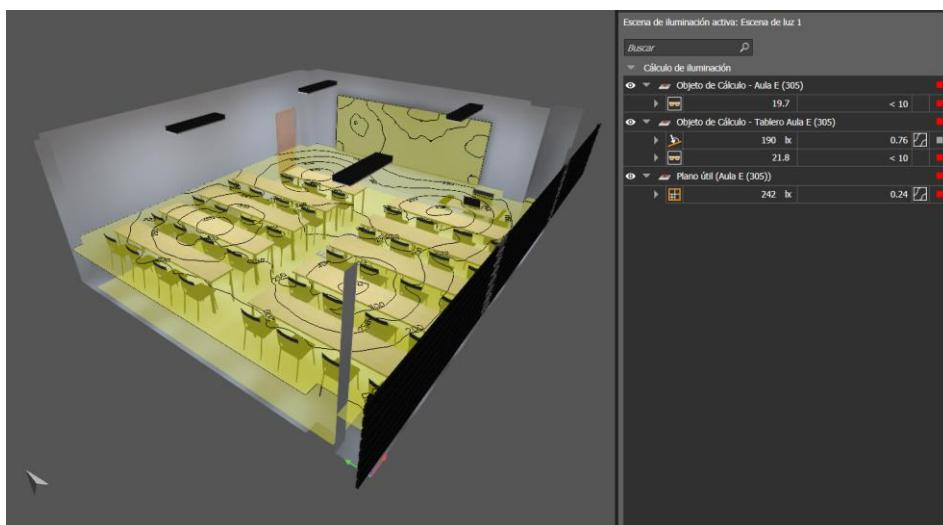
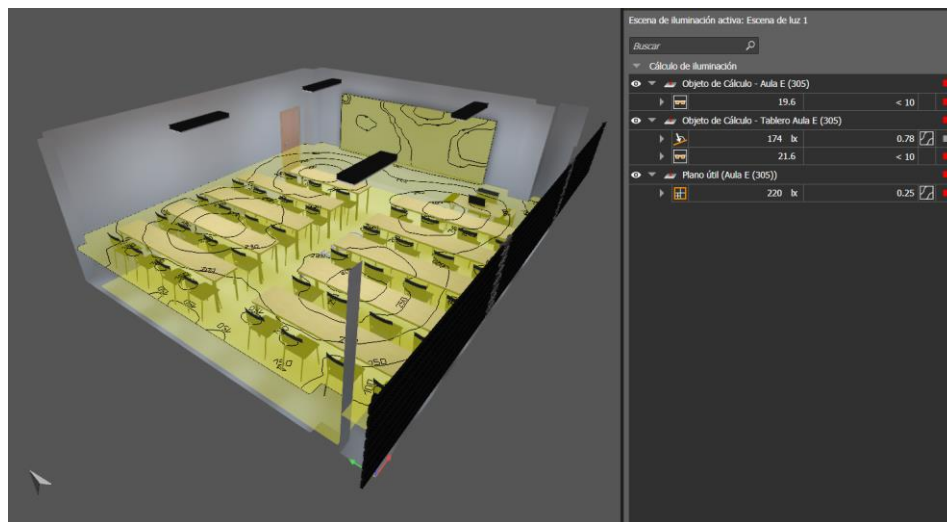
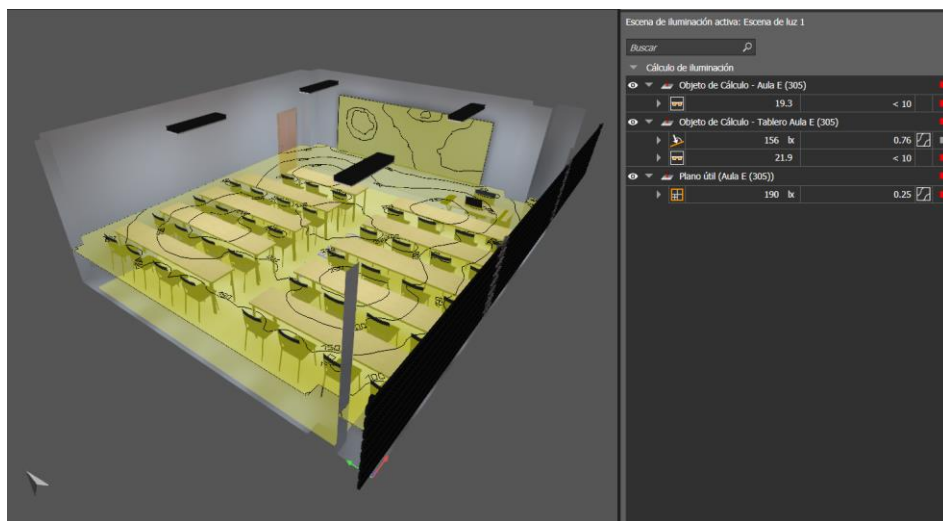


Figura 62

Valores de simulación de aula E (Philips)

**Figura 63**

Valores de simulación de aula E (Sylvania)



5.4 Resultados Sala de Reuniones 04

Se simuló la distribución existente para el edificio correspondiente para sala de reuniones 04 con las marcas seleccionadas, Ilumax, Philips y Sylvania, obteniendo los resultados en las Figura 64, Figura 65 y Figura 66.

Figura 64

Valores de simulación de sala de reuniones 04 (Ilumax)

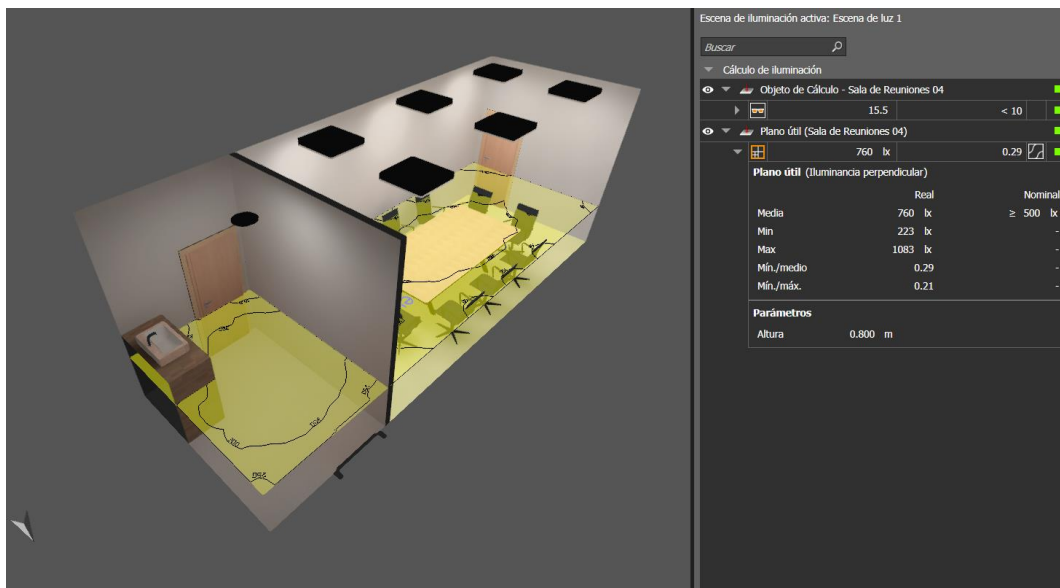


Figura 65

Valores de simulación de sala de reuniones 04 (Philips)

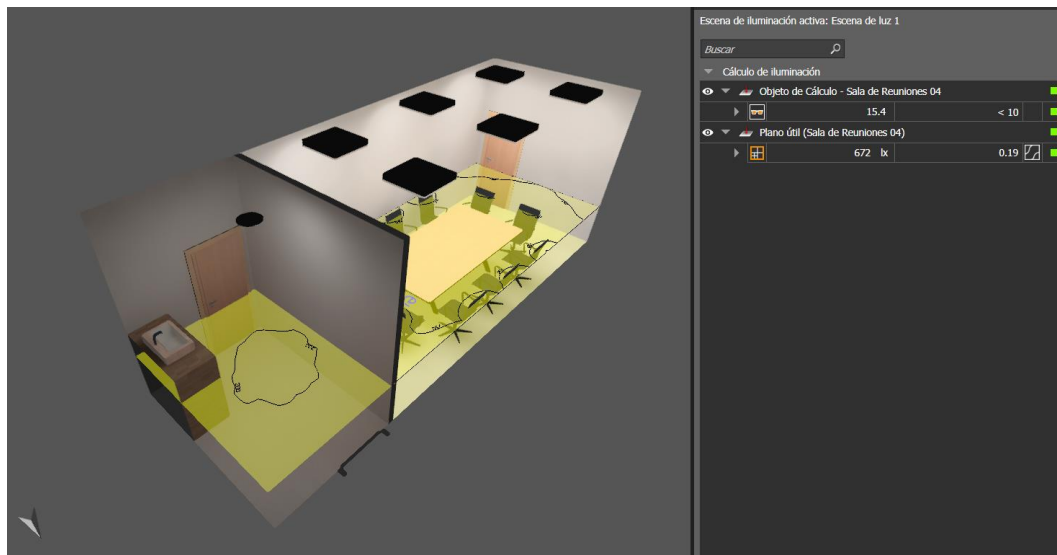
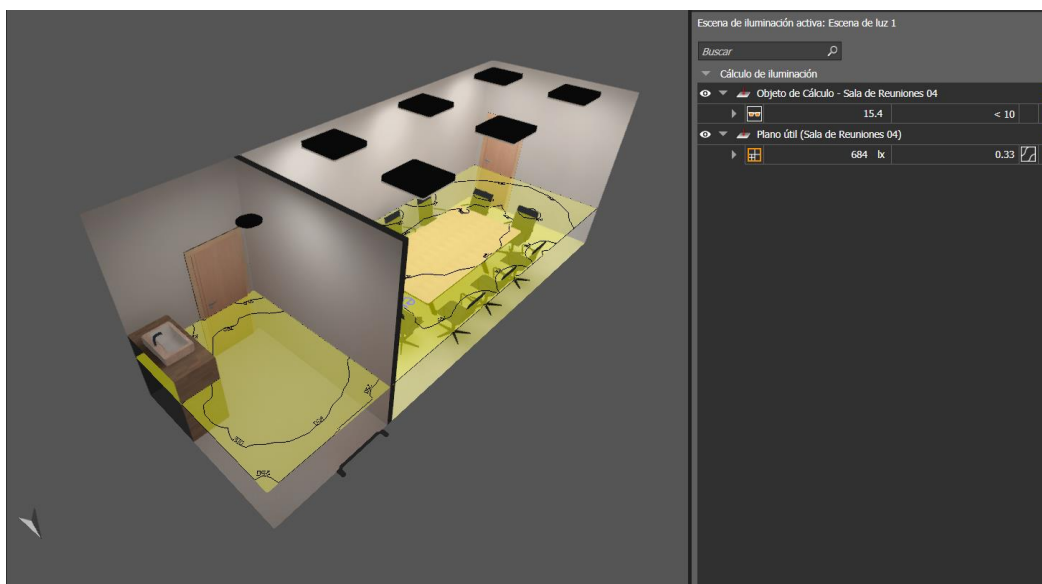


Figura 66

Valores de simulación de sala de reuniones 04 (Sylvania)



5.5 Resultados Oficina C09

Se simuló la distribución existente para el edificio correspondiente para la oficina C09 con las marcas seleccionadas, Ilumax, Philips y Sylvania, obteniendo los resultados en las Figura 67, Figura 68 y Figura 69.

Figura 67

Valores de simulación de oficina C09 (Ilumax)

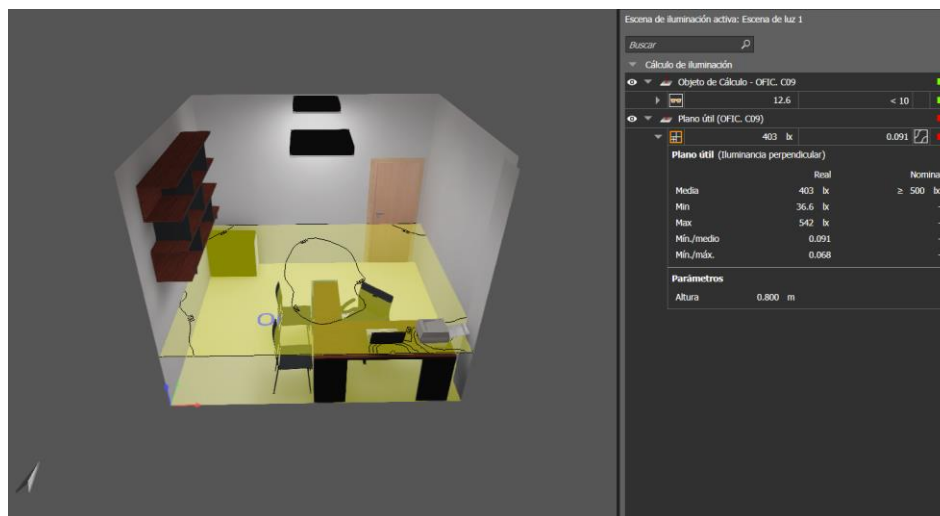
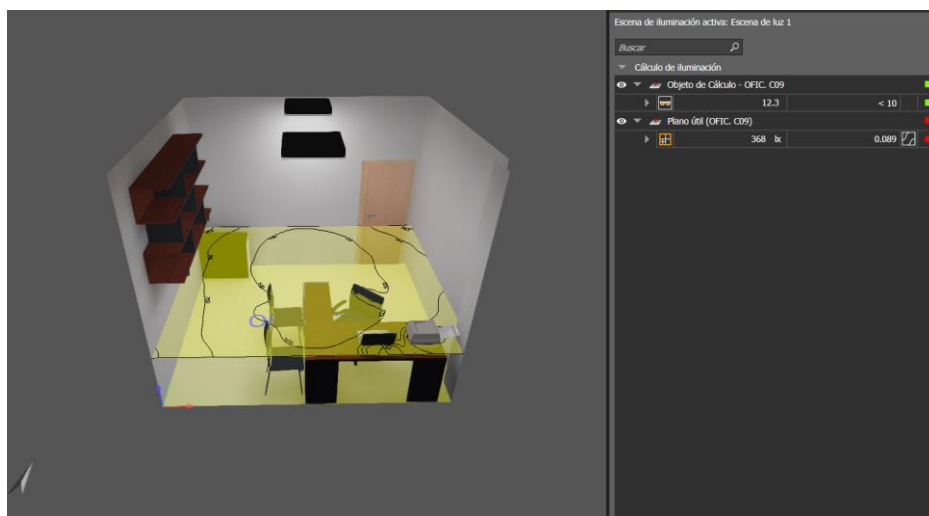
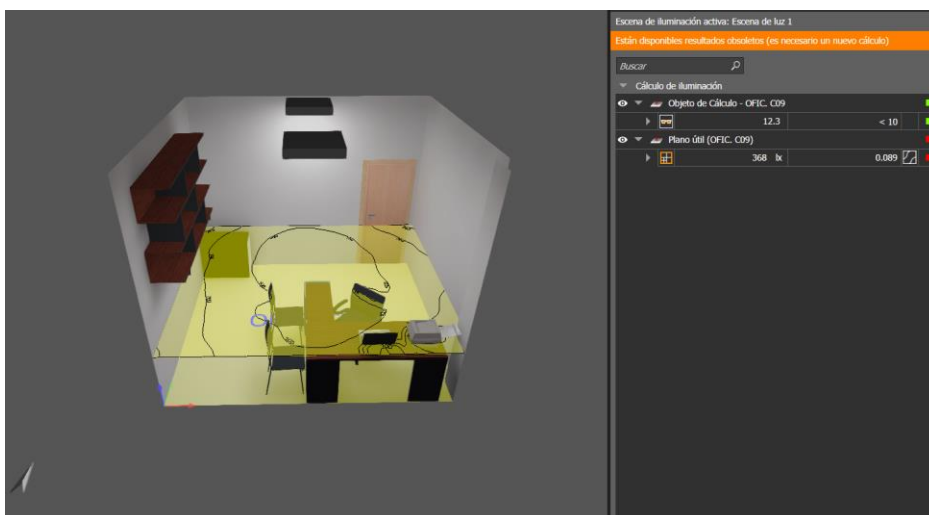


Figura 68

Valores de simulación de oficina C09 (Philips)

**Figura 69**

Valores de simulación de oficina C09 (Sylvania)



5.6 Resultados Aula de Exposiciones

Se simuló la distribución existente para el edificio correspondiente para el aula de exposiciones con las marcas seleccionadas, Ilumax, Philips y Sylvania, obteniendo los resultados en las Figura 70, Figura 71 y Figura 72.

Figura 70

Valores de simulación de aula de exposiciones (Illumax)

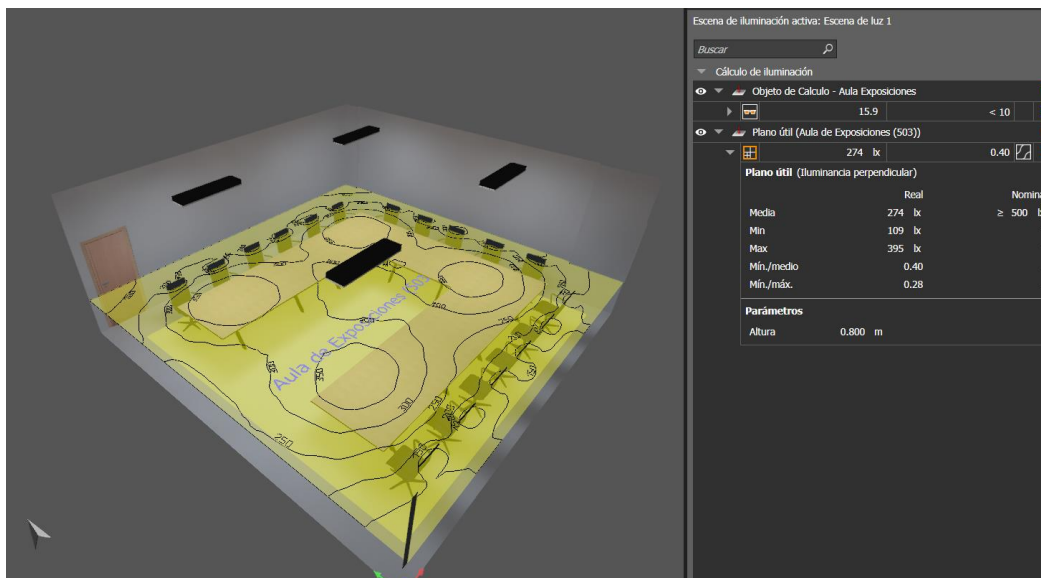


Figura 71

Valores de simulación de aula de exposiciones (Philips)

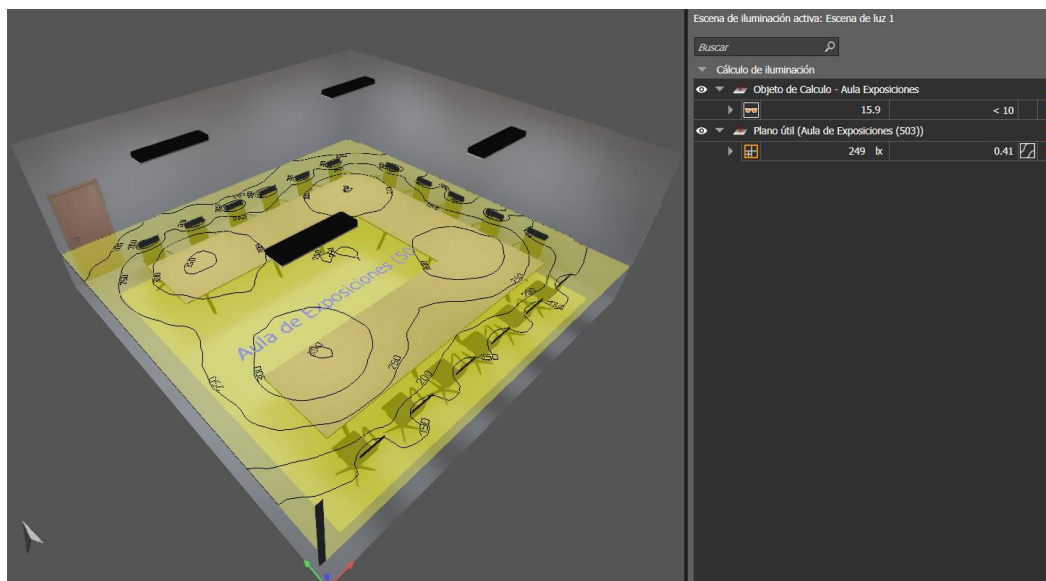


Figura 72

Valores de simulación de aula de exposiciones (Sylvania)

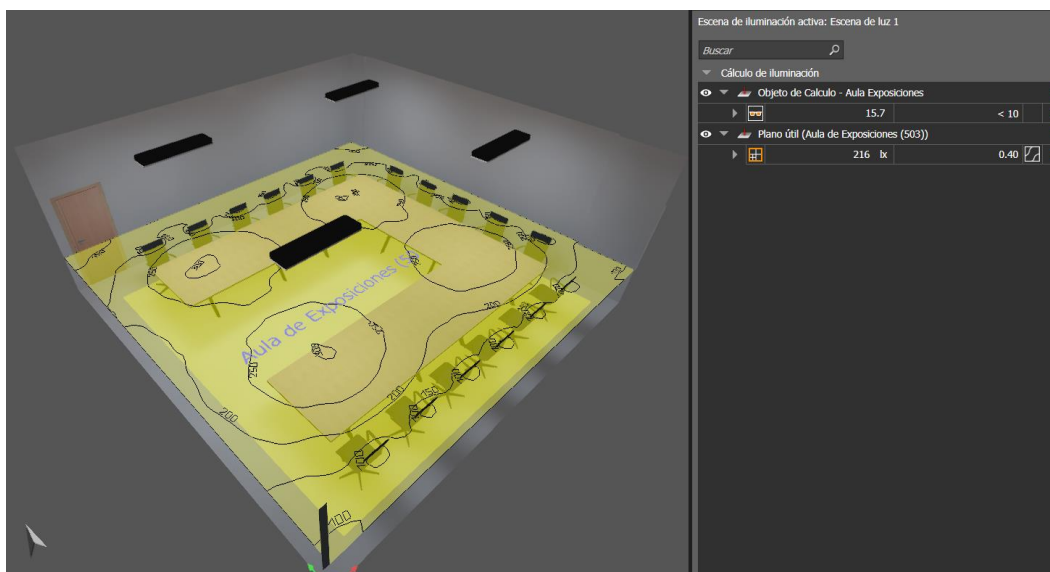


Tabla 8

Resultados del modelado en instalaciones existentes

Área de estudio	Marca de luminaria	Cant. de luminarias	Oficina, Sala de Reuniones y Salones		Tableros	
			UGR	Iluminancia media (lx)	UGR	Iluminancia media (lx)
Sala de cómputo 01 (30)	Ilumax	7	18,6	259	20,5	187
	Philips	7	19,3	237	21,1	167
	Sylvania	7	18,8	205	20	144
Salón mejoramiento continuo	Ilumax	6	19,2	290	20,7	210
	Philips	6	19,5	264	22	198
	Sylvania	6	18,8	229	20,2	169
Aula E (305)	Ilumax	4	19,7	242	21,8	190
	Philips	4	19,6	220	21,6	174
	Sylvania	4	19,3	190	21,9	156

Área de estudio	Marca de luminaria	Cant. de luminarias	Oficina, Sala de Reuniones y Salones		Tableros	
			UGR	Iluminancia media (lx)	UGR	Iluminancia media (lx)
Sala de reuniones 04	Ilumax	6	15,5	760	-	-
	Philips	6	15,4	674	-	-
	Sylvania	6	15,4	684	-	-
Oficina C09	Ilumax	2	12,6	403	-	-
	Philips	2	12,3	368	-	-
	Sylvania	2	12,3	368	-	-
Aula de exposiciones	Ilumax	4	15,9	274	-	-
	Philips	4	15,9	249	-	-
	Sylvania	4	15,7	216	-	-

De acuerdo con los resultados obtenidos en la simulación se hizo un revisión y análisis de los valores y seguido a esto se comparó con los parámetros establecidos en las normas, donde se evidencio el **NO** cumplimiento de los requisitos de iluminación óptimos de los espacios dedicados a los ambientes escolares (ver Tabla 2). Por lo cual se decidió establecer una nueva distribución de las luminarias, teniendo como criterio principal el cumplimiento de las normativos.

6. Rediseño con las Diferentes Alternativas de iluminación Led

6.1 Rediseño del Sistema de Iluminación con Luminarias Ilumax

Luego de realizar los pasos generales y empleando el montaje en el software DIALux con el tipo de luminarias Ilumax (ver Figura 73) se dio como resultado los datos de las cantidades de luminarias necesarias para el proyecto con esta tecnología de iluminación presentados en la Tabla 9 y Tabla 10.

Figura 73

Simulación del sistema iluminación en un aula de actividades generales (Ilumax)

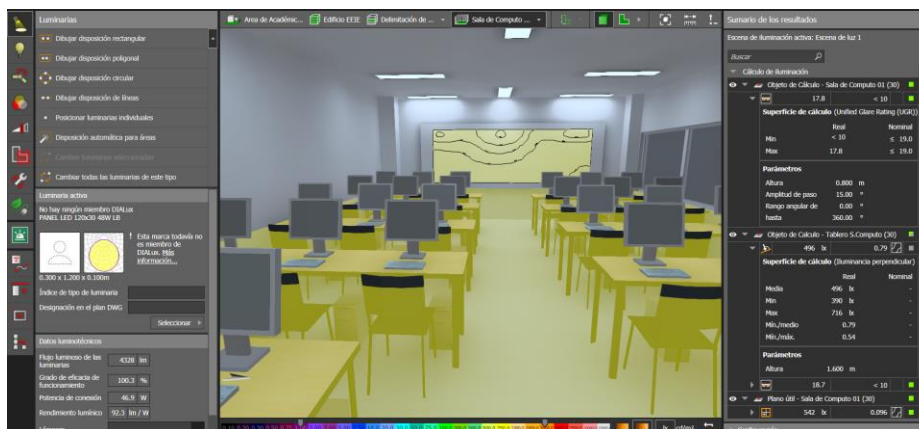


Tabla 9

Cantidad de luminarias en aulas, baños y pasillos del edificio de Ingeniería Industrial (Ilumax)

Tipo de Recinto	Piso 1			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Sala de Computo 01 (30)	15			15
Sala de Computo 02 (15)	7			7
Sala de Profesores Catedra		16		16
Salón Emprendedores (52)	8	10		18
Cafetería		5		5
Salón Fundadores	11			11
Centro de Estudio ACE II	22			22
Salón de Excelencia	17			17
Foyer (Auditorio)		4		4
Lobby (Auditorio)		4		4

Piso 1				
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria			Cantidad
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Zona Húmeda - Baños (M)			4	4
Zona Húmeda - Baños (F)			4	4
Zona Húmeda (Auditorio - M)			2	2
Zona Húmeda (Auditorio - F)			2	2
Escalera de Emergencia			3	3
Cuarto de Aseo			1	1
Pasillos de Edificación			19	19
Subtotal de Luminarias Primer Piso				154
Piso 2				
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria			Cantidad
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Aula Especial A (35)	11			11
Aula A (39)	10			10
Aula B (32)	10			10
Aula 202	9			9
Salón Mejoramiento (39)	11			11
Hall Profesores			2	2
Zona Húmeda - Baños (M)			2	2
Zona Húmeda - Baños (F)			2	2
Escalera de Emergencia			3	3
Pasillo Área de Profesores			27	27
Pasillo - Acceso Principal		4	9	13
Subtotal de Luminarias Segundo Piso				100
Piso 3				
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria			Cantidad
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Aula Especial A (306)	11			11
Aula Especial B (301)	12			12
Aula A (309)	10			10
Aula B (310)	10			10
Aula C (311)	8			8
Aula D (307)	12			12
Aula E (305)	10			10
Aula F (304)	10			10
Aula G (303)	10			10
Aula H (302)	10			10
Aula Taller - 01 (316)	13			13
Aula Taller - 02 (317)	12	11		23

Piso 3				
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria			Cantidad
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Zona Húmeda - Baños (M)			2	2
Zona Húmeda - Baños (F)			2	2
Cuarto de Aseo			1	1
Deposito (308)			1	1
Escalera de Emergencia			3	3
Pasillos Edificación Tercer Piso			21	21
Subtotal de Luminarias Tercer Piso				169
Piso 4				
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria			Cantidad
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Aula de Posgrado (405)	6			6
Sala Reunión Posgrado (404)	6			6
Aula A (403)	10			10
Aula B (402)	10			10
Cafetería			1	1
Zona Húmeda - Baños (M)			2	2
Zona Húmeda - Baños (F)			2	2
Escalera de Emergencia			3	3
Pasillos Edificación-Cuarto Piso			17	17
Subtotal de Luminarias Cuarto Piso				57
Piso 5				
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria			Cantidad
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Aula A (509)	10			10
Aula B (510)	8			8
Aula C (505)	10			10
Aula D (504)	10			10
Aula E (502)	10			10
Aula Especial A (508)	11			11
Aula Especial B (506)	12			12
Aula Especial C (501)	12			12
Aula de Exposiciones	8			8
Cafetería			2	2
Zona Húmeda - Baños (M)			2	2
Zona Húmeda - Baños (F)			2	2
Escalera de Emergencia			2	2
Pasillos Edificación-Quinto Piso			18	18
Subtotal de Luminarias Quinto Piso				117

Total de Luminarias del Edificio 597

Tabla 10*Cantidad de luminarias en oficinas y salas de reuniones de Ingeniería Industrial (Ilumax)*

Cantidad de Luminarias en Oficinas y Salas de Reuniones				
Piso 1				
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria			Cantidad
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Oficina 111-1		3		3
Cuarto Racks 109-1-A		1		1
Oficina Psicología		3		3
Oficina de Archivo		1		1
Información		2		2
Subtotal de Luminarias Primer Piso				10
Piso 2				
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria			Cantidad
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Oficina C01		3		3
Oficina C02		3		3
Oficina C03		3		3
Oficina C04		3		3
Oficina C05		3		3
Oficina C06		3		3
Oficina C07		3		3
Oficina C08		3		3
Oficina C09		3		3
Oficina C10		3		3
Oficina C11		3		3
Oficina C12		3		3
Oficina C13		3		3
Oficina C14		3		3
Oficina C15		3		3
Oficina C16		3		3
Oficina C17		3		3
Oficina C18		3		3
Oficina C19		3		3
Oficina C20		3		3
Oficina C21		3		3
Oficina C22		2		2
Oficina C23		3		3
Sala de Reuniones 01		4		4

Tipo de Recinto	Piso 2			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Sala de Reuniones 02		2		2
Sala de Reuniones 03		2		2
Sala de Reuniones 04		5		5
Subtotal de Luminarias Segundo Piso				81
Tipo de Recinto	Piso 4			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Oficina de Posgrado		31		31
Oficina Asistente de Dirección		13		13
Oficina de Auxiliares		7	3	10
Oficina Coordinador Asistente		3		3
Cuarto de Archivo		4		4
Secretaria EEIE		8		8
Oficina Alianza Industrial		4		4
Oficina Dirección EEIE		12		12
Oficina (410)		6	1	7
Oficina Maestría (408)		13		13
Oficina Maestría (409)		17		17
Subtotal de Luminarias Cuarto Piso				122
Total de Luminarias del Edificio				213

6.2 Rediseño del Sistema de Iluminación con Luminarias Philips

Para las luminarias de marca Philips se realizó el mismo procedimientos y montaje en el software DIALux, implementando este tipo de marca de luminaria (ver Figura 74), en la cual se obtuvieron los resultados ilustrados en la Tabla 11 y Tabla 12.

Figura 74

Simulación de iluminación en un aula de actividades generales (Philips)



Tabla 11

Cantidad de luminarias en aulas, baños y pasillos del edificio de Ingeniería Industrial (Philips)

Cantidad de Luminarias en Aulas, Baños y Pasillos				
Tipo de Recinto	Piso 1			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Sala de Computo 01 (30)	17			17
Sala de Computo 02 (15)	8			8
Sala de Profesores Catedra		16		16
Salón Emprendedores (52)	8	10		18
Cafetería		5		5
Salón Fundadores	12			12
Centro de Estudio ACE II	24			24
Salón de Excelencia	17			17
Foyer (Auditorio)		4		4
Lobby (Auditorio)		5		5
Cuarto de Aseo			1	1
Zona Húmeda - Baños (M)			4	4
Zona Húmeda - Baños (F)			4	4
Zona Húmeda (Auditorio - M)			2	2
Zona Húmeda (Auditorio - F)			2	2
Escalera de Emergencia			4	4
Pasillos de Edificación			20	20
Subtotal de Luminarias Primer Piso				163
Tipo de Recinto	Piso 2			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Aula Especial A (35)	13			13
Aula A (39)	10			10
Aula B (32)	10			10

Tipo de Recinto	Piso 2			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Aula 202	12			12
Salón Mejoramiento (39)	13			13
Hall Profesores			2	2
Zona Húmeda - Baños (M)			4	4
Zona Húmeda - Baños (F)			4	4
Escalera de Emergencia			4	4
Pasillo - Acceso Principal		4	10	14
Pasillo Área de Profesores			28	28
Subtotal de Luminarias Segundo Piso				114

Tipo de Recinto	Piso 3			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Aula Especial A (306)	13			13
Aula Especial B (301)	13			13
Aula A (309)	10			10
Aula B (310)	10			10
Aula C (311)	10			10
Aula D (307)	13			13
Aula E (305)	10			10
Aula F (304)	10			10
Aula G (303)	10			10
Aula H (302)	10			10
Aula Taller - 01 (316)	15			15
Aula Taller - 02 (317)	13	11		24
Zona Húmeda - Baños (M)			4	4
Zona Húmeda - Baños (F)			4	4
Cuarto de Aseo			1	1
Escalera de Emergencia			4	4
Pasillos Edificación -Tercer Piso			21	21
Deposito (308)			1	1
Subtotal de Luminarias Tercer Piso				183

Tipo de Recinto	Piso 4			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Aula de Posgrado (405)	6			6
Sala Reunión Posgrado (404)	6			6
Aula A (403)	10			10
Aula B (402)	10			10
Cafetería			1	1
Zona Húmeda - Baños (M)			4	4

Tipo de Recinto	Piso 4			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Zona Húmeda - Baños (F)			4	4
Escalera de Emergencia			4	4
Pasillos Edificación-Cuarto Piso			18	18
Subtotal de Luminarias Cuarto Piso				63
Tipo de Recinto	Piso 5			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Aula A (509)	10			10
Aula B (510)	10			10
Aula C (505)	10			10
Aula D (504)	10			10
Aula E (502)	10			10
Aula Especial A (508)	11			11
Aula Especial B (506)	13			13
Aula Especial C (501)	13			13
Aula de Exposiciones	9			9
Cafetería			2	2
Zona Húmeda - Baños (M)			4	4
Zona Húmeda - Baños (F)			4	4
Escalera de Emergencia			3	3
Pasillos Edificación-Quinto Piso			20	20
Subtotal de Luminarias Quinto Piso				109
Total de Luminarias del Edificio				632

Tabla 12

Cantidad de luminarias en oficinas y salas de reuniones de Ingeniería Industrial (Philips)

Cantidad de Luminarias en Oficinas y Salas de Reuniones				
Tipo de Recinto	Piso 1			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Oficina 111-1		2		2
Cuarto Racks 109-1-A		1		1
Oficina Psicología		4		4
Oficina de Archivo Información		1		1
		2		2
Subtotal de Luminarias Primer Piso				10

Tipo de Recinto	Piso 2			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Oficina C1		4		4
Oficina C2		4		4
Oficina C3		4		4
Oficina C4		4		4
Oficina C5		4		4
Oficina C6		4		4
Oficina C7		4		4
Oficina C8		4		4
Oficina C9		3		3
Oficina C10		4		4
Oficina C11		3		3
Oficina C12		3		3
Oficina C13		4		4
Oficina C14		4		4
Oficina C15		4		4
Oficina C16		4		4
Oficina C17		4		4
Oficina C18		4		4
Oficina C19		4		4
Oficina C20		3		3
Oficina C21		3		3
Oficina C22		3		3
Oficina C23		3		3
Sala de Reuniones 01		4		4
Sala de Reuniones 02		3		3
Sala de Reuniones 03		3		3
Sala de Reuniones 04		5	2	7
Subtotal de Luminarias Segundo Piso				102
Tipo de Recinto	Piso 4			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Oficina de Posgrado		32		32
Oficina Asistente de Dirección		15		15
Oficina de Auxiliares		9		9
Oficina Coordinador Asistente		3		3
Cuarto de Archivo		5		5
Secretaria EEIE		8		8
Oficina Alianza Industrial		4		4
Oficina Dirección EEIE		12	3	15

Tipo de Recinto	Piso 4			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Oficina (410)		6	1	7
Oficina Maestría (408)		15		15
Oficina Maestría (409)		18		18
Subtotal de Luminarias Cuarto Piso				131
Total de Luminarias del Edificio				243

6.3 Rediseño del Sistema de Iluminación con Luminarias Sylvania

Para las luminarias de marca Sylvania también se realizó el mismo procedimientos y montaje en el software DIALux, implementando este tipo de marca de luminaria (ver Figura 75), en la cual se obtuvieron los resultados ilustrados en la Tabla 13 y Tabla 14.

Figura 75

Simulación de iluminación en un aula de actividades generales (Sylvania)



Tabla 13

Cantidad de luminarias en aulas, baños y pasillos del edificio de Ingeniería Industrial (Sylvania)

Tipo de Recinto	Piso 1			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Sala de Computo 01 (30)	19			19
Sala de Computo 02 (15)	9			9
Sala de Profesores Catedra		16		16

Tipo de Recinto	Piso 1			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Salón Emprendedores (52)	14	10		24
Cafetería		5		5
Salón Fundadores	15			15
Centro de Estudio ACE II	26			26
Salón de Excelencia	25			25
Foyer (Auditorio)		2		2
Lobby (Auditorio)		4		4
Cuarto de Aseo			1	1
Zona Húmeda - Baños (M)			4	4
Zona Húmeda - Baños (F)			4	4
Zona Húmeda (Auditorio - M)			2	2
Zona Húmeda (Auditorio - F)			2	2
Escalera de Emergencia			4	4
Pasillos de Edificación			19	19
Subtotal de Luminarias Primer Piso				181
Tipo de Recinto	Piso 2			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Aula Especial A (35)	14			14
Aula A (39)	11			11
Aula B (32)	11			11
Aula 202	12			12
Salón Mejoramiento (39)	13			13
Hall Profesores			2	2
Zona Húmeda - Baños (M)			4	4
Zona Húmeda - Baños (F)			4	4
Escalera de Emergencia			4	4
Pasillo - Acceso Principal		5	10	15
Pasillo Área de Profesores			22	22
Subtotal de Luminarias Segundo Piso				112
Tipo de Recinto	Piso 3			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Aula Especial A (306)	14			14
Aula Especial B (301)	15			15
Aula A (309)	12			12
Aula B (310)	12			12
Aula C (311)	12			12
Aula D (307)	15			15
Aula E (305)	12			12

Piso 3				
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria			Cantidad
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Aula F (304)	12			12
Aula G (303)	12			12
Aula H (302)	12			12
Aula Taller - 01 (316)	17			17
Aula Taller - 02 (317)	10	12		22
Zona Húmeda - Baños (M)			4	4
Zona Húmeda - Baños (F)			4	4
Cuarto de Aseo			1	1
Escalera de Emergencia			4	4
Pasillos Edificación -Tercer Piso			19	19
Deposito (308)			1	1
Subtotal de Luminarias Tercer Piso				200
Piso 4				
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria			Cantidad
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Aula de Posgrado (405)	6			6
Sala Reunión Posgrado (404)	6			6
Aula A (403)	12			12
Aula B (402)	12			12
Cafetería			1	1
Zona Húmeda - Baños (M)			4	4
Zona Húmeda - Baños (F)			4	4
Escalera de Emergencia			3	3
Pasillos Edificación-Cuarto Piso			16	16
Subtotal de Luminarias Cuarto Piso				64
Piso 5				
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria			Cantidad
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Aula A (509)	12			12
Aula B (510)	10			10
Aula C (505)	12			12
Aula D (504)	12			12
Aula E (502)	12			12
Aula Especial A (508)	14			14
Aula Especial B (506)	15			15
Aula Especial C (501)	16			16
Aula de Exposiciones	12			12
Cafetería			2	2
Zona Húmeda - Baños (M)			4	4

Tipo de Recinto	Piso 5			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Zona Húmeda - Baños (F)			4	4
Escalera de Emergencia			3	3
Pasillos Edificación-Quinto Piso			18	18
Subtotal de Luminarias Quinto Piso				128
Total de Luminarias del Edificio				685

Tabla 14

Cantidad de luminarias en oficinas y salas de reuniones de Ingeniería Industrial (Sylvania)

Cantidad de Luminarias en Oficinas y Salas de Reuniones				
Tipo de Recinto	Piso 1			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Oficina 111-1		2		2
Cuarto Racks 109-1-A		1		1
Oficina Psicología		4		4
Oficina de Archivo		1		1
Información		2		2
Subtotal de Luminarias Primer Piso				10
Tipo de Recinto	Piso 2			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Oficina C1		3		3
Oficina C2		3		3
Oficina C3		3		3
Oficina C4		3		3
Oficina C5		3		3
Oficina C6		3		3
Oficina C7		3		3
Oficina C8		3		3
Oficina C9		3		3
Oficina C10		3		3
Oficina C11		3		3
Oficina C12		3		3
Oficina C13		4		4
Oficina C14		4		4
Oficina C15		3		3

Tipo de Recinto	Piso 2			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Oficina C16		3		3
Oficina C17		3		3
Oficina C18		3		3
Oficina C19		3		3
Oficina C20		3		3
Oficina C21		3		3
Oficina C22		3		3
Oficina C23		3		3
Sala de Reuniones 01		4		4
Sala de Reuniones 02		3		3
Sala de Reuniones 03		3		3
Sala de Reuniones 04		5		5
Subtotal de Luminarias Segundo Piso				86
Tipo de Recinto	Piso 4			Cantidad
	Tipo de Luminaria			
	Rectangular	Cuadrada	Redondo	
Oficina de Posgrado		31		31
Oficina Asistente de Dirección		15		15
Oficina de Auxiliares		9	3	12
Oficina Coordinador Asistente		3		3
Cuarto de Archivo		5		5
Secretaria EEIE		8		8
Oficina Alianza Industrial		4		4
Oficina Dirección EEIE		12		12
Oficina (410)		6		6
Oficina Maestría (408)		18		18
Oficina Maestría (409)		15		15
Subtotal de Luminarias Cuarto Piso				129
Total de Luminarias del Edificio				225

7. Análisis Comparativo de las Simulaciones en los Diferentes Escenarios

Luego de hacer las simulaciones con cada una de las marcas (Philips, Ilumax y Sylvania), se procedió a realizar un análisis comparativo de los resultados de las diferentes propuestas, donde se resaltaron algunos aspectos importantes para el diseño de iluminación del edificio de ingeniería industrial, tales características son: cantidad de luminarias, costo promedio de las luminarias, nivel de iluminancia e índice de deslumbramiento. De igual manera se cuantificaron los parámetros ya mencionados de manera individual para las diferentes áreas del edificio.

7.1 UGR e Iluminancia en Sala de Computo 01 (30)

A continuación, se muestra el resultado del análisis realizado en el software DIALux con cada tipo de luminarias dentro del recinto, ver Figura 76, Figura 77 y Figura 78.

Figura 76

Resultados de sala computo 01 (30) (Ilumax).

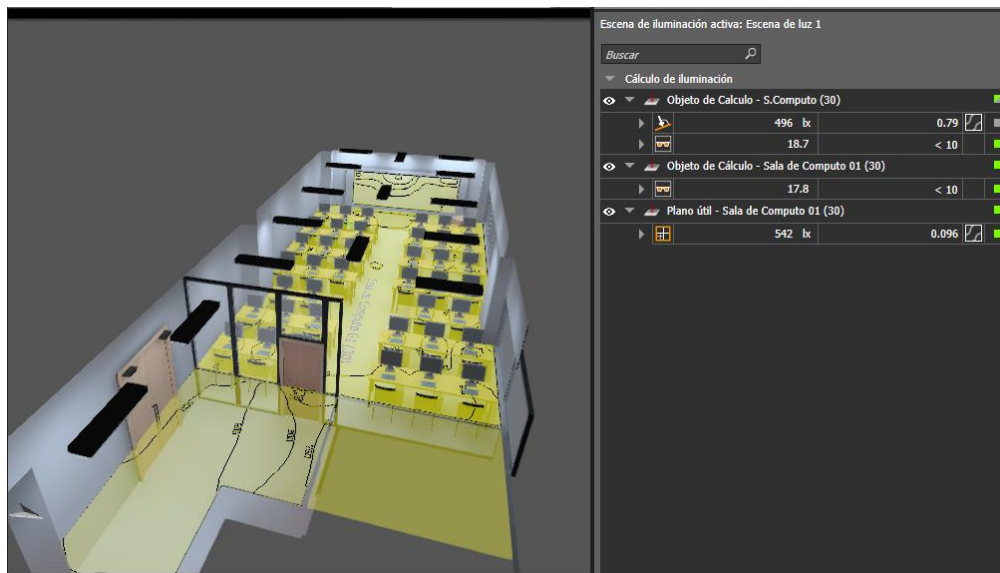


Figura 77

Resultados de sala computo 01 (30) (Philips)

**Figura 78**

Resultados de sala computo 01 (30) (Sylvania)

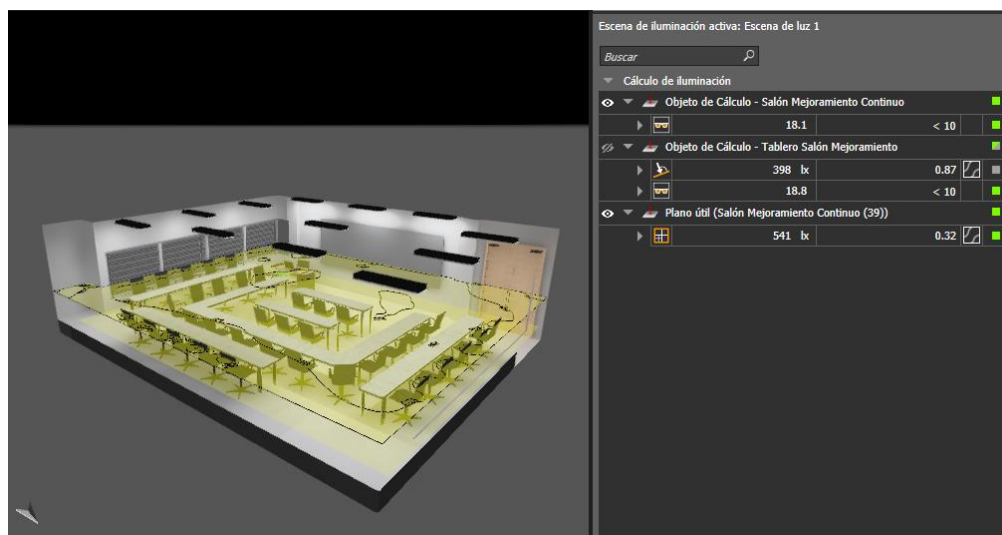


7.2 UGR e Iluminancia en Salón Mejoramiento Continuo

A continuación, se muestra el resultado del análisis realizado en el software DIALux con cada tipo de luminarias dentro del recinto, ver Figura 79, Figura 80 y Figura 81.

Figura 79

Resultados de salón mejoramiento continuo (Ilumax)

**Figura 80**

Resultados de salón mejoramiento continuo (Philips)

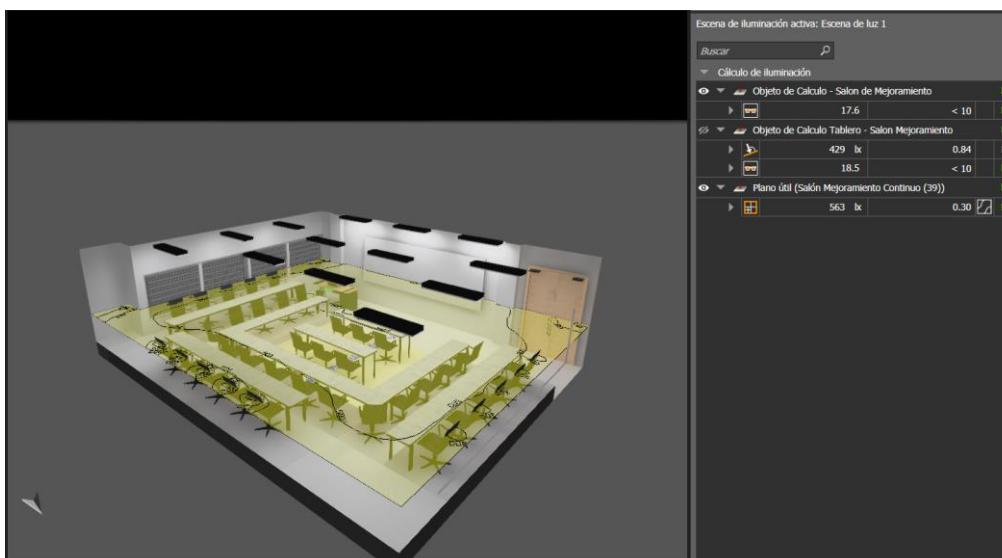
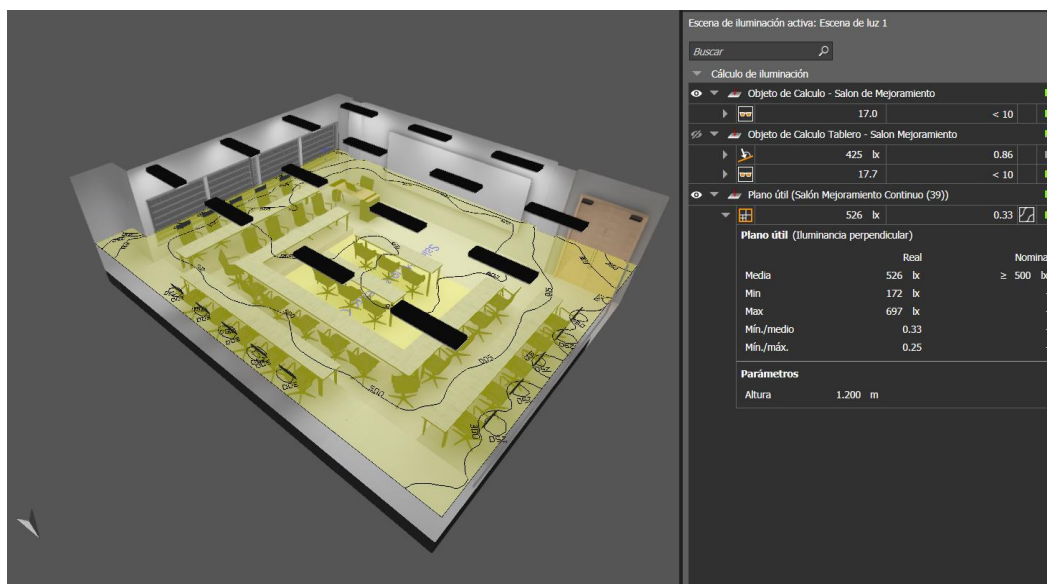


Figura 81

Resultados de salón mejoramiento continuo (Sylvania)



7.3 UGR e Iluminancia en Aula E (305)

De igual forma se muestra el resultado del análisis realizado en el software DIALux con cada tipo de luminarias dentro del recinto seleccionado, ver Figura 82, Figura 83 y Figura 84.

Figura 82

Resultados de Aula E (305) (Ilumax)

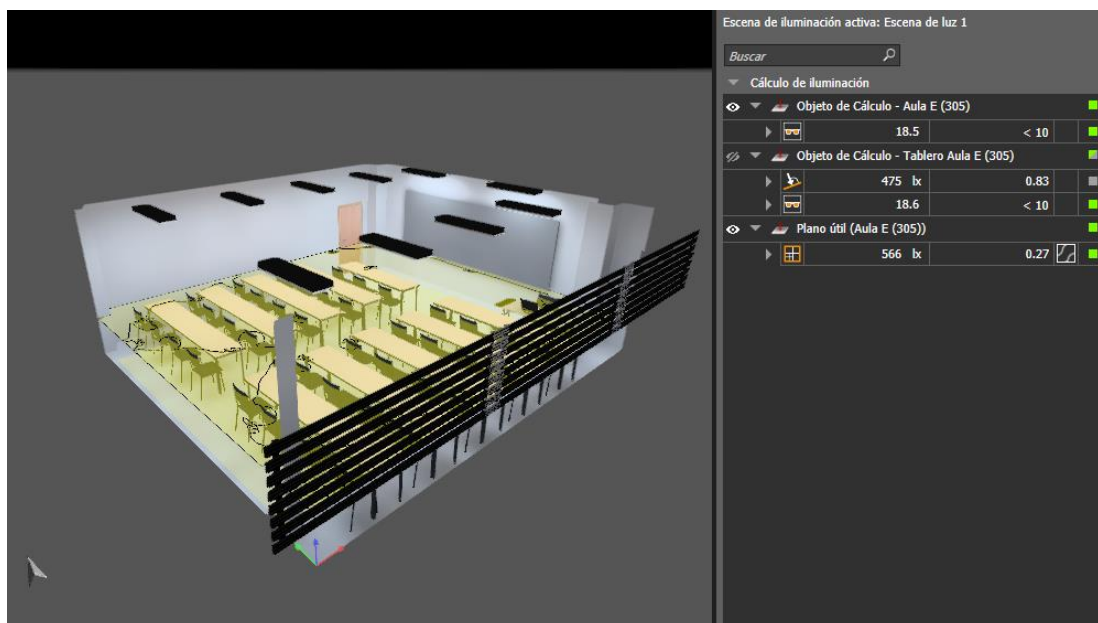
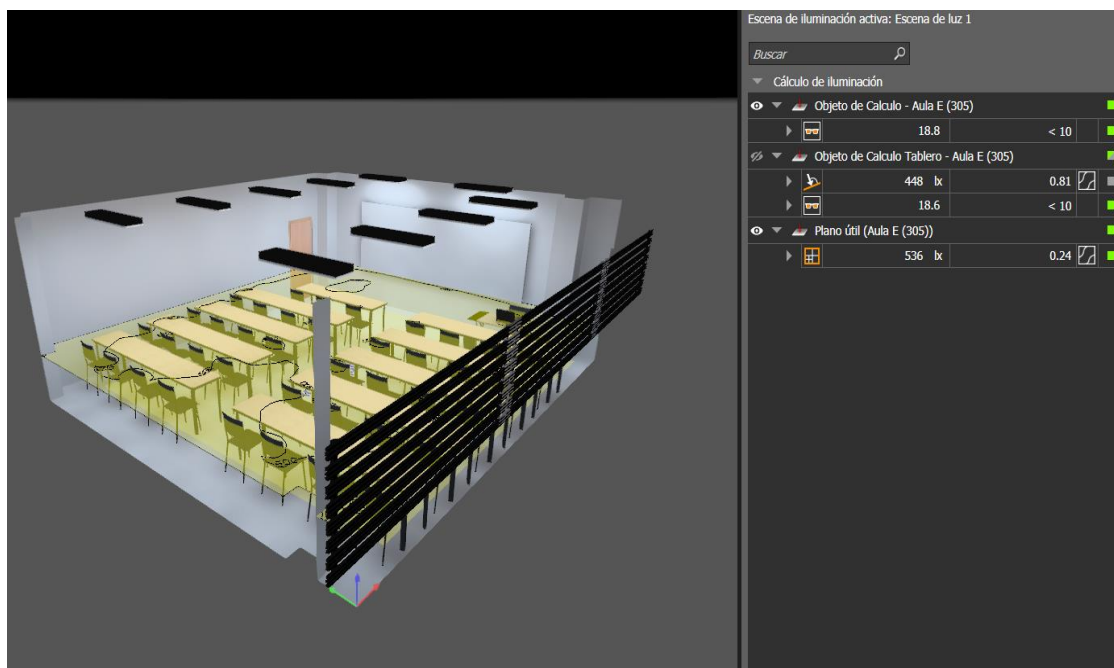
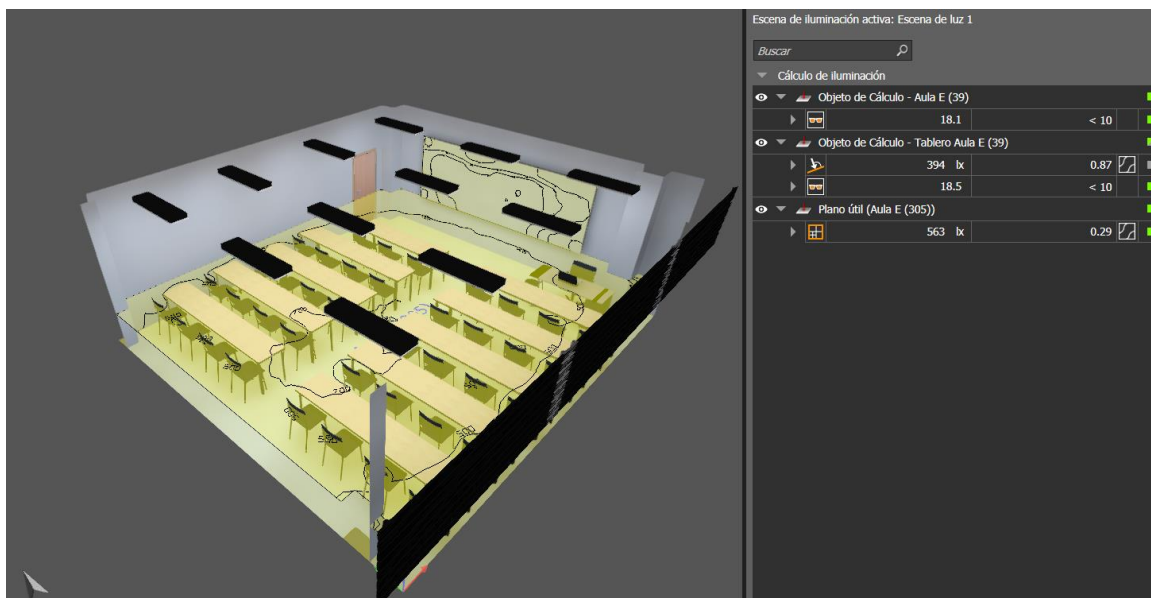


Figura 83*Resultados de Aula E (305) (Philips)***Figura 84***Resultados de Aula E (305) (Sylvania)*

7.4 UGR e Iluminancia en Sala de Reuniones 04

De la misma manera se muestra el resultado del análisis realizado en el software DIALux con cada tipo de luminarias dentro del recinto seleccionado, ver Figura 85, Figura 86 y Figura 87.

Figura 85

Resultados de Sala de Reuniones 04 (Ilumax)

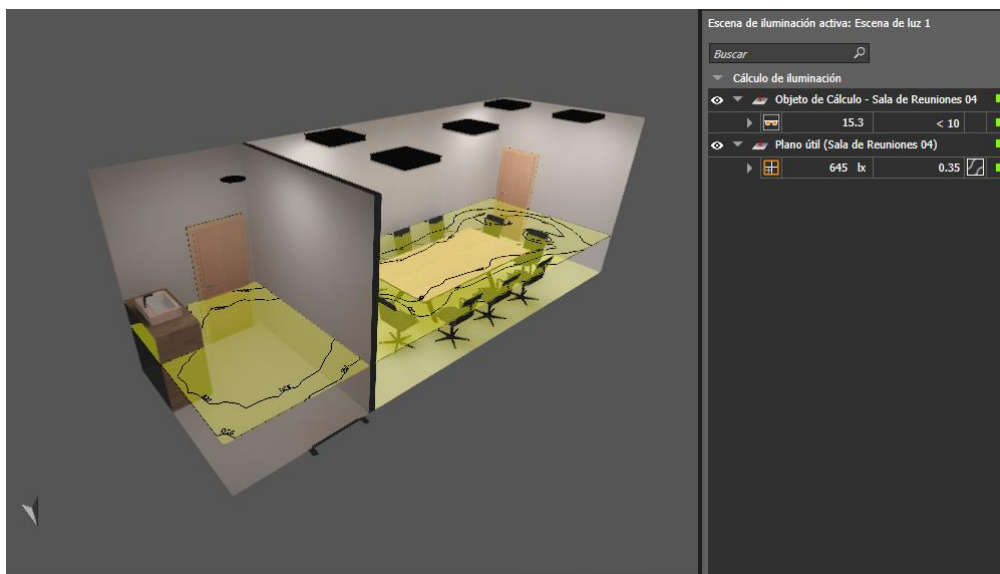


Figura 86

Resultados de Sala de Reuniones 04 (Philips)

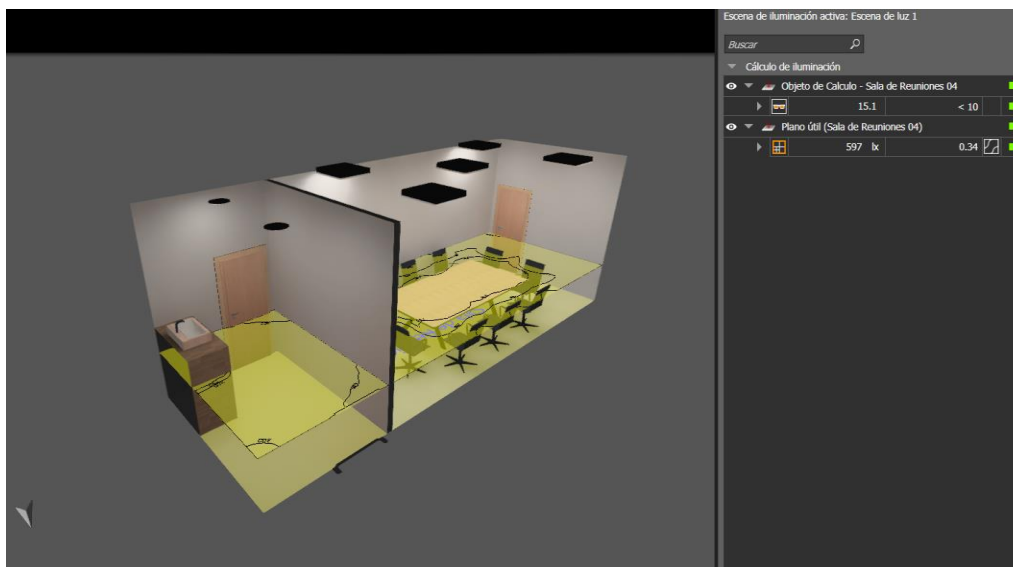
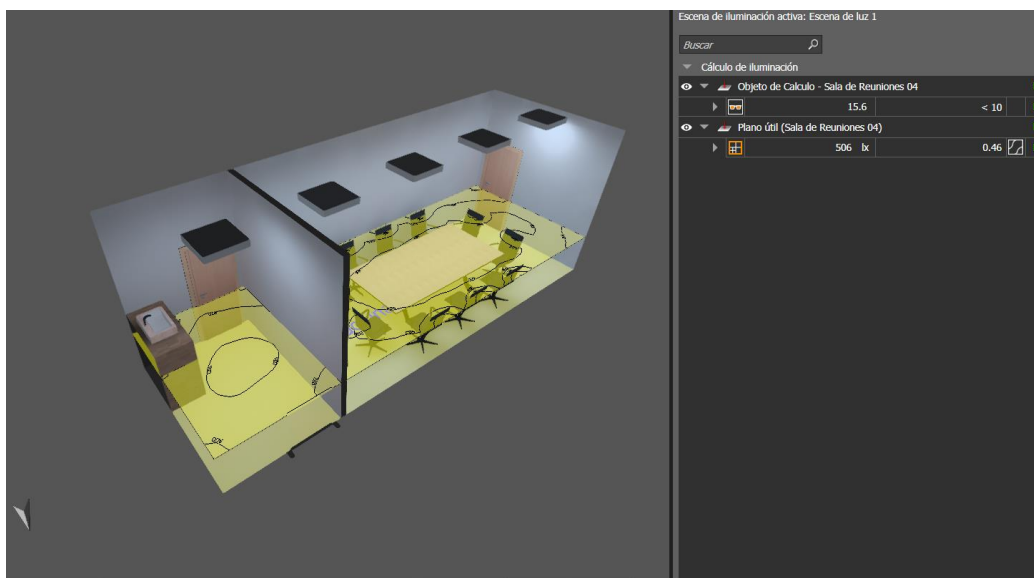


Figura 87

Resultados de Sala de Reuniones 04 (Sylvania)



7.5 UGR e Iluminancia en Oficina C09

De igual modo se muestra el resultado del análisis realizado en el software DIALux con cada tipo de luminarias dentro del recinto seleccionado, ver Figura 88, Figura 89 y Figura 90.

Figura 88

Resultados de Oficina C09 (Ilumax)

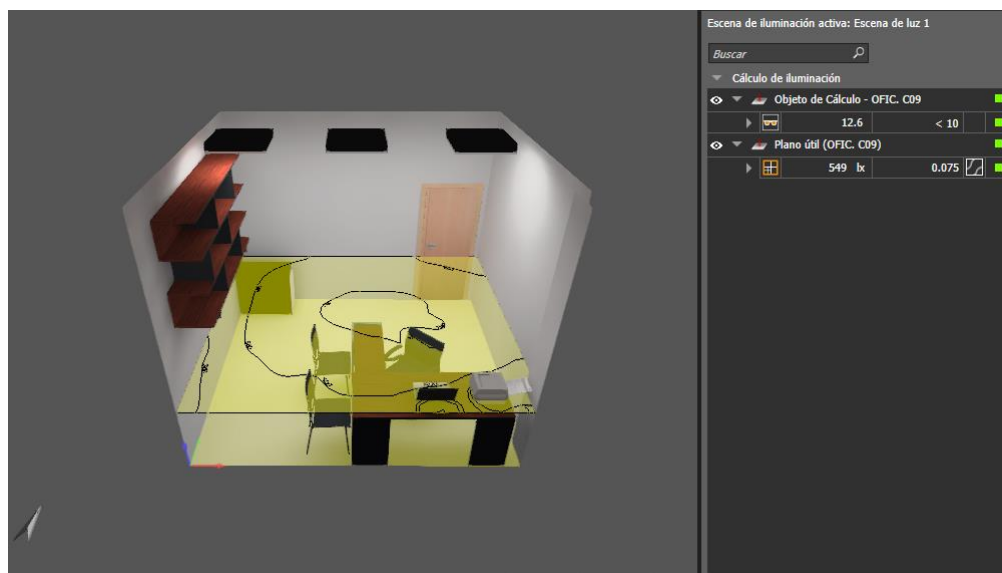
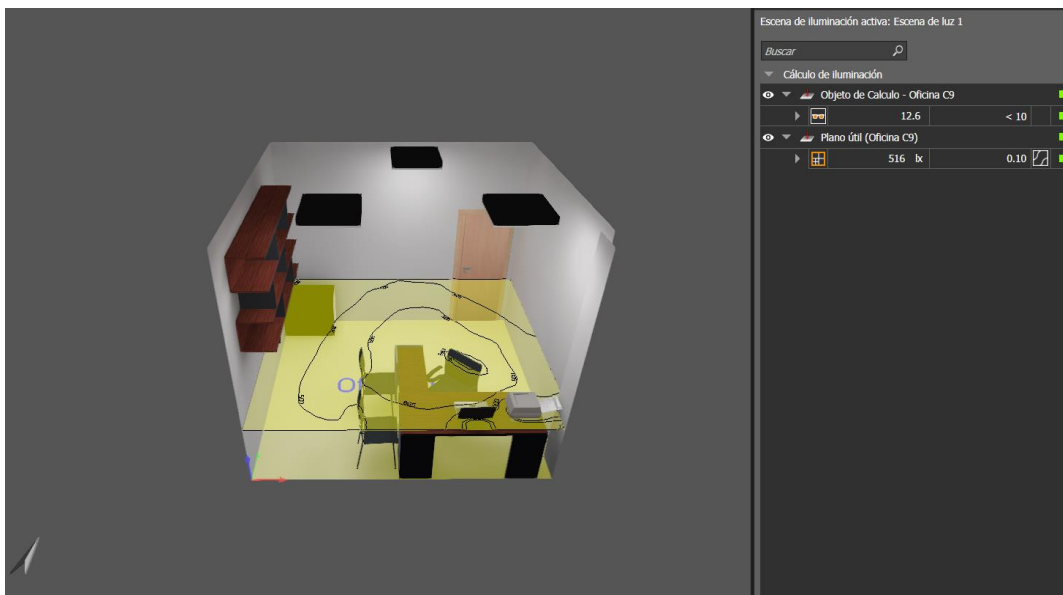
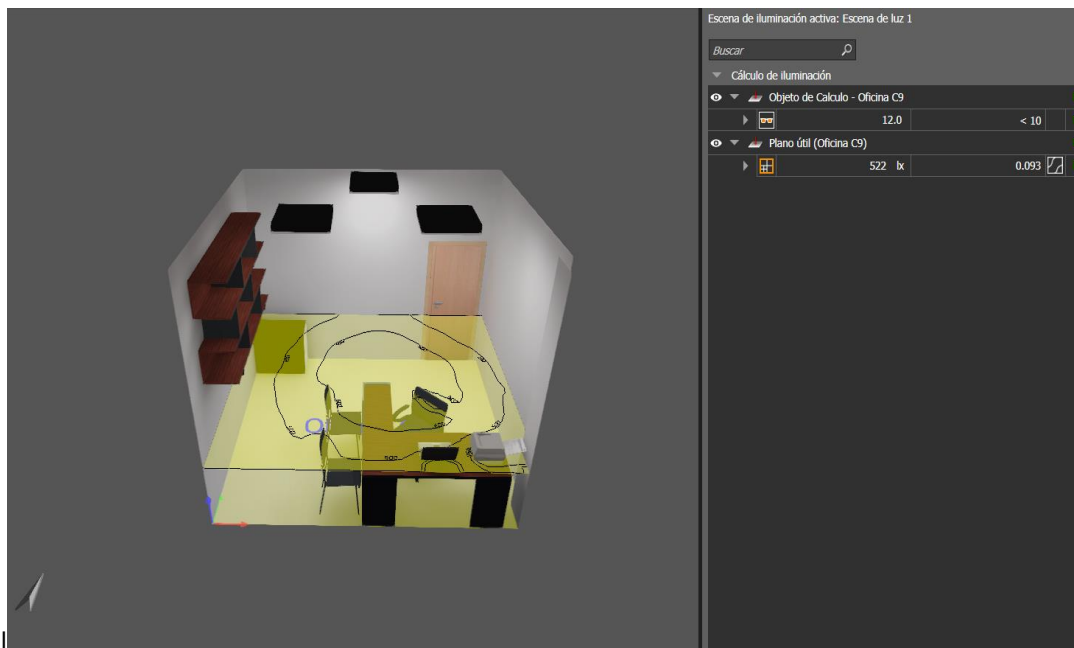


Figura 89*Resultados de Oficina C09 (Philips)***Figura 90***Resultados de Oficina C09 (Sylvania)*

7.6 UGR e Iluminancia en Aula de Exposiciones

Finalmente se muestra el resultado del análisis realizado en el software DIALux con cada tipo de luminarias dentro del recinto seleccionado, ver Figura 91, Figura 92 y Figura 93.

Figura 91

Resultados de Aula de Exposiciones (Ilumax)

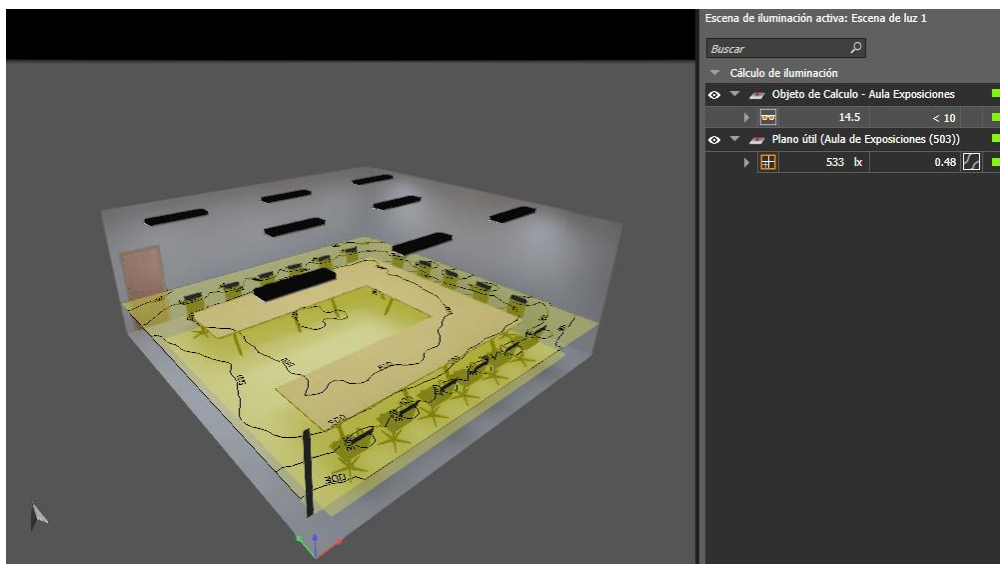


Figura 92

Resultados de Aula de Exposiciones (Philips)

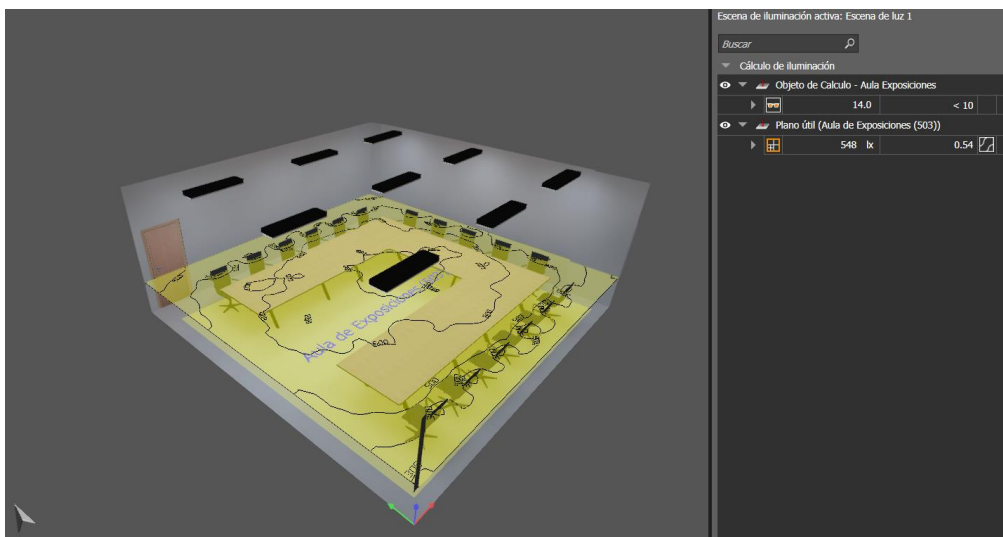
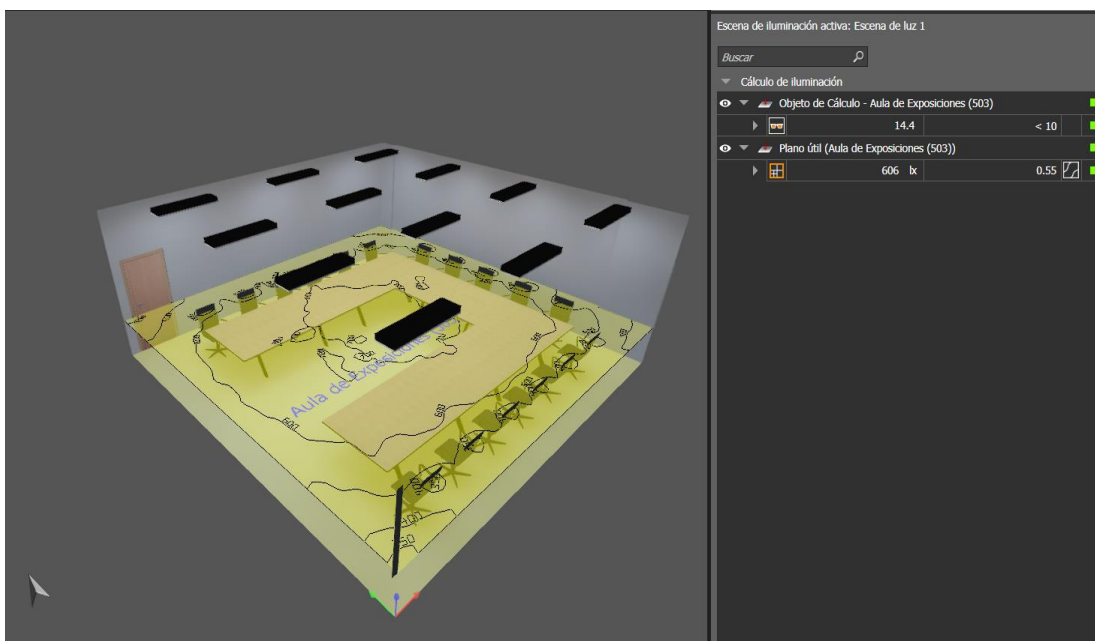


Figura 93

Resultados de Aula de Exposiciones (Sylvania)



Luego de obtener los resultados del modelado de los espacios estudiados se muestra la Tabla 15 con la finalidad de ilustrar los resultados entre cada tipo de luminaria, con el objetivo de realizar una comparación con la que se pueda seleccionar la mejor opción para la propuesta de implementación de la nueva tecnología led en el edificio de ingeniería industrial.

Tabla 15

Resultados del modelado en recintos específicos

Área de estudio	Marca de luminaria	Cantidad de luminarias	Oficina, Sala de Reuniones y Salones		Tableros	
			UGR	Iluminancia media (lx)	UGR	Iluminancia media (lx)
Sala de cómputo 01 (30)	Ilumax	15	17,8	542	18,7	496
	Philips	17	16	550	18,6	447
	Sylvania	19	14,2	508	18,7	456
Salón mejoramiento continuo	Ilumax	12	18,1	541	18,8	400
	Philips	13	17,6	563	18,5	429

Área de estudio	Marca de luminaria	Cantidad de luminarias	Oficina, Sala de Reuniones y Salones		Tableros	
			UGR	Iluminancia media (lx)	UGR	Iluminancia media (lx)
Salón mejoramiento continuo	Sylvania	15	17	526	17,7	425
Aula E (305)	Ilumax	10	18,5	566	18,6	475
	Philips	10	18,8	536	18,6	448
	Sylvania	12	18,1	563	18,5	394
Sala de reuniones 04	Ilumax	5	15,3	645	-	-
	Philips	5	15,1	597	-	-
	Sylvania	4	15,6	506	-	-
Oficina C09	Ilumax	3	12,6	549	-	-
	Philips	3	12,6	516	-	-
	Sylvania	3	12	522	-	-
Aula de exposiciones	Ilumax	8	14,5	533	-	-
	Philips	9	14	548	-	-
	Sylvania	12	14,4	606	-	-

De acuerdo con los resultados obtenidos de las estimaciones presentadas en los Anexo B, C y D se procedió a realizar un análisis a largo plazo con un tiempo estimado de 11 (once) años en el cual se tuvieron en cuenta los costos por implementación y pago de energía por consumo de las marcas de luminarias seleccionadas.

En primer lugar, se realizó la sumatoria de las cantidades de luminarias de acuerdo con su forma, esto con fin de identificar y comparar sus características individuales, ver Tabla 16, Tabla 17 y Tabla 18.

Tabla 16*Cantidad de luminarias marca Ilumax*

Cantidad de Luminarias Ilumax						
Tipo de Luminaria	Piso 1	Piso 2	Piso 3	Piso 4	Piso 5	Total
Rectangular	86	51	128	32	91	388
Cuadrada	50	85	32	118	0	285
Redondo	37	45	9	29	26	146

Tabla 17*Cantidad de luminarias marca Philips*

Cantidad de Luminarias Philips						
Tipo de Luminaria	Piso 1	Piso 2	Piso 3	Piso 4	Piso 5	Total
Rectangular	86	58	137	32	96	409
Cuadrada	50	104	32	127	0	313
Redondo	37	52	14	35	33	171

Tabla 18*Cantidad de luminarias marca Sylvania*

Cantidad de Luminarias Sylvania						
Tipo de Luminaria	Piso 1	Piso 2	Piso 3	Piso 4	Piso 5	Total
Rectangular	108	61	155	36	115	475
Cuadrada	47	91	31	126	0	295
Redondo	36	46	14	31	31	158

Seguidamente se multiplico la cantidad de luminarias requeridas para el rediseño de iluminación del edificio según el valor correspondiente de las marcas seleccionadas. Ver Tabla 19.

Tabla 19*Costo de implementación con las diferentes alternativas*

Costo de Implementación en pesos colombianos (COP)				
Tipo de Luminaria	Ilumax	Philips	Sylvania	
Rectangular	\$ 60.782.140	\$ 204.500.000	\$ 81.700.000	
Cuadrada	\$ 49.846.500	\$ 187.800.000	\$ 44.250.000	
Redondo	\$ 6.488.970	\$ 25.650.000	\$ 8.848.000	
Total	\$ 117.117.610	\$ 417.950.000	\$ 134.798.000	

Finalmente, se formuló una hipótesis para el uso de las luminarias durante un periodo estimado de 11 años, ya que éste es el tiempo máximo de vida útil de algunas de ellas. Esta hipótesis tuvo en cuenta varios factores, como los niveles de consumo de energía, el tiempo de uso de las luminarias (asumido en 12 horas diarias con una frecuencia de 5 días a la semana) y el valor del kilovatio hora (kWh) estimado en \$791,54 pesos colombianos. Ver Tabla 20 y Tabla 21.

Tabla 20*Costo anual por consumo con las diferentes alternativas*

Costo Anual por Consumo en pesos colombianos (COP)			
Tipo de Luminaria	Ilumax	Philips	Sylvania
Rectangular	\$ 35.379.938	\$ 27.971.124	\$ 36.094.224
Cuadrada	\$ 25.987.841	\$ 21.405.775	\$ 22.416.413
Redondo	\$ 9.984.802	\$ 11.694.529	\$ 9.004.559
Total	\$ 71.352.582	\$ 61.071.427	\$ 67.515.196

Tabla 21*Costo de 11 años por consumo con las diferentes alternativas*

Costo de 11 Años por Consumo en pesos colombianos (COP)				
Tipo de Luminaria	Ilumax	Philips	Sylvania	
Rectangular	\$ 389.179.321	\$ 307.682.363	\$ 397.036.464	
Cuadrada	\$ 285.866.254	\$ 235.463.520	\$ 246.580.541	
Redondo	\$ 109.832.824	\$ 128.639.814	\$ 99.050.149	
Total	\$ 784.878.399	\$ 671.785.697	\$ 742.667.154	

Se estableció un periodo de análisis de 11 años para tener un criterio de referencia en el que se puedan comparar el número de cambios de las luminarias para seleccionar la mejor opción a largo plazo. Ver Tabla 22, Tabla 23, Tabla 24 y Tabla 25.

Tabla 22

Número de implementación en 11 Años (Ilumax)

Número de Implementación en 11 años Ilumax				
Tipo de Luminaria	Vida útil	Horas de Uso Anual	Años Funcionando	Número de Cambios en 11 Años
Rectangular	35000	4380	8,0	1,4
Cuadrada	35000	4380	8,0	1,4
Redondo	25000	4380	5,7	1,9

Nota. El periodo de análisis corresponde a la cantidad de años del ciclo de vida útil de las luminarias rectangulares y cuadradas de Philips. Por otro lado, el número de cambios de las luminarias en 11 años se estima luego de su puesta en servicio y el valor decimal corresponde al porcentaje de utilización sobre periodo siguiente.

Tabla 23

Número de implementación en 11 Años (Philips)

Número de Implementación en 11 años Philips				
Tipo de Luminaria	Vida útil	Horas de Uso Anual	Años Funcionando	Número de Cambios en 11 Años
Rectangular	50000	4380	11,4	0,96
Cuadrada	50000	4380	11,4	0,96
Redondo	25000	4380	5,7	1,93

Tabla 24*Número de implementación en 11 Años (Sylvania)*

Número de Implementación en 11 años Ilumax				
Tipo de Luminaria	Vida útil	Horas de Uso Anual	Años Funcionando	Número de Cambios en 11 Años
Rectangular	30000	4380	6,8	1,6
Cuadrada	50000	4380	11,4	1,0
Redondo	25000	4380	5,7	1,9

Tabla 25*Resultados previos a la selección de la mejor opción*

Tipo de Luminaria	Costo de implementación		
	Ilumax	Philips	Sylvania
Rectangular	\$ 85.094.996	\$ 204.500.000	\$ 163.400.000
Cuadrada	\$ 69.785.100	\$ 187.800.000	\$ 44.250.000
Redondo	\$ 12.977.940	\$ 51.300.000	\$ 17.696.000
Subtotal	\$ 167.858.036	\$ 443.600.000	\$ 225.346.000
Total*	\$ 952.736.435	\$ 1.115.385.697	\$ 968.013.154

* El total de la Tabla 24 pertenece a la sumatoria del costo de implementación más el costo por consumo en 11 años plasmado en la Tabla 21.

La mejor opción para la implementación del nuevo sistema de iluminación del edificio de ingeniería industrial con tecnología led se eligió en base a los aspectos anteriormente estudiados, dando como resultado que la marca de luminarias ILUMAX es la más adecuada acorde con al costo de implementación y consumo estimado en un largo plazo.

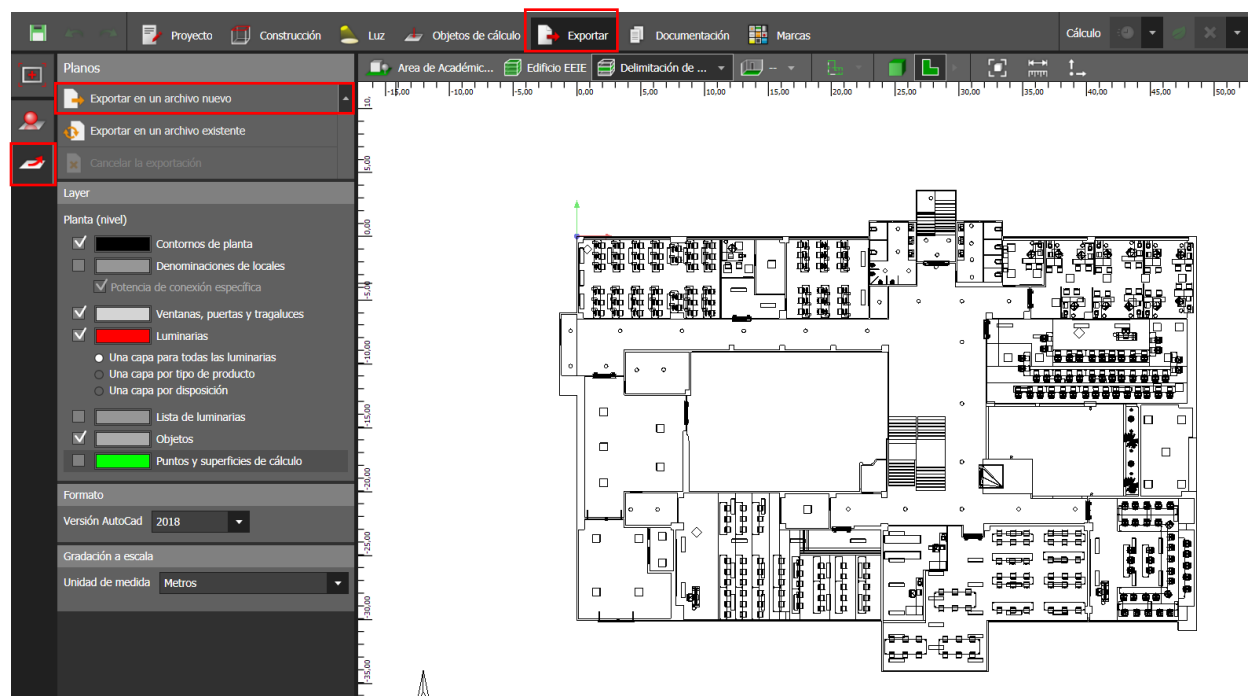
8. Actualización de Planos Eléctricos con el Nuevo Sistema de Iluminación

Una vez seleccionada la mejor opción de luminarias se procedió a actualizar los planos eléctricos de iluminación conforme a las nuevas luminarias. A continuación, se presenta el procedimiento de la exportación de la información de los planos del software DIALux EVO a AutoCAD 2D y la realización de los nuevos planos eléctricos.

En primer lugar, se seleccionó la opción exportar en el programa seguido de la opción planos, luego se ajustaron las capas del nuevo dibujo y finalmente se dio clic en exportar a un archivo nuevo (ver Figura 94).

Figura 94

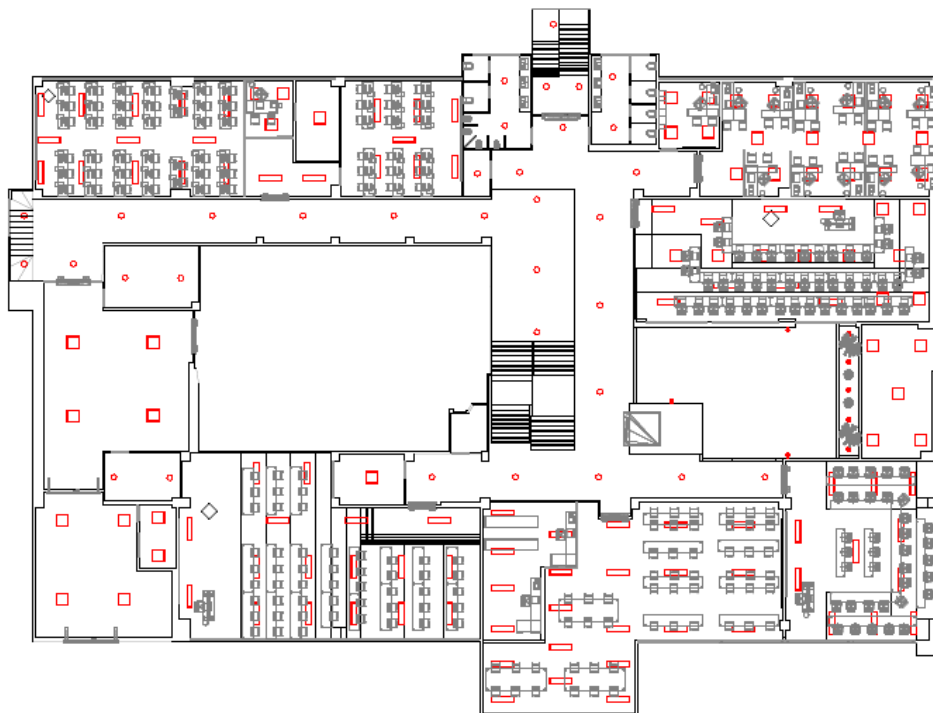
Exportación de archivo EVO a DWG



Seguido de tener los planos en archivo DWG (ver Figura 95), se realizaron los ajustes respectivos como control de encendido de las luminarias y la distribución uniforme de carga por números de circuitos de los diferentes pisos de la edificación.

Figura 95

Plano base de trabajo planta 1 con nueva tecnología led

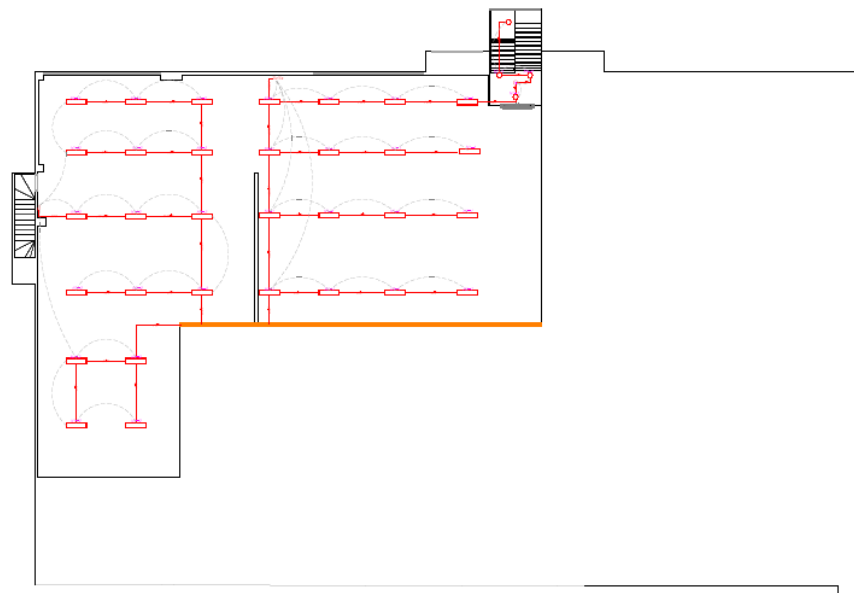


Las capas que se utilizaron en el rediseño de los planos eléctricos de iluminación son basadas en los planos antiguos, esto debido a mantener la uniformidad en la nomenclatura y ubicación de los circuitos alimentadores de energía del recinto.

A continuación, se presentan de manera grafica las actualizaciones de los planos eléctricos de manera secuencial por el número piso. Ver Figura 96, Figura 97, Figura 98, Figura 99, Figura 100 y Figura 101.

Figura 96

Rediseño de planos eléctricos de iluminación sótano

**Figura 97**

Rediseño de planos eléctricos de iluminación primer piso

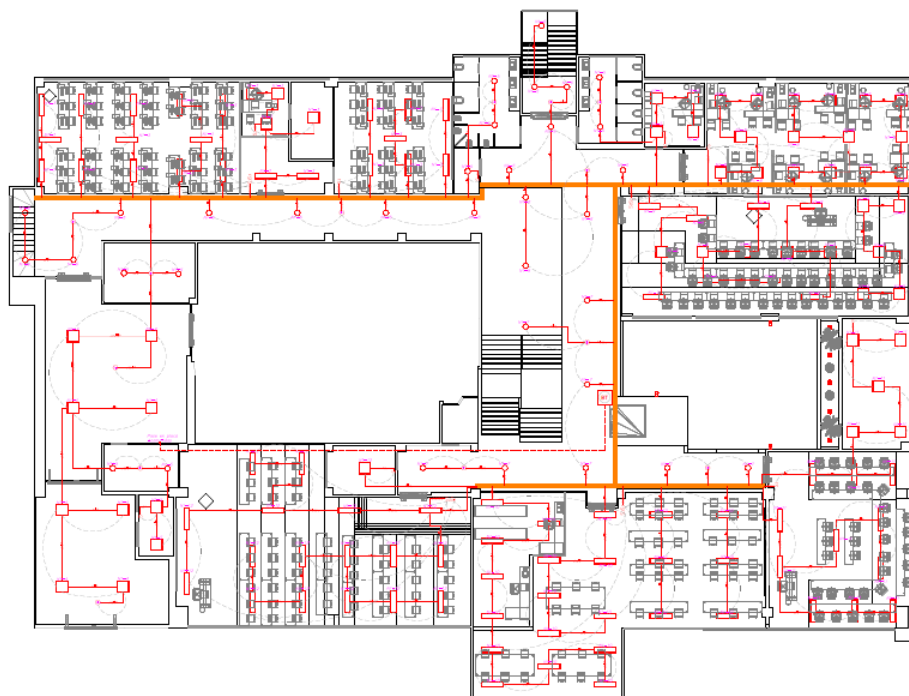
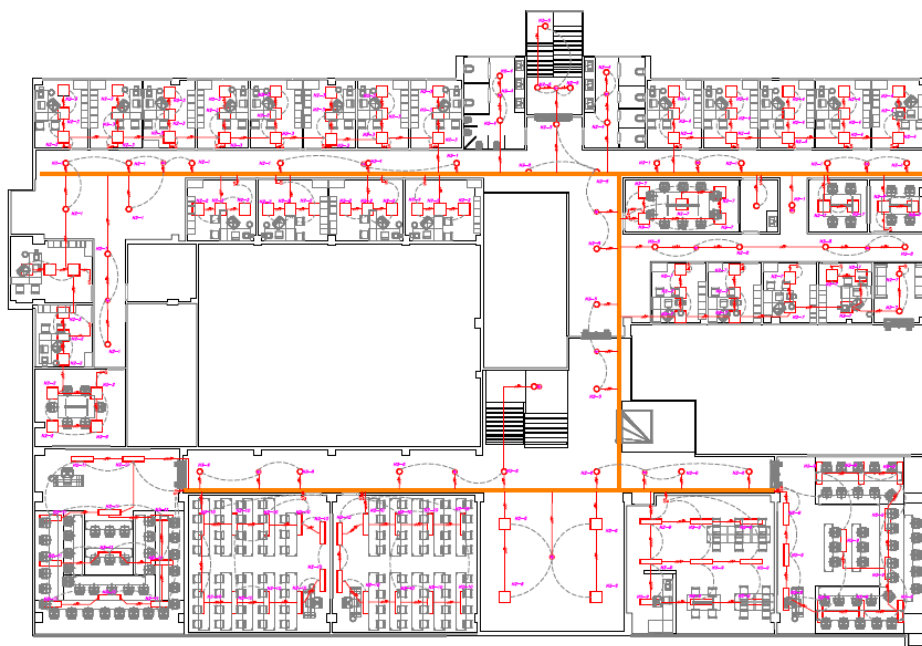


Figura 98

Rediseño de planos eléctricos de iluminación segundo piso

**Figura 99**

Rediseño de planos eléctricos de iluminación tercero piso

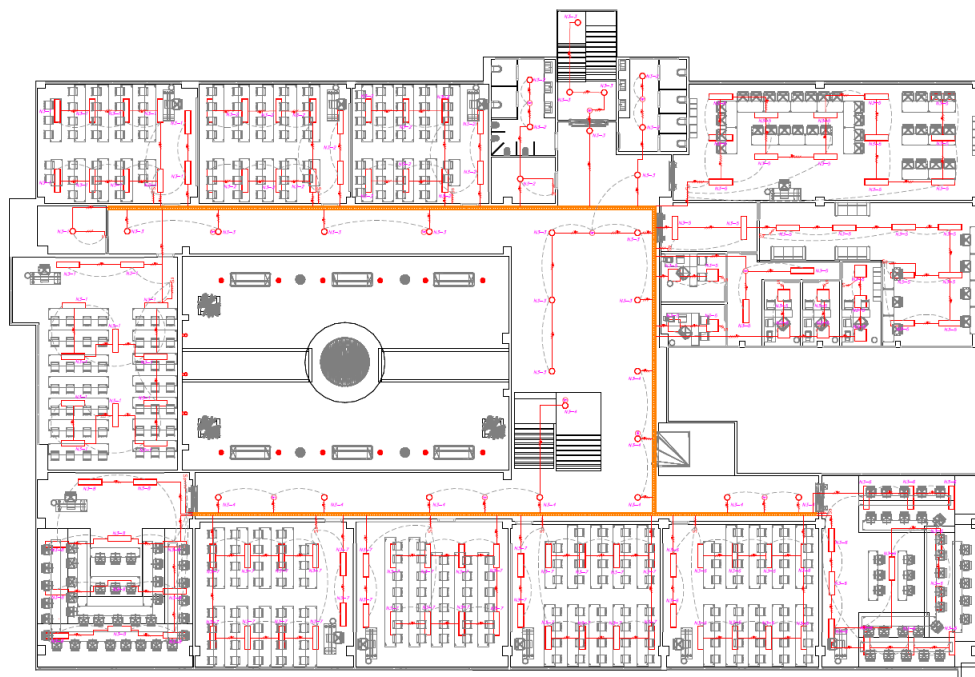
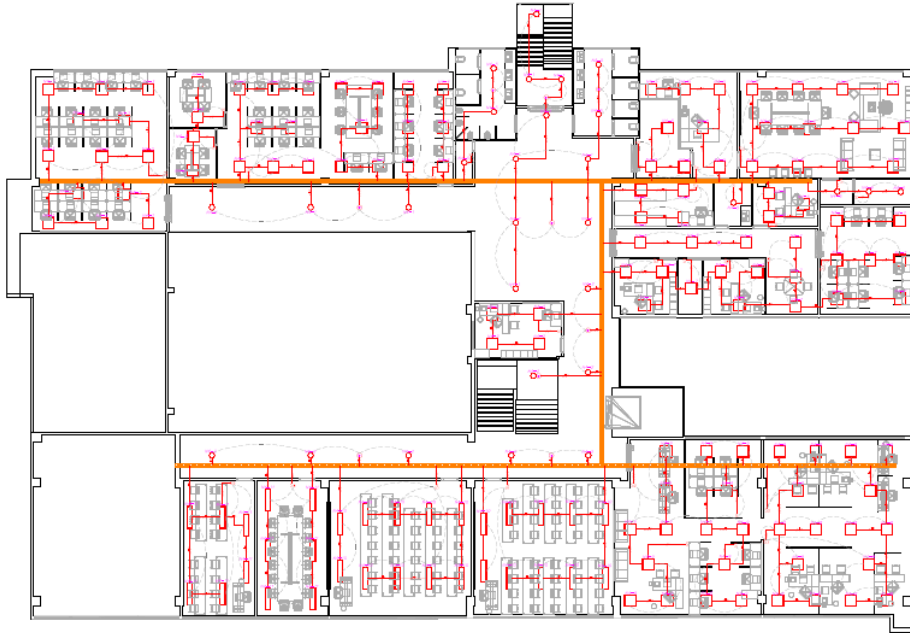
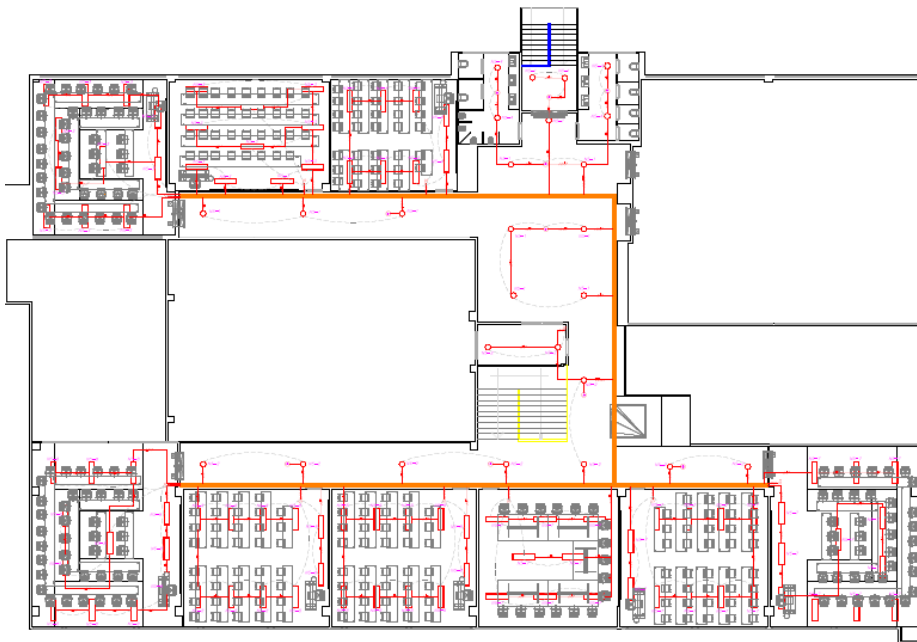


Figura 100

Rediseño de planos eléctricos de iluminación cuarto piso

**Figura 101**

Rediseño de planos eléctricos de iluminación quinto piso



10. Conclusiones

La realización del estudio luminotécnico de un espacio debe estar regido bajo el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP), así como en las normas técnicas referentes a los espacios específicos de trabajo, por ejemplo la NTC 4595 para el planeamiento y diseño de instalaciones y ambientes escolares, las cuales proporcionan directrices que deben seguir los diseñadores para asegurar que cumplan con las mínimas especificaciones técnicas necesaria y solucionar dudas referentes a los diseños.

La utilización de programas que permiten realizar modelados estructurales y eléctricos es fundamental para integrar diferentes campos de acción en la ingeniería eléctrica. Gracias a esto, es posible cooperar de manera conjunta en la interpretación y análisis de información desde diversos puntos de vista. En particular, el software DIALux EVO es una herramienta importante para asociar la arquitectura con la electricidad, ya que es necesario implementar tipos de luminarias que se adapten al diseño creado por el arquitecto. Para lograr esto, se deben identificar cada espacio y determinar el uso adecuado que se le dará.

La utilización de luminarias con tecnología LED proporciona un ahorro significativo en el consumo de energía. Además, se asocia con la reducción de gases de efecto invernadero, lo que contribuye de manera positiva al medio ambiente. Por tanto, implementar este tipo de iluminación resulta más eficiente, ya que requiere menos potencia para lograr una alta intensidad lumínica y ofrecer un mejor confort visual al usuario final.

Para seleccionar una opción de luminaria para un diseño de iluminación, es importante realizar un estudio detallado de la misma, de acuerdo con las especificaciones técnicas estipuladas por el fabricante, donde es necesario analizar diferentes aspectos que permitan obtener de manera óptima el rendimiento a mediano y largo plazo de las luminarias, al igual que el costo comercial y que a su vez cumplan con los estándares normativos.

Los planos son fundamentales en cualquier proyecto ya que permiten tener una representación visual clara de cómo se llevará a cabo el trabajo. Estos documentos permiten a

los arquitectos, ingenieros, contratistas y otros profesionales involucrados en el proyecto poder comunicarse y colaborar de manera efectiva, lo que ayuda a garantizar que el trabajo se construya de manera precisa, segura y eficiente. Además, los planos también ayudan a los propietarios y gerentes de proyectos a comprender el alcance del proyecto, identificar posibles problemas y realizar un seguimiento del progreso del trabajo.

Referencias Bibliográficas

- Diaz, Jacobo, and Mariana Rosas. 2015. *Prototipo Para El Control y Automatización de Un Salón de Clases*.
- Electronilab. n.d. "MSP430 Launchpad Programador de Microcontroladores Texas Instrumets - Electronilab." Retrieved March 7, 2023 (<https://electronilab.co/tienda/msp430-launchpad-programador-de-microcontroladores-texas-instrumets/>).
- Ilumax Iluminación. 2023a. "Backlite Redondo Incrustar - Referencia 2054."
- Ilumax Iluminación. 2023b. "Panel Led Cuadrado - Referencia 466."
- Ilumax Iluminación. 2023c. "Panel Led Rectangular - Referencia 794."
- Merchán, Williams, and Erick Calderón. 2018. *Automatización Para Sistemas de Alumbrado Residencial y Publico Con Iluminación LED*. Guayaquil.
- Ministerio de Minas y Energía [RETILAP]. 2010. *Anexo General: Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público*. RETILAP.
- Norma Técnica Colombiana [NTC 4595]. 2020. *Norma Técnica Colombiana NTC 4595: Planeamiento y Diseño de Instalaciones y Ambientes Escolares*.
- Philips Lighting. 2022a. *Panel Led Cuadrado Essential - Referencia RC048B LED40S/865 100-277 W59L59 LA*.
- Philips Lighting. 2022b. *Panel Led Rectangular Essential - Referencia RC048B LED40S/865 100-227 W30L121 LA*.
- Philips Lighting. 2022c. *Panel Led Redondo - DL252 - Referencia DL252 G2 R Rd LED 2000 65K 24W 11" WV*.
- Sylvania. 2022a. "Panel Led Cuadrado - Referencia LED PANEL SQ 40W DL UNV 50HR - P28399."
- Sylvania. 2022b. "Panel Led Rectangular - Referencia LED PANEL RC 40W DL 100-227V - P27916."
- Sylvania. 2022c. "Panel Led Redondo - Referencia LED PANEL RD 30W DL 100-240B - P26378."

Unidad de Planeación Minero Energética [UPME]. 2020a. *Renovación Energética de Edificios Públicos Proyecto de Cooperación Internacional Francia-Colombia.*

Unidad de Planeación Minero Energética [UPME]. 2020b. *Resúmenes Ejecutivos Auditorías Energéticas.*

Universidad de Cataluña. 2022. *Introducción a Las Energías Renovables.*

Apéndices

Apéndice A. Especificaciones técnicas de luminarias.

Marca	Referencia de luminaria	Especificaciones técnicas
Ilumax	Luminaria rectangular referencia 794 LED 48W	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensión: 1200x300x10 mm. • Flujo luminoso inicial de 4320 lm. • Temperatura nominal de color 6500K. • Potencia 48W.
	Luminaria cuadrada referencia 466 LED 48W	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensión: 600x600x10 mm. • Flujo luminoso inicial de 4320 lm. • Temperatura ajustable entre 6500K • Potencia 48W.
	Luminaria redonda backlite redondo incrustar	<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro: 205 mm. • Flujo luminoso inicial de 3600 lm. • Temperatura nominal de color 6500K. • Potencia 36W.
Philips	Luminaria rectangular RC048B LED40S/865 100-277 W30L121 LA	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensión: 1210x300x10 mm. • Flujo luminoso 4000 lm. • Temperatura nominal de color 6500K. • Potencia 36W.
	Luminaria cuadrada RC048B LED40S/865 100-277 W59L59 LA	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensión: 595x595x50 mm. • Flujo luminoso 4000 lm. • Temperatura nominal de color 6500K. • Potencia 36W.
	Luminaria redonda DL252 G2 R Rd LED 2000 65K 24W 11" WV	<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro: 300 mm. • Flujo luminoso 2000 lm. • Temperatura nominal de color 6500K. • Potencia 24 W.

Marca	Referencia de luminaria	Especificaciones técnicas
Sylvania	Luminaria rectangular LED PANEL RC 40W DL 100-277V	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensión: 1195x295x10 mm. • Flujo luminoso 3200 lm. • Temperatura nominal de color 6500K. • Potencia 40W.
	Luminaria cuadrada LED PANEL SQ 40W DL UNV 50HR	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensión: 595x595x10 mm. • Flujo luminoso 4000 lm. • Temperatura nominal de color 6500K. • Potencia 40W.
	Luminaria redonda LED PANEL RD 30W DL 100-240V	<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro: 300 mm. • Flujo luminoso 2100 lm. • Temperatura nominal de color 6500K. • Potencia 30W.

Apéndice B. Análisis de costo llumax.

Piso 1 Edificio EEIE llumax					
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria	Cant.	Consumo Total (W)	Costo de Implementación (\$)	Costo Consumo Anual (\$)
Sala de Computo 01 (30)	Rectangular	17	816 W	\$ 2.663.135	\$ 1.550.152
Sala de Computo 02 (15)	Rectangular	8	384 W	\$ 1.253.240	\$ 729.483
Sala de Profesores Catedra	Cuadrada	16	768 W	\$ 2.798.400	\$ 1.458.967
Salón Emprendedores (52)	Rectangular	8	384 W	\$ 1.253.240	\$ 729.483
Salón Emprendedores (52)	Cuadrada	10	480 W	\$ 1.749.000	\$ 911.854
Salón Fundadores	Rectangular	12	576 W	\$ 1.879.860	\$ 1.094.225
Cafetería	Cuadrada	5	240 W	\$ 874.500	\$ 455.927
Centro de Estudio ACE II	Rectangular	24	1152 W	\$ 3.759.720	\$ 2.188.450
Salón de Excelencia	Rectangular	17	816 W	\$ 2.663.135	\$ 1.550.152
Foyer (Auditorio)	Cuadrada	4	192 W	\$ 699.600	\$ 364.742
Lobby (Auditorio)	Cuadrada	5	240 W	\$ 874.500	\$ 455.927
Cuarto de Aseo	Redondo	1	36 W	\$ 44.445	\$ 68.389
Zona Húmeda - Baños (M)	Redondo	4	144 W	\$ 177.780	\$ 273.556
Zona Húmeda - Baños (F)	Redondo	4	144 W	\$ 177.780	\$ 273.556
Zona Húmeda (Auditorio - M)	Redondo	2	72 W	\$ 88.890	\$ 136.778
Zona Húmeda (Auditorio - F)	Redondo	2	72 W	\$ 88.890	\$ 136.778
Escalera de Emergencia	Redondo	4	144 W	\$ 177.780	\$ 273.556
Pasillos de Edificación	Redondo	20	720 W	\$ 888.900	\$ 1.367.781
Oficina 111-1	Cuadrada	2	96 W	\$ 349.800	\$ 182.371
Cuarto Racks 109-1-A	Cuadrada	1	48 W	\$ 174.900	\$ 91.185
Oficina psicología	Cuadrada	4	192 W	\$ 699.600	\$ 364.742

Oficina de Archivo	Cuadrada	1	48 W	\$ 174.900	\$ 91.185
Información	Cuadrada	2	96 W	\$ 349.800	\$ 182.371
Total				\$ 23.861.795	\$ 14.931.611

Piso 2 Edificio EEIE Ilumax					
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria	Cant.	Consumo Total (W)	Costo de Implementación (\$)	Costo Consumo Anual (\$)
Aula Especial A (35)	Rectangular	11	528 W	\$ 1.723.205	\$ 1.003.039
Aula A (39)	Rectangular	10	480 W	\$ 1.566.550	\$ 911.854
Aula B (32)	Rectangular	10	480 W	\$ 1.566.550	\$ 911.854
Aula 202	Rectangular	9	432 W	\$ 1.409.895	\$ 820.669
Salón Mejoramiento	Rectangular	11	528 W	\$ 1.723.205	\$ 1.003.039
Hall Profesores	Redondo	2	72 W	\$ 88.890	\$ 136.778
Zona Húmeda - Baños (M)	Redondo	2	72 W	\$ 88.890	\$ 136.778
Zona Húmeda - Baños (F)	Redondo	2	72 W	\$ 88.890	\$ 136.778
Escaleras de Emergencia	Redondo	3	108 W	\$ 133.335	\$ 205.167
Pasillo área de profesores	Redondo	27	972 W	\$ 1.200.015	\$ 1.846.505
Pasillo - Acceso Principal	Cuadrada	4	192 W	\$ 699.600	\$ 364.742
Pasillo - Acceso Principal	Redondo	9	324 W	\$ 400.005	\$ 615.502
Oficina C01	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Oficina C02	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Oficina C03	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Oficina C04	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Oficina C05	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Oficina C06	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Oficina C07	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Oficina C08	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556

Oficina C09	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Oficina C10	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Oficina C11	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Oficina C12	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Oficina C13	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Oficina C14	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Oficina C15	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Oficina C16	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Oficina C17	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Oficina C18	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Oficina C19	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Oficina C20	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Oficina C21	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Oficina C22	Cuadrada	2	96 W	\$ 349.800	\$ 182.371
Oficina C23	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Sala de Reuniones 01	Cuadrada	4	192 W	\$ 699.600	\$ 364.742
Sala de Reuniones 02	Cuadrada	2	96 W	\$ 349.800	\$ 182.371
Sala de Reuniones 03	Cuadrada	2	96 W	\$ 349.800	\$ 182.371
Sala de Reuniones 04	Cuadrada	5	240 W	\$ 874.500	\$ 455.927
Total				\$ 24.855.930	\$ 12.743.161

Piso 3 Edificio EEIE Ilumax					
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria	Cant.	Consumo Total (W)	Costo de Implementación (\$)	Costo Consumo Anual (\$)
Aula Especial A (306)	Rectangular	11	528 W	\$ 1.723.205	\$ 1.003.039
Aula Especial B (301)	Rectangular	12	576 W	\$ 1.879.860	\$ 1.094.225
Aula A (309)	Rectangular	10	480 W	\$ 1.566.550	\$ 911.854
Aula B (310)	Rectangular	10	480 W	\$ 1.566.550	\$ 911.854
Aula C (311)	Rectangular	8	384 W	\$ 1.253.240	\$ 729.483
Aula D (307)	Rectangular	12	576 W	\$ 1.879.860	\$ 1.094.225
Aula E (305)	Rectangular	10	480 W	\$ 1.566.550	\$ 911.854

Aula F (304)	Rectangular	10	480 W	\$ 1.566.550	\$ 911.854
Aula G (303)	Rectangular	10	480 W	\$ 1.566.550	\$ 911.854
Aula H (302)	Rectangular	10	480 W	\$ 1.566.550	\$ 911.854
Aula Taller - 01 (316)	Rectangular	13	624 W	\$ 2.036.515	\$ 1.185.410
Aula Taller - 02 (317)	Rectangular	12	576 W	\$ 1.879.860	\$ 1.094.225
Aula Taller - 02 (317)	Cuadrada	11	528 W	\$ 1.923.900	\$ 1.003.039
Zona Húmeda - Baños (M)	Redondo	2	72 W	\$ 88.890	\$ 136.778
Zona Húmeda - Baños (F)	Redondo	2	72 W	\$ 88.890	\$ 136.778
Cuarto de Aseo	Redondo	1	36 W	\$ 44.445	\$ 68.389
Deposito (308)	Redondo	1	36 W	\$ 44.445	\$ 68.389
Escalera de Emergencia	Redondo	3	108 W	\$ 133.335	\$ 205.167
Pasillos Edificación Tercer p.	Cuadrada	21	1008 W	\$ 3.672.900	\$ 1.914.894
Total				\$ 26.048.645	\$ 15.205.167

Piso 4 Edificio EEIE Ilumax					
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria	Cant.	Consumo Total (W)	Costo de Implementación (\$)	Costo Consumo Anual (\$)
Aula de Posgrado (405)	Rectangular	6	288 W	\$ 939.930	\$ 547.112
Sala de Reunión Posgrado	Rectangular	6	288 W	\$ 939.930	\$ 547.112
Aula A (403)	Rectangular	10	480 W	\$ 1.566.550	\$ 911.854
Aula B (402)	Rectangular	10	480 W	\$ 1.566.550	\$ 911.854
Cafetería	Redondo	1	36 W	\$ 44.445	\$ 68.389
Zona Húmeda - Baños (M)	Redondo	2	72 W	\$ 88.890	\$ 136.778
Zona Húmeda - Baños (F)	Redondo	2	72 W	\$ 88.890	\$ 136.778
Escalera de Emergencia	Redondo	3	108 W	\$ 133.335	\$ 205.167

Pasillos de Edificación Cuarto P.	Redondo	17	612 W	\$ 755.565	\$ 1.162.614
Oficina Posgrado	Cuadrada	31	1488 W	\$ 5.421.900	\$ 2.826.748
Oficina Asistente de Dirección	Cuadrada	13	624 W	\$ 2.273.700	\$ 1.185.410
Oficina de Auxiliares	Cuadrada	7	336 W	\$ 1.224.300	\$ 638.298
Oficina de Auxiliares	Redondo	3	108 W	\$ 133.335	\$ 205.167
Oficina Coordinador Asistente	Cuadrada	3	144 W	\$ 524.700	\$ 273.556
Cuarto de Archivo	Cuadrada	4	192 W	\$ 699.600	\$ 364.742
Secretaria EEIE	Cuadrada	8	384 W	\$ 1.399.200	\$ 729.483
Oficina Alianza Industrial	Cuadrada	4	192 W	\$ 699.600	\$ 364.742
Oficina Dirección EEIE	Cuadrada	12	576 W	\$ 2.098.800	\$ 1.094.225
Oficina (410)	Cuadrada	6	288 W	\$ 1.049.400	\$ 547.112
Oficina (410)	Redondo	1	36 W	\$ 44.445	\$ 68.389
Oficina Maestría (408)	Cuadrada	13	624 W	\$ 2.273.700	\$ 1.185.410
Oficina Maestría (409)	Cuadrada	17	816 W	\$ 2.973.300	\$ 1.550.152
Total				\$ 26.940.065	\$ 15.661.094

Piso 5 Edificio EEIE Ilumax					
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria	Cant.	Consumo Total (W)	Costo de Implementación (\$)	Costo Consumo Anual (\$)
Aula A (509)	Rectangular	10	480 W	\$ 1.566.550	\$ 911.854
Aula B (510)	Rectangular	8	384 W	\$ 1.253.240	\$ 729.483
Aula C (505)	Rectangular	10	480 W	\$ 1.566.550	\$ 911.854
Aula D (504)	Rectangular	10	480 W	\$ 1.566.550	\$ 911.854
Aula E (502)	Rectangular	10	480 W	\$ 1.566.550	\$ 911.854
Aula Especial A (508)	Rectangular	11	528 W	\$ 1.723.205	\$ 1.003.039
Aula Especial B (506)	Rectangular	12	576 W	\$ 1.879.860	\$ 1.094.225

Aula Especial C (501)	Rectangular	12	576 W	\$ 1.879.860	\$ 1.094.225
Aula Exposiciones	Rectangular	8	384 W	\$ 1.253.240	\$ 729.483
Cafetería	Redondo	2	72 W	\$ 88.890	\$ 136.778
Zona Húmeda - Baños (M)	Redondo	2	72 W	\$ 88.890	\$ 136.778
Zona Húmeda - Baños (F)	Redondo	2	72 W	\$ 88.890	\$ 136.778
Escalera de Emergencia	Redondo	2	72 W	\$ 88.890	\$ 136.778
Pasillos de Edificación Quinto P.	Redondo	18	648 W	\$ 800.010	\$ 1.231.003
Total				\$ 15.411.175	\$ 10.075.988

Apéndice C. Análisis de costo Philips.

Piso 1 Edificio EEIE Philips					
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria	Cant.	Consumo Total (W)	Costo de Implementación (\$)	Costo Consumo Anual (\$)
Sala de Computo 01 (30)	Rectangular	17	612 W	\$ 8.500.000	\$ 1.162.614
Sala de Computo 02 (15)	Rectangular	8	288 W	\$ 4.000.000	\$ 547.112
Sala de Profesores Catedra	Cuadrada	16	576 W	\$ 9.600.000	\$ 1.094.225
Salón Emprendedores (52)	Rectangular	8	288 W	\$ 4.000.000	\$ 547.112
Salón Emprendedores (52)	Cuadrada	10	360 W	\$ 6.000.000	\$ 683.891
Salón Fundadores	Rectangular	12	432 W	\$ 6.000.000	\$ 820.669
Cafetería	Cuadrada	5	180 W	\$ 3.000.000	\$ 341.945
Centro de Estudio ACE II	Rectangular	24	864 W	\$ 12.000.000	\$ 1.641.337
Salón de Excelencia	Rectangular	17	612 W	\$ 8.500.000	\$ 1.162.614
Foyer (Auditorio)	Cuadrada	4	144 W	\$ 2.400.000	\$ 273.556
Lobby (Auditorio)	Cuadrada	5	180 W	\$ 3.000.000	\$ 341.945
Cuarto de Aseo	Redondo	1	24 W	\$ 150.000	\$ 45.593
Zona Húmeda - Baños (M)	Redondo	4	96 W	\$ 600.000	\$ 182.371
Zona Húmeda - Baños (F)	Redondo	4	96 W	\$ 600.000	\$ 182.371
Zona Húmeda (Auditorio - M)	Redondo	2	48 W	\$ 300.000	\$ 91.185
Zona Húmeda (Auditorio - F)	Redondo	2	48 W	\$ 300.000	\$ 91.185
Escalera de Emergencia	Redondo	4	96 W	\$ 600.000	\$ 182.371
Pasillos de Edificación	Redondo	20	480 W	\$ 3.000.000	\$ 911.854
Oficina 111-1	Cuadrada	2	72 W	\$ 1.200.000	\$ 136.778
Cuarto Racks 109-1-A	Cuadrada	1	36 W	\$ 600.000	\$ 68.389
Oficina psicología	Cuadrada	4	144 W	\$ 2.400.000	\$ 273.556
Oficina de Archivo	Cuadrada	1	36 W	\$ 600.000	\$ 68.389
Información	Cuadrada	2	72 W	\$ 1.200.000	\$ 136.778

Total	\$ 78.550.000	\$ 10.987.842
--------------	----------------------	----------------------

Piso 2 Edificio EEIE Philips					
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria	Cant.	Consumo Total (W)	Costo de Implementación (\$)	Costo Consumo Anual (\$)
Aula Especial A (35)	Rectangular	13	468 W	\$ 6.500.000	\$ 889.058
Aula A (39)	Rectangular	10	360 W	\$ 5.000.000	\$ 683.891
Aula B (32)	Rectangular	10	360 W	\$ 5.000.000	\$ 683.891
Aula 202	Rectangular	12	432 W	\$ 6.000.000	\$ 820.669
Salón Mejoramiento	Rectangular	13	468 W	\$ 6.500.000	\$ 889.058
Hall Profesores	Redondo	2	48 W	\$ 300.000	\$ 91.185
Zona Húmeda - Baños (M)	Redondo	4	96 W	\$ 600.000	\$ 182.371
Zona Húmeda - Baños (F)	Redondo	4	96 W	\$ 600.000	\$ 182.371
Escaleras de Emergencia	Redondo	4	96 W	\$ 600.000	\$ 182.371
Pasillo área de profesores	Redondo	28	672 W	\$ 4.200.000	\$ 1.276.596
Pasillo - Acceso Principal	Cuadrada	4	144 W	\$ 2.400.000	\$ 273.556
Pasillo - Acceso Principal	Redondo	10	240 W	\$ 1.500.000	\$ 455.927
Oficina C01	Cuadrada	4	144 W	\$ 2.400.000	\$ 273.556
Oficina C02	Cuadrada	4	144 W	\$ 2.400.000	\$ 273.556
Oficina C03	Cuadrada	4	144 W	\$ 2.400.000	\$ 273.556
Oficina C04	Cuadrada	4	144 W	\$ 2.400.000	\$ 273.556
Oficina C05	Cuadrada	4	144 W	\$ 2.400.000	\$ 273.556
Oficina C06	Cuadrada	4	144 W	\$ 2.400.000	\$ 273.556
Oficina C07	Cuadrada	4	144 W	\$ 2.400.000	\$ 273.556
Oficina C08	Cuadrada	4	144 W	\$ 2.400.000	\$ 273.556
Oficina C09	Cuadrada	3	108 W	\$ 1.800.000	\$ 205.167
Oficina C10	Cuadrada	4	144 W	\$ 2.400.000	\$ 273.556

Oficina C11	Cuadrada	3	108 W	\$ 1.800.000	\$ 205.167
Oficina C12	Cuadrada	3	108 W	\$ 1.800.000	\$ 205.167
Oficina C13	Cuadrada	4	144 W	\$ 2.400.000	\$ 273.556
Oficina C14	Cuadrada	4	144 W	\$ 2.400.000	\$ 273.556
Oficina C15	Cuadrada	4	144 W	\$ 2.400.000	\$ 273.556
Oficina C16	Cuadrada	4	144 W	\$ 2.400.000	\$ 273.556
Oficina C17	Cuadrada	4	144 W	\$ 2.400.000	\$ 273.556
Oficina C18	Cuadrada	4	144 W	\$ 2.400.000	\$ 273.556
Oficina C19	Cuadrada	4	144 W	\$ 2.400.000	\$ 273.556
Oficina C20	Cuadrada	3	108 W	\$ 1.800.000	\$ 205.167
Oficina C21	Cuadrada	3	108 W	\$ 1.800.000	\$ 205.167
Oficina C22	Cuadrada	3	108 W	\$ 1.800.000	\$ 205.167
Oficina C23	Cuadrada	3	108 W	\$ 1.800.000	\$ 205.167
Sala de Reuniones 01	Cuadrada	4	144 W	\$ 2.400.000	\$ 273.556
Sala de Reuniones 02	Cuadrada	3	108 W	\$ 1.800.000	\$ 205.167
Sala de Reuniones 03	Cuadrada	3	108 W	\$ 1.800.000	\$ 205.167
Sala de Reuniones 04	Cuadrada	5	180 W	\$ 3.000.000	\$ 341.945
Total				\$ 99.200.000	\$ 11.056.231

Piso 3 Edificio EEIE Philips					
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria	Cant.	Consumo Total (W)	Costo de Implementación (\$)	Costo Consumo Anual (\$)
Aula Especial A (306)	Rectangular	13	468 W	\$ 6.500.000	\$ 889.058
Aula Especial B (301)	Rectangular	13	468 W	\$ 6.500.000	\$ 889.058
Aula A (309)	Rectangular	10	360 W	\$ 5.000.000	\$ 683.891
Aula B (310)	Rectangular	10	360 W	\$ 5.000.000	\$ 683.891
Aula C (311)	Rectangular	10	360 W	\$ 5.000.000	\$ 683.891
Aula D (307)	Rectangular	13	468 W	\$ 6.500.000	\$ 889.058
Aula E (305)	Rectangular	10	360 W	\$ 5.000.000	\$ 683.891
Aula F (304)	Rectangular	10	360 W	\$ 5.000.000	\$ 683.891

Aula G (303)	Rectangular	10	360 W	\$ 5.000.000	\$ 683.891
Aula H (302)	Rectangular	10	360 W	\$ 5.000.000	\$ 683.891
Aula Taller - 01 (316)	Rectangular	15	540 W	\$ 7.500.000	\$ 1.025.836
Aula Taller - 02 (317)	Rectangular	13	468 W	\$ 6.500.000	\$ 889.058
Aula Taller - 02 (317)	Cuadrada	11	396 W	\$ 6.600.000	\$ 752.280
Zona Húmeda - Baños (M)	Redondo	4	96 W	\$ 600.000	\$ 182.371
Zona Húmeda - Baños (F)	Redondo	4	96 W	\$ 600.000	\$ 182.371
Cuarto de Aseo	Redondo	1	24 W	\$ 150.000	\$ 45.593
Deposito (308)	Redondo	1	24 W	\$ 150.000	\$ 45.593
Escalera de Emergencia	Redondo	4	96 W	\$ 600.000	\$ 182.371
Pasillos Edificación Tercer P.	Cuadrada	21	756 W	\$ 12.600.000	\$ 1.436.170
Total				\$ 89.800.000	\$ 12.196.048

Piso 4 Edificio EEIE Philips					
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria	Cant.	Consumo Total (W)	Costo de Implementación (\$)	Costo Consumo Anual (\$)
Aula de Posgrado (405)	Rectangular	6	216 W	\$ 3.000.000	\$ 410.334
Sala de Reunión Posgrado	Rectangular	6	216 W	\$ 3.000.000	\$ 410.334
Aula A (403)	Rectangular	10	360 W	\$ 5.000.000	\$ 683.891
Aula B (402)	Rectangular	10	360 W	\$ 5.000.000	\$ 683.891
Cafetería	Redondo	1	24 W	\$ 150.000	\$ 45.593
Zona Húmeda - Baños (M)	Redondo	4	96 W	\$ 600.000	\$ 182.371
Zona Húmeda - Baños (F)	Redondo	4	96 W	\$ 600.000	\$ 182.371
Escalera de Emergencia	Redondo	4	96 W	\$ 600.000	\$ 182.371

Pasillos de Edificación Cuarto P.	Redondo	18	432 W	\$ 2.700.000	\$ 820.669
Oficina Posgrado	Cuadrada	32	1152 W	\$ 19.200.000	\$ 2.188.450
Oficina Asistente de Dirección	Cuadrada	15	540 W	\$ 9.000.000	\$ 1.025.836
Oficina de Auxiliares	Cuadrada	9	324 W	\$ 5.400.000	\$ 615.502
Oficina Dirección EEIE	Redondo	3	72 W	\$ 450.000	\$ 136.778
Oficina Coordinador Asistente	Cuadrada	3	108 W	\$ 1.800.000	\$ 205.167
Cuarto de Archivo	Cuadrada	5	180 W	\$ 3.000.000	\$ 341.945
Secretaria EEIE	Cuadrada	8	288 W	\$ 4.800.000	\$ 547.112
Oficina Alianza Industrial	Cuadrada	4	144 W	\$ 2.400.000	\$ 273.556
Oficina Dirección EEIE	Cuadrada	12	432 W	\$ 7.200.000	\$ 820.669
Oficina (410)	Cuadrada	6	216 W	\$ 3.600.000	\$ 410.334
Oficina (410)	Redondo	1	24 W	\$ 150.000	\$ 45.593
Oficina Maestría (408)	Cuadrada	15	540 W	\$ 9.000.000	\$ 1.025.836
Oficina Maestría (409)	Cuadrada	18	648 W	\$ 10.800.000	\$ 1.231.003
Total				\$ 97.450.000	\$ 12.469.605

Piso 5 Edificio EEIE Philips					
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria	Cant.	Consumo Total (W)	Costo de Implementación (\$)	Costo Consumo Anual (\$)
Aula A (509)	Rectangular	10	360 W	\$ 5.000.000	\$ 683.891
Aula B (510)	Rectangular	10	360 W	\$ 5.000.000	\$ 683.891
Aula C (505)	Rectangular	10	360 W	\$ 5.000.000	\$ 683.891
Aula D (504)	Rectangular	10	360 W	\$ 5.000.000	\$ 683.891

Aula E (502)	Rectangular	10	360 W	\$ 5.000.000	\$ 683.891
Aula Especial A (508)	Rectangular	11	396 W	\$ 5.500.000	\$ 752.280
Aula Especial B (506)	Rectangular	13	468 W	\$ 6.500.000	\$ 889.058
Aula Especial C (501)	Rectangular	13	468 W	\$ 6.500.000	\$ 889.058
Aula Exposiciones	Rectangular	9	324 W	\$ 4.500.000	\$ 615.502
Cafetería	Redondo	2	48 W	\$ 300.000	\$ 91.185
Zona Húmeda - Baños (M)	Redondo	4	96 W	\$ 600.000	\$ 182.371
Zona Húmeda - Baños (F)	Redondo	4	96 W	\$ 600.000	\$ 182.371
Escalera de Emergencia	Redondo	3	72 W	\$ 450.000	\$ 136.778
Pasillos de Edificación Quinto P.	Redondo	20	480 W	\$ 3.000.000	\$ 911.854
Total				\$ 52.950.000	\$ 8.069.909

Apéndice D. Análisis de costo Sylvania.

Piso 1 Edificio EEIE Sylvania					
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria	Cant.	Consumo Total (W)	Costo de Implementación (\$)	Costo Consumo Anual (\$)
Sala de Computo 01 (30)	Rectangular	19	760 W	\$ 3.268.000	\$ 1.443.769
Sala de Computo 02 (15)	Rectangular	9	360 W	\$ 1.548.000	\$ 683.891
Sala de Profesores Catedra	Cuadrada	16	640 W	\$ 2.400.000	\$ 1.215.805
Salón Emprendedores (52)	Rectangular	14	560 W	\$ 2.408.000	\$ 1.063.830
Salón Emprendedores (52)	Cuadrada	10	400 W	\$ 1.500.000	\$ 759.878
Salón Fundadores	Rectangular	15	600 W	\$ 2.580.000	\$ 1.139.818
Cafetería	Cuadrada	5	200 W	\$ 750.000	\$ 379.939
Centro de Estudio ACE II	Rectangular	26	1040 W	\$ 4.472.000	\$ 1.975.684
Salón de Excelencia	Rectangular	25	1000 W	\$ 4.300.000	\$ 1.899.696
Foyer (Auditorio)	Cuadrada	2	80 W	\$ 300.000	\$ 151.976
Lobby (Auditorio)	Cuadrada	4	160 W	\$ 600.000	\$ 303.951
Cuarto de Aseo	Redondo	1	30 W	\$ 56.000	\$ 56.991
Zona Húmeda - Baños (M)	Redondo	4	120 W	\$ 224.000	\$ 227.964
Zona Húmeda - Baños (F)	Redondo	4	120 W	\$ 224.000	\$ 227.964
Zona Húmeda (Auditorio - M)	Redondo	2	60 W	\$ 112.000	\$ 113.982
Zona Húmeda (Auditorio - F)	Redondo	2	60 W	\$ 112.000	\$ 113.982
Escalera de Emergencia	Redondo	4	120 W	\$ 224.000	\$ 227.964
Pasillos de Edificación	Redondo	19	570 W	\$ 1.064.000	\$ 1.082.827
Oficina 111-1	Cuadrada	2	80 W	\$ 300.000	\$ 151.976
Cuarto Racks 109-1-A	Cuadrada	1	40 W	\$ 150.000	\$ 75.988
Oficina psicología	Cuadrada	4	160 W	\$ 600.000	\$ 303.951
Oficina de Archivo	Cuadrada	1	40 W	\$ 150.000	\$ 75.988
Información	Cuadrada	2	80 W	\$ 300.000	\$ 151.976
Total				\$ 27.642.000	\$ 13.829.787

Piso 2 Edificio EEIE Sylvania					
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria	Cant.	Consumo Total (W)	Costo de Implementación (\$)	Costo Consumo Anual (\$)
Aula Especial A (35)	Rectangular	14	560 W	\$ 2.408.000	\$ 1.063.830
Aula A (39)	Rectangular	11	440 W	\$ 1.892.000	\$ 835.866
Aula B (32)	Rectangular	11	440 W	\$ 1.892.000	\$ 835.866
Aula 202	Rectangular	12	480 W	\$ 2.064.000	\$ 911.854
Salón Mejoramiento	Rectangular	13	520 W	\$ 2.236.000	\$ 987.842
Hall Profesores	Redondo	2	60 W	\$ 112.000	\$ 113.982
Zona Húmeda - Baños (M)	Redondo	4	120 W	\$ 224.000	\$ 227.964
Zona Húmeda - Baños (F)	Redondo	4	120 W	\$ 224.000	\$ 227.964
Escaleras de Emergencia	Redondo	4	120 W	\$ 224.000	\$ 227.964
Pasillo área de profesores	Redondo	22	660 W	\$ 1.232.000	\$ 1.253.799
Pasillo - Acceso Principal	Cuadrada	5	200 W	\$ 750.000	\$ 379.939
Pasillo - Acceso Principal	Redondo	10	300 W	\$ 560.000	\$ 569.909
Oficina C01	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Oficina C02	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Oficina C03	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Oficina C04	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Oficina C05	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Oficina C06	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Oficina C07	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Oficina C08	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Oficina C09	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Oficina C10	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Oficina C11	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Oficina C12	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Oficina C13	Cuadrada	4	160 W	\$ 600.000	\$ 303.951
Oficina C14	Cuadrada	4	160 W	\$ 600.000	\$ 303.951
Oficina C15	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Oficina C16	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Oficina C17	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964

Oficina C18	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Oficina C19	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Oficina C20	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Oficina C21	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Oficina C22	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Oficina C23	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Sala de Reuniones 01	Cuadrada	4	160 W	\$ 600.000	\$ 303.951
Sala de Reuniones 02	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Sala de Reuniones 03	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Sala de Reuniones 04	Cuadrada	5	200 W	\$ 750.000	\$ 379.939
Total				\$ 26.718.000	\$ 11.664.133

Piso 3 Edificio EEIE Sylvania					
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria	Cant.	Consumo Total (W)	Costo de Implementación (\$)	Costo Consumo Anual (\$)
Aula Especial A (306)	Rectangular	14	560 W	\$ 2.408.000	\$ 1.063.830
Aula Especial B (301)	Rectangular	15	600 W	\$ 2.580.000	\$ 1.139.818
Aula A (309)	Rectangular	12	480 W	\$ 2.064.000	\$ 911.854
Aula B (310)	Rectangular	12	480 W	\$ 2.064.000	\$ 911.854
Aula C (311)	Rectangular	12	480 W	\$ 2.064.000	\$ 911.854
Aula D (307)	Rectangular	15	600 W	\$ 2.580.000	\$ 1.139.818
Aula E (305)	Rectangular	12	480 W	\$ 2.064.000	\$ 911.854
Aula F (304)	Rectangular	12	480 W	\$ 2.064.000	\$ 911.854
Aula G (303)	Rectangular	12	480 W	\$ 2.064.000	\$ 911.854
Aula H (302)	Rectangular	12	480 W	\$ 2.064.000	\$ 911.854
Aula Taller - 01 (316)	Rectangular	17	680 W	\$ 2.924.000	\$ 1.291.793
Aula Taller - 02 (317)	Rectangular	10	400 W	\$ 1.720.000	\$ 759.878
Aula Taller - 02 (317)	Cuadrada	12	480 W	\$ 1.800.000	\$ 911.854
Zona Húmeda - Baños (M)	Redondo	4	120 W	\$ 224.000	\$ 227.964

Zona Húmeda - Baños (F)	Redondo	4	120 W	\$ 224.000	\$ 227.964
Cuarto de Aseo	Redondo	1	30 W	\$ 56.000	\$ 56.991
Deposito (308)	Redondo	1	30 W	\$ 56.000	\$ 56.991
Escalera de Emergencia	Redondo	4	120 W	\$ 224.000	\$ 227.964
Pasillos Edificación tercer P.	Cuadrada	19	760 W	\$ 2.850.000	\$ 1.443.769
Total				\$ 32.094.000	\$ 14.931.611

Piso 4 Edificio EEIE Sylvania					
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria	Cant.	Consumo Total (W)	Costo de Implementación (\$)	Costo Consumo Anual (\$)
Aula de Posgrado (405)	Rectangular	6	240 W	\$ 1.032.000	\$ 455.927
Sala de Reunión Posgrado	Rectangular	6	240 W	\$ 1.032.000	\$ 455.927
Aula A (403)	Rectangular	12	480 W	\$ 2.064.000	\$ 911.854
Aula B (402)	Rectangular	12	480 W	\$ 2.064.000	\$ 911.854
Cafetería	Redondo	1	30 W	\$ 56.000	\$ 56.991
Zona Húmeda - Baños (M)	Redondo	4	120 W	\$ 224.000	\$ 227.964
Zona Húmeda - Baños (F)	Redondo	4	120 W	\$ 224.000	\$ 227.964
Escalera de Emergencia	Redondo	3	90 W	\$ 168.000	\$ 170.973
Pasillos de Edificación Cuarto P.	Redondo	16	480 W	\$ 896.000	\$ 911.854
Oficina Posgrado	Cuadrada	31	1240 W	\$ 4.650.000	\$ 2.355.623
Oficina Asistente de Dirección	Cuadrada	15	600 W	\$ 2.250.000	\$ 1.139.818
Oficina de Auxiliares	Cuadrada	9	360 W	\$ 1.350.000	\$ 683.891
Oficina de Auxiliares	Redondo	3	90 W	\$ 168.000	\$ 170.973
Oficina Coordinador Asistente	Cuadrada	3	120 W	\$ 450.000	\$ 227.964
Cuarto de Archivo	Cuadrada	5	200 W	\$ 750.000	\$ 379.939
Secretaria EEIE	Cuadrada	8	320 W	\$ 1.200.000	\$ 607.903

Oficina Alianza Industrial	Cuadrada	4	160 W	\$ 600.000	\$ 303.951
Oficina Dirección EEIE	Cuadrada	12	480 W	\$ 1.800.000	\$ 911.854
Oficina (410)	Cuadrada	6	240 W	\$ 900.000	\$ 455.927
Oficina (410)	Cuadrada	0	0 W	\$ -	\$ -
Oficina Maestría (408)	Cuadrada	18	720 W	\$ 2.700.000	\$ 1.367.781
Oficina Maestría (409)	Cuadrada	15	600 W	\$ 2.250.000	\$ 1.139.818
Total				\$ 26.828.000	\$ 14.076.747

Piso 5 Edificio EEIE Ilumax					
Tipo de Recinto	Tipo de Luminaria	Cant.	Consumo Total (W)	Costo de Implementación (\$)	Costo Consumo Anual (\$)
Aula A (509)	Rectangular	12	480 W	\$ 2.064.000	\$ 911.854
Aula B (510)	Rectangular	10	400 W	\$ 1.720.000	\$ 759.878
Aula C (505)	Rectangular	12	480 W	\$ 2.064.000	\$ 911.854
Aula D (504)	Rectangular	12	480 W	\$ 2.064.000	\$ 911.854
Aula E (502)	Rectangular	12	480 W	\$ 2.064.000	\$ 911.854
Aula Especial A (508)	Rectangular	14	560 W	\$ 2.408.000	\$ 1.063.830
Aula Especial B (506)	Rectangular	15	600 W	\$ 2.580.000	\$ 1.139.818
Aula Especial C (501)	Rectangular	16	640 W	\$ 2.752.000	\$ 1.215.805
Aula exposiciones	Rectangular	12	480 W	\$ 2.064.000	\$ 911.854
Cafetería	Redondo	2	60 W	\$ 112.000	\$ 113.982
Zona Húmeda - Baños (M)	Redondo	4	120 W	\$ 224.000	\$ 227.964
Zona Húmeda - Baños (F)	Redondo	4	120 W	\$ 224.000	\$ 227.964
Escalera de Emergencia	Redondo	3	90 W	\$ 168.000	\$ 170.973
Pasillos de Edificación Quinto P.	Redondo	18	540 W	\$ 1.008.000	\$ 1.025.836
Total				\$ 21.516.000	\$ 10.505.319