

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y ARTES  
ESCUELA DE ARQUITECTURA

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
MASTER EN ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD

“PROPUESTA DE PARÁMETROS TÉCNICOS Y DE DISEÑO PARA LA  
OPTIMIZACIÓN DE LA ILUMINACIÓN NATURAL EN ESPACIOS DE  
OFICINAS DE LA CIUDAD DE QUITO”

NATALIA VACA ROJAS

DIRECTORA MSC. ARQ. ANDREA LOBATO

QUITO – ECUADOR

2019

## **Dedicatoria**

A mis padres, mis hermanas y a mi sobrino, Nicolás,  
por todo el apoyo y amor incondicional.

## **Agradecimientos**

A mis amigos y familia por ser mi apoyo.

## Tabla de contenidos

<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>X</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>XII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>1</b>
Objetivo general	1
Objetivos específicos	2
<b>HIPÓTESIS</b>	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE</b>	<b>2</b>
1.1. Condiciones del espacio	5
1.2. Confort	7
1.2.1. Insolación	10
1.2.2. Radiación UV	11
<b>CAPÍTULO 2: NORMAS DE REFERENCIA</b>	<b>13</b>
2.1. Normativa Técnica Ecuatoriana (NTE)	13
2.2. Normas urbanísticas de uso de suelo	15
2.2.1. Condiciones de Ocupación de los Retiros	16
2.3. Normativa internacional	16
2.3.1. Criterios de espacios de oficinas	16
2.3.2. Parámetros técnicos de iluminación	17
2.3.3. Criterios de diseño para entorno	18
2.3.4. Zonificación de espacios	19
2.4. Parámetros arquitectónicos	20
2.4.1. Ventanas	20
2.4.2. Ordenes de volumen / superficie	23
2.4.3. Color de texturas de superficies interiores	24
<b>CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE CASO</b>	<b>25</b>
3.1. Análisis del sitio	25
3.1.1. Ubicación de la ciudad de Quito	25
3.1.2. Morfología de la ciudad de Quito	25
3.2. Ubicación de predios	28
<b>CAPÍTULO 4: PARÁMETROS PARA SIMULACIONES</b>	<b>35</b>
4.1. Fechas de análisis	35
4.2. Parámetros de orientación de la edificación	39
4.3. Parámetros técnicos	42
4.4. Parámetros espaciales	44

<b>CAPITULO 5: METODOLOGÍA</b>	<b>48</b>
<b>CAPITULO 6: SIMULACIONES</b>	<b>49</b>
6.1. Puntos o cuadrícula de análisis	51
6.2. Diseño de iluminación del cielo	53
6.3. Opción de Diseño de iluminación del cielo	53
6.4. Modelo de distribución de luminancia del cielo	53
6.5. Ajustes en habitaciones	54
6.6. Limpieza de ventanas	54
6.7. Exactitud o constancia	55
<b>CAPITULO 7: RESULTADOS</b>	<b>57</b>
7.1. Factor de luz (%), Nivel de iluminación (lux) y factor cielo (%)	82
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>88</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>89</b>

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1 Niveles de iluminación.....</i>	<i>4</i>
<i>Tabla 2 Factores de luz natural recomendados para interiores.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 3. Zonificación uso múltiple.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 4. Caracterización de usos de suelo.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 5. Norma Europea iluminación para interiores (UNE 12464).....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 6. Niveles de iluminación.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 7. Porcentaje de acristalamiento en relación a superficie del local.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 8. Reflectancia típicas de materias de edificio.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 9. Datos generales de la ciudad de Quito a considerar en simulaciones.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 13. Parámetros técnicos máximos y mínimos a considerar en Factor de Luz y Parámetros técnicos máximos y mínimos a considerar en Niveles de iluminación.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 11. Características físicas del espacio a analizar.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 12. Datos que se consideraron para las simulaciones.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 14. Resumen resultados obtenidos factores solares máximos y mínimos.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 15. Resumen resultados obtenidos factores solares máximos y mínimos.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 17. Resumen resultados obtenidos factores solares máximos y mínimos.....</i>	<i>87</i>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Incremento de la intensidad de las radiaciones ultravioletas con la altitud. ....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 2. Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica (insolación global promedio). .....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 3. Tres fenómenos físicos de la radiación solar.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4. Fenómenos físicos en espacios públicos .....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 5. Parámetros a considerar en diseño.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 6. Parámetros para cálculo de distancia de patios. ....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 7. Criterios de zonificación de espacios de oficinas.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 8. Referencias para calcular fondo de espacios. ....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 9. Relación de 1/10 para iluminación natural satisfactoria en locales de poca profundidad.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 10. Ejemplo de referencia de distancia óptima para iluminación natural.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 11. Transición de la iluminación entre locales según actividad.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 12. Uniformidad de la luz. ....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 13. Escala Nacional –Regional, Fuente: Gráfico modificado de “Ciudades Del Buen Vivir, Quito Hacia Un Modelo Sustentable: Red Verde Urbana y Ecobarrios” Pág. 31. ....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 14. Escala Distrital, Fuente: Gráfico modificado de “Ciudades Del Buen Vivir, Quito Hacia Un Modelo Sustentable: Red Verde Urbana y Ecobarrios” Pág. 31.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 15. Escala Urbana, Fuente: Gráfico modificado de “Ciudades Del Buen Vivir, Quito Hacia Un Modelo Sustentable: Red Verde Urbana y Ecobarrios” Pág. 31.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 16. Alineaciones existentes entre calles, templos y volcanes.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 17. Ejes principales de la ciudad de Quito.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 18. Sectores económicos en zona de estudio. ....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 19. Sectores económicos en zona de estudio. ....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 20. Predios 1 y 2, calles Juan González y Juan Pablo Sanz. ....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 21. Informe de Regulación Metropolitana, ubicación 1 de simulaciones.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 22. Informe de Regulación Metropolitana, ubicación 2 de simulaciones.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 23. Vista en fachada de predio 1.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 24. Predio 1, calles Juan González y Juan Pablo Sanz.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 25. Vista en fachada de predio 2.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 26. Predio 2, calle Juan González.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 27. Gráfico de solsticios y equinoccios.....</i>	<i>35</i>

<i>Figura 28. Gráfico incidencia de solsticios y equinoccios en Ecuador.</i>	35
<i>Figura 29. Gráfico ángulos de incidencia de solsticios y equinoccios en Ecuador.</i>	36
<i>Figura 30. Equinoccios: 21 de marzo y 21 de septiembre Quito, eje norte – sur.</i>	36
<i>Figura 31. Equinoccios: 21 de marzo y 21 de septiembre Quito, eje este- oeste.</i>	37
<i>Figura 32. Solsticios 21 de junio y 21 de diciembre Quito, eje norte – sur.</i>	37
<i>Figura 33. Solsticios 21 de junio y 21 de diciembre Quito, eje este –oeste.</i>	38
<i>Figura 34. Solsticios y equinoccios en fachadas Quito.</i>	38
<i>Figura 35. Mapa de la zona centro norte de la ciudad de Quito y ejes del análisis.</i>	39
<i>Figura 36. Orientación Norte – Sur (0°) en predio 1.</i>	40
<i>Figura 37. Orientación Noreste (45°) en predio 1.</i>	40
<i>Figura 38. Orientación Este – Oeste (90°) en predio 1.</i>	41
<i>Figura 39. Orientación 10° de acuerdo a ejes viales en predio 2.</i>	41
<i>Figura 40. Orientación 100° de acuerdo a ejes viales en predio 2.</i>	41
<i>Figura 41. Planta tipo de espacio de oficina.</i>	45
<i>Figura 42. Corte 1 de espacio de oficina.</i>	45
<i>Figura 43. Corte 2 de espacio de oficina.</i>	46
<i>Figura 44. Corte 3 de espacio de oficina.</i>	46
<i>Figura 45. Malla de 700 nodos con la cual se tabulan los datos en el programa Ecotec, vista en planta.</i>	47
<i>Figura 46. Resumen de los parámetros a utilizar en la simulación.</i>	49
<i>Figura 47. Análisis de luz para un espacio tipo.</i>	50
<i>Figura 48. Análisis de puntos de cuadrícula de espacio tipo.</i>	51
<i>Figura 49. Número de rayos en simulación.</i>	52
<i>Figura 50. Análisis diseño de cielo.</i>	52
<i>Figura 51. Parámetro de limpieza de vidrio.</i>	54
<i>Figura 52. Análisis de exactitud.</i>	55
<i>Figura 53. Resumen de los parámetros a utilizar en la simulación.</i>	56
<i>Figura 54. Orientación Norte – Sur (0°) en predio 1.</i>	57
<i>Figura 55. Análisis de iluminación de módulo norte-sur.</i>	58
<i>Figura 56. Análisis de iluminación de módulo norte-sur, vista en planta de espacio tipo.</i>	59
<i>Figura 57. Análisis de iluminación de módulo norte-sur, vista en isometría de espacio tipo.</i>	60
<i>Figura 58. Análisis de iluminación de modulo norte-sur, vista en isometría de espacio tipo.</i>	61
<i>Figura 59. Orientación Este – Oeste (90°) en predio 1.</i>	62
<i>Figura 60. Análisis de iluminación de modulo este-oeste, vista en planta de espacio tipo.</i>	63

<i>Figura 61. Análisis de iluminación de modulo este-oeste, vista en planta de espacio tipo.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 62. Análisis de iluminación de módulo este-oeste, vista en isometría de espacio tipo....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 63. Análisis de iluminación de módulo este-oeste, vista en isometría de espacio tipo....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 64. Orientación Noreste (45°) en predio 1.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 65. Análisis de iluminación de módulo 45°, vista en planta de espacio tipo.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 66. Análisis de iluminación de módulo 45°, vista en planta de espacio tipo.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 67. Análisis de iluminación de módulo 45°, vista en isometría de espacio tipo.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 68. Análisis de iluminación de módulo 45°, vista en isometría de espacio tipo.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 69. Orientación Norte – sur (10°) en predio 2.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 70. Análisis de iluminación de módulo 10°, vista en planta de espacio tipo.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 71. Análisis de iluminación de módulo 10°, vista en planta de espacio tipo.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 72. Análisis de iluminación de módulo 10°, vista en isometría de espacio tipo.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 73. Análisis de iluminación de módulo 10°, vista en isometría de espacio tipo.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 74 Orientación 100° de acuerdo a ejes viales en predio 2.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 75. Análisis de iluminación de módulo 100°, vista en planta de espacio tipo.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 76. Análisis de iluminación de módulo 100, vista en planta de espacio tipo. ....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 77. Análisis de iluminación de módulo 100°, vista en isometría de espacio tipo.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 78. Análisis de iluminación de módulo 100°, vista en isometría de espacio tipo.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 79. Factor solar mínimo en espacios de oficinas en la zona centro - norte de Quito, Juan González y Juan Pablo Sanz. ....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 80. Factor solar máximo en espacios de oficinas en la zona centro - norte de Quito, Juan González y Juan Pablo Sanz. ....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 81. Niveles de iluminación mínimos en espacios de oficinas en la zona centro - norte de Quito, Juan González y Juan Pablo Sanz. ....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 82. Niveles de iluminación máximos en espacios de oficinas en la zona centro - norte de Quito, Juan González y Juan Pablo Sanz. ....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 83. Factores de cielo mínimos en espacios de oficinas en la zona centro - norte de Quito, Juan González y Juan Pablo Sanz. ....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 84 Factores de cielo máximos en espacios de oficinas de la ciudad de Quito.....</i>	<i>87</i>

## RESUMEN

El análisis del confort lumínico en espacios de oficina representa un factor importante al momento de proyectar espacios donde permanecemos alrededor de 8 a 10 horas al día. A nivel internacional se ha desarrollado normativa que permite identificar la necesidad de disponer iluminación adecuada en los diferentes espacios habitados sean estos oficinas, residencias, hospitales entre otros. Sin embargo, la combinación de luz natural y artificial se convierte en un elemento que afecta el correcto desarrollo de las actividades y en la salud de las personas que ocupan los espacios. En el Ecuador existe Normativa vigente que define valores teóricos recomendados para espacios al interior, que ha sido analizada pero que debe ser actualizada, mejorada utilizando datos de reales.

Partiendo de las debilidades en cuanto a lineamientos sobre orientación de espacios de oficinas en la ciudad de Quito que se dan en las Normas INEN referentes a “Eficiencia energética en edificaciones. Requisitos”, “Iluminación Natural de Edificios. Definiciones”, “Iluminación Natural de Edificios y Requisitos”, “Iluminación Natural de Edificios y Requisitos”, la norma NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción en su capítulo de “EFICIENCIA ENERGÉTICA en Edificaciones Residenciales (EE)” y la ORDENANZA No. 3445 QUE CONTIENE LAS “NORMAS DE ARQUITECTURA Y URBANISMO” se plantean parámetros técnicos que sean el punto de partida para la planificación y construcción de espacios de oficinas.

Desde esta perspectiva el presente estudio tiene como objetivo desarrollar una propuesta de parámetros técnicos de iluminación natural en espacios de oficinas en la zona centro norte de la ciudad de Quito, analizando dos predios con diferentes características: uno con capacidad de girar la implantación para buscar una mejor iluminación y el otro fijo ya que se encuentra edificado.

El programa utilizado para las simulaciones es Ecotect de Autodesk, en el que se ingresan varios factores generales de la ciudad como: ubicación geográfica, latitud, longitud, tipo de cielo, radiación, factor de luz, etc. y factores específicos como son orientación en la que se encuentran los predios.

Una vez tabulada la información obtenida de las simulaciones, se tienen 20 datos mínimos y 20 datos máximo correspondientes a: factores solares, niveles de iluminación y factores cielo;

correspondientes a los 5 ejes de orientación propuestos, tres tomados de acuerdo a los ejes cartesianos ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$  y  $90^\circ$ ) y dos en función a la ubicación del edificio existente ( $10^\circ$  y  $100^\circ$ ). Con los resultados obtenidos se puede concluir que existen pequeñas variaciones al girar los espacios, por lo que sería importante para futuras investigaciones tomar como punto de partida estos parámetros y cotejarlos con datos reales.

De este modo, se puede afirmar que la orientación cumplen un papel importante el momento de diseñar espacios en lo que respecta a iluminación natural, quedando así abierto un campo amplio de las normas que se podrían incorporar en las Normas Ecuatorianas.

## **ABSTRACT**

One of the important factors to take into account the time of projecting, it is the light comfort, and more in the office spaces, considering we spend from 8 to 10 hours per day in these spaces.

Once analysed the Legislation of Ecuador it is found that a deficiency exists in the technical parameters and design to take into account the moment you make the design of spaces.

Take two estates of the central-northern area of the Quito city as a reference for performing simulations in the Ecotect program; there do not exist parameters in Ecuador are analysed, manuals and international standards of the region, which allow to obtain ranges of factors of maximum and minimum.

The simulations are carried out; take into account several general factors of the city such as: geographical location, climate, latitude, longitude, morphology, radiation, etc.

In the specific considerations is taken into account road axles where are located the estates for analysis, materials, finishes, minimum areas for optimum lighting, windows, environment, etc.

To perform an analysis of the different factors involved in the natural lighting it can be seen that there are variations in the results when you change orientation on the module of the office, which allows us to obtain basic design parameters that can be applied in future projects, obtaining economic benefits and well-being in the people who inhabit the spaces of offices.

## **INTRODUCCIÓN**

Al analizar la Normativa Técnica Ecuatoriana (NTE) del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) en sus numerales NTE INEN 2 506:2009 (Eficiencia energética en edificaciones. Requisitos), NTE INEN 1 150 (Iluminación Natural de Edificios. Definiciones), NTE INEN 1 151 (Iluminación Natural de Edificios y Requisitos), NTE INEN 1 152 (Iluminación Natural de Edificios y Requisitos), NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción; EFICIENCIA ENERGÉTICA en Edificaciones Residenciales (EE), actualizada en el mes de febrero del año 2018; se puede encontrar muy poca información referente a parámetros técnicos de iluminación natural en espacios de trabajo. La base de la Normativa Ecuatoriana es tomada de normas internacionales, convirtiéndola en un documento de difícil aplicación en la ciudad de Quito.

La falta de parámetros técnicos en la Normativa Ecuatoriana lleva a que los planificadores no tengan un punto de partida a tomar en cuenta el momento de realizar estrategias de diseño en espacios de oficina, por lo que surge la necesidad de realizar un análisis mediante simulaciones realizadas en el programa Ecotect, para poder entender cuáles serían las mejores estrategias a utilizar tomando como el parámetro principal la orientación de los edificios.

Al pasar más de ocho horas diarias, cinco días a la semana en los lugares de trabajo, la iluminación se convierte en un tema esencial al momento de realizar proyecciones para los espacios laborales; ya que, dependiendo de la complejidad de la labor, los niveles de iluminación variarán, muchas veces superando los niveles normales. Así, se puede precisar que para que la iluminación funcione debe cumplir tres requisitos básicos: confort visual, prestaciones visuales y seguridad.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Desarrollar una propuesta de parámetros técnicos de iluminación natural en espacios de oficinas en la zona centro norte de la ciudad de Quito, mediante el análisis de la orientación en dos casos de estudio.

## **Objetivos específicos**

- Analizar la normativa vigente sobre iluminación de espacios al interior a nivel nacional.
- Analizar la mejor orientación para ubicar el edificio y los ingresos de la luz natural al espacio de oficina.

## **HIPÓTESIS**

La iluminación natural en espacios de oficinas de la zona centro – norte de la ciudad de Quito sufre variaciones en los factores solares, niveles de iluminación y factores cielo, en función a la orientación de los edificios, datos que no se pueden encontrar en la Normativa Ecuatoriana.

Con ello, se plantea una propuesta de parámetros técnicos para la optimización de la iluminación natural en espacios de oficinas tomando en cuenta la orientación.

## **CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE**

La luz del sol y, posteriormente, el descubrimiento del fuego, fueron los primeros recursos que tuvo el ser humano para iluminar sus espacios, llevándolo a planificar sus lugares de resguardo y descanso para aprovechar la iluminación natural (*ERCO, 2007*).

La luz ha sido un factor importante en los seres humanos, ya que ha marcado los días, los meses, los años y las estaciones; encontrándose presente en todas las actividades humanas realizadas a través de la historia.

En lo que se refiere a la arquitectura, se puede leer en los escritos de Vitrubio (27 a.c.) cómo consideraba a la luz natural en tanto un aspecto “higiénico” en los espacios.

Con la utilización del petróleo y el gas se dieron nuevas fuentes de iluminación, se crearon un sinnúmero de lámparas y sistemas de iluminación que cambiaron diferentes hábitos en el ser humano. Una de las actividades que se vio modificada, fue la industria, en la posibilidad de ampliar sus horarios hasta altas horas de la noche. Así, lo que por un lado significaba mayor producción, por otro eran problemas de alteración en los ciclos del sueño (*Fuentes, 2001*).

Al contar con una fuente como la bombilla eléctrica, se dieron diferentes intentos de sustituir la luz natural por la artificial, sin un análisis previo de otro tipo de factores como el psicológico y fisiológicos, que afectan directamente al usuario del espacio, generando posteriormente reglamentos que regulen su uso (*González, 2001*).

En 1890, con la llegada de la electricidad, se deja de lado todos los conceptos que hasta ese momento eran importantes para proyectar espacios, generándose una nueva tipología de fábricas sin ventanas, debido a que con la luz artificial aumentaba el rendimiento y se reducían los accidentes laborales (*González, 2001*).

Por otro lado, después de la Segunda Guerra mundial (1939-1945) y con una creciente demanda de armamento que implicaba mayor precisión, se produjo una insatisfacción por la iluminación, ya no sólo se tomaba en cuenta aspectos cuantitativos, sino cualitativos al diseñar y construir espacios de producción (*ERCO, 2007*).

Richard Kelly (1910-1977), en sus proyectos de iluminación, tomó en cuenta aspectos cualitativos, haciendo diferencias en las calidades de la luz, dividiéndolas en tres grupos: luz para ver, luz para mirar y luz para contemplar; naciendo así los primeros conceptos de diseño de iluminación interior, que permitían jerarquizar o enfocar elementos puntuales (*ERCO, 2007*).

Así, no sólo se dio preferencia a la iluminación artificial de los espacios, sino que también se puso en auge el aire acondicionado, por lo que las ventanas pasaron a segundo plano al momento de considerar los espacios, generando en ellos lugares agradables durante todo el año. (*ERCO, 2007*).

En los Estados Unidos, en los años 30, se dio una campaña sobre las condiciones de iluminación necesarios para los espacios de trabajo. Los expertos de la época determinaron que era suficiente 55 lux para iluminar oficinas (*Fuentes, 2001*). Con esta campaña se realizaron varios experimentos al aumentar la intensidad de la luz, lo que generó un nuevo fenómeno, el de extender los horarios de trabajo, generando así más productividad.

Al generalizarse cada vez más la utilización de la luz artificial, se construyen por primera vez unos estándares que adoptaran algunos países:

*Tabla 1 Niveles de iluminación*

País	Iluminación (pie Candela)
Australia	28-65
Bélgica	23-54
Inglaterra	28-65
Finlandia	28
Francia	28-65
Suecia	28
Suiza	14-28
Estados Unidos	93-462

*Fuente: Work Places, Eric Sundstrom*

*Nota: Tomado de El trabajo en oficinas, pág. 124*

Dos países tomaron posturas completamente diferentes. En Estados Unidos ganaba cada día más auge la luz artificial, convirtiéndose en la principal forma de iluminar; mientras que en Gran Bretaña, lo más importante era la luz natural, llegando a implementar la ley Permanent Supplementary Artificial Lighting Installation (PSALI), en esta ley se menciona que la principal fuente de energía en espacios de oficinas debía ser la luz natural (*Fuentes, 2001*).

Es así que, con los conceptos de iluminación que surgieron, no solo con la iluminación artificial, sino también con la luz natural, se manejaron estrategias como el ancho de los edificios, que no debía ser mayor a los 14 metros y luego, a partir de varios análisis, no mayor a 9,5 metros, incluidas ventanas a los dos lados de la fachada (*Fuentes, 2001*). Con todo esto se dio importancia a diversos factores que no se habían considerado antes, lo que llevo a mejorar cualitativamente la iluminación de los espacios.

El arquitecto Alvar Alto (1932), consideró la luz como factor importante en el momento de proyectar el Hospital de Paimio en Finlandia, donde se puede observar que la exposición a la luz natural de los pacientes repercute de manera positiva en su recuperación (Murguia, 2003). Otro ejemplo interesante lo presenta el arquitecto Gropius (1950), quien estuvo en contra de esta nueva forma de hacer arquitectura con luz artificial. Una muestra de esto es la fábrica Fabus Fabric, que estaba constituida por una estructura de acero con fachadas conformadas por grandes ventanales (*Fuentes, 2001*).

## 1.1. Condiciones del espacio

Dentro del análisis de la *envolvente* se consideran tres sistemas: ambiente, usuario y diseño arquitectónico. Estos tres sistemas llevan a un análisis de las capas que cubren al ser humano en un espacio creado y cómo el adaptarse de forma correcta a dicho espacio puede crear un equilibrio (*Weatherbee & Reine, 1983*). El diseño no apropiado lleva a que estos tres sistemas se desequilibren generando problemas, inconvenientes como el conocido “*Síndrome del edificio enfermo*” (*Murguía, 2003*).

Como lo menciona la Dra. Laura Murguía, de acuerdo a las condiciones interiores que tenga un espacio, el ser humano puede:

- Orientarse en el espacio
- Desempeñar una tarea
- Sentir confort visual
- Modificar su ambiente y estado de ánimo
- Comunicarse socialmente
- Establecer un juicio estético
- Experimentar seguridad
- Tener salud y bienestar

El síndrome del edificio enfermo podría ser una de los motivos de absentismo en los lugares de trabajo, ya que el pasar más de ocho horas diarias en un lugar con condiciones no adecuadas, podría generar afecciones oculares, respiratorias, dermatológicas que a la larga pueden afectar la productividad de quienes laboren en dichos espacios (*Ramírez & Piderit, 2017*).

Para la colocación de ventanas en un edificio será importante tener en cuenta la variabilidad de la luz a lo largo del día, factor importante para los lugares de trabajo, ya que evita la fatiga, concentración y, en muchos casos, la reducción de la capacidad intelectual (*González, 2001*).

El estudio realizado por Langdon (1966), que habla sobre los gustos en las oficinas Londinenses sobre la iluminación natural, menciona que la mayoría de participantes preferían los espacios con ventanas y la luz natural, así sea sólo en una de las paredes de la habitación. Otro dato importante que generó este estudio fue que la gente de más edad prefería espacios más iluminados que los jóvenes (*Fuentes, 2001*).

Es beneficioso iluminar los espacios a través de ventanas por el ahorro de energía que se produce, para lo cual es importante tener en cuenta las variables que esta iluminación genera en los espacios, variables como: el ángulo de elevación, la intensidad, las horas que se tiene disponible este recurso. Es necesario considerar las variables para construir las estrategias de diseño; por ejemplo, al incorporar algunos elementos como persianas, que permitan regular el flujo luminoso, ventilar espacios y puntos que permitan visualizar el entorno.

Otro estudio realizado por la compañía Manchester dio como resultado que los encuestados ven como factor importante la luz natural en sus espacios de trabajo, prefiriendo los puestos que se encuentran cerca a las ventanas; se hizo un ejercicio con los empleados donde se les mostraba las plantas de las oficinas para que escogieran su lugar de trabajo y la mayor parte lo hicieron cerca de las ventanas (*González, 2001*).

Como se ha visto, la iluminación natural es uno de los factores importantes en los espacios de trabajo, lo que ha generado varios estudios por ser un factor necesario para la vida del ser humano en sus ocupaciones diarias. Al tener espacios con ventanas se puede constatar diferentes reacciones de sus usuarios, en lo que concierne a la mejora del estado de ánimo y a la conexión con su entorno exterior.

En un experimento en el que participaban 139 empleadas de oficinas sin ventanas en Seattle, las tres cuartas partes dijeron que sus oficinas eran tan buenas o mejores que otras que habían visto. La mayoría encontró adecuada la iluminación (88%), pero, sin embargo, también una amplia mayoría manifestó su deseo de tener ventanas (91%) como medida contra las sensaciones que sentían en algunos momentos en sus oficinas sin ventanas: aislamiento, claustrofobia, depresión, exceso de tensión, y también por las ganas de poder “mirar más allá” y conocer las condiciones climatológicas. La preferencia por las ventanas pareció no estar relacionada con el tamaño o color de la habitación, ni con el nivel de la iluminación. Sin embargo, estas empleadas no opinaron que la falta de ventanas les afectase físicamente (*González, 2001, p.132*).

La experiencia en estos estudios indican que en el caso de los trabajadores que no cuentan con ventanas, surge una insatisfacción y desventaja ante los que sí tienen una ventana cerca, lo que genera una limitante en el momento de crear un diseño en el que existan las mismas

condiciones para todos los trabajadores de un espacio en común; lo que hace que para el diseñador se convierta en un reto la creación de espacios equitativos, que se ajusten a las necesidades de los usuarios (*González, 2001*).

La iluminación en los espacios de oficinas ha sufrido diferentes transformaciones a través de la historia, desde la iluminación 100% natural hasta llegar a la 100% artificial. Razón por la cual ahora se busca un equilibrio en el uso de la luz natural en la mayor cantidad de espacios, permitiendo así bajar los costos en las planillas de energía eléctrica.

Las ventanas cumplen un factor muy importante al momento de diseñar, ya que lo que insiste en los encuestados es la elección por un lugar de trabajo cerca de una ventana, por iluminación y contemplación del entorno (*González, 2001*). Una de las soluciones posibles es la adecuación de lámparas individuales que se puedan manipular de acuerdo a las necesidades de cada usuario, optimizando así el consumo de energía eléctrica.

## **1.2. Confort**

Cuando se habla de confort, se habla de un concepto que engloba diferentes condiciones con las que se debe contar en un espacio para que las personas que lo habitan puedan estar en una “zona de confort”. Así, dentro de los elementos que conforman el ambiente en el que habita el ser humano se encuentra la radiación solar, la humedad, el viento y la temperatura, de acuerdo a la ubicación geográfica.

Ellsworth Huntington, geógrafo Estado Unidense, realizó varios estudios en diferentes partes del mundo en donde pudo determinar que el clima era un factor esencial al momento de medir el rendimiento de las personas (*Olgay, 1963*). Con la llegada de la luz artificial, las industrias vieron la posibilidad de extender sus horarios de trabajo, lo que ha traído varias consecuencias en la salud de sus trabajadores, debido a las alteraciones en las funciones fisiológicas. Por ejemplo, con la implementación de la luz artificial se pudo crear una mayor longitud de onda, lo que ha causado que el ojo genere un sobre esfuerzo, ocasionando enfermedades oftalmológicas.

Hay que tomar en cuenta que el ojo percibe mejor los objetos mediante el contraste de la luz, sin embargo una fuente de luz muy fuerte generaría deslumbramiento, lo cual es un factor de

afectación para el ser humano. Una de las consecuencias de una mala iluminación es la fatiga, la misma que viene acompañada de varias molestias como dolor de cabeza y ojos, cansancio, pesadez. Se trata de sintomatologías que se manifiestan en los usuarios y que se pueden prevenir con una buena planificación de los espacios (Piñeda & Montes, 2014). Por esta vía, es necesario entender cuál es la relación entre la luz natural y la fisiología del ser humano: “el ser humano posee tres sistemas a través de los cuales la iluminación puede influir la forma en que una persona se desempeña en una situación dada: el sistema circadiano, el sistema visual y el sistema perceptual” (Colombo, Donell, & Kirschbaum, 2002, p. 2). Con ello, valdría hacer una pequeña descripción de cada uno de estos sistemas:

En relación al sistema circadiano, o más conocido como el reloj biológico, se puede indicar que es el encargado de regular las funciones fisiológicas de los seres vivos en un periodo de 24 horas. La luz del sol influye en este sistema a través del ojo, regulando la melatonina que, cabe indicar, tiene en las horas de la noche su mayor momento de producción (Márquez, n.d.).

Sobre el sistema fisiológico, vale anotar que desde el siglo XVIII se han venido realizado varios estudios entorno a los beneficios en la salud con la exposición a la luz del sol. Con ello, se empezó a considerar los “baños de Sol” para curar algunas afecciones en la fisiología humana, lo que motivó a iniciar varias investigaciones al respecto para aprovechar todos sus beneficios (Salvador, 2010). Así, después de algunas investigaciones realizadas por médicos como Oskar Bernhard y Aguste Rollier, entre otros, se llegó a la conclusión de que la exposición al sol traía beneficios para la salud física y, además, para la salud mental (Salvador, 2010). Por ejemplo, en lo que respecta al sistema nervioso central y periférico, el exponerse a los rayos del sol afecta de buen modo a las terminaciones nerviosas que estimulan el cerebro (Salvador, 2010).

Por último, el proceso del sistema perceptual ocurre una vez que la imagen llega a la retina, produciendo en cada una de estas imágenes un mensaje que dependerá del entorno y de los factores culturales y experiencias vividas. Este mensaje podría influenciar en el estado ánimo, humor o motivación de la persona (Colombo et al., 2002). Una mala iluminación puede causar varias consecuencias en nuestra salud, como: Trastornos visuales, Cefalalgias, Fatiga general (Dapena, 2011).

Por otro lado, en relación a los efectos psicológicos, se podría indicar que la luz tiene un papel importante en las actividades del ser humano y su manejo adecuado podrá generar mayor

eficiencia. Por esta razón, es importante tomar en cuenta todos los factores que podrían modificarla (*Fuentes, 2001*). Según Deborah Kotz, en una investigación del año 2008, se pudo comprobar que la luz natural tiene muchos beneficios en el ser humano, ya que exponerse al sol detiene la producción de melatonina y aumenta la producción de serotonina, ayudando de esta forma a evitar las depresiones y manejar las horas de sueño.

La luz del sol es un recurso abundante que podemos encontrar en la naturaleza, el aprovecharlo en los diseños arquitectónicos permitirá generar ahorro en el consumo eléctrico, reduciendo así el impacto ambiental. Actualmente, existe una tecnología avanzada que nos permite aprovechar al máximo los beneficios que ofrece el sol (*ERCO, 2007*).

Por esta vía, vale subrayar que, aproximadamente, el 85 % de percepciones del ser humano ocurren mediante la vista (*Murguia, 2002*). Entonces, cuando nos referimos a iluminación de los espacios, no solo debemos hablar de un buen nivel de rendimiento visual, sino también de un confort visual, convirtiéndose el uno complemento del otro (*Colombo et al., 2002*). Entonces, la iluminación natural cumple un papel importante en el ser humano, no sólo en la parte fisiológica y psicológica, sino también en la parte biológica, ya que la radiación solar permite varias funciones: estar alerta, tener buen ánimo, regular las horas de sueño. Los niveles lumínicos que se emplean en un espacio, ya sean naturales o artificiales, constituyen un factor importante dentro de la definición de confort (*Colombo et al., 2002*).

Si se habla de la iluminación de los espacios, habría que hablar del “ambiente lumínico”. Por ambiente lumínico se entiende a aquellos valores mínimos que permiten visualizar de manera óptima los objetos que permiten generar actividades en espacios de trabajo. Las dos fuentes con las que se cuenta para iluminación presentan características diversas. La iluminación natural es una fuente que permite tener un espectro de luz mucho más amplio, adicional a esto ayuda a varias funciones fisiológicas; sin embargo, su falencia es la variación que sufre a lo largo del día, lo que implica entonces que, para utilizarla como una fuente de iluminación, es necesario realizar un análisis de todo su recorrido.

Con la iluminación artificial no se tiene los inconvenientes de variación, sin embargo su exposición en grandes periodos puede causar daños en la salud y en el desempeño laboral. Por lo cual, es importante pensar en estrategias de diseño que permitan un aprovechamiento de la luz natural, como complemento de la luz artificial. Para ello, se debe puntualizar que la luz

natural se ve modificada por diferentes factores o elementos que se encuentran a su alrededor: vegetación, materiales que tiene el espacio, edificaciones contiguas (*Pérez, n.d.*).

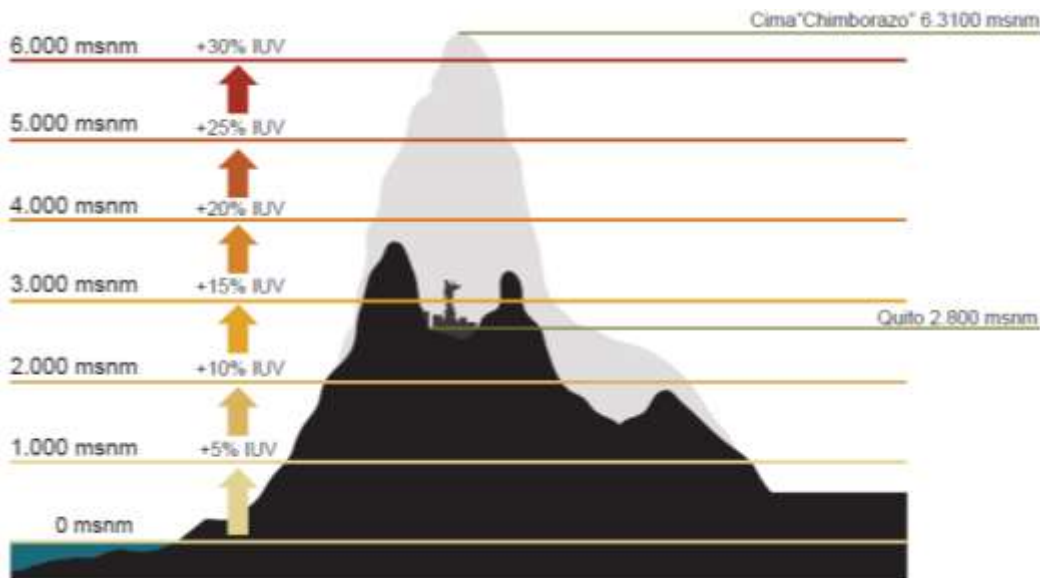
Entonces, se trata del entorno luminoso, es decir de los espacios traducidos en valores de cálculo como: factor de luz (%), nivel de iluminación (lux), componente cielo, orientación, latitud, recorrido del sol de acuerdo a la época del año (*Martin, 2008*).

### **1.2.1. Insolación**

La radiación solar, particularmente en Quito, es el factor que tiene mayor influencia sobre la salud, bienestar y sensación térmica de las personas. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, la intensidad de la radiación solar depende de lo siguientes factores:

- Altitud: La intensidad de las radiaciones ultravioleta aumenta 5% por cada 1000 metros de altitud.
- Elevación del sol: Cuanto más alto está el sol en el cielo, mayor es la intensidad de las radiaciones ultravioleta.
- Latitud: Cuanto más cerca se localiza del ecuador, más intensas son las radiaciones ultravioleta.
- Protección de las nubes: Las radiaciones ultravioleta son más intensas cuando el cielo está despejado, pero pueden ser intensas aun cuando el cielo esté nublado.
- Capa de ozono: Este gas absorbe una parte de las radiaciones ultravioleta del sol. A medida que la capa de ozono se adelgaza, aumenta la cantidad de radiaciones ultravioleta que llegan a la superficie terrestre (*Vivir et al., 2014*).

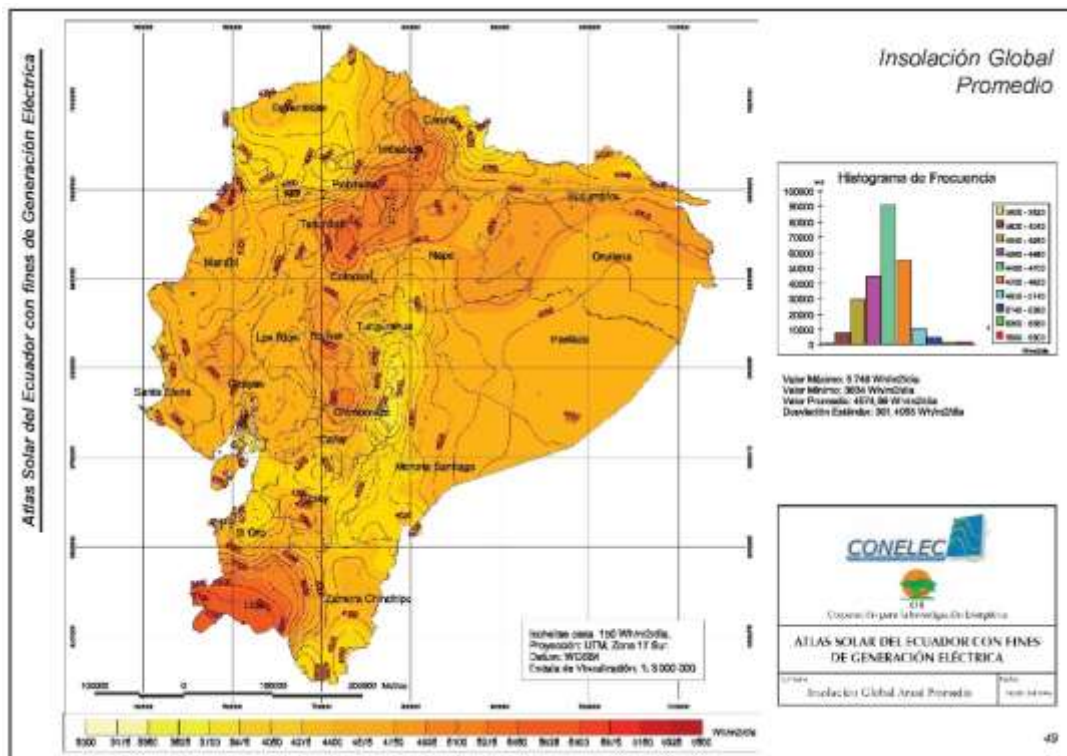
Figura 1. Incremento de la intensidad de las radiaciones ultravioletas con la altitud.



Fuente: Quito – Red verde urbana y ecobarrios, Pág. 62.

## 1.2.2. Radiación UV

Figura 2. Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica (insolación global promedio).



Fuente: Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica, CIE (Corporación para la investigación energética), Pág. 49

La ciudad de Quito, al tener varias particularidades como su Latitud 0° o encontrarse sobre 2800 msm, hace que tenga la mayor intensidad de radiación solar en el mundo. Llegando a índices iguales o superiores a 11, considerado extremo por la Organización Mundial de la Salud. (Vivir et al., 2014). Así, se podría acotar que “otra de las actuaciones es el manejo de los materiales expuestos al espacio público, es decir, con respecto a sus propiedades frente a la radiación solar, como se explica en el siguiente valor ambiental “isla de calor” (Vivir et al., 2014).

Figura 3. Tres fenómenos físicos de la radiación solar



Fuente: Quito – Red verde urbana y ecobarrios, Pág. 64.

Los objetos del ambiente exterior sobre los que incide la radiación solar estarán sometidos a estos coeficientes y provocarán efectos secundarios, favorables o desfavorables. Vale agregar que se debe tener en cuenta la reflexión por el suelo, ya que muchas superficies reflejan los rayos del sol y aumentan la exposición general a las radiaciones ultravioleta (Vivir et al., 2014, p.65).

Figura 4. Fenómenos físicos en espacios públicos



Fuente: Quito – Red verde urbana y ecobarrios, Pág. 65.

Con ello, “en el caso de los materiales para piso duros los colores deben ser intermedios, no muy oscuros (absortancia) o no muy claros (reflectancia) y acompañados de sombreado especialmente arrojado por árboles” (*Vivir et al., 2014*).

## **CAPÍTULO 2: NORMAS DE REFERENCIA**

En este capítulo se resumen las normativas en las que se basa este estudio, tomando en cuenta por un lado la poca información que aportan las normas Ecuatorianas y su difícil aplicación; por otro lado tomando las normas y manuales extranjeros que se analizaran y mediante simulaciones con características de la ciudad de Quito, se podrán obtener parámetros referenciales para futuras edificaciones.

### **2.1. Normativa Técnica Ecuatoriana (NTE)**

NTE INEN 2 506:2009 (Eficiencia energética en edificaciones. Requisitos)

- Tomar en cuenta en qué lugar se va a implantar el proyecto para así poder tomar en cuenta el factor climático.
- La altura promedio del área de trabajo será de 80 cm, sin embargo si está a 95 cm o bajos los 80 cm será despreciable esos valores.

NTE INEN 1 150 (Iluminación Natural de Edificios. Definiciones)

“Las definiciones de esta norma se aplican en el diseño y ejecución de toda clase de proyectos de viviendas y edificios donde se necesite una iluminación adecuada, aprovechando la luz directa o indirecta del sol o luz artificial” (*INEN, 1984a*).

NTE INEN 1 151 (Iluminación Natural de Edificios y Requisitos)

"Esta norma debe aplicarse para determinar la iluminación natural requerida en todo local habitable, de vivienda o de trabajo (comercio, oficinas, educación, fabricas, recreación, etc (*INEN, 1984b*).

NTE INEN 1 152 (Iluminación Natural de Edificios y Requisitos)

Podemos encontrar que la base de la medición de la iluminación interna está dada por la iluminación externa; adicional a esto, si no se puede alcanzar los niveles óptimos de esta norma, es necesario tomar en cuenta un sistema de luz artificial.

NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción; EFICIENCIA ENERGÉTICA en Edificaciones Residenciales (EE)

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) actualizada en mes de febrero del 2018, en su numeral 4.5 menciona los “Valores mínimos de iluminación”, donde los clasifica en luz natural y luz artificial; dentro del numeral 4.5.1. “Aprovechamiento de luz natural” se hace referencia a las normas NTE INEN 1152 y NTE INEN 1151 (MIDUVI, Adrián, Sandoya, Gustavo, & Ordóñez, 2018).

Los niveles que se mencionan en la norma están dados de acuerdo a un nivel exterior de 8000 lux, que, como se cita en la norma, son tomados como referencia en países que se pueden equiparar al Ecuador, ya que no se cuenta con un dato oficial en este país (INEN, 1984b).

Tabla 2 Factores de luz natural recomendados para interiores

AMBIENTE	PORCENTAJE DEL FACTOR DE LA LUZ NATURAL		
<b>VIVIENDAS</b>			
Salas	0,625		
Cocinas	2,5		
Dormitorios	0,313		
Estudios	1,9		
Circulaciones	0,313		
<b>ESCUELAS</b>			
Salas de clases		1,9	
Salas de lectura	2	a	2,5
Salas de estudio	2	a	2,5
Laboratorios	1,9	a	3,8
<b>OFICINAS</b>			
Oficina general		1,9	
Oficinas de dibujo		3,75	
Oficinas de información	0,625	a	1,9
<b>HOSPITALES</b>			
Sala general		1,25	
Laboratorio patológico	2,5	a	3,75
<b>BIBLIOTECAS</b>			
Archivo	0,9	a	1,9

Salas de lectura	1,9	a	3,75
Área de mostrador	2,5	a	3,75
Salas de consulta	1,9	a	2,5

Fuente: NORMA INEN 1152.

Nota 3: El nivel de iluminación de 100 x es igual a un componente de cielo de valor 1,25% de la disposición de iluminación exterior de 8000 lux.

Adicional a esto, se deben tomar en cuenta las siguientes puntualizaciones para poder realizar cálculos en los espacios:

- A una distancia de 3,00 a 3,50 metros, a lo largo de la línea central perpendicular a la ventana
- En el centro del local
- A lugares fijos donde estén ubicados escritorios, pizarrones, mesas de trabajo, etc. (INEN, 1984c).

## 2.2. Normas urbanísticas de uso de suelo

El Uso Múltiple (M) -Uso asignado a los lotes en suelo urbano, con frente a ejes viales principales, presente igualmente en áreas de centralidades urbanas, en los que se puede implantar y desarrollar actividades residenciales, comerciales, de servicios y equipamientos de escala barrial a metropolitana, así como industria de bajo impacto (HI A) de escala barrial- no tiene restricciones de proporcionalidad en los coeficientes de ocupación del suelo con respecto a los usos complementarios o permitidos (Quito, 2003).

Tabla 3. Zonificación uso múltiple.

CLASIFICACIÓN DE USO MÚLTIPLE				
USO	SÍMBOLO	TIPOLOGÍA	SÍMBOLO	ACTIVIDADES/ ESTABLECIMIENTOS
Múltiple	M	Múltiple	M	Usos diversos residenciales, equipamientos, comercios y servicios de carácter barrial, sectorial zonal, de la ciudad y metropolitanos e industrias de bajo impacto.

Fuente: Ordenanza Metropolitana N° 127 del plan de uso y ocupación del suelo 2018

Tabla 4. Caracterización de usos de suelo

<p>M</p> <p>Uso asignado a los lotes con frente a ejes viales y áreas ubicadas en centralidades en los que se puede implantar y desarrollar actividades residenciales, comerciales, de servicios y equipamientos, así como industrias de bajo impacto</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alta densidad poblacional flotante</li> <li>2. Lotes con frente a vías colectoras</li> <li>3. Existe un alto desarrollo de actividades de servicios y comerciales</li> <li>4. Sectores considerados como Centralidades</li> <li>5. Presencia de comercios en horarios nocturnos</li> </ol>	<p>Mayoritariamente Comercial y de Servicios, Intensa vocación económica</p>
---	--	--

Fuente: Ordenanza Metropolitana N° 127 del plan de uso y ocupación del suelo 2018.

Art. 67 ALTURA DE LOCALES.- “A excepción de aquellos locales que en esta normativa se especifiquen con una altura mínima diferente, la altura mínima de locales será de 2.30 m. Las plantas bajas, cuyos usos no sean de vivienda, y éstos sean de comercio y oficinas o equipamiento podrán tener una altura libre de 2.70 m. o mayor. Estas dimensiones se observarán desde el piso terminado hasta la cara inferior del elemento construido de mayor descuelgue” (Quito, 2003).

## 2.2.1 Condiciones de Ocupación de los Retiros

Con respecto a la ocupación de la zonificación: “la zonificación de uso múltiple donde estaría implantados los dos sitios de análisis, no tendrán cerramientos frontales ni laterales de acuerdo” a Ordenanza Sustitutiva a la Ordenanza 3445 Normas de Arquitectura y Urbanismo del Distrito Metropolitano de Quito (Quito, 2003). A continuación, podemos observar los Informes de Regulación Metropolitana, donde se puede tener información de los dos predios de análisis, los mismos que condicionarán para el diseño y construcción de una edificación.

## 2.3. Normativa internacional

### 2.3.1. Criterios de espacios de oficinas

La Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), publica la “Guía de criterios de diseño para los espacios administrativos de la UNED”. El objetivo de este documento es planificar y construir espacios en función al factor humano, tomando en cuenta la nueva

dinámica y la organización horizontal del trabajo. En base al análisis proponen conceptos de plantas libres, espacios polivalentes (UNED, 2010).

### 2.3.2. Parámetros técnicos de iluminación

Tabla 5. Norma Europea iluminación para interiores (UNE 12464)

Salas para uso general					
Nº ref	Tipo de interior, tarea y actividad	Em lux	UGRL	Ra	Observaciones
1.1	Oficina de personal	500	19	80	Todas las iluminancias a nivel de suelo
1.2	Salas de espera, personal y pasillos	200	22	80	
1.3	Pasillos durante la noche	50	22	80	
1.4	Salas de personal	300	19	80	

Fuente: (Phillips, 2002)

Conforme a lo que establece la norma europea EN 12464-1 sobre los requisitos de iluminación de los espacios de trabajo en interior (Comité Europeo de Normalización, 2003), este nivel de iluminación para el desarrollo de la tarea visual es un nivel medio mantenido a lo largo del año. Esto significa, en términos de Autonomía de Luz Natural, que al menos el plano de trabajo debe tener una Autonomía del 50% durante el tiempo considerado. Por lo tanto, los resultados estadísticos vendrán expresados mediante la mediana de los valores, en vez de utilizar los valores medios (Fernández, 2014).

Tabla 6. Niveles de iluminación.

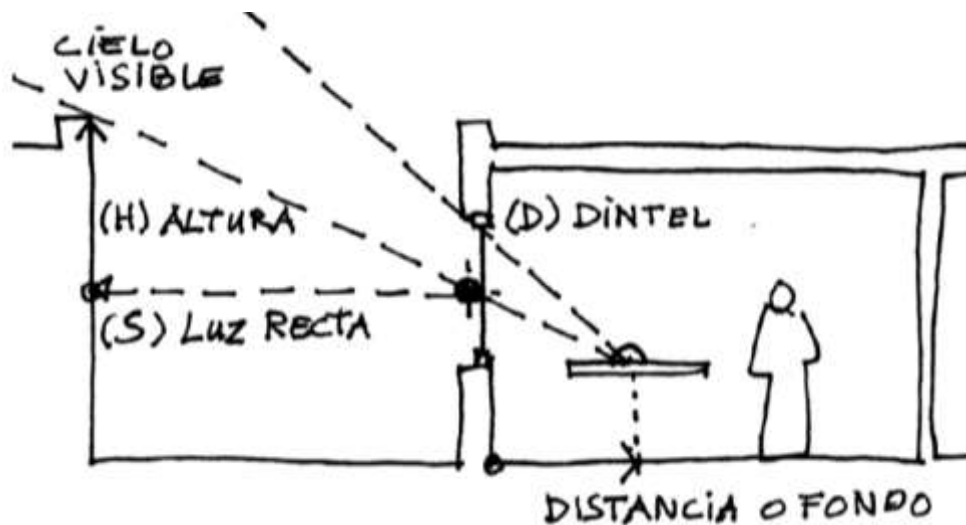
LUX	AMBIENTE	ACTIVIDAD ECONÓMICA
100000	Mediodía pleno sol	Umbral máximo, empieza el dolor por exceso de luz
30000	Día semicubierto	Circulación exterior diurna, paseo
10000	Día cubierto	Actividad excepcional (quirófanos)
3000	Zonas de transición	Actividad muy detallada, iluminación puntual
1000	Interior luminoso	Actividad detallada (cocina, aseo), iluminación zonal
300	Interior medio	Estancia, actividad media, iluminación general diurna
100	Interior bajo	Reposo, actividad baja, iluminación general nocturna
30	Calle iluminación alta	Circulación interior, calle de noche con mucho tráfico
10	Calle media	Calle con tráfico medio, densidad urbana media
3	Calle baja	Calle con tráfico bajo, densidad urbana baja
1	Calle mínima	Aparcamiento o muelles, solo orientación
0,1	Luz de luna	Necesidad periodo de adaptación para orientarse
0,01	Luz de estrellas	Umbral mínimo, oscuridad prácticamente absoluta

Fuente: Manual de iluminación, Manuel Martín, Pág. 23.

### 2.3.3. Criterios de diseño para entorno

Uno de los requisitos importantes, al momento de realizar un proyecto arquitectónico, es tomar en cuenta que los espacios en los que se realizan actividades de permanencia deberían tener un acceso directo de iluminación natural, ya sea por ventanas en fachadas, patios internos o lucernarios (Martin, 2008). Dentro del Manual de iluminación de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, se menciona el decreto 1991-D-47-BOC “*Condiciones de habitabilidad de las viviendas*”:

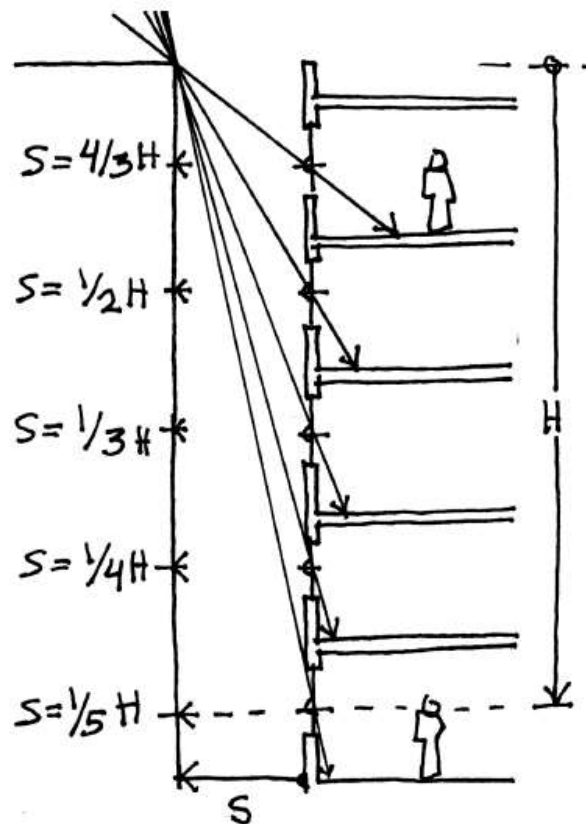
Figura 5. Parámetros a considerar en diseño.



Fuente: Manual de iluminación, Manuel Martin, Pág. 41.

- Los espacios dispondrán de un vano que debe tener como mínimo 1/10 del área útil.
- Para áreas de aseo, bodegas y lugares donde no sean de permanencia no será necesario tener un vano.
- Para determinar el área mínima de patios internos estarán condicionados por la medida de (H) altura, “las dimensiones mínimas serán mayores o igual a 3m y mayor o igual a 1/6 de H” (Martin, 2008).

Figura 6. Parámetros para cálculo de distancia de patios.



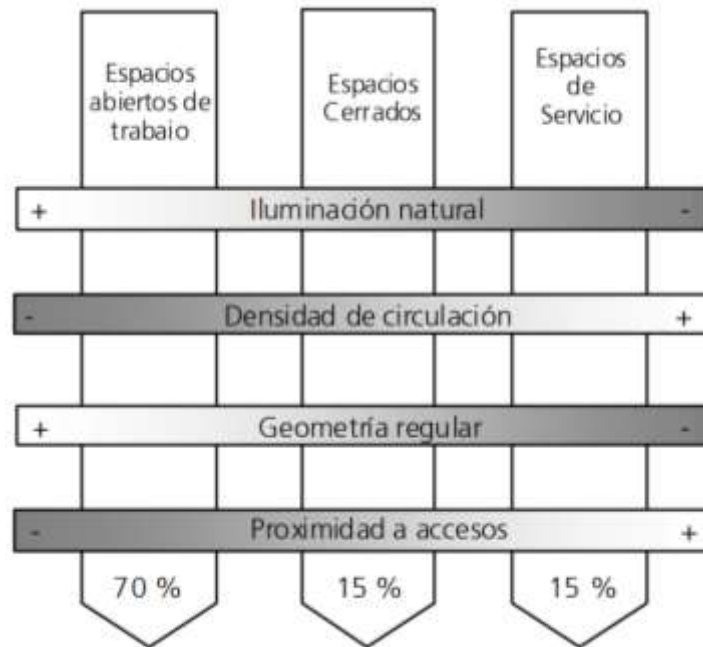
Fuente: Manual de iluminación, Manuel Martín, Pág. 42.

Las dimensiones específicas de los patios de luces se establecen en las condiciones particulares de cada uso. En cualquier caso, las dimensiones mínimas en piezas de estancia y trabajo de locales y oficinas será  $\frac{1}{5}$  de  $H$  (siendo  $H$  la altura del patio medio hasta el borde superior del pretil que lo cierra), con un lado mínimo de tres (3) m (Martín, 2008).

### 2.3.4. Zonificación de espacios

“El diagrama muestra de manera esquemática los criterios a aplicar para elaborar la distribución de usos en función de las características de cada zona del espacio, así como las dimensiones necesarias en porcentaje sobre la superficie total de cada uno de los usos para su primer replanteo” (UNED, 2010), como se puede observar en la figura 7.

Figura 7. Criterios de zonificación de espacios de oficinas.



Fuente: Guía de Criterios de Diseño, UNED, Pág. 16.

## 2.4. Parámetros arquitectónicos

Por elementos arquitectónicos, se entiende a accesos, muros, fachadas, pisos, cubiertas, paredes interiores, que no cuentan con ninguna consideración respecto a iluminación. Ventanas, lucernarios (donde se considera la proporción de ventanas y lucernarios, de acuerdo a la zona climática, orientación, uso de los espacios, que cumplan con las disposiciones de ganancia protección térmica, iluminación natural y ventilación) y color (calidad de luz natural y artificial, reflexión sobre las superficies de acuerdo al color evitando deslumbramientos) (Martin, 2008).

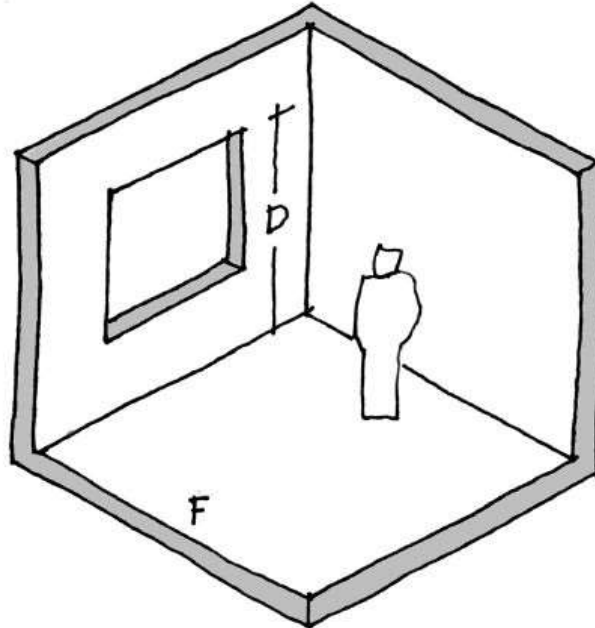
### 2.4.1. Ventanas

Las ventanas son elementos muy importantes el momento de realizar un diseño, ya que cumplen varias funciones como: ingreso de iluminación, conexión con el exterior y ventilación. Si bien son importantes todos los aspectos anteriores en este trabajo, sólo se tomará en cuenta lo que se refiere a iluminación natural.

El acristalamiento, por ejemplo, está directamente relacionado con el área del espacio, ya que depende del área y del tipo de vidrio a utilizarse para el cálculo. Las ventanas en las fachadas son comunes y se pueden obtener a través de ellas una buena iluminación, para obtener un

valor referencial del fondo del espacio se recomienda que (F) este entre 1.5 y 2 veces la altura del dintel (D) (Martin, 2008).

Figura 8. Referencias para calcular fondo de espacios.



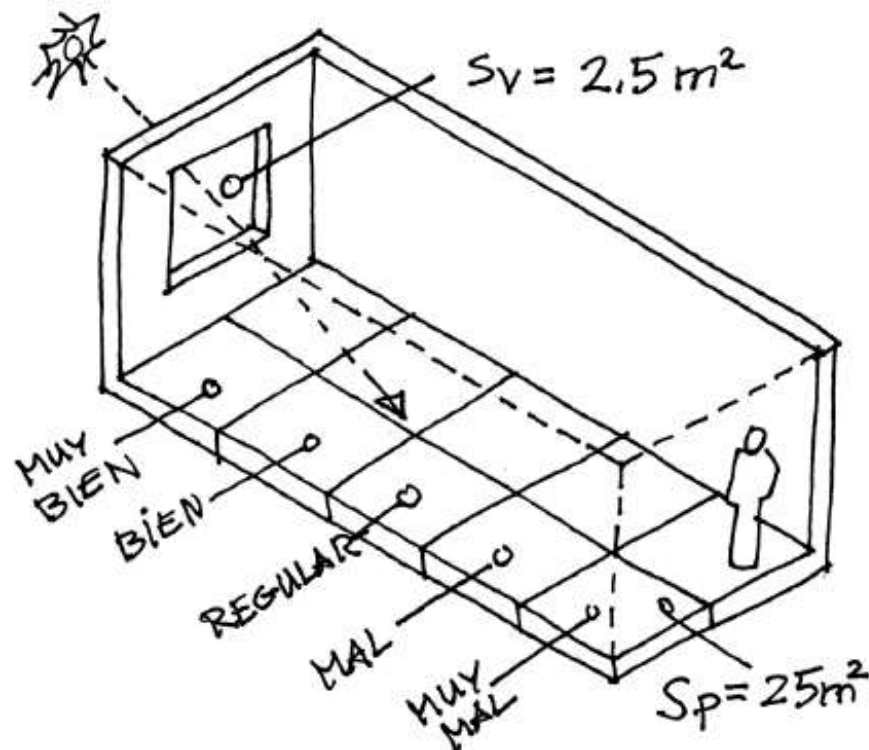
Fuente: Modificado de gráfico obtenido en *Manual de Iluminación*, Manuel Martín, p  
Pág. 51

Existen diferentes factores a tomar en cuenta para optimizar la iluminación de las ventanas en un espacio:

- Tamaño y orientación de las ventanas
- Tipo de acristalamiento
- Tipo de carpintería y detalle de las juntas para evitar la infiltración
- Medidas de control solar
- Medidas de aislamiento nocturno (Editorial Gustavo Gili, 1999)

Para el diseño de las ventanas es importante tomar en cuenta la profundidad del espacio y su orientación, ya que un elemento que compone el factor de día es la visibilidad al cielo.

Figura 9. Relación de 1/10 para iluminación natural satisfactoria en locales de poca profundidad.



Fuente: Manual de iluminación, Manuel Martín, Pág. 43.

Uno de los parámetros que se utiliza en este análisis, es una relación de 1/10; como se ve en la figura anterior, al tener un área de 25 m<sup>2</sup>, el área mínima de ventana debería ser 2,5 m<sup>2</sup>. Es importante tomar en cuenta que éste solo podrá ser efectiva para locales con poca profundidad (Martín, 2008). Es así que, “dependiendo de la relación entre la superficie de la ventana y las superficies interiores del local (paredes, techos y suelos) puede hacerse la siguiente clasificación” (Comité Español de Iluminación, 2005).

Tabla 7. Porcentaje de acristalamiento en relación a superficie del local.

Muy bajo acristalamiento	Menor del 1%
Acrilamiento bajo	1-4%
Acrilamiento medio	4-10%
Elevado acristalamiento	10-25%
Muy alto acristalamiento	Mayor de 25%

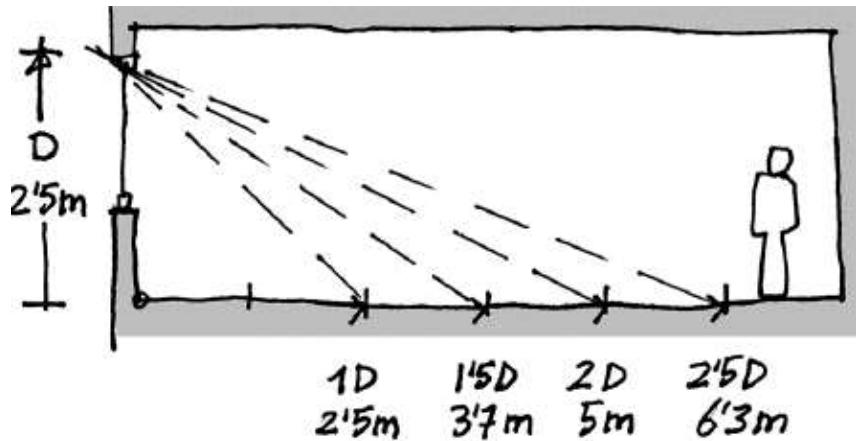
Fuente: Guía técnica para el aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios, pág. 48.

## 2.4.2. Ordenes de volumen / superficie

Para el cálculo de los locales a analizar se toma como referencia el factor crítico de uniformidad: “un valor de referencia sería que la distancia del fondo de un local (F) no debería ser mayor del doble de la altura del dintel (D), es decir:  $F < 2 D$ ” (Martín, 2008).

Se podría considerar hasta un factor máximo de 2.5 D, siempre y cuando no existan obstáculos visuales exteriores.

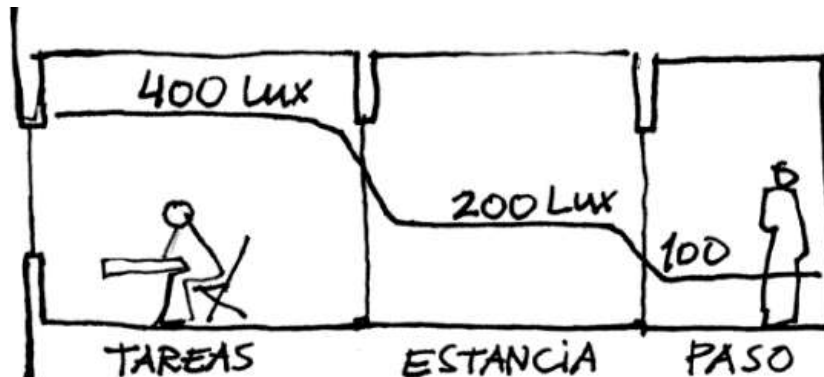
Figura 10. Ejemplo de referencia de distancia óptima para iluminación natural.



Fuente: Manual de iluminación, Manuel Martín, Pág. 48.

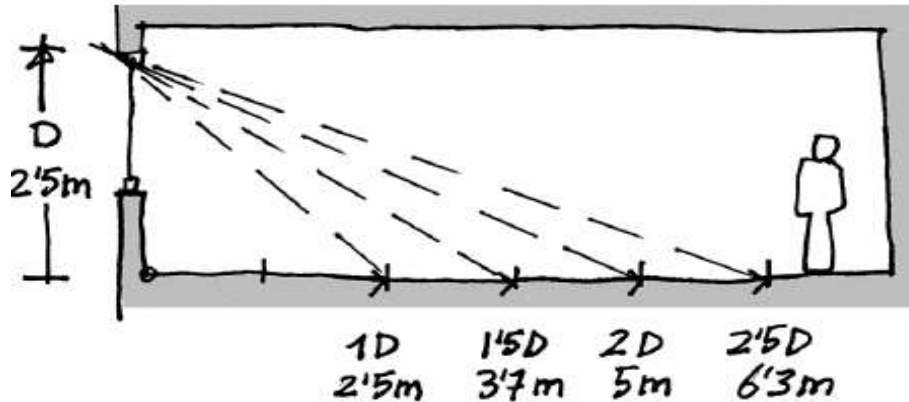
Como se puede ver en el gráfico y como se menciona en la INEC 1 152 y Vitrubio Ecológico, para que la iluminación sea eficiente, se debe tomar en cuenta el momento de dimensionar el espacio, que la profundidad no deberá pasar de dos veces la distancia en fachada hasta el dintel.

Figura 11. Transición de la iluminación entre locales según actividad.



Fuente: Manual de iluminación, Manuel Martín, Pág. 27.

Figura 12. Uniformidad de la luz.



Fuente: Manual de iluminación, Manuel Martín, Pág. 48.

Para el diseño de espacios de oficina, es importante considerar varios criterios que ayuden a optimizar la iluminación de los espacios. La iluminación debe ser uno de los primeros criterios al momento de realizar un diseño, ya que eso contribuye a tener espacios confortables, que tenga conexión visual con el entorno, que cuente con niveles de iluminación en espacios de estancia y de circulación y, además, de ahorro en consumo de energía eléctrica.

### 2.4.3. Color de texturas de superficies interiores

Se recomienda para una mejor reflectancia utilizar colores claros en techos y paredes, teniendo como sugerencia optima:

Tabla 8. Reflectancia típicas de materias de edificio.

Material	Reflectancia %
Pintura blanca nueva	65 - 75
Ladrillo claro	45 - 40
Ladrillo oscuro	30 - 40
Mármol blanco	45 - 50
Hormigón	25 - 30
Mortero	15 - 20
Granulite	15 - 10
Vidrio reflectante	20 - 30
Vidrio transparente	7 - 8
Vidrio tintado	5 - 8

Fuente: Guía técnica para el aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios, pág. 72.

## CAPITULO 3: ESTUDIO DE CASO

### 3.1. Análisis del sitio

El territorio distrital abarca una diversidad importante de recursos naturales, pisos climáticos y ecosistemas. Las variaciones de altura y pluviosidad generan por lo menos quince tipos de clima, que van desde el clima nival que presenta temperaturas menores a los 4 grados centígrados- hasta el clima tropical lluvioso -característico de los bosques del noroccidente con una temperatura promedio anual de 22 grados centígrados.

La zona más poblada, ubicada a una altura promedio de 2815 m.s.n.m., tiene una temperatura promedio de 14° centígrados. La ubicación ecuatorial influye para que el DMQ tenga las mismas horas de día y de noche sin variación durante todo el año. (*Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2011*)

#### 3.1.1. Ubicación de la ciudad de Quito



Figura 13. Escala Nacional – Regional, Fuente: Gráfico modificado de “Ciudades Del Buen Vivir, Quito Hacia Un Modelo Sustentable: Red Verde Urbana y Ecobarrios” Pág. 31.



Figura 14. Escala Distrital, Fuente: Gráfico modificado de “Ciudades Del Buen Vivir, Quito Hacia Un Modelo Sustentable: Red Verde Urbana y Ecobarrios” Pág. 31.



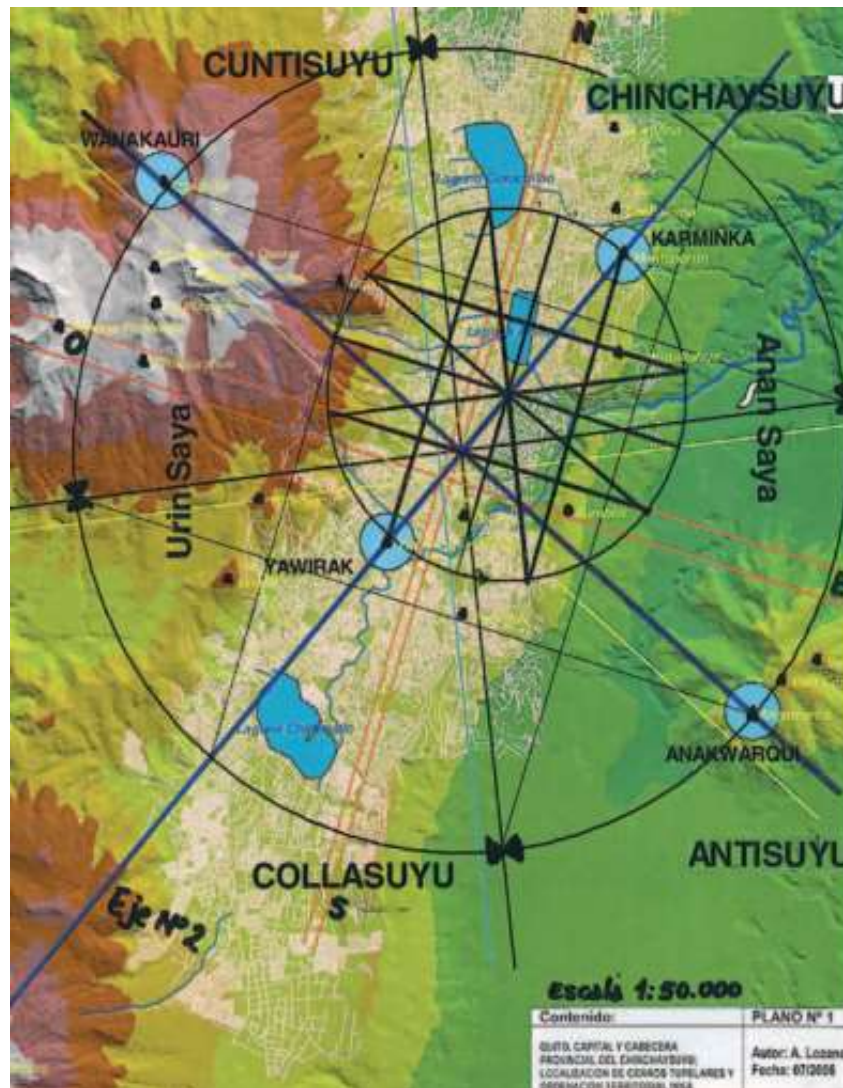
Figura 15. Escala Urbana, Fuente: Gráfico modificado de “Ciudades Del Buen Vivir, Quito Hacia Un Modelo Sustentable: Red Verde Urbana y Ecobarrios” Pág. 31.

#### 3.1.2. Morfología de la ciudad de Quito

La ciudad de San Francisco de Quito está situada en la parte más angosta de la Meseta de Quito, que forma parte de La Hoya del Guayllabamba. La composición geográfica de la ciudad,

permite que al paisaje se incorporen los cuerpos montañosos ubicados al este, como el cerro Puntas y los volcanes Cayambe, Ilaló, Antisana y Cotopaxi. Las elevaciones que rodean a la meseta de Quito permitieron a los pobladores ubicarse geográficamente y definir rutas desde los tiempos prehispánicos; esto facilitó la composición urbana de los primeros asentamientos humanos en el sector, composición que se puede evidenciar aún en el trazado urbano que se conserva desde la Colonia (*Vivir et al., 2014, p.109*).

Figura 16. Alineaciones existentes entre calles, templos y volcanes.



Fuente: Extraído de “ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y CONCEPCIÓN SIMBÓLICA DEL ESPACIO EN LA CIUDAD PREHISPANA DE QUITO”, Pág. 168; Dr. Arquitecto Alfredo Lozano Castro

Por la ciudad de Quito atraviesan varios accidentes geográficos como quebradas y elevaciones, en las que la ciudad, en la conformación de la malla urbana, se adaptó a esas

condicionantes; sin embargo, para este análisis, se considera la orientación de las edificaciones para analizar aquello que ha llevado a graficar los principales ejes viales que han conformado las manzanas y, por ende, los predios de la ciudad.

Figura 17. Ejes principales de la ciudad de Quito.



Fuente: Extraído de Quito - Red verde urbana y eco barrios, pg. A108; Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Secretaria de Territorio, Hábitat y Vivienda

Tabla 9. Datos generales de la ciudad de Quito a considerar en simulaciones.

PAÍS:	Ecuador
CIUDAD	Quito
LATITUD:	(-0.2°)
LONGITUD:	(-78.5°)
ALTITUD:	2812.0 msnm
ILUMINACIÓN EXTERIOR:	8000 lux
ZONA HORARIA:	(-5 horas)

Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas.

Se tomó como caso de estudio la zona centro norte de la ciudad de Quito en donde, actualmente, se puede observar que los edificios de oficinas van en aumento, siendo necesario

estudiar las condiciones en las que se están implementando; esto con el objetivo de aportar estrategias de diseño que ayuden a optimizar la iluminación natural.

### 3.2. Ubicación de predios

Para determinar los predios donde se realizaran las simulaciones se analiza las zonificaciones de la ciudad de Quito de acuerdo al mapa de Plan de Uso y Ocupación del Suelo STHV-DMPPS. En la figura 19 se puede observar que la zona centro norte de la ciudad se encuentra en la zonificación múltiple, convirtiéndole en una de las zonas con mayor concentración de actividades laborales.

Figura 18. Sectores económicos en zona de estudio.

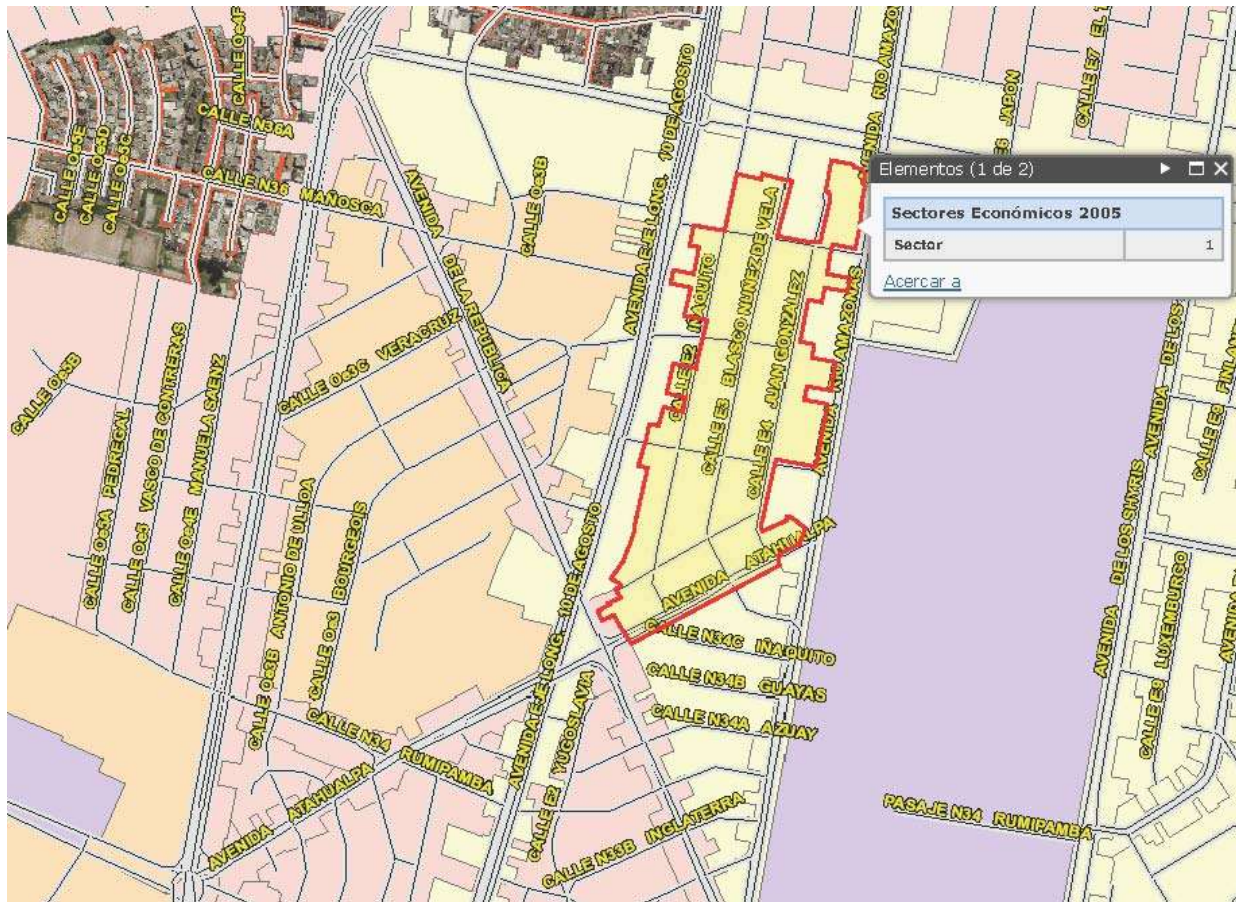


14/4/2019 15:38:23



Plan de Uso y Ocupación del Suelo	Equipamiento	Resid Urbano 1	Resid Urbano 1QT
P. Ecol/Conser. Patri. N	Industrial 2	Resid Urbano 2	Resid Rural 1
Agrícola Resid.	Patrimonial	Resid Urbano 3	RN/Prod. Sostenible
Area promocion	Multiple	Resid Urbano 1A	

Fuente: <https://territorio.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=47ccc16154584d458d7e657dba576855>

Figura 19. Sectores económicos en zona de estudio.



Fuente: [http://172.22.0.28/MDMQ\\_WEB\\_CATASTRO\\_GIS/frmPrincipal.aspx](http://172.22.0.28/MDMQ_WEB_CATASTRO_GIS/frmPrincipal.aspx)



	Zona comercial
	Equipamiento urbano

Los predios seleccionados se encuentran sobre la calle Juan Pablo Sanz, se selecciona estos dos lugares tomando en cuenta que la comparación de resultados se realizara en un edificio construido y uno proyectado para su construcción a futuro.



Figura 21. Informe de Regulación Metropolitana, ubicación 1 de simulaciones.



INFORME DE REGULACIÓN METROPOLITANA

INFORME DE REGULACIÓN METROPOLITANA		Municipio del Distrito Metropolitano de Quito				
IRM - CONSULTA						
*INFORMACIÓN PREDIAL EN UNIPROPIEDAD				*IMPLANTACIÓN GRÁFICA DEL LOTE		
<b>DATOS DEL TITULAR DE DOMINIO</b>						
C.C./R.U.C:	1792615593001					
Nombre o razón social:	PROMOTORA Y PROYECTOS URBAN-PROJECTS S.A.					
<b>DATOS DEL PREDIO</b>						
Número de predio:	131345					
Geo clave:	170104120236001111					
Clave catastral anterior:	11005 02 001 000 000 000					
En derechos y acciones:	NO					
<b>ÁREAS DE CONSTRUCCIÓN</b>						
Área de construcción cubierta:	182.92 m2					
Área de construcción abierta:	0.00 m2					
Área bruta total de construcción:	182.92 m2					
<b>DATOS DEL LOTE</b>						
Área según escritura:	5950.00 m2					
Área gráfica:	5878.60 m2					
Frente total:	309.90 m					
Máximo ETAM permitido:	10.00 % = 595.00 m2 [SU]					
Zona Metropolitana:	NORTE					
Parroquia:	INAQUITO					
Barrio/Sector:	LA CAROLINA					
Dependencia administrativa:	Administración Zonal Norte (Eugenio Espejo)					
Aplica a incremento de pisos:	BRT_HIPERCENTRO ECOEFICIENCIA					
<b>CALLES</b>						
<b>Fuente</b>	<b>Calle</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Referencia</b>	<b>Nomenclatura</b>		
SIREC-Q	BLASCO NUÑEZ DE VELA	18	5 m a 9m del eje	E3		
SIREC-Q	JUAN PABLO SANZ	16	5 m a 8m del eje	N35		
SIREC-Q	JUAN GONZALEZ	12	5 m a 6m del eje de la vía	E4		
SIREC-Q	JOSE PADILLA	16	5 m a 8m del eje	N34E		
<b>REGULACIONES</b>						
<b>ZONIFICACIÓN</b>						
Zona: A24 (A612-50)		<b>PISOS</b>			<b>RETIROS</b>	
Lote mínimo: 600 m2		Altura: 48 m			Frontal: 5 m	
Frente mínimo: 15 m		Número de pisos: 12			Lateral: 3 m	
COS total: 600 %					Posterior: 3 m	
COS en planta baja: 50 %					Entre bloques: 6 m	
Forma de ocupación del suelo: (A) Aislada			Clasificación del suelo: (SU) Suelo Urbano			
Uso de suelo: (M) Múltiple			Factibilidad de servicios básicos: SI			

Fuente: [https://pam.quito.gob.ec/mdmq\\_web\\_irm/irm/buscarPredio.jsf#](https://pam.quito.gob.ec/mdmq_web_irm/irm/buscarPredio.jsf#)

Figura 22. Informe de Regulación Metropolitana, ubicación 2 de simulaciones.

INFORME DE REGULACIÓN METROPOLITANA

INFORME DE REGULACIÓN METROPOLITANA		Municipio del Distrito Metropolitano de Quito						
IRM - CONSULTA								
*INFORMACIÓN PREDIAL EN PROPIEDAD HORIZONTAL			*IMPLANTACIÓN GRÁFICA DEL LOTE					
<b>DATOS DEL TITULAR DE DOMINIO</b>								
C.C./R.U.C:	1711766657							
Nombre o razón social:	CHULDE YEPEZ VICTORIA ELIZABETH							
<b>DATOS DEL PREDIO</b>								
Número de predio:	1273528							
Geo clave:	170104120208004111							
Clave catastral anterior:	11105 05 004 001 001 001							
Alícuota:	0.6110444180 %							
En derechos y acciones:	NO							
<b>ÁREAS DE CONSTRUCCIÓN</b>								
Área de construcción cubierta:	102.88 m2							
Área de construcción abierta:	12.88 m2							
Área bruta total de construcción:	115.76 m2							
<b>DATOS DEL LOTE GLOBAL</b>								
Área según escritura:	2500.00 m2							
Área gráfica:	2535.69 m2							
Frente total:	90.24 m							
Máximo ETAM permitido:	10.00 % = 250.00 m2 [SU]							
Zona Metropolitana:	NORTE							
Parroquia:	IÑAQUITO							
Barrio/Sector:	LA CAROLINA							
Dependencia administrativa:	Administración Zonal Norte (Eugenio Espejo)							
Aplica a incremento de pisos:	BRT_HIPERCENTRO ECOEFICIENCIA							
<b>CALLES</b>								
<b>Fuente</b>	<b>Calle</b>	<b>Ancho (m)</b>				<b>Referencia</b>	<b>Nomenclatura</b>	
SIREC-Q	JUAN GONZALEZ	16	5 m estacas de urbanizacion	E4				
SIREC-Q	BLASCO NUÑEZ DE VELA	16	5 m estacas de urbanizacion	E3				
<b>REGULACIONES</b>								
<b>ZONIFICACIÓN</b>			<b>RETIROS</b>					
Zona: A24 (A612-50)			Frontal: 5 m					
Lote mínimo: 600 m2			Lateral: 3 m					
Frente mínimo: 15 m			Posterior: 3 m					
COS total: 600 %			Entre bloques: 6 m					
COS en planta baja: 50 %								
Forma de ocupación del suelo: (A) Aislada			Clasificación del suelo: (SU) Suelo Urbano					
Uso de suelo: (M) Múltiple			Factibilidad de servicios básicos: SI					

Fuente: [https://pam.quito.gob.ec/mdmq\\_web\\_irm/irm/buscarPredio.jsf#](https://pam.quito.gob.ec/mdmq_web_irm/irm/buscarPredio.jsf#)

Con esto, a continuación se incluye una vista del terreno en donde se realizan las simulaciones norte 0° - sur 180° y este 90° - oeste 270°:

Figura 23. Vista en fachada de predio 1.



Fuente: Tomado de Google Earth.

Figura 24. Predio 1, calles Juan González y Juan Pablo Sanz.



Fuente: [http://172.22.0.28/MDMQ\\_WEB\\_CATASTRO\\_GIS/frmPrincipal.aspx](http://172.22.0.28/MDMQ_WEB_CATASTRO_GIS/frmPrincipal.aspx)

Figura 25. Vista en fachada de predio 2.



Fuente: Tomado de Google Earth.

Figura 26. Predio 2, calle Juan González.



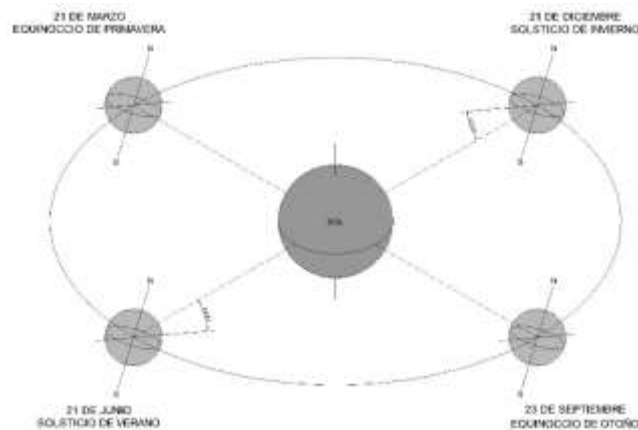
Fuente: [http://172.22.0.28/MDMQ\\_WEB\\_CATASTRO\\_GIS/frmPrincipal.aspx](http://172.22.0.28/MDMQ_WEB_CATASTRO_GIS/frmPrincipal.aspx).

# CAPÍTULO 4: PARÁMETROS PARA SIMULACIONES

## 4.1. Fechas de análisis

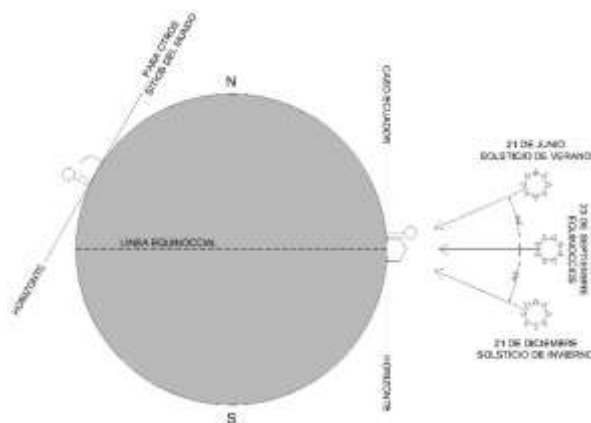
Para el análisis se tomará 4 fechas específicas del año, estas son: solsticio de verano, equinoccio de otoño, solsticio de invierno, equinoccio de primavera.

Figura 27. Gráfico de solsticios y equinoccios.



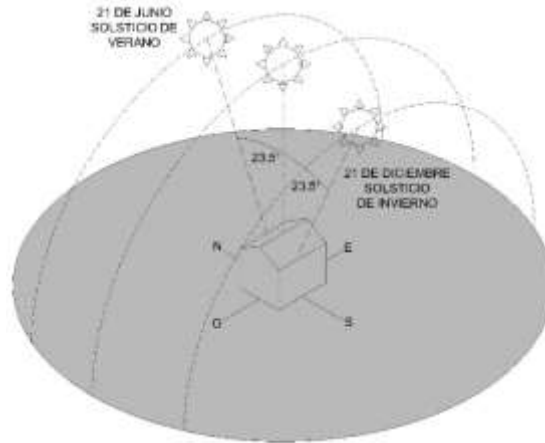
Fuente: Manual de Arquitectura Solar. México Trillas. Cap. 5 Geometría Solar.

Figura 28. Gráfico incidencia de solsticios y equinoccios en Ecuador.



Fuente: Manual de Arquitectura Solar. México Trillas. Cap. 5 Geometría Solar.

Figura 29. Gráfico ángulos de incidencia de solsticios y equinoccios en Ecuador.



Fuente: Manual de Arquitectura Solar. México Trillas. Cap. 5 Geometría Solar.

Figura 30. Equinoccios: 21 de marzo y 21 de septiembre Quito, eje norte – sur.

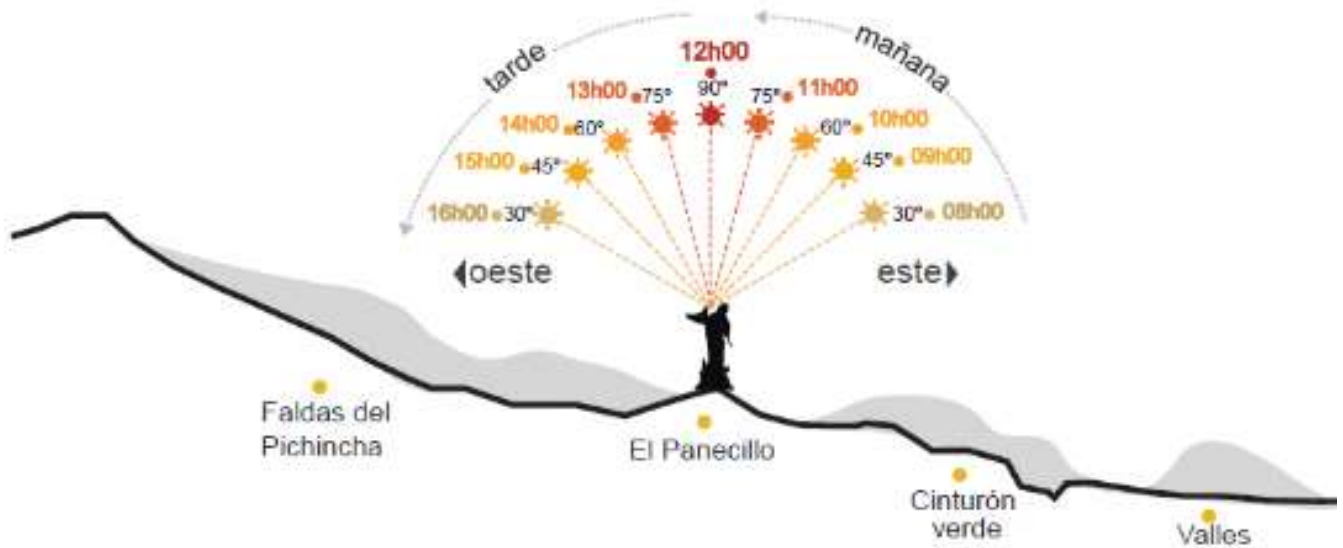
**Elevación del Sol en Quito (Latitud 0°)**  
EQUINOCCIOS: 21 de marzo y 21 de septiembre



Fuente: Quito – Red verde urbana y ecobarrios, Pág. 42.

Figura 31. Equinoccios: 21 de marzo y 21 de septiembre Quito, eje este- oeste.

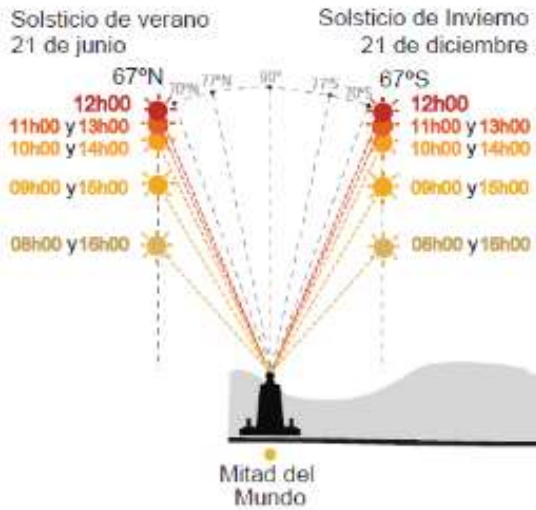
**EQUINOCCIOS: 21 de marzo y 21 de septiembre**



Fuente: Quito – Red verde urbana y ecobarrios, Pág. 42.

Figura 32. Solsticios 21 de junio y 21 de diciembre Quito, eje norte – sur.

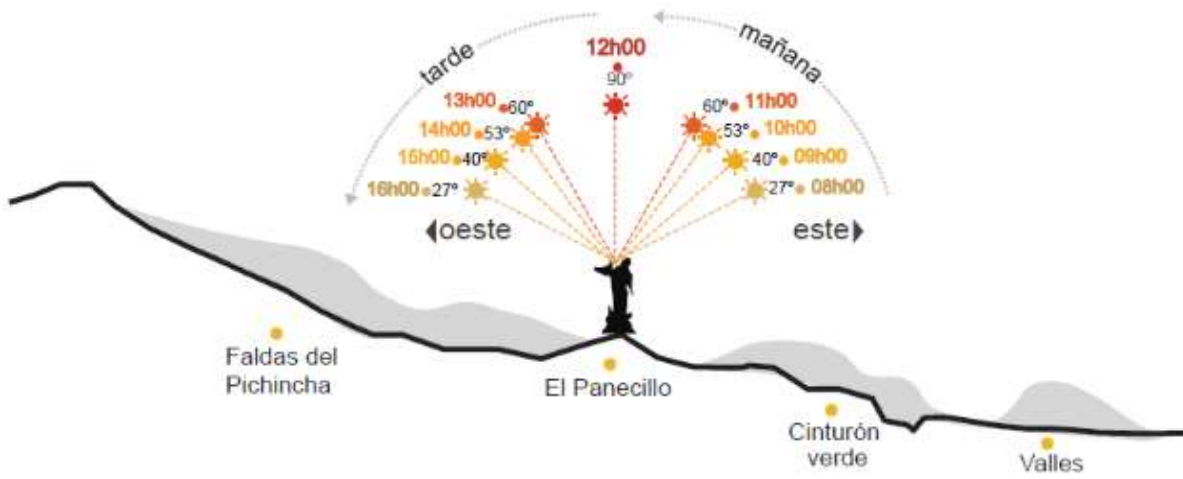
**Elevación del Sol en Quito (Latitud 0°)  
SOLSTICIOS**



En los solsticios existe mayor superficie de sombreado en el espacio público, generado por las edificaciones u obstrucciones urbanas, sobre todo proyectado desde fachada NORTE o SUR. En el caso del solsticio de invierno, como el ángulo de coronación es de 67°S, y para el caso del solsticio de verano, el ángulo de coronación es de 67°N,

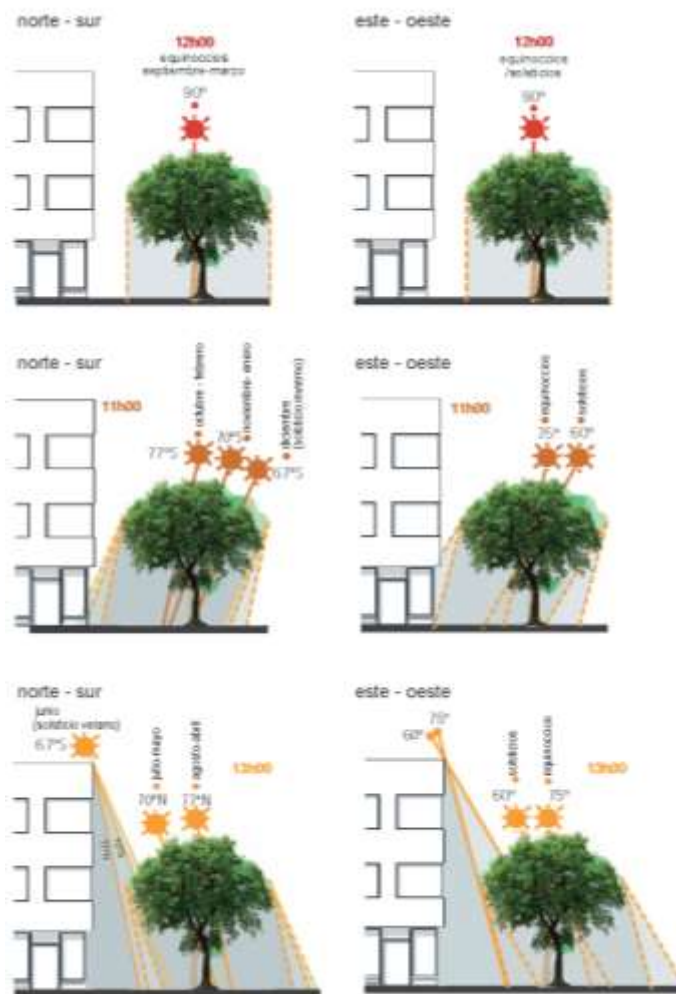
Fuente: Quito – Red verde urbana y ecobarrios, Pág. 62.

Figura 33. Solsticios 21 de junio y 21 de diciembre Quito, eje este –oeste.



Fuente: Quito – Red verde urbana y ecobarrios, Pág. 62.

Figura 34. Solsticios y equinoccios en fachadas Quito.



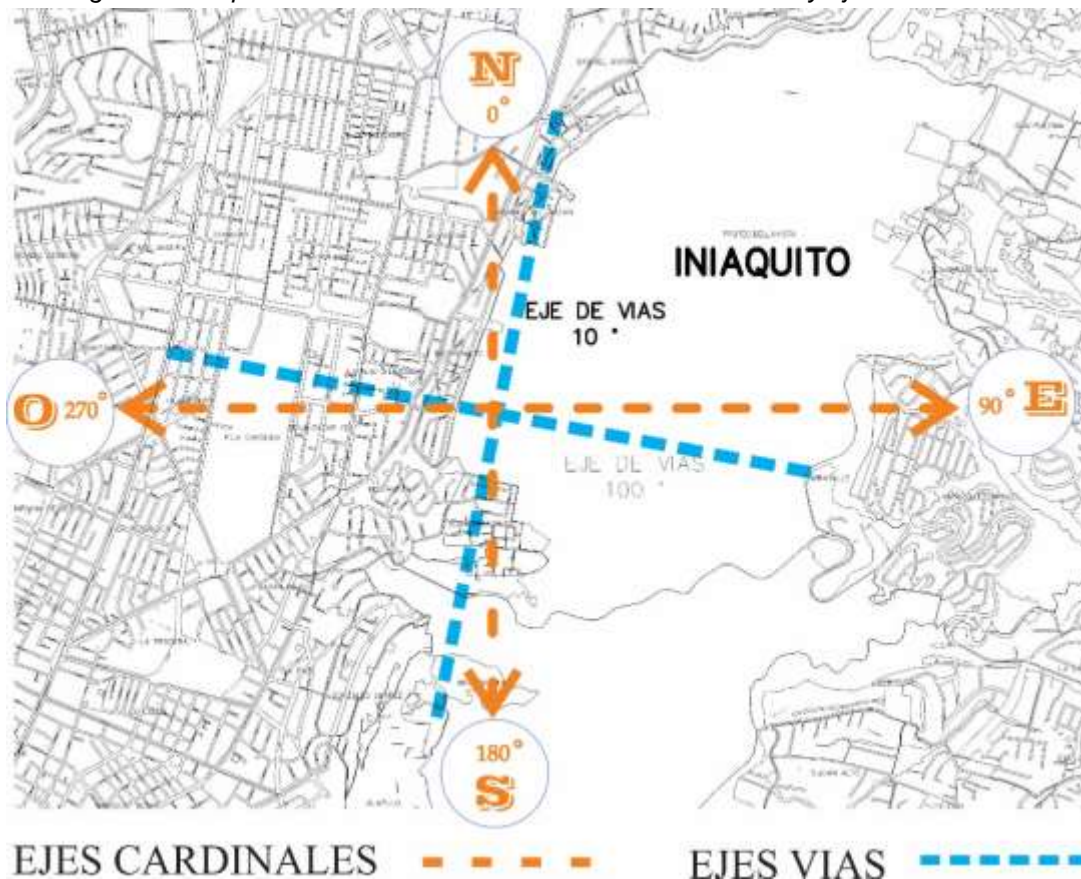
Fuente: Quito – Red verde urbana y ecobarrios, Pág. 63.

## 4.2. Parámetros de orientación de la edificación

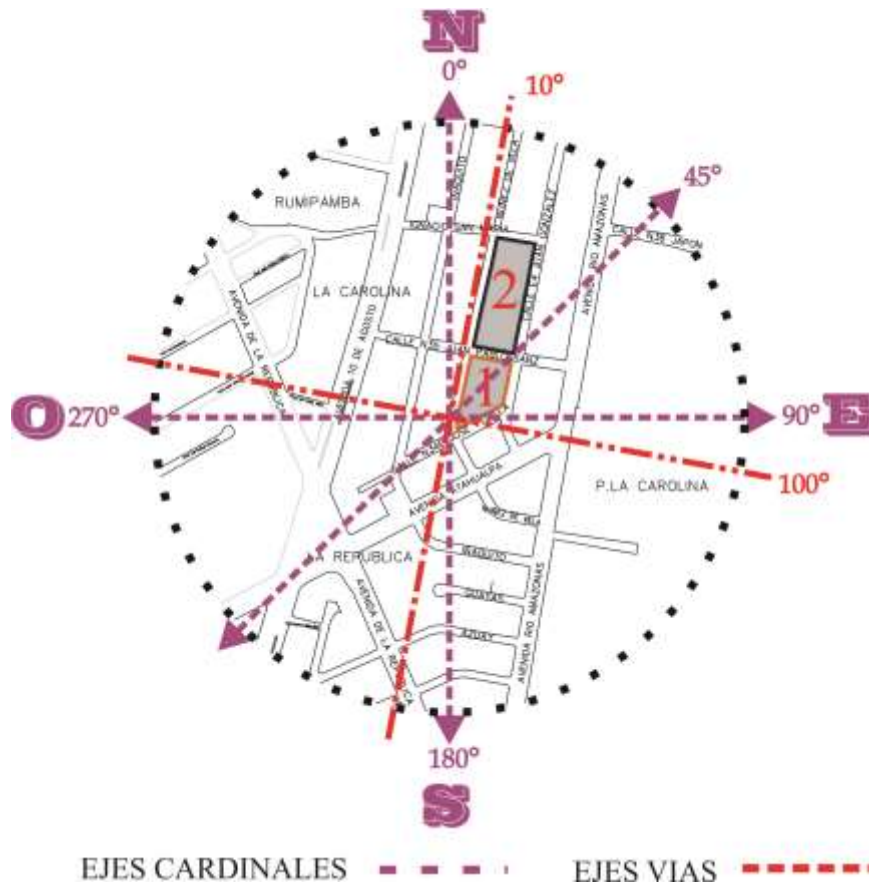
La edificación se orientará de acuerdo a las necesidades de ganancia o protección solar y de ventilación, calidad de aire y aislamiento acústico. Para ello y para los fines del presente trabajo, se toma como área de estudio la zona centro norte de la ciudad de Quito. Como se puede ver en el gráfico, se tiene 5 ejes de referencia para realizar las simulaciones: en el estudio número 1 se toman tres ejes que corresponden a los ejes cardinales norte  $0^\circ$  - sur  $180^\circ$ , este  $90^\circ$  - oeste  $270^\circ$  y  $45^\circ$ ; en el estudio número 2 se toma en cuenta los ejes de la vía Juan González ( $10^\circ$ ) y Juan Pablo Sanz ( $100^\circ$ ), esto debido a que en este predio ya se encuentra edificado.

Para el lugar de se toman se realizan las simulaciones se toman estas 5 orientaciones para poder así contrastar los resultados de dos predios ubicados en el mismo eje vial (Juan González).

Figura 35. Mapa de la zona centro norte de la ciudad de Quito y ejes del análisis.

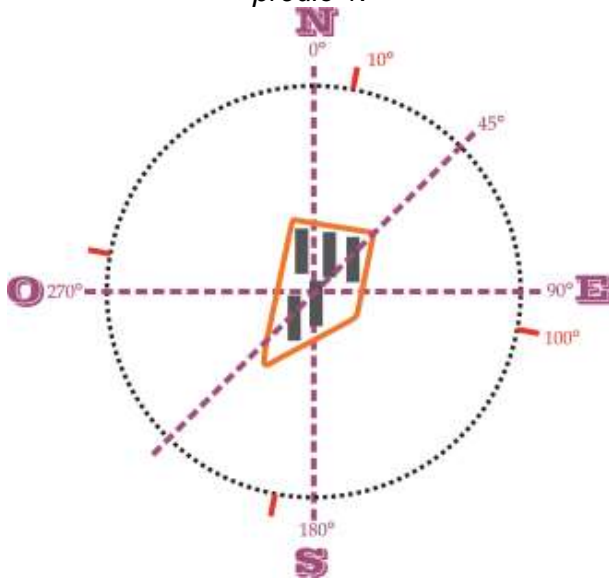


Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas.



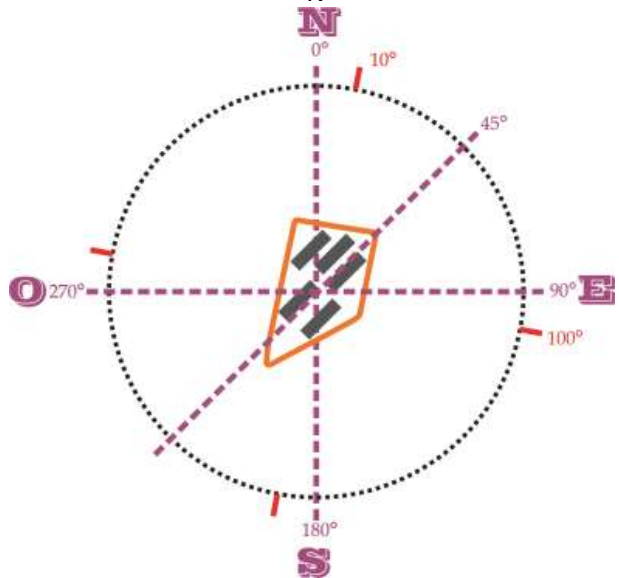
Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas.

Figura 36. Orientación Norte – Sur (0°) en predio 1.



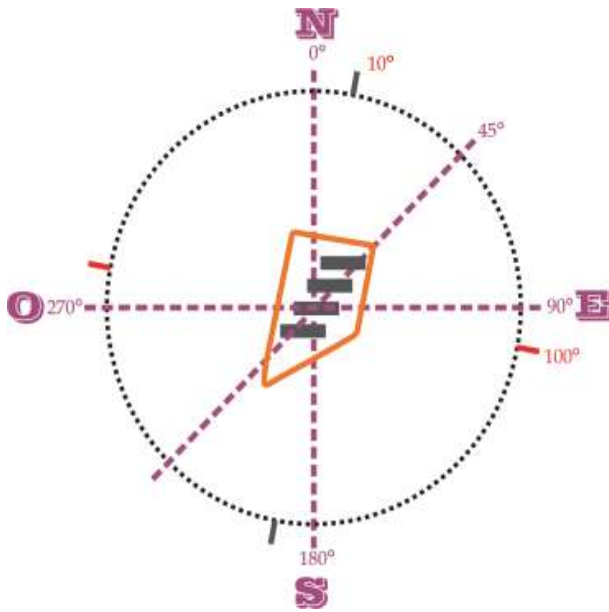
Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas.

Figura 37. Orientación Noreste (45°) en predio 1.



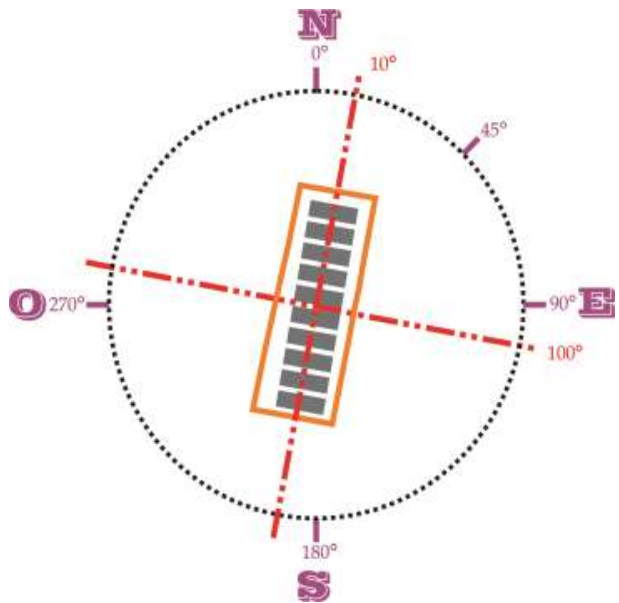
Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas.

Figura 38. Orientación Este – Oeste (90°) en predio 1.



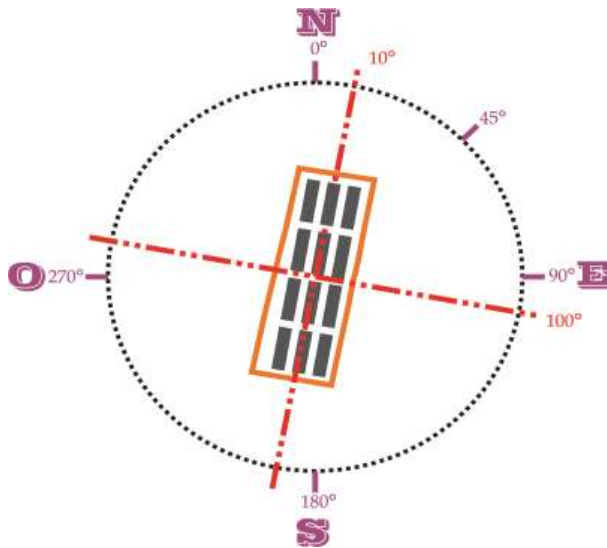
Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas.

Figura 39. Orientación 10° de acuerdo a ejes viales en predio 2.



Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas.

Figura 40. Orientación 100° de acuerdo a ejes viales en predio 2.



Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas.

### **4.3. Parámetros técnicos**

La siguiente tabla es un resumen de la compilación de diferentes manuales y normas internacionales que se realizan para que sirvan de punto de partida para realizar las simulaciones en los dos lugares de trabajo. Todo esto con el fin de realizar simulaciones con los mismos factores y así poder cotejar los resultados.

Tabla 10. Parámetros técnicos máximos y mínimos a considerar en Factor de Luz y Parámetros técnicos máximos y mínimos a considerar en Niveles de iluminación.

ACTIVIDAD	NIVEL DE ILUMINACIÓN (iluminancia) / E / lux (lx)		Relación luz trabajo - ambiente (UNE EN 12464-1)	DATOS OBTENIDOS EN SIMULACIONES		FACTOR DE LUZ		DATOS OBTENIDOS EN SIMULACIONES				DATOS OBTENIDOS EN SIMULACIONES		
	Exigencia visual	Sensación visual		Ei mínimo con Ee = 10.000 lux	Ei máximo con Ee = 100.000 lux	Iluminancia de áreas circundantes inmediatas (lux) /67% tarea principal	NIVEL DE ILUMINACIÓN (lux) mínimo	NIVEL DE ILUMINACIÓN (lux) máximo	FIN %	FACTOR DE LUZ (%) mínimo	FACTOR DE LUZ (%) máximo	FACTOR DE LUZ (%) mínimo	FACTOR DE LUZ (%) máximo	COMPONENTE CIELO (%) mínimo
Actividad detallada (cocina, aseo), iluminación zonal	Muy alta	Muy luminoso	> 1.000 lux	> 10.000 lux	670			> 10%					300%	
Trabajo en computadora	Alta	Luminoso	600 lux	6.000 lux	402			6%						
estancia, actividad media, iluminación general diurna oficina	Normal	Normal	300 lux	3.000 lux	201	182.23	597.26	3%	2.00%	5.00%	2.15%	7.03%	100%	0.66 5.49
reposo, actividad baja, iluminación general circulación	Baja	Oscuro	100 lux	1.000 lux	67			1%					30%	
	Muy baja	Muy oscuro	< 30 lux	< 1.000 lux				< 0.3%						

Fuente: Elaboración de tabla Arq. Natalia Vaca Rojas / parámetros obtenidos de: Guía Técnica – Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios – Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía / Manual de iluminación – Manuel Martin Monroy – Universidad de Las Palmas de Gran Canaria / Ergonomía 4 El trabajo en oficinas – Pedro R. Mondelo

#### 4.4. Parámetros espaciales

Ahora bien, una vez realizado todo el análisis previo y las consideraciones de orientación, se toma en cuenta los parámetros mencionados en el capítulo 2 de este documento para proponer un espacio tipo de oficina, donde como referencia se toma el factor crítico de uniformidad donde señala que la distancia del fondo de un local (F), no debería ser mayor del doble de la altura del dintel (D), es decir:  $F < 2 D$ " (Martin, 2008).; por lo antes expuesto el espacio tiene las siguientes características:

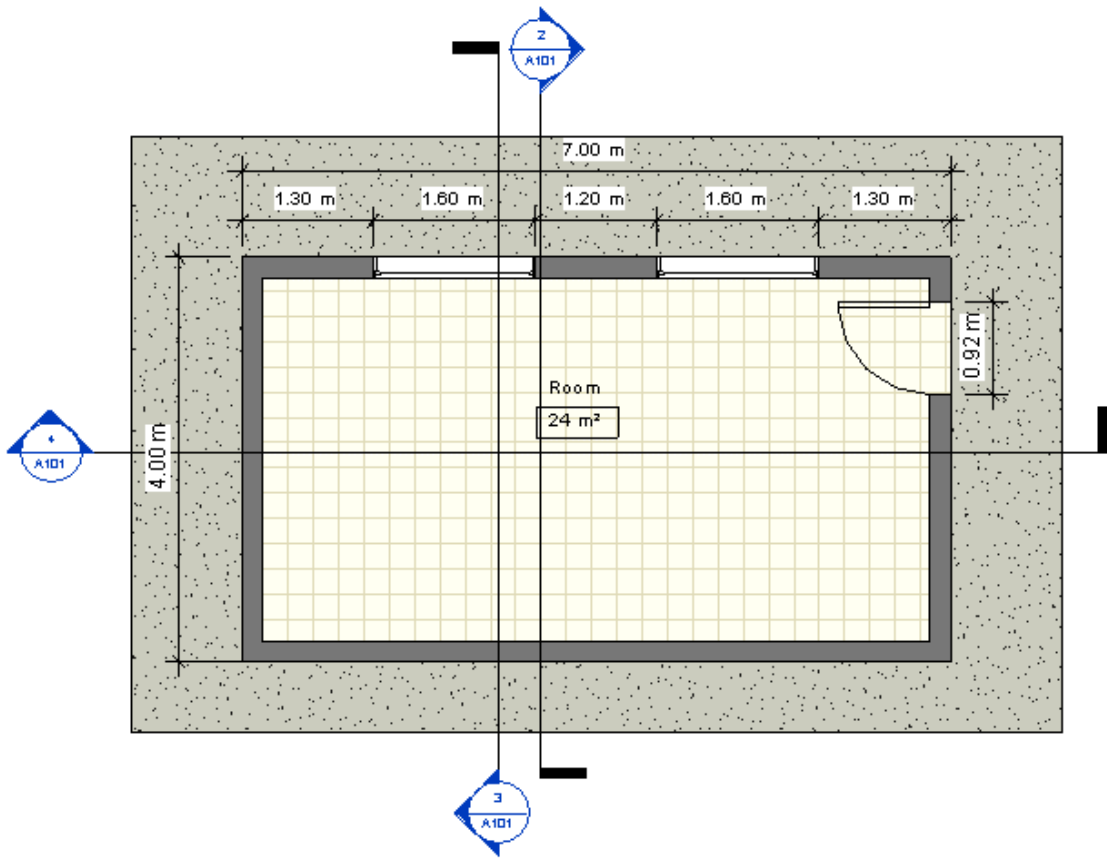
Tabla 11. Características físicas del espacio a analizar.

CARACTERÍSTICAS DE OFICINA TIPO			
	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)
Dimensiones (m):	7	4	3
Área (m <sup>2</sup> ):		28	
Volumen (m <sup>3</sup> ):		84	
Paredes:	bloque de 20 cm / enlucido con mortero 2 cm / empaste 5 mm		
Piso:	Losas de hormigón 20 cm / revestimiento de porcelanato claro		
Tumbado:	Cielo falso tipo gypsum color blanco		
Dimensiones de ventanas (m):	1.6	1.5	0.7
Área de ventana (m <sup>2</sup> ):		2.4	
Espesor:		6 mm	
Tipo de vidrios:		vidrio claro	

Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas.

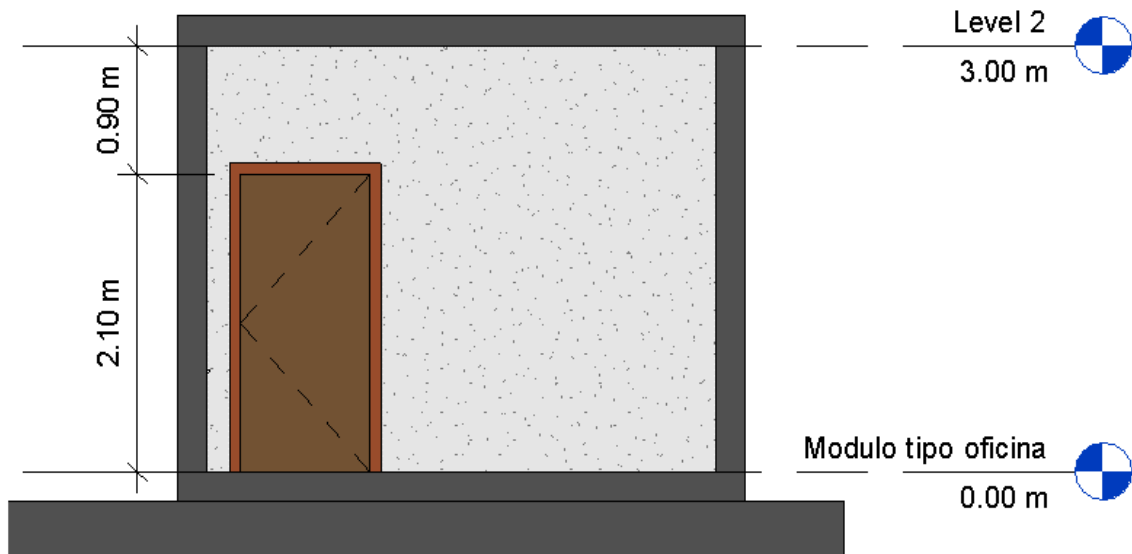
Este espacio tipo que se utilizara en los dos predios a realizar las simulaciones y tomando en cuenta las 5 orientaciones planteadas anteriormente, se puede observar en la siguiente figura:

Figura 41. Planta tipo de espacio de oficina.



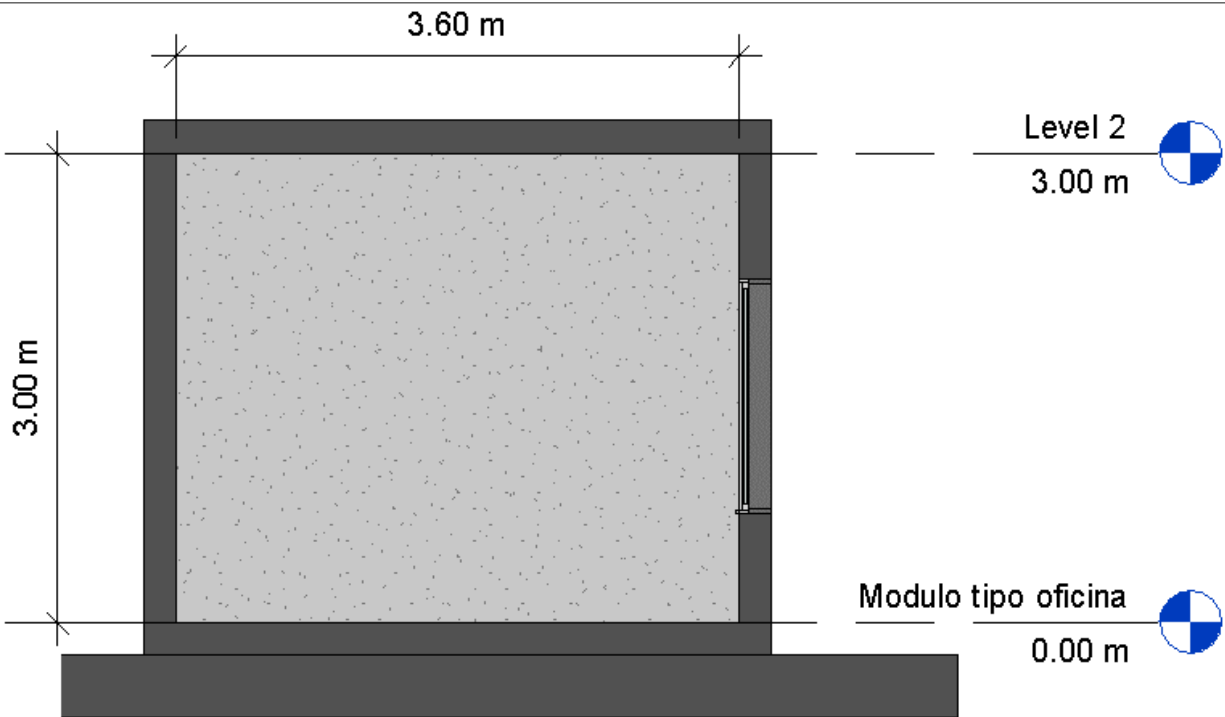
Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas.

Figura 42. Corte 1 de espacio de oficina.



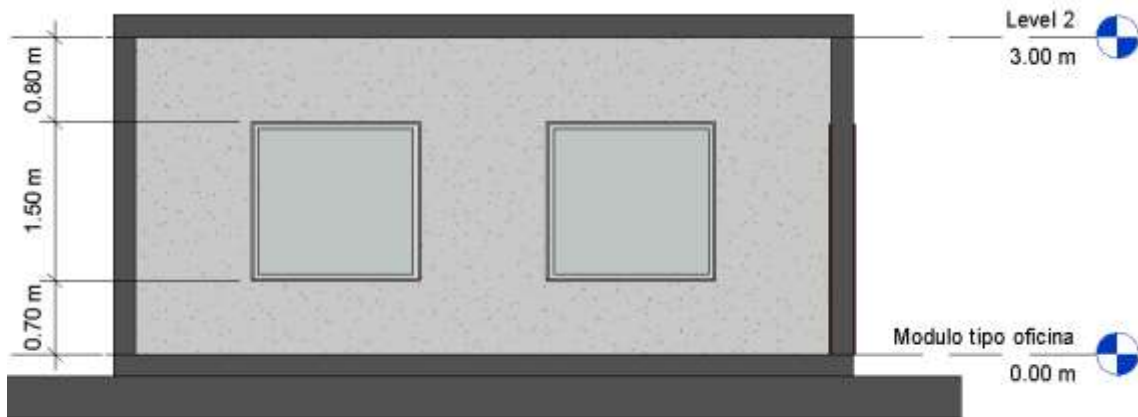
Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas.

Figura 43. Corte 2 de espacio de oficina.



Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas.

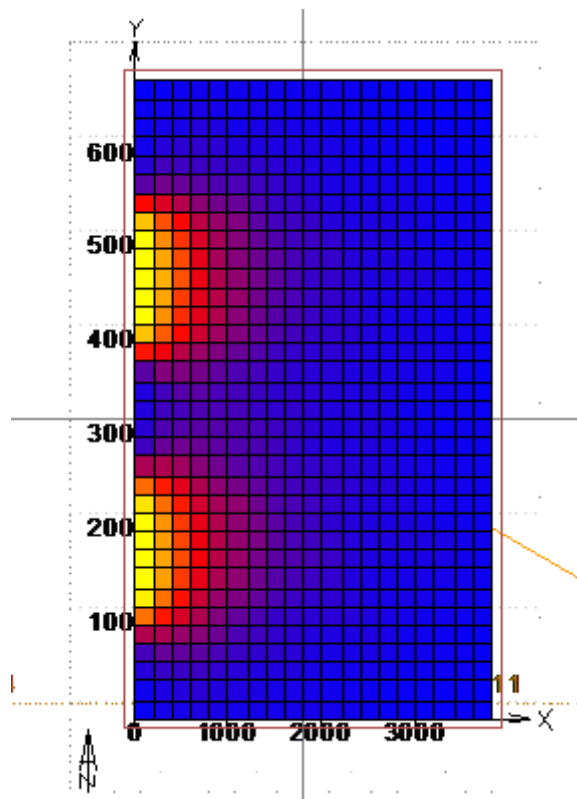
Figura 44. Corte 3 de espacio de oficina.



Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas.

Por otro lado, para definir las cuatro fechas en las que se realizará la simulación, se toma como referencia los solsticios y equinoccios, ya que son los puntos máximos de luminosidad, permitiendo así que se puedan realizar promedios aplicables a lo largo del año.

Figura 45. Malla de 700 nodos con la cual se tabulan los datos en el programa Ecotec, vista en planta.



Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas, obtenido de programa Ecotect.

Tabla 12. Datos que se consideraron para las simulaciones.

FECHA	HORA	LIMPIEZA VIDRIO	ORIENTACIÓN				
			este -oeste	noreste	norte -sur	noreste	sureste
21-mar	9:00						
Equinoccio de primavera	12:00 16:00						
21-jun	9:00						
Solsticio de verano	12:00 16:00						
21-sep	9:00	X (0.90)	90°	45°	0°	10°	100°
Equinoccio de otoño	12:00 16:00						
21-dic	9:00						
Solsticio de invierno	12:00 16:00						

Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas.

## CAPITULO 5: METODOLOGÍA

Para el presente estudio, se realizarán simulaciones en el programa de Autodesk Ecotect el que fue diseñado para realizar análisis de la energía de los edificios, información para estrategias de diseño sostenible. Permite ingresar valores específicos de acuerdo a la ubicación del proyecto, lo que facilita realizar simulaciones con distintas variables y, de este modo, obtener factores de luz y niveles de iluminación en diferentes puntos la mejor estrategia de iluminación en los espacios de oficinas.

Al determinar mediante un mapa de las zonificaciones elaborado por la Secretaria de Territorio, Hábitat y Vivienda del Municipio de Quito, encontramos que en la zona centro – norte de la ciudad se implantan la mayor cantidad de edificios de oficinas tomando en cuenta que es una zonificación múltiple.

Se toman dos predios de la zona antes mencionada, el objetivo es contar con datos de un edificio existente implantado en función, el predio uno a los ejes viales norte - sur (Juan González) y este – oeste (Juan Pablo Sanz); y el predio dos sin construir en los ejes ejes cardinales norte  $0^\circ$  - sur  $180^\circ$ , este  $90^\circ$  - oeste  $270^\circ$  y  $45^\circ$ .

Se adopta un espacio tipo con las mismas dimensiones y características para interpolar los resultados de los factores de luz, iluminación y tipo de cielo, todo esto en función de las orientaciones propuestas en el presente estudio.

Si bien es cierto que para conseguir un espacio confortable se debe tomar en cuenta varios factores, en este análisis se tomará únicamente en cuenta el confort visual en los espacios de oficinas, por lo que es importante tener parámetros que se puedan aplicar a la ciudad de Quito, lugar del presente estudio.

Para el predio uno al no estar edificado se toman tres orientaciones: Norte – Sur ( $0^\circ$ ), Noreste ( $45^\circ$ ) Este – Oeste ( $90^\circ$ ); para en predio dos el que se encuentra construido el espacio de oficinas se toman dos orientaciones:  $10^\circ$  y  $100^\circ$  de acuerdo a ejes viales.

El programa Ecotect realiza simulaciones de niveles de iluminación natural (factores de luz y niveles de iluminación), para esto es necesario seleccionar varias condicionantes solicitadas

por el programa de acuerdo a la ciudad donde se realiza el estudio; los mismos son: tipo de cielo nublado (CIE Overcast Sky) con una iluminación de 8500 lux de acuerdo a lo que se encuentra establecido en las Normas Técnicas del Ecuador, siendo este el promedio a lo largo del año; factor de limpieza del vidrio seleccionando el factor promedio (average x0.90), el tipo de cálculo se realiza a través del análisis de una grilla.

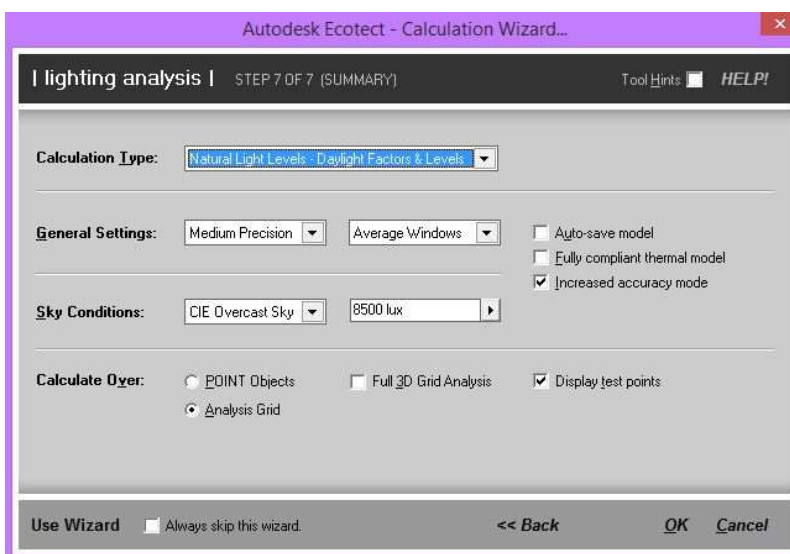
Las variables que se manejan a lo largo del día en los dos modelos son: las horas del día que se encuentran habitados los espacios de oficinas, tomándose a las 9:00 am, 12:00 pm y 16:00 pm y los solsticios y equinoccios; sin embargo las orientaciones son los únicos datos que modifican en los dos modelos, permitiendo así realizar el análisis de las mejores para obtener los factores de luz y niveles de iluminación óptima para estos espacios.

Una vez obtenidos los resultados de los factores se tabulan de acuerdo a los datos antes mencionados y mediante gráficos se puede observar en cada uno de los factores cual ha sido la variación y las posibles estrategias de diseño.

Por otro lado, debido a que en el país no se encuentran datos específicos sobre la iluminación natural, datos requeridos en la presente investigación, se ha tomado en cuenta las referencias utilizadas en parámetros internacionales.

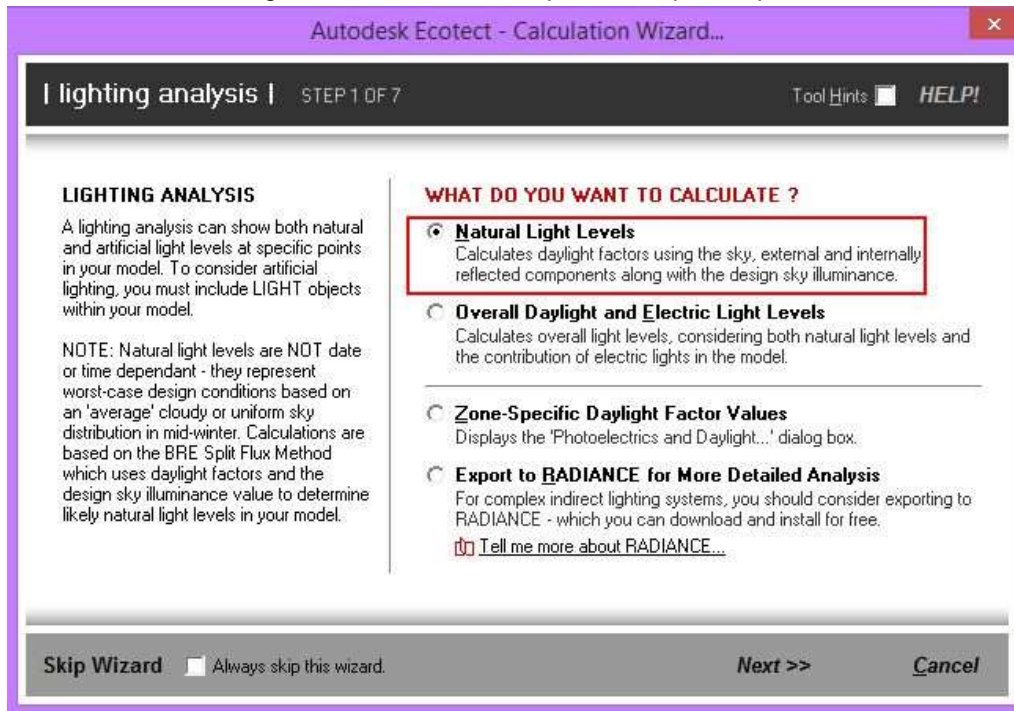
## CAPITULO 6: SIMULACIONES

Figura 46. Resumen de los parámetros a utilizar en la simulación.



Fuente: programa Ecotect.

Figura 47. Análisis de luz para un espacio tipo.

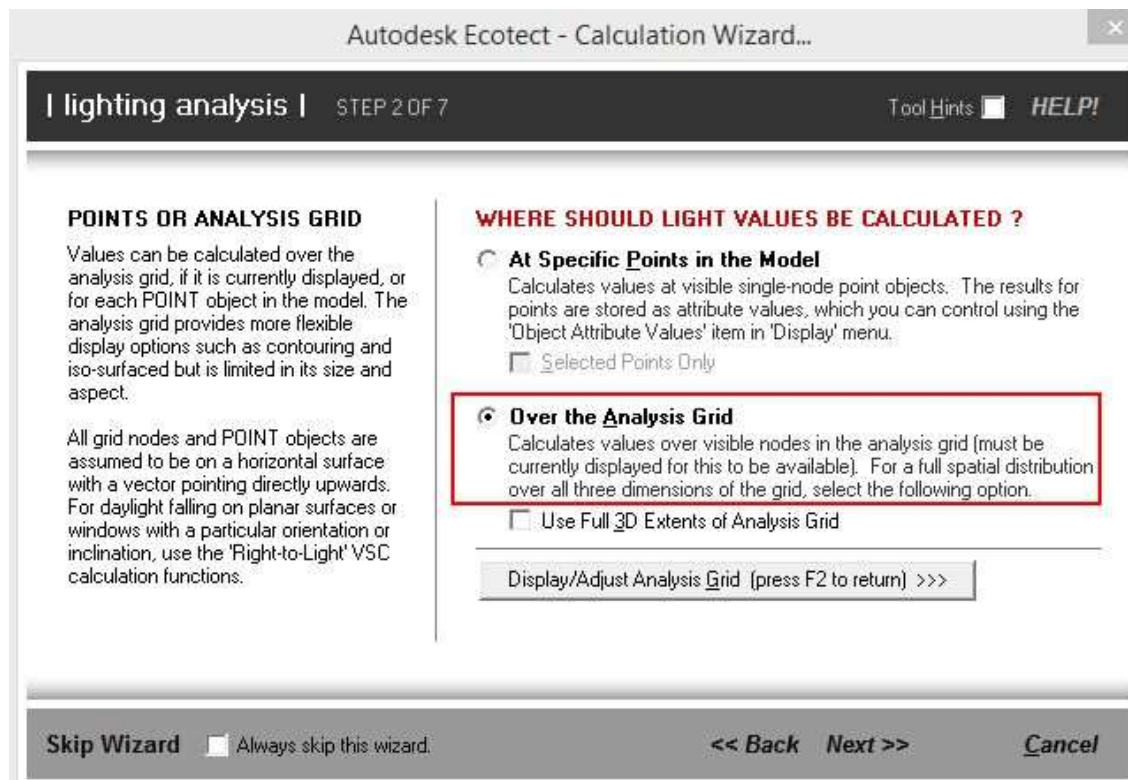


Fuente: Obtenido de programa Ecotect Autodesk

Nota: Calcula los factores de la luz del día utilizando el cielo, los componentes externos e internos reflejados junto con la iluminación del diseño del cielo.

Un análisis de luz puede mostrar niveles de luz natural y artificial en puntos específicos de su modelo. Por ello, para tener en cuenta la iluminación artificial, debe incluir objetos de luz dentro de su modelo. Vale anotar que los niveles de luz natural no dependen de la fecha ni la hora, ya que representan las condiciones de diseño más desfavorables basadas en una distribución de cielo nublado o uniforme "promedio" a mediados del invierno. Los cálculos se basan en el método de flujo dividido BRE, que utiliza factores de luz diurna y el valor de iluminación del cielo de diseño para determinar los niveles de luz natural probables en su modelo (Autodesk, 2011).

Figura 48. Análisis de puntos de cuadrícula de espacio tipo.



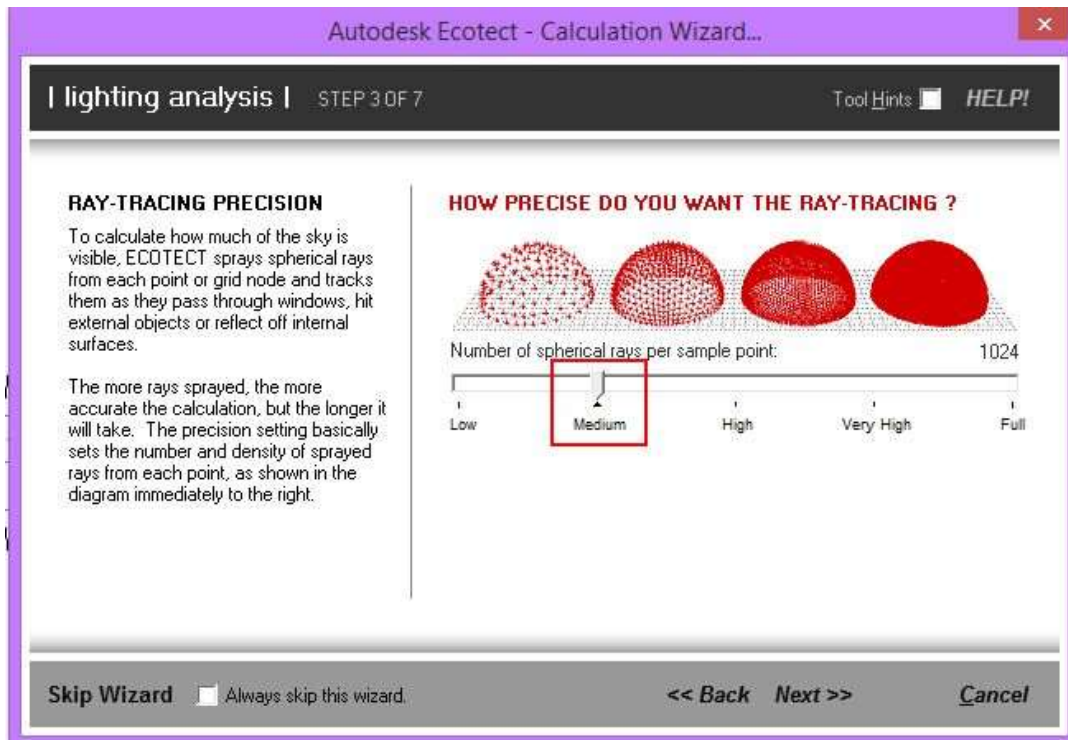
Fuente: Obtenido de programa Ecotect Autodesk.

*Nota: Sobre la rejilla de análisis, calcula los valores sobre los nodos visibles en la cuadrícula de análisis (debe mostrarse actualmente para que esto esté disponible). Para una distribución espacial completa en las tres dimensiones de la cuadrícula, seleccione la siguiente opción.*

## 6.1. Puntos o cuadrícula de análisis

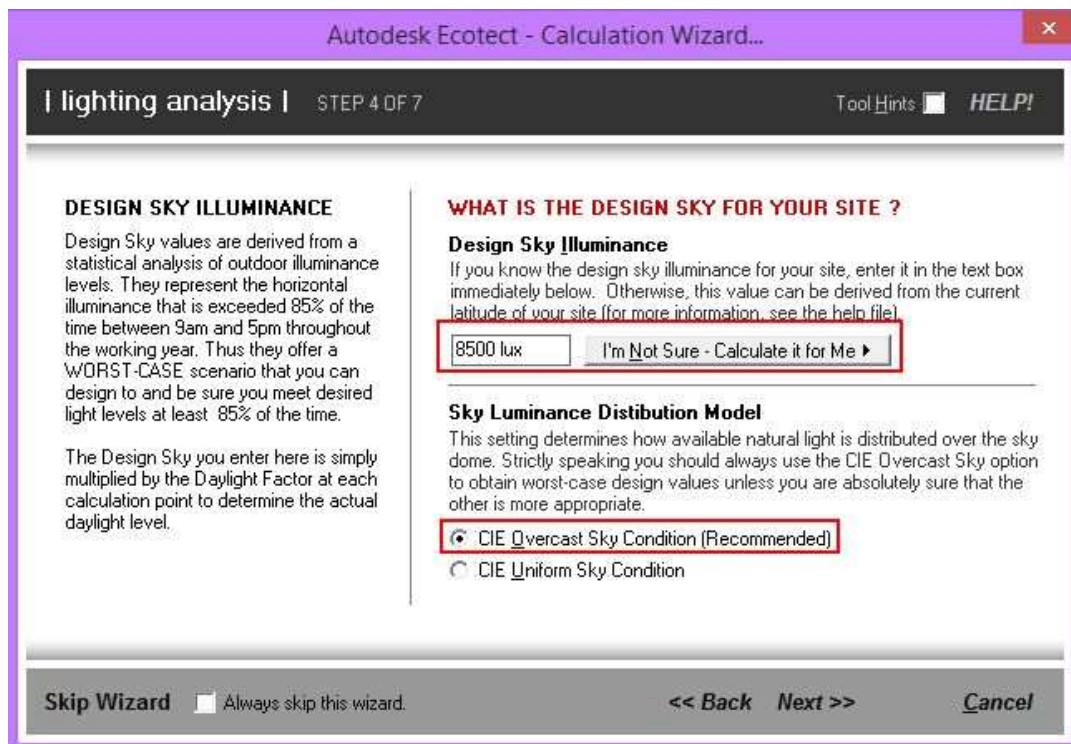
Los valores en cuestión pueden calcularse sobre la cuadrícula de análisis, siempre y cuando se muestre actualmente; además, pueden calcularse para cada objeto *punto* en el modelo. La cuadrícula de análisis proporciona opciones de visualización más flexibles, como contornos y superficies, pero, a la vez, está limitada en su tamaño y aspecto. Para ello, es necesario que todos los nodos de la cuadrícula y los objetos *punto* se encuentren en una superficie horizontal con un vector que apunte directamente hacia arriba. Así, para la luz del día que cae sobre superficies planas o ventanas con una orientación o inclinación particular, se requiere de las funciones de cálculo VSC "Luz derecha" (Autodesk, 2011).

Figura 49. Número de rayos en simulación.



Fuente: Obtenido de programa Ecotect Autodesk.

Figura 50. Análisis diseño de cielo.



Fuente: Obtenido de programa Ecotect Autodesk.

## **6.2. Diseño de iluminación del cielo**

Sobre los valores del cielo de diseño hay que anotar que se derivan de un análisis estadístico de los niveles de iluminación exterior; estos representan la iluminación horizontal que se excede el 85% del tiempo entre las 9 am y las 5 pm a lo largo del año laboral. Por lo tanto, ofrecen un escenario de *peor caso* para el respectivo diseño, con lo cual se puede asegurar el cumplimiento de los niveles de luz deseados al menos el 85% del tiempo. El cielo de diseño que ingresa aquí se multiplica simplemente por el Factor de luz diurna en cada punto de cálculo para determinar el nivel de luz diurna real (*Autodesk, 2011*).

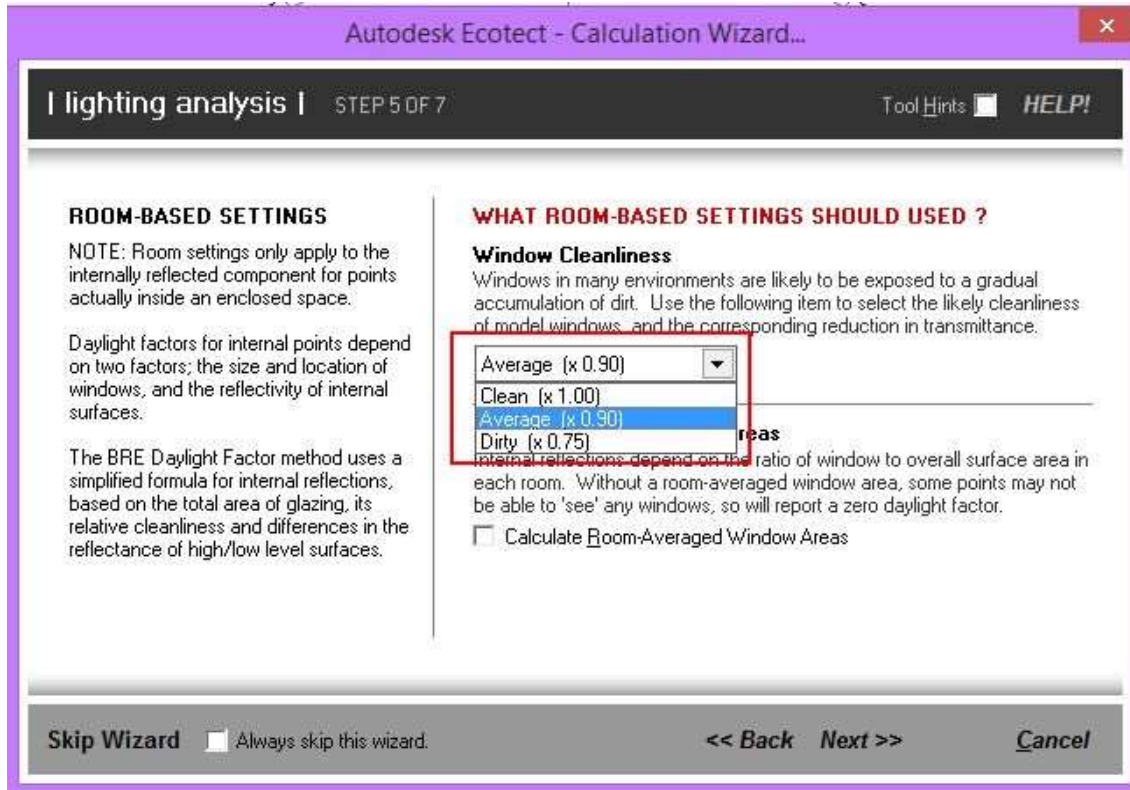
## **6.3. Opción de Diseño de iluminación del cielo**

Una vez que se conozca el diseño de iluminación del cielo para el sitio requerido, se debe ingresar dicho diseño en el cuadro de texto que se encuentra inmediatamente debajo; de lo contrario, los valores del diseño pueden obtenerse automáticamente de la latitud actual de su sitio (*Autodesk, 2011*).

## **6.4. Modelo de distribución de luminancia del cielo**

Esta configuración determina cómo se distribuye la luz natural disponible sobre la cúpula del cielo. Aquí, siempre debe usar la opción CIE Overcast Sky para obtener valores de diseño en el peor de los casos, a menos que esté absolutamente seguro de que la otra elección es más apropiada (*Autodesk, 2011*).

Figura 51. Parámetro de limpieza de vidrio.



Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

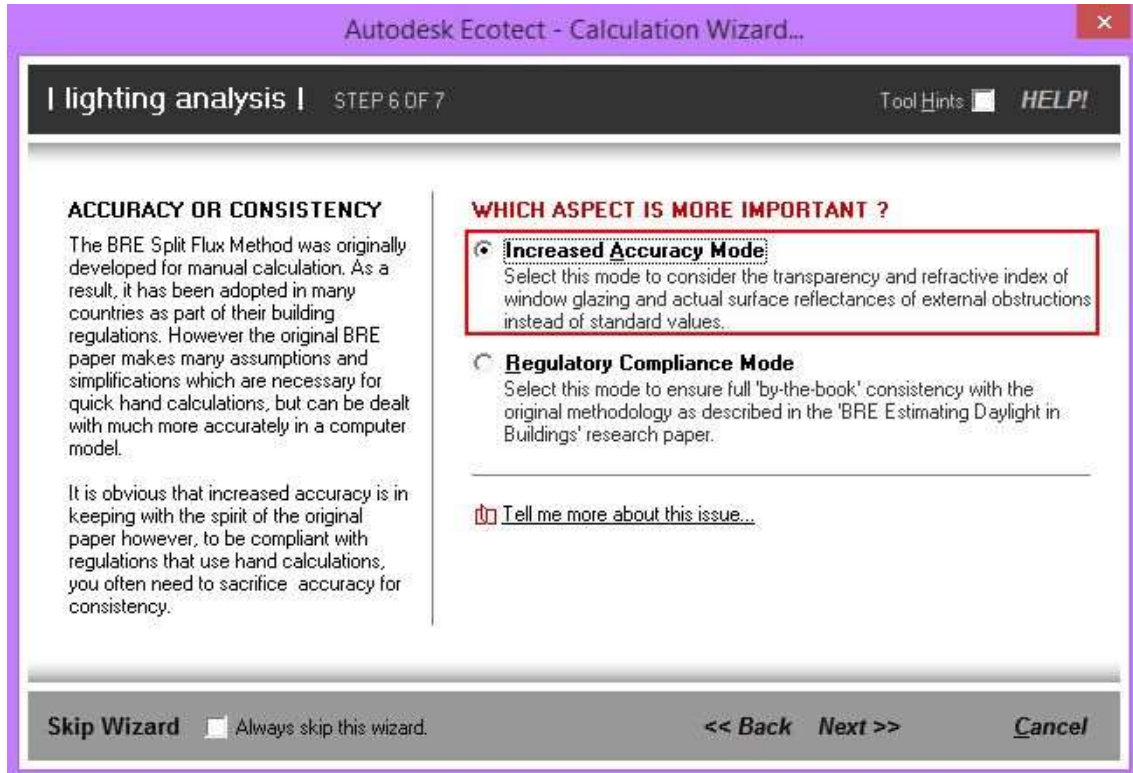
## 6.5. Ajustes en habitaciones

En este punto hay que indicar que la configuración de la habitación solo se aplica al componente reflejado internamente para los puntos que realmente se insertan en un espacio cerrado. Los factores de la luz del día para los puntos internos dependen de dos factores: el tamaño y la ubicación de las ventanas; y la reflectividad de las superficies internas. El método BRE Daylight Factor utiliza una fórmula simplificada para reflexiones internas, basada en el área total de acristalamiento, su limpieza relativa y las diferencias en la reflectancia de las superficies de alto / bajo nivel (Autodesk, 2011).

## 6.6. Limpieza de ventanas

Es probable que las ventanas en muchos entornos estén expuestas a una acumulación gradual o suciedad. Aquí, hay que utilizar el siguiente elemento para seleccionar la limpieza probable de las ventanas del modelo y la reducción correspondiente en la transmisión (Autodesk, 2011):

Figura 52. Análisis de exactitud.

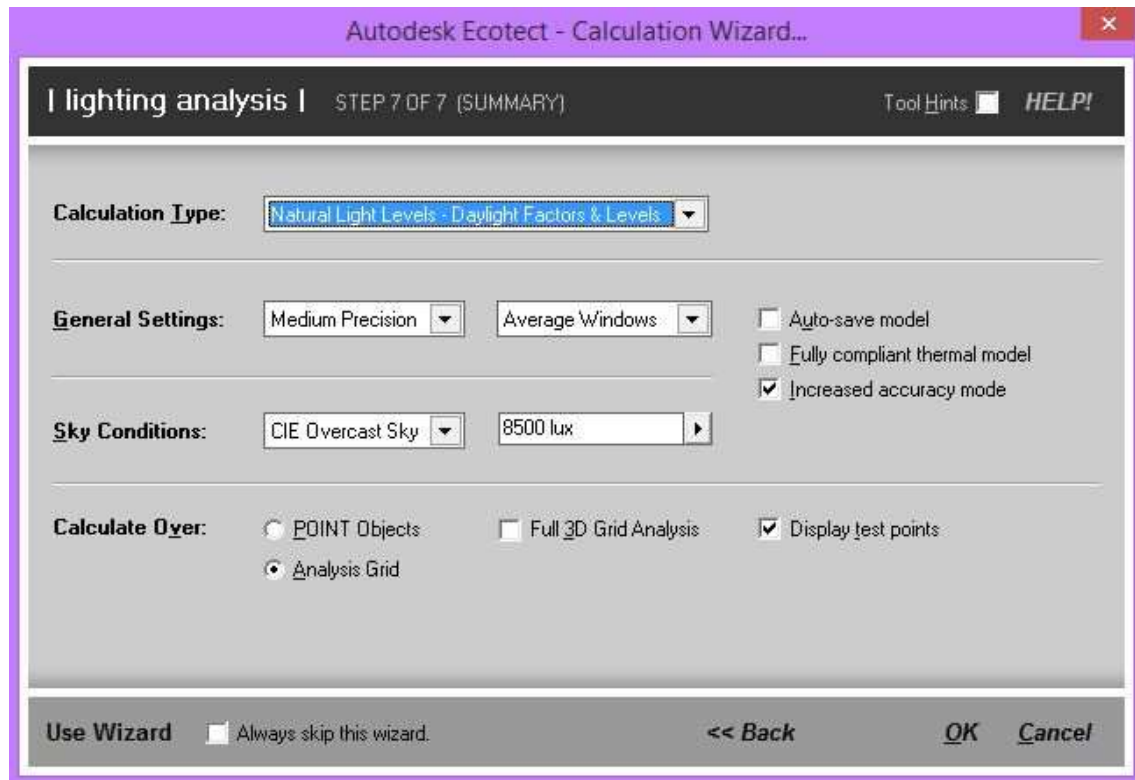


Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

## 6.7. Exactitud o constancia

El método de flujo dividido BRE se desarrolló originalmente para el cálculo manual. Como resultado, ha sido adoptado en muchos países como parte de sus regulaciones de construcción. Sin embargo, el papel BRE original hace muchas suposiciones y simplificaciones que son necesarias para cálculos manuales rápidos, pero se pueden tratar con mayor precisión en un modelo de computadora. Es obvio que una mayor precisión está en sintonía con el espíritu del artículo original; sin embargo, para cumplir con las regulaciones que utilizan los cálculos manuales, a menudo es necesario sacrificar la precisión por la coherencia (Autodesk, 2011).

Figura 53. Resumen de los parámetros a utilizar en la simulación.

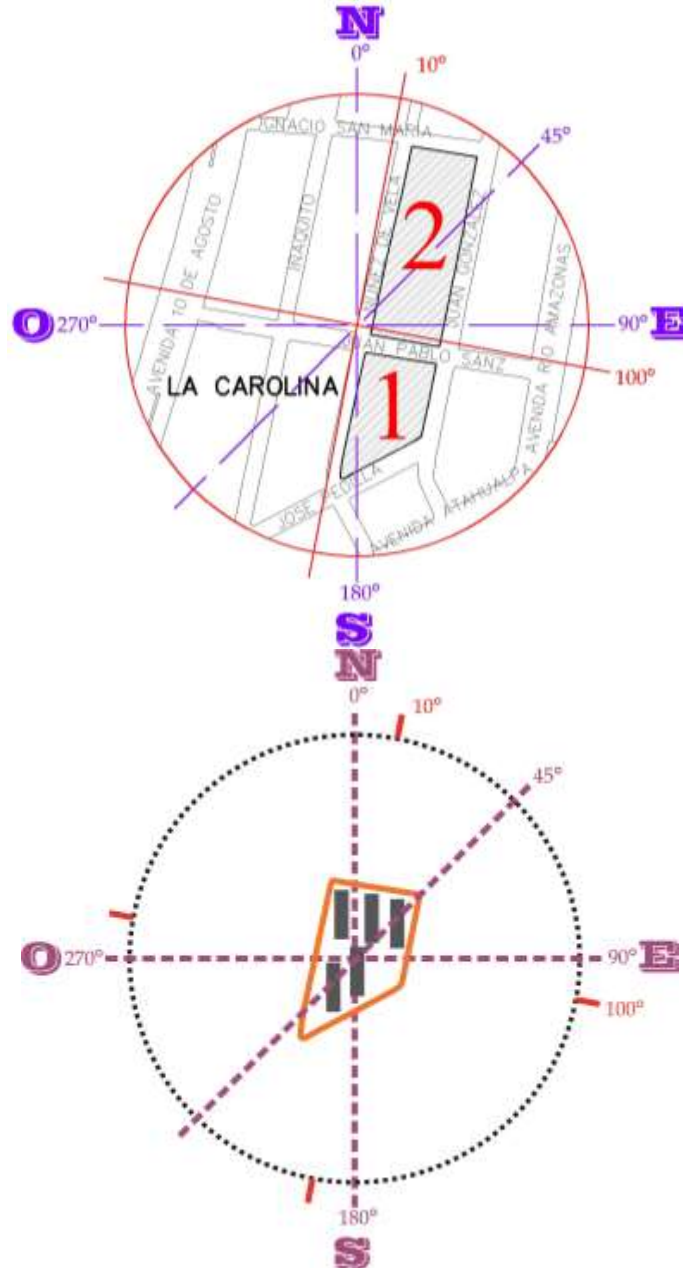


Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

## CAPITULO 7: RESULTADOS

Una vez realizas las simulación se procede a tabular los datos obtenidos en programa Ecotec correspondientes a: factor de luz, nivel de luz, componente cielo.

Figura 54. Orientación Norte – Sur (0°) en predio 1.

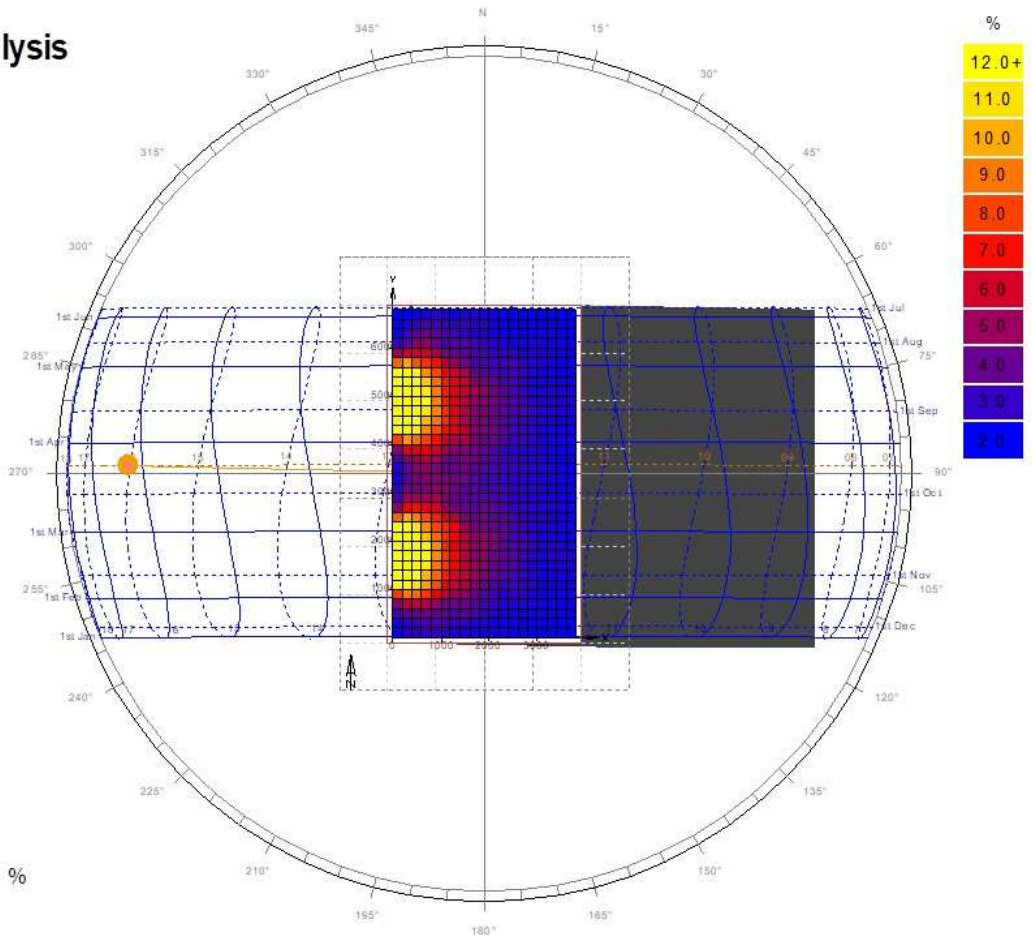


Fuente: Obtenido de programa Ecotec.

Figura 55. Análisis de iluminación de módulo norte-sur.

### Daylight Analysis

Daylight Factor  
Value Range: 2 - 12 %  
© ECOTECH v5

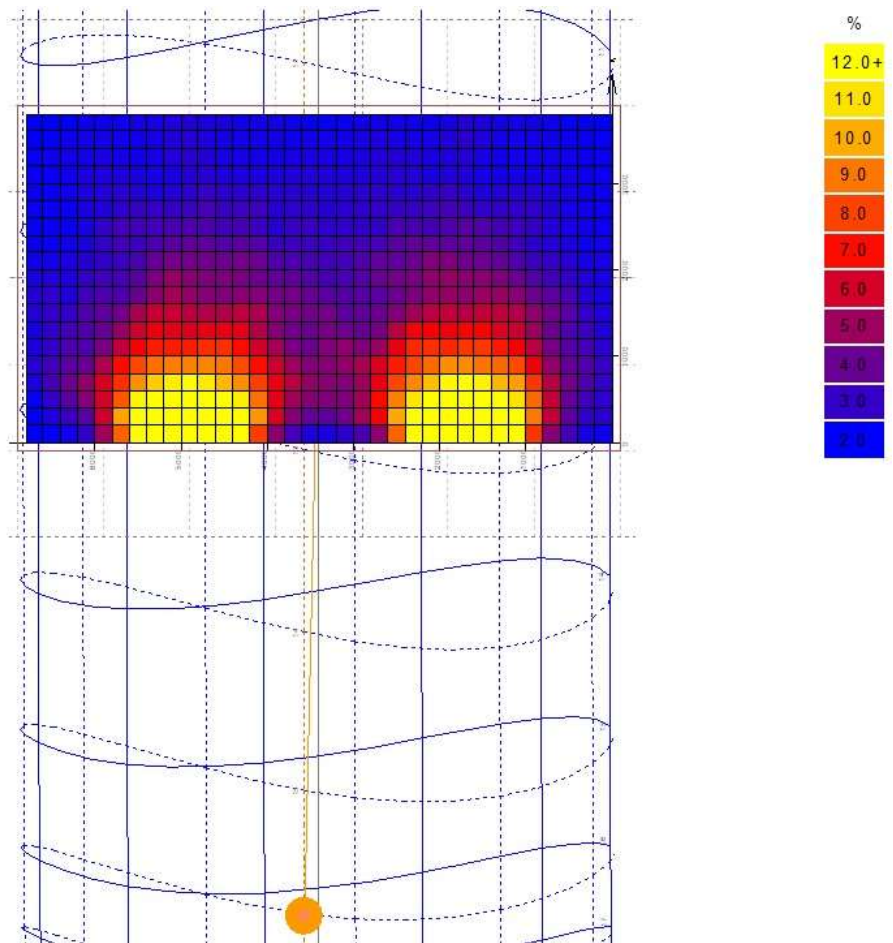


Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

Figura 56. Análisis de iluminación de módulo norte-sur, vista en planta de espacio tipo.

### Daylight Analysis

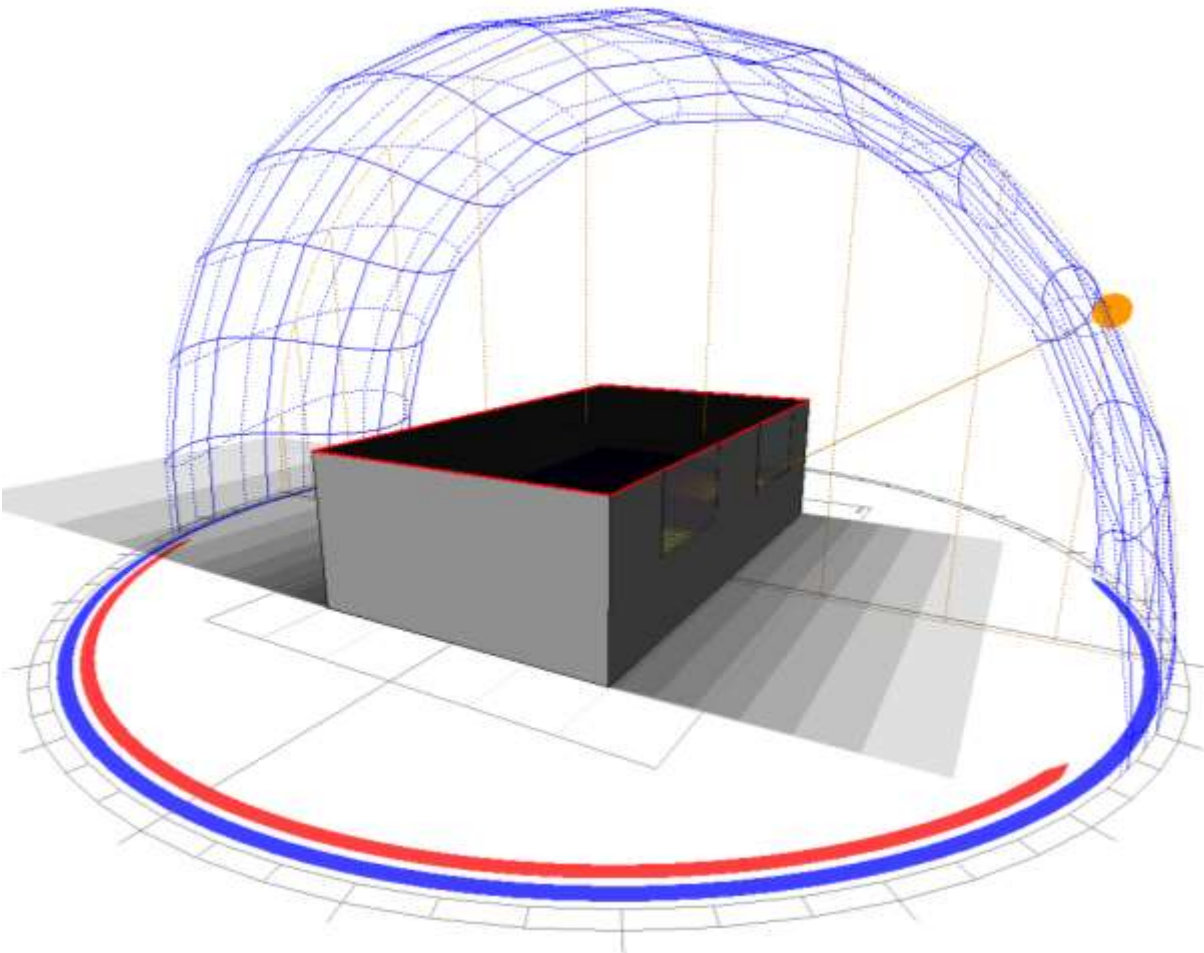
Daylight Factor  
Value Range: 2 - 12 %  
© ECOTECT v5



Average Value: 4.54 %  
Visible Nodes: 700

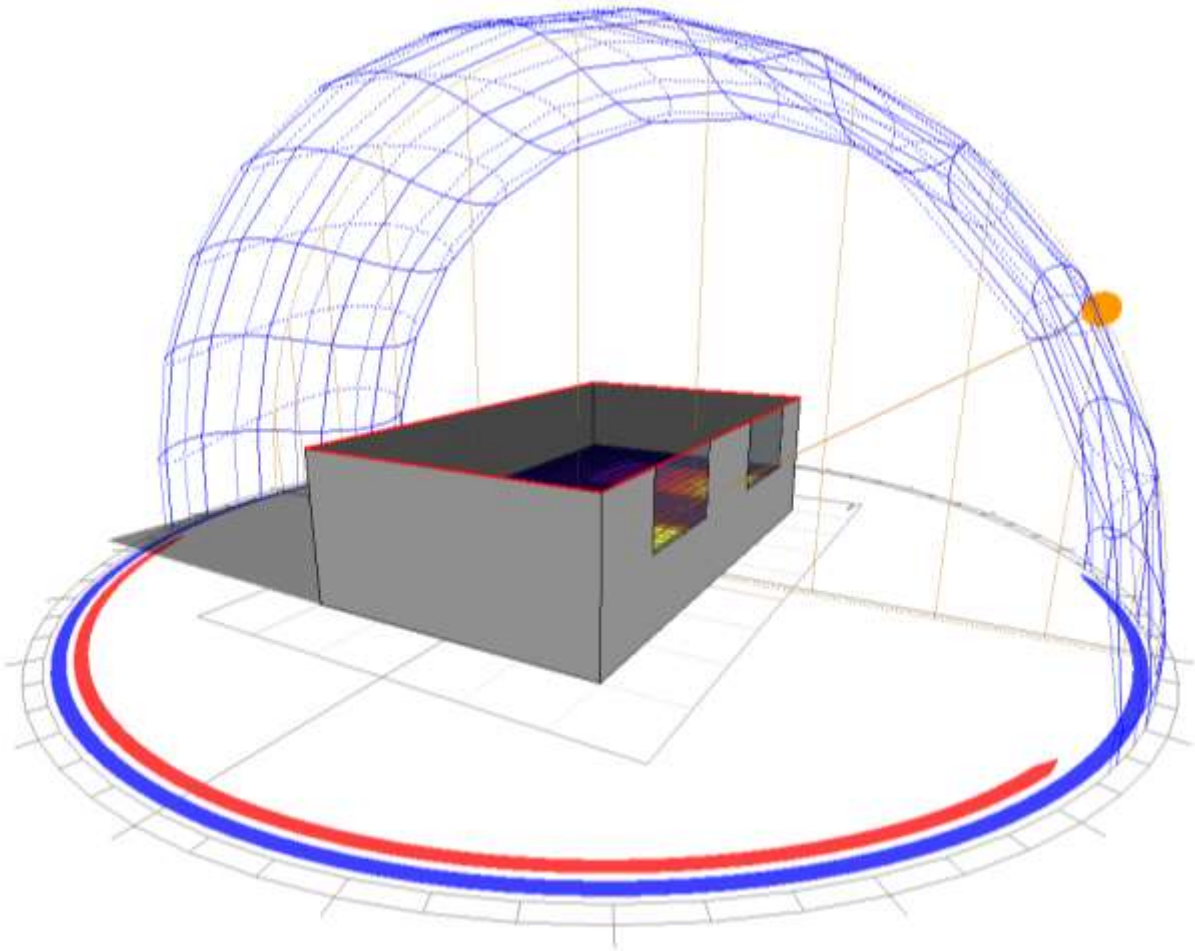
Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

Figura 57. Análisis de iluminación de módulo norte-sur, vista en isometría de espacio tipo.



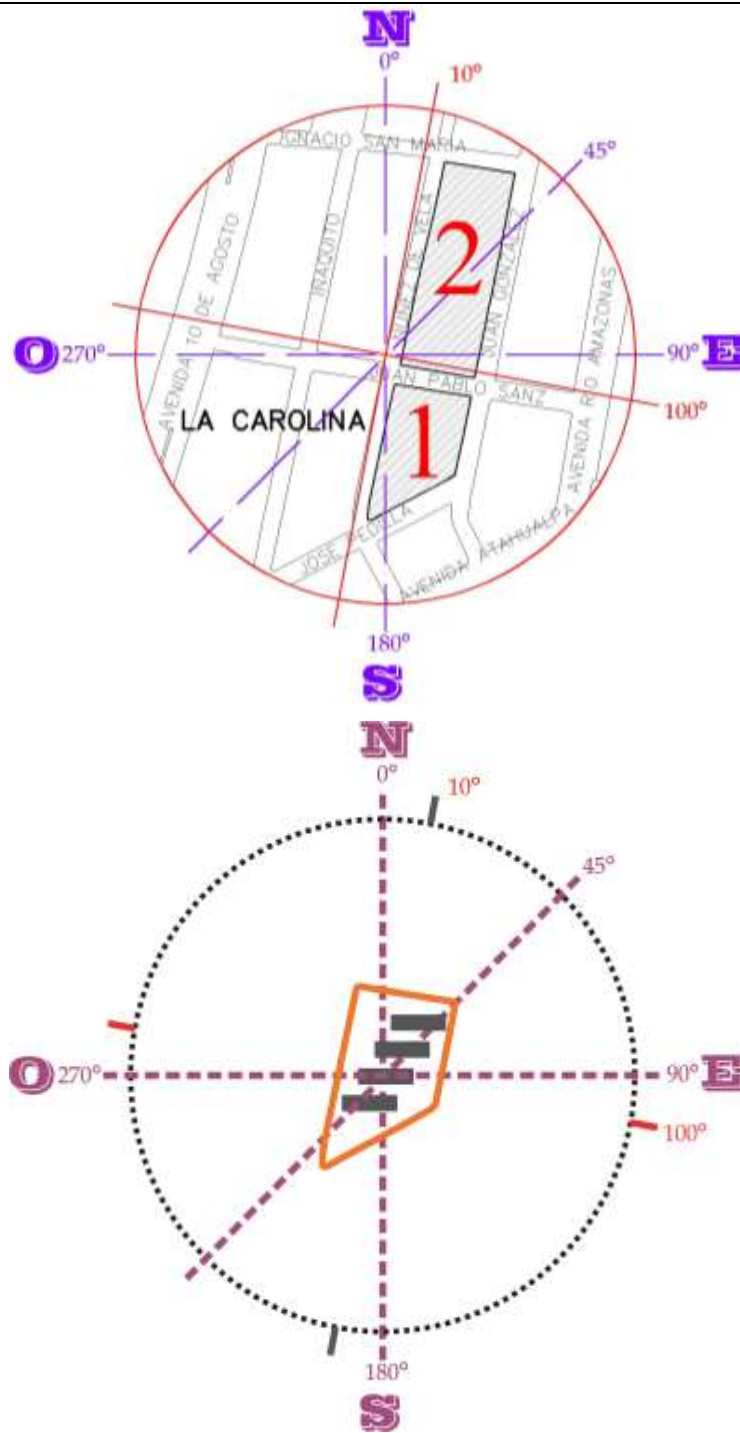
Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

Figura 58. Análisis de iluminación de modulo norte-sur, vista en isometría de espacio tipo.



Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

Figura 59. Orientación Este – Oeste (90°) en predio 1.



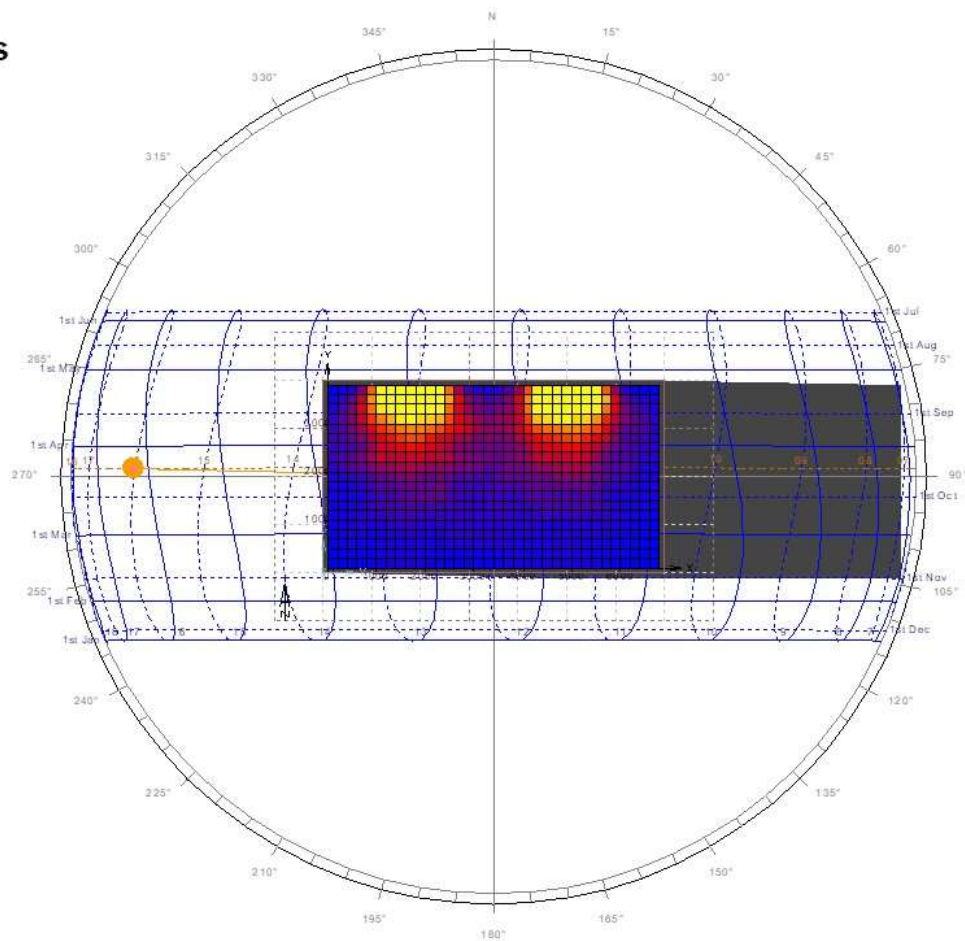
Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

Figura 60. Análisis de iluminación de modulo este-oeste, vista en planta de espacio tipo.

### Daylight Analysis

Daylight Factor  
Value Range: 2 - 12 %  
© ECOTEECT v5

Average Value: 4.54 %  
Visible Nodes: 700  
%



Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

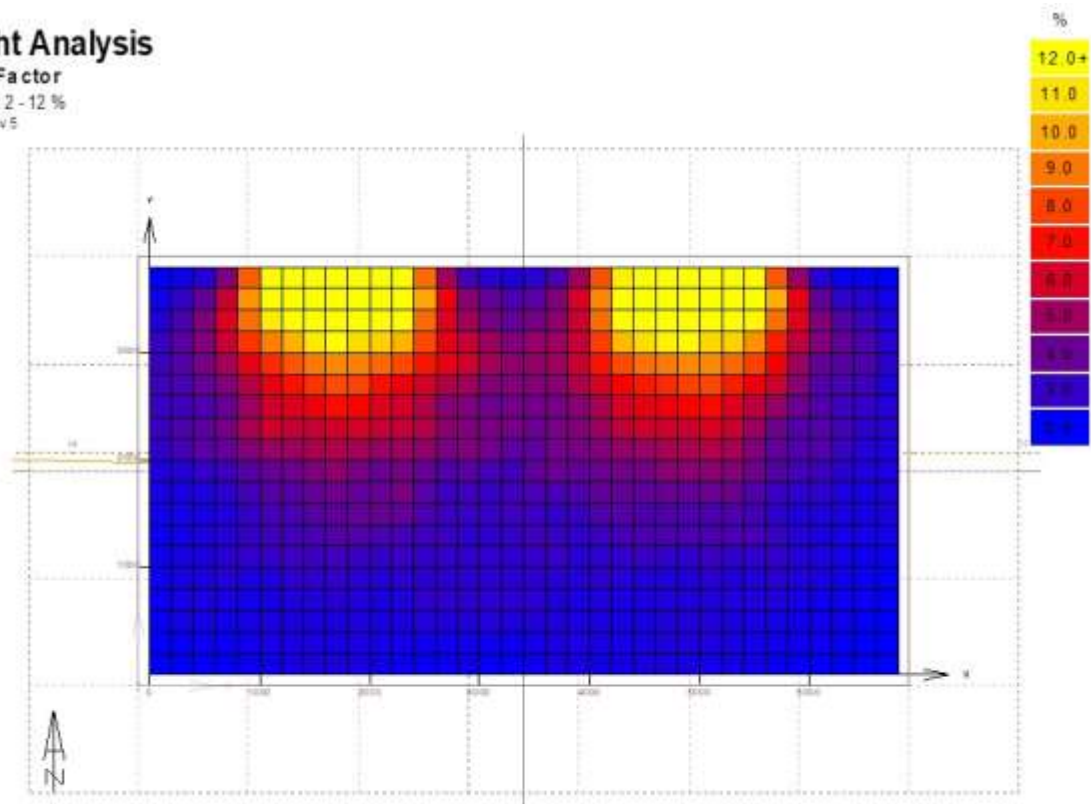
Figura 61. Análisis de iluminación de modulo este-oeste, vista en planta de espacio tipo.

### Daylight Analysis

Daylight Factor

Value Range: 2 - 12 %

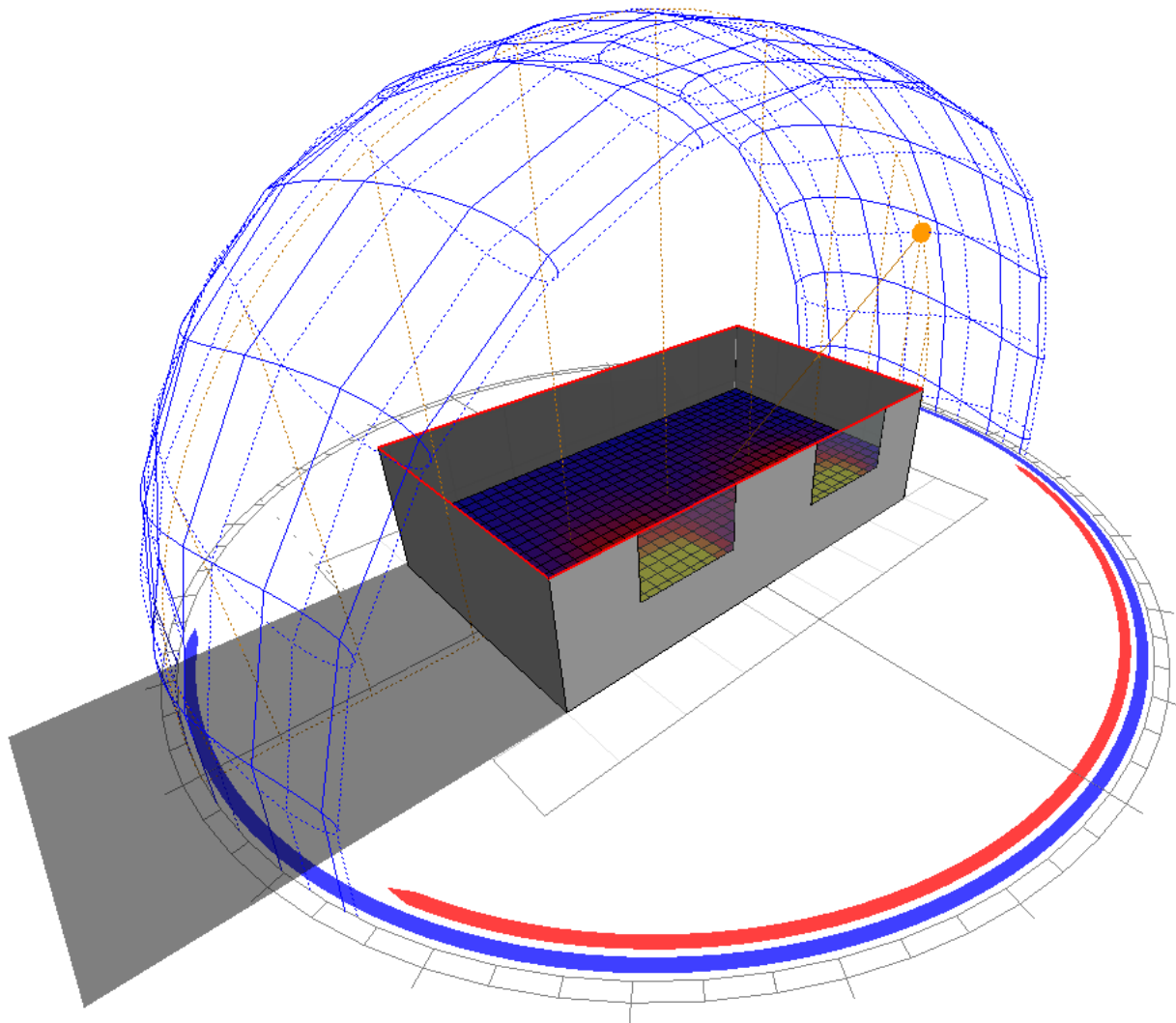
© ECOTECT v5



Average Value: 4.54 %  
Visible Nodes: 700

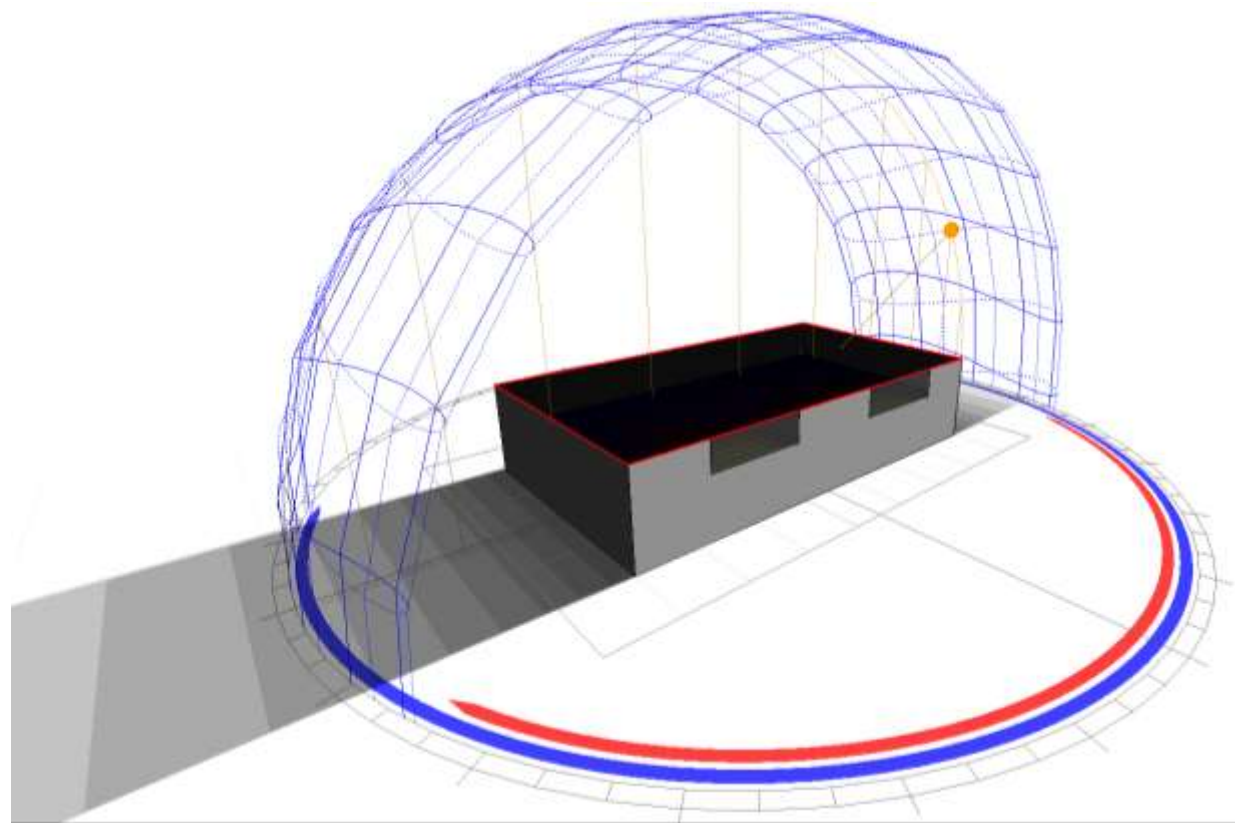
Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

Figura 62. Análisis de iluminación de módulo este-oeste, vista en isometría de espacio tipo.



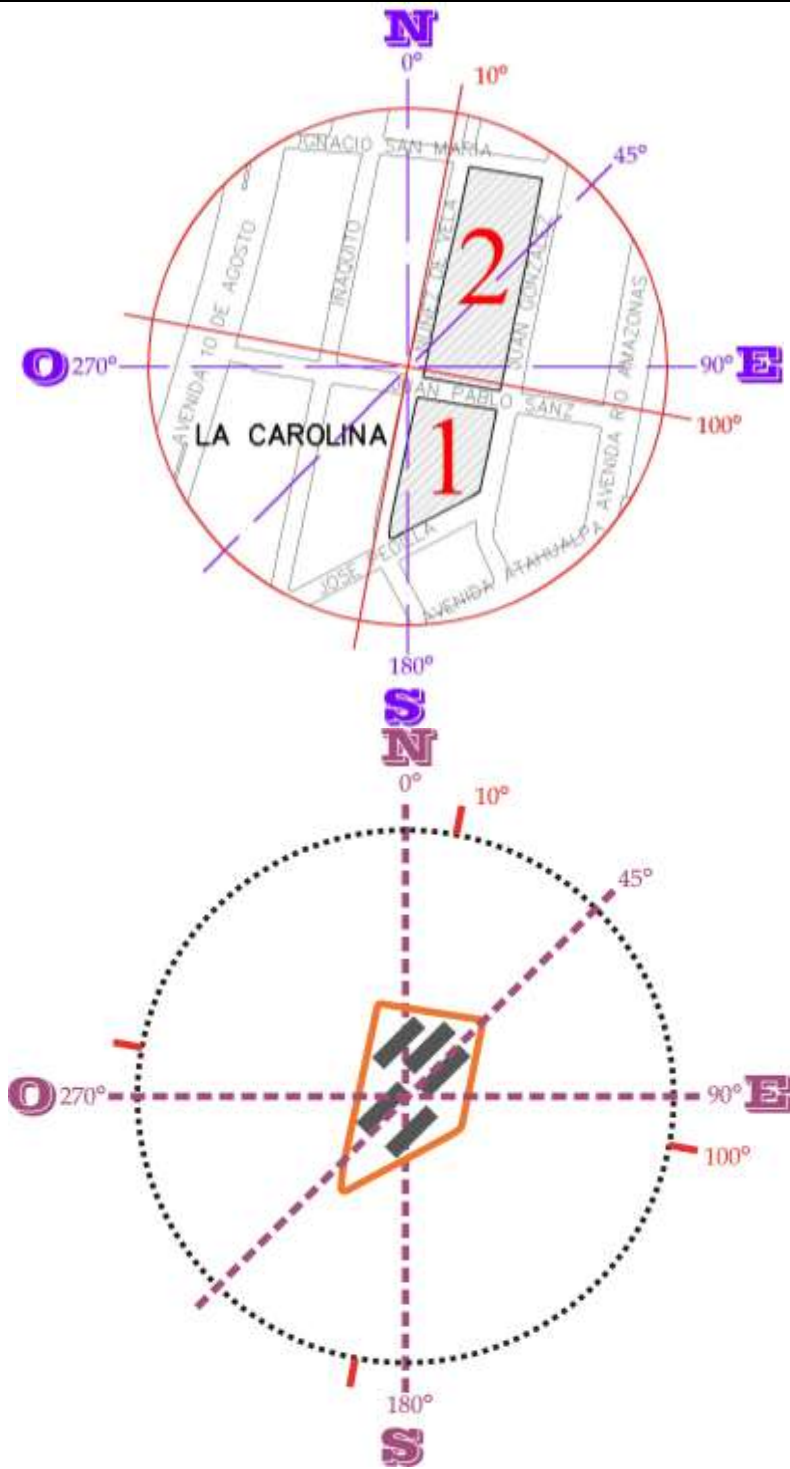
Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

Figura 63. Análisis de iluminación de módulo este-oeste, vista en isometría de espacio tipo.



Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

Figura 64. Orientación Noreste (45°) en predio 1.



Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

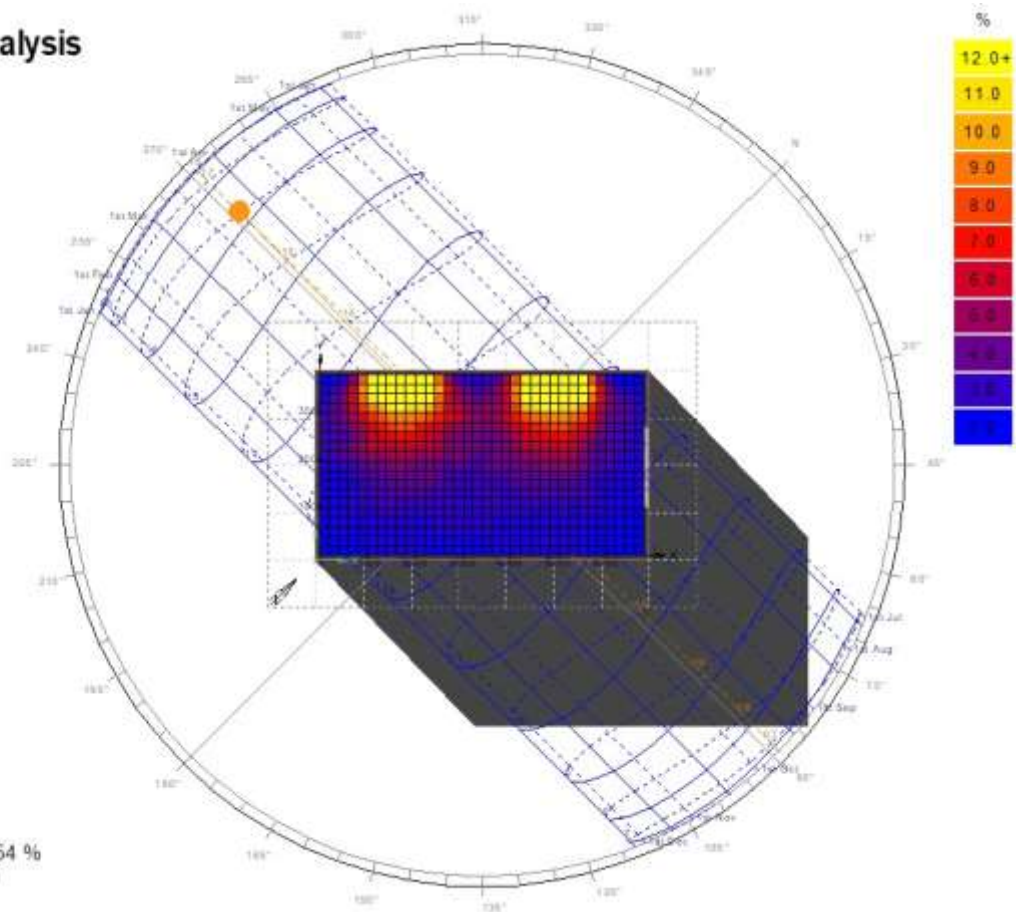
Figura 65. Análisis de iluminación de módulo 45°, vista en planta de espacio tipo.

### Daylight Analysis

Daylight Factor

Value Range: 2 - 12 %

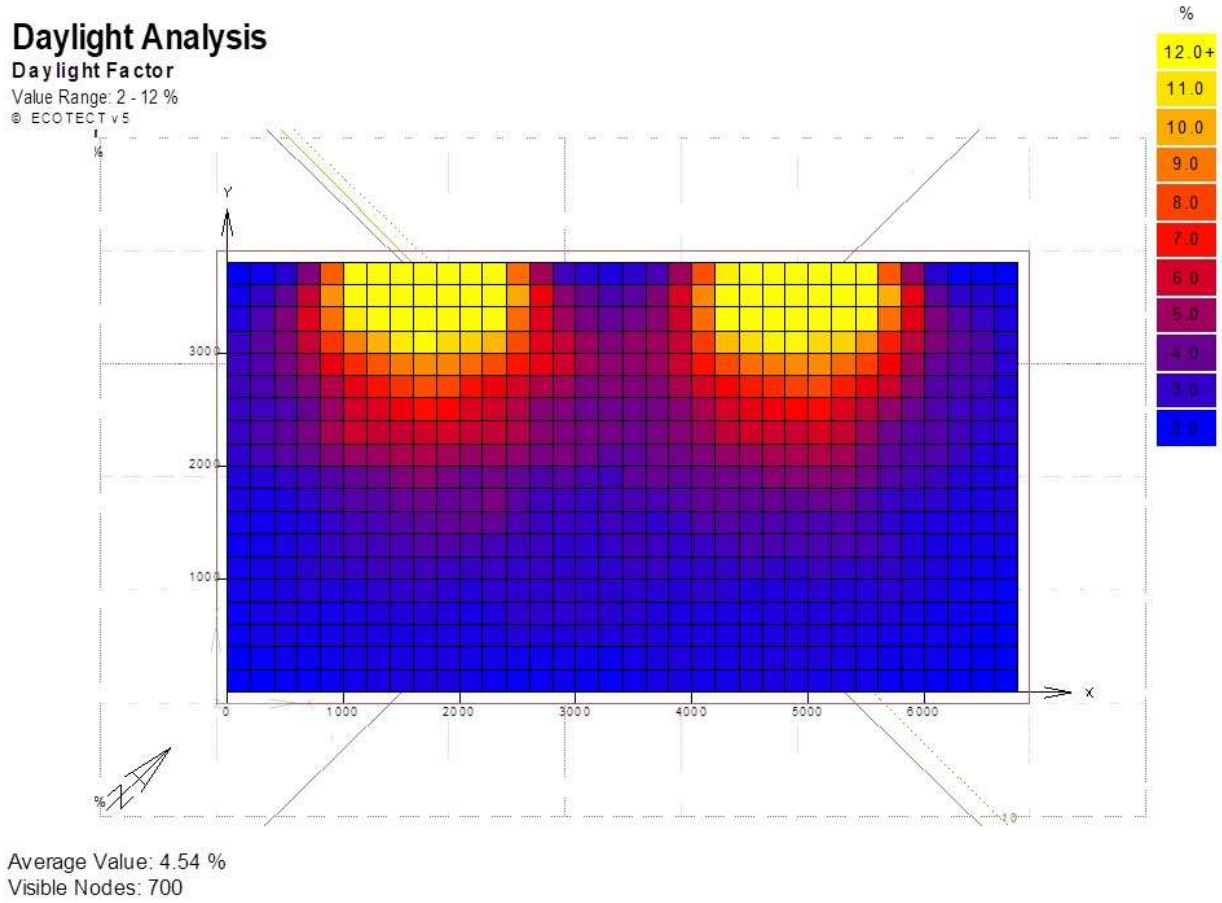
© ECOTECT v5



Average Value: 4.54 %  
Visible Nodes: 700

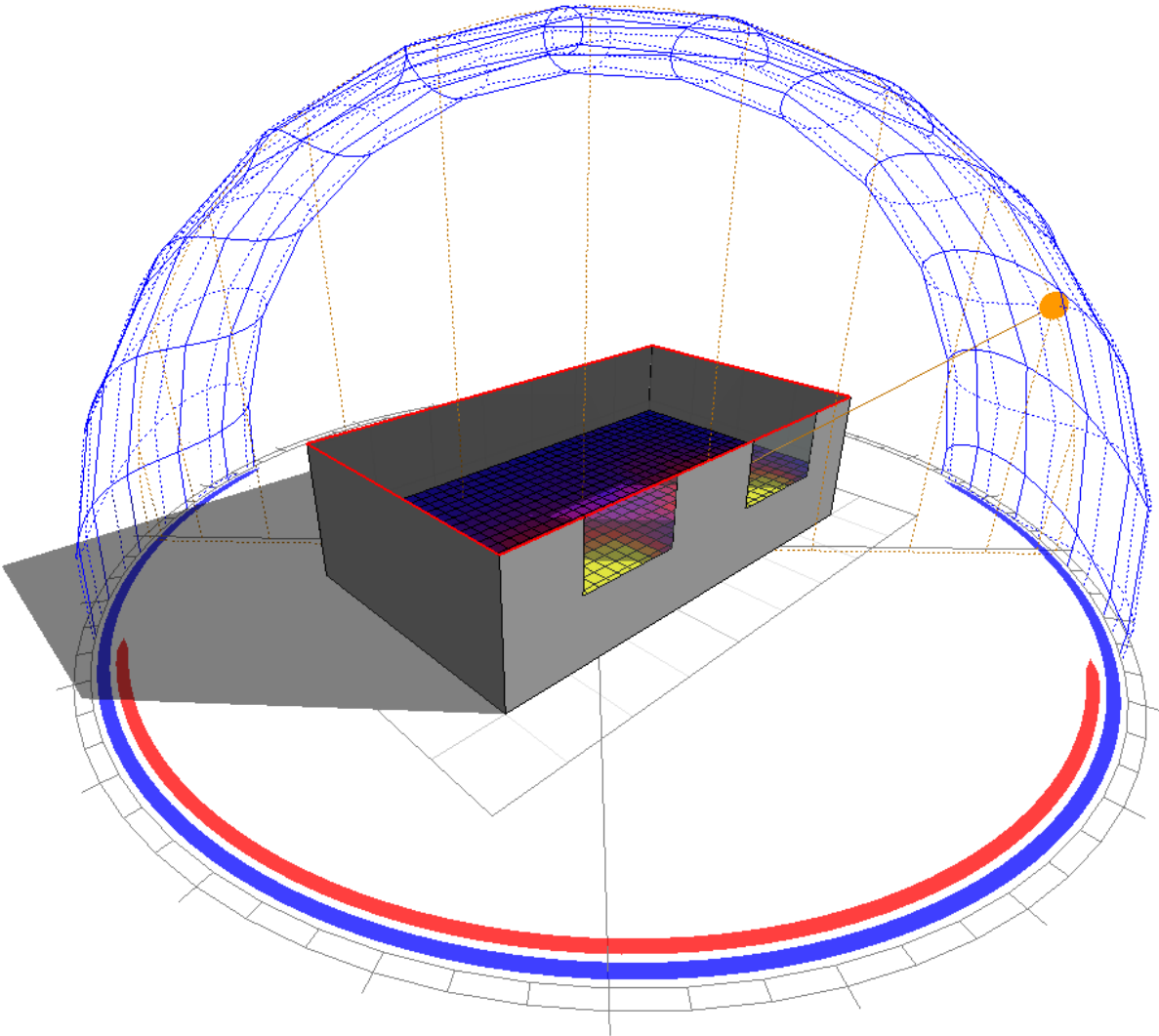
Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

Figura 66. Análisis de iluminación de módulo 45°, vista en planta de espacio tipo.



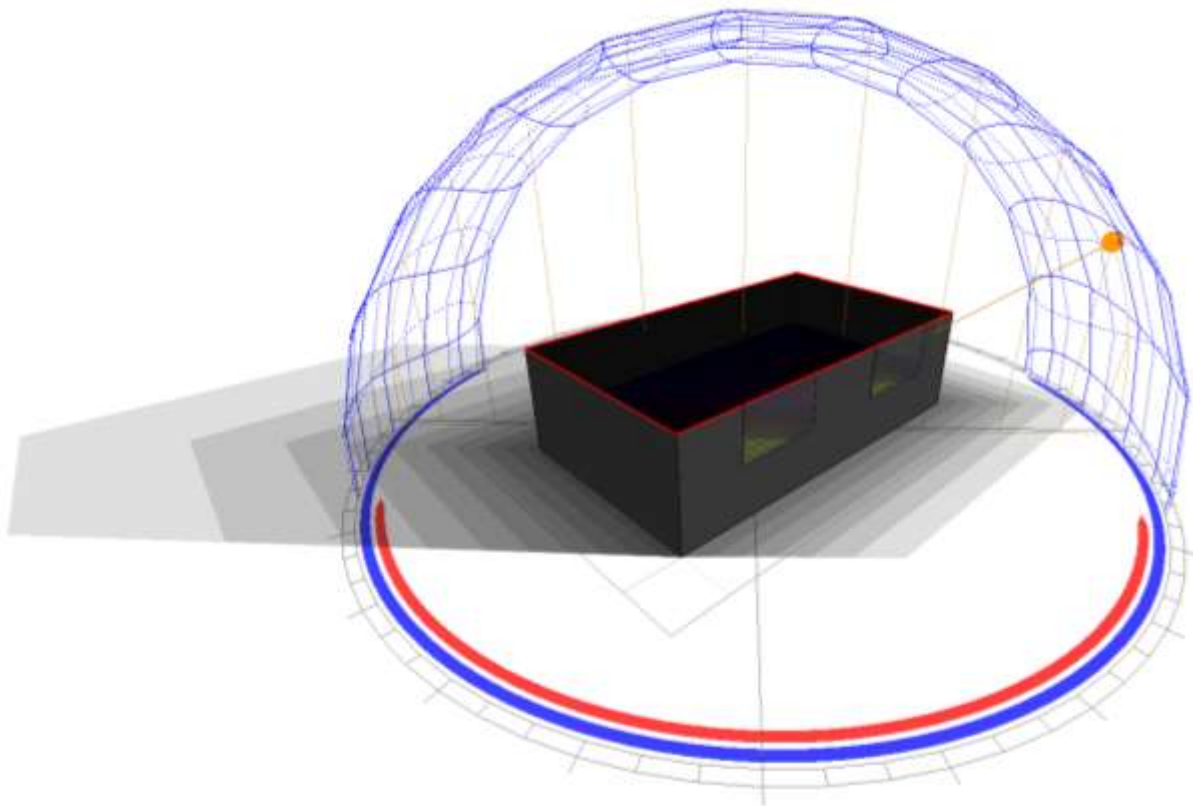
Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

Figura 67. Análisis de iluminación de módulo 45°, vista en isometría de espacio tipo.



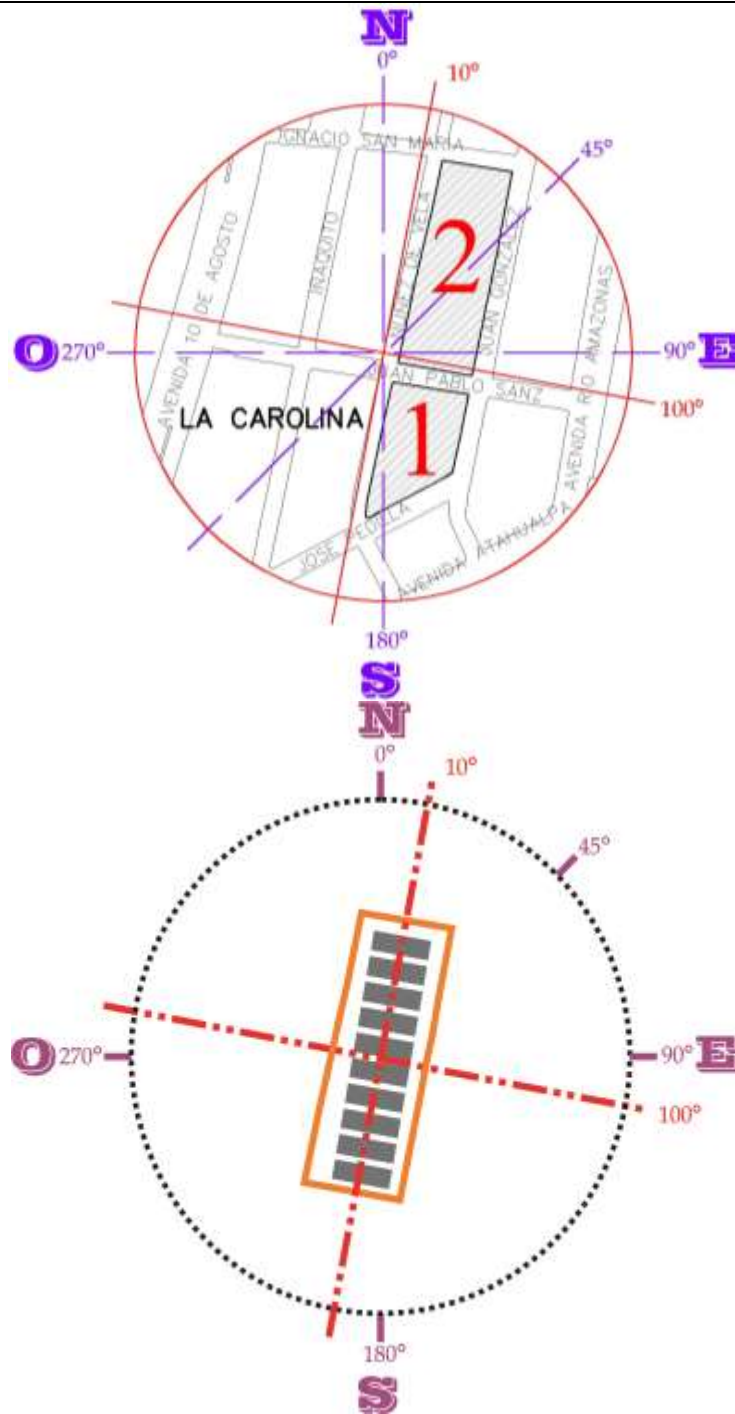
Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

Figura 68. Análisis de iluminación de módulo 45°, vista en isometría de espacio tipo.



Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

Figura 69. Orientación Norte – sur (10°) en predio 2.

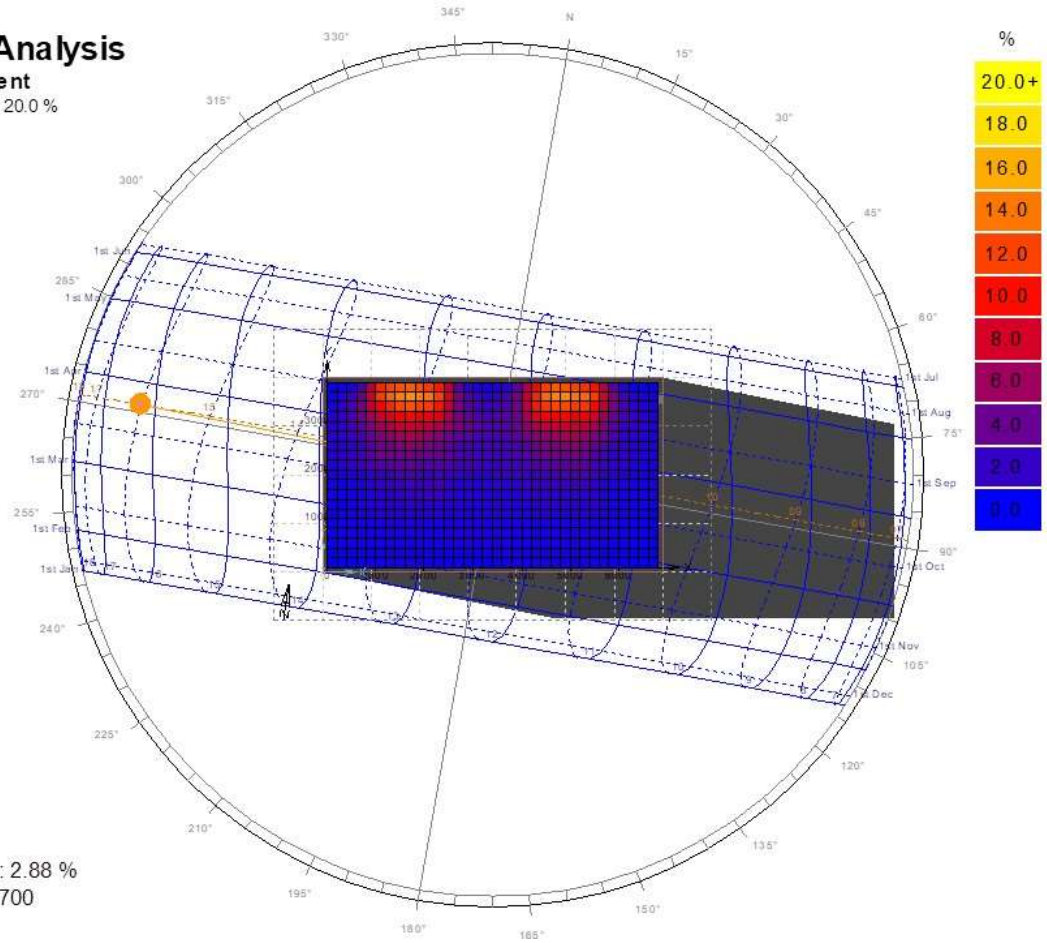


Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

Figura 70. Análisis de iluminación de módulo 10°, vista en planta de espacio tipo.

### Daylight Analysis

Sky Component  
Value Range: 0.0 - 20.0 %  
© ECOTECT v5



Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

Figura 71. Análisis de iluminación de módulo 10°, vista en planta de espacio tipo.

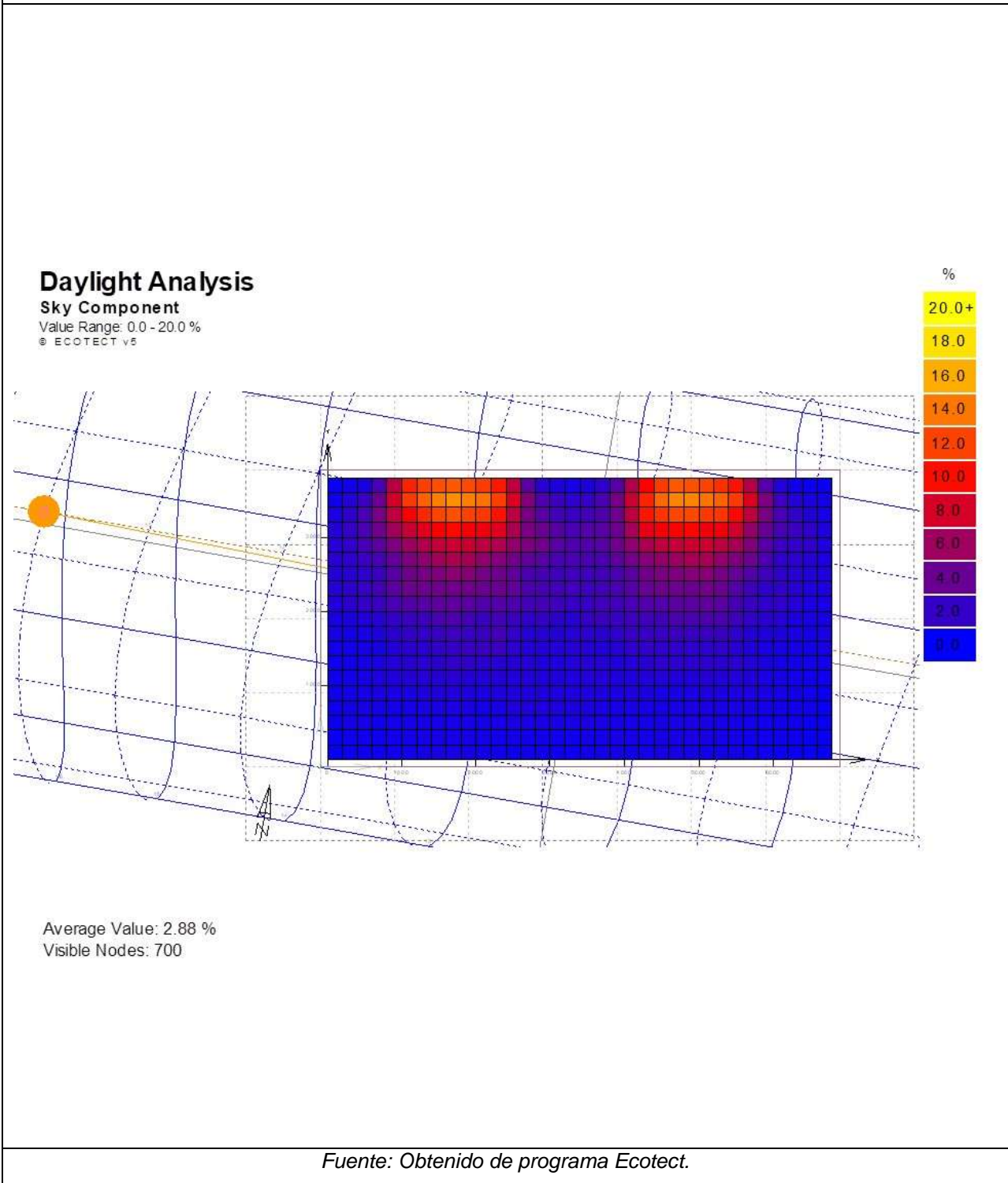
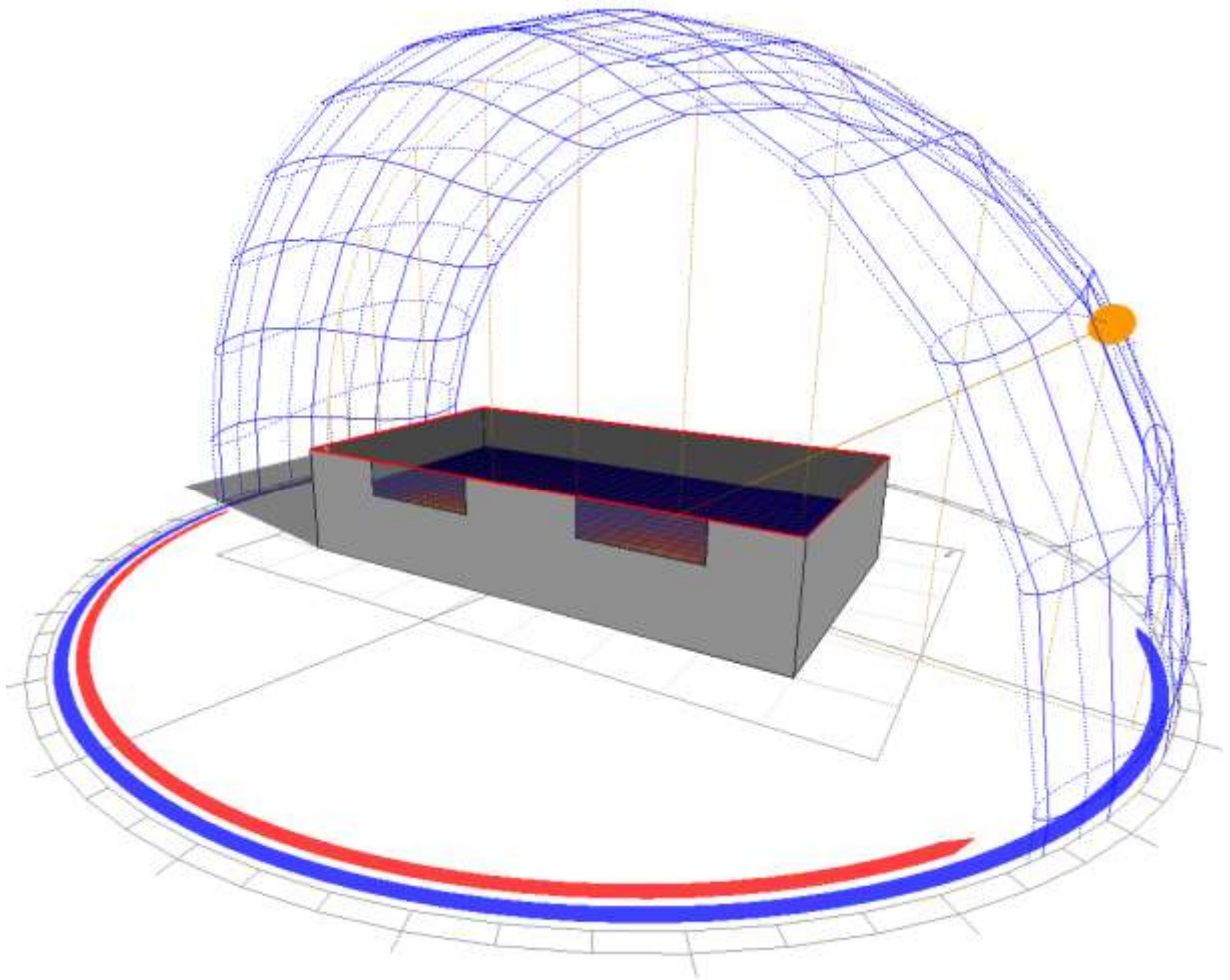
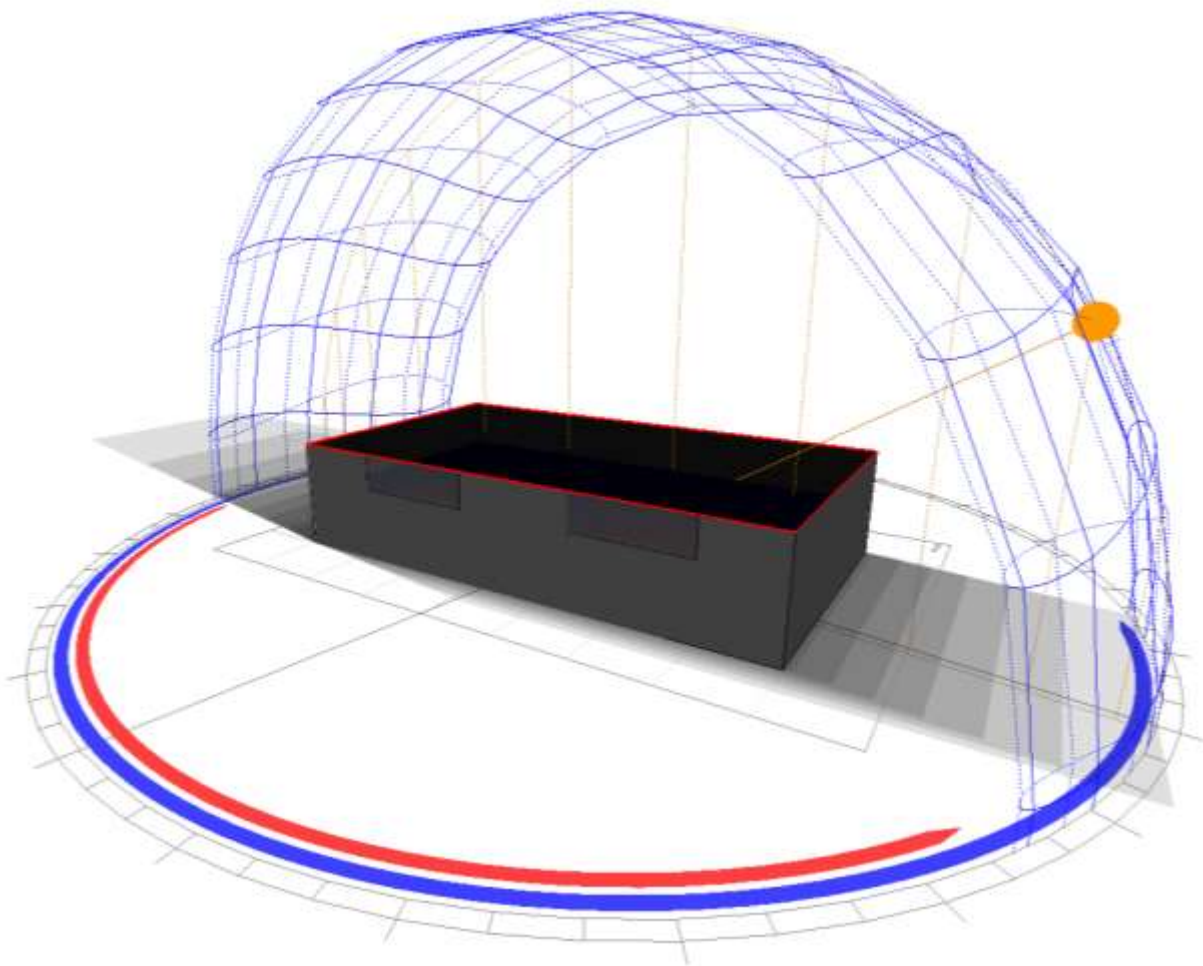


Figura 72. Análisis de iluminación de módulo 10°, vista en isometría de espacio tipo.



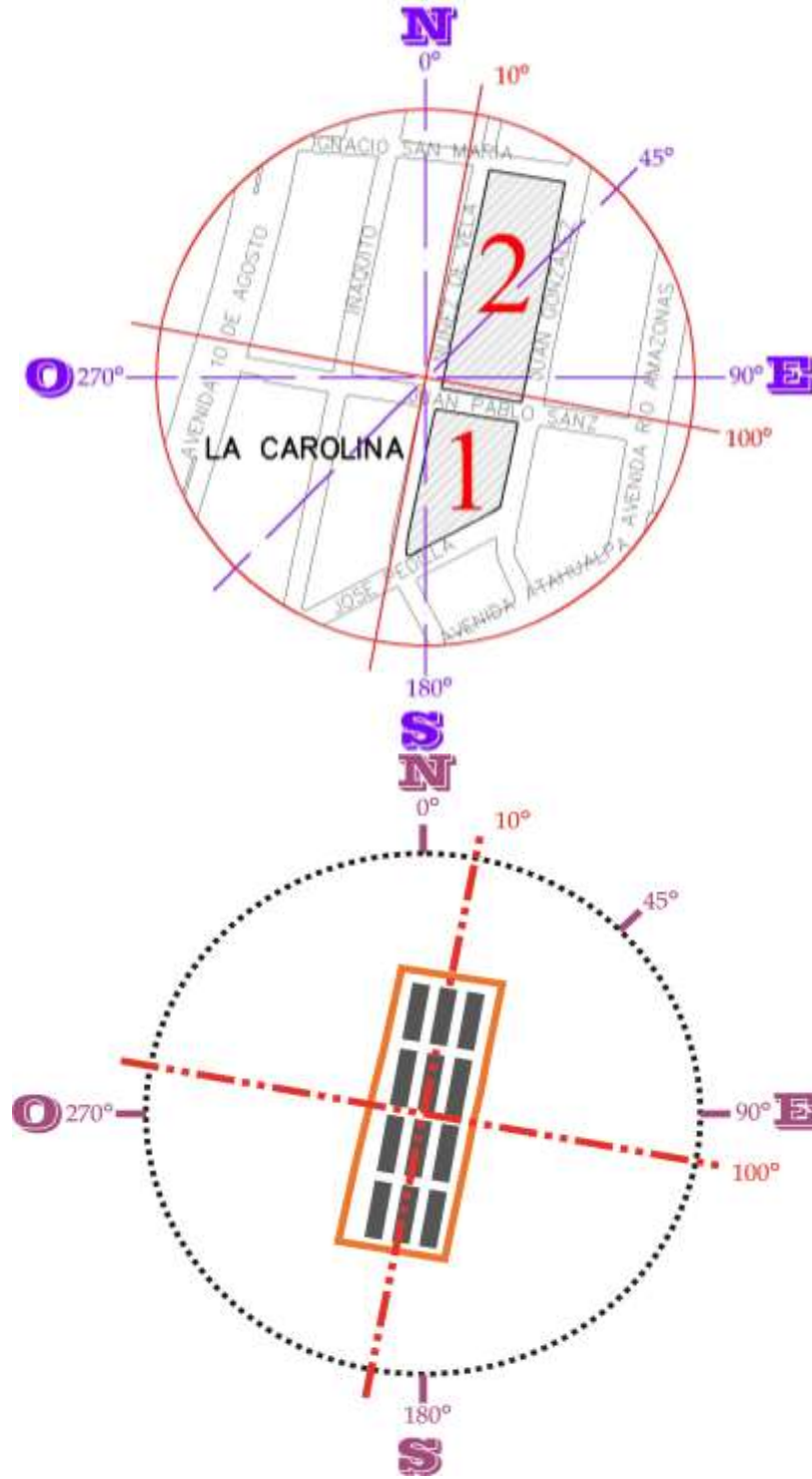
Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

Figura 73. Análisis de iluminación de módulo 10°, vista en isometría de espacio tipo.



Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

Figura 74 Orientación 100° de acuerdo a ejes viales en predio 2.

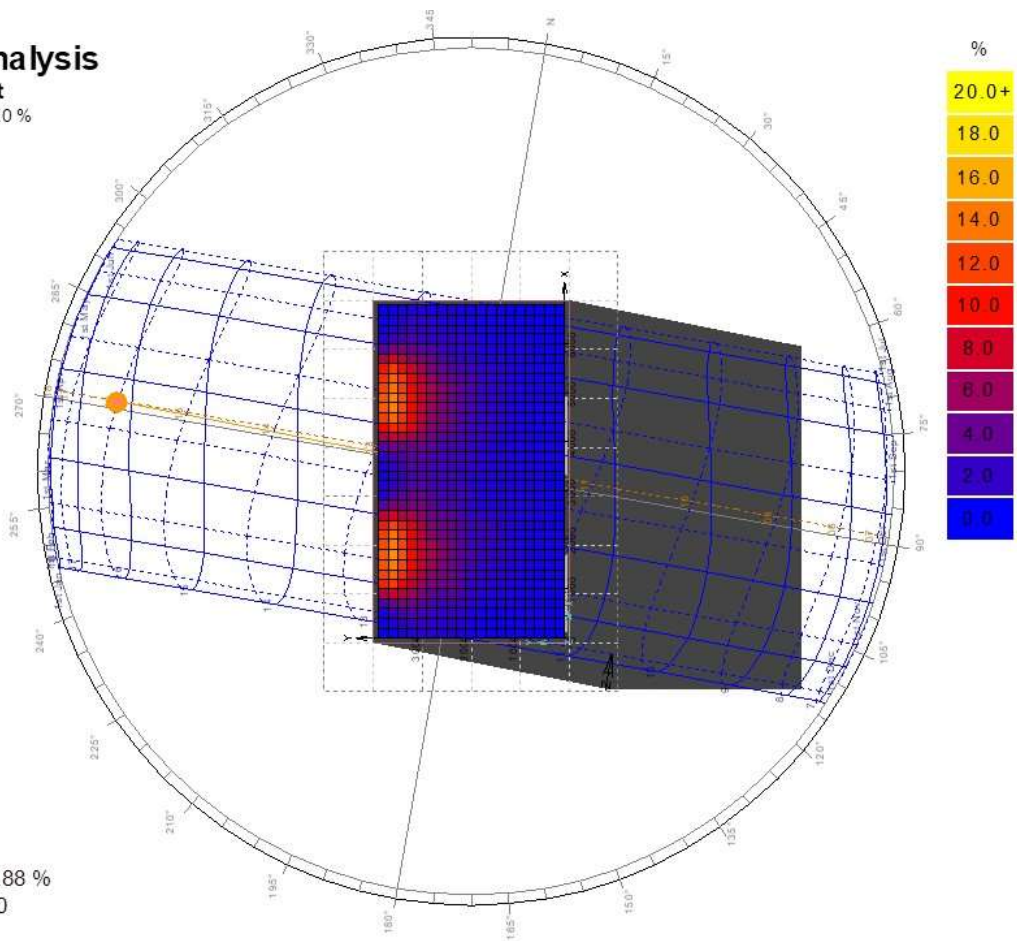


Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

Figura 75. Análisis de iluminación de módulo 100°, vista en planta de espacio tipo.

### Daylight Analysis

Sky Component  
Value Range: 0.0 - 20.0 %  
© ECOTECT v5



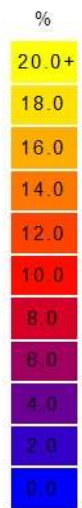
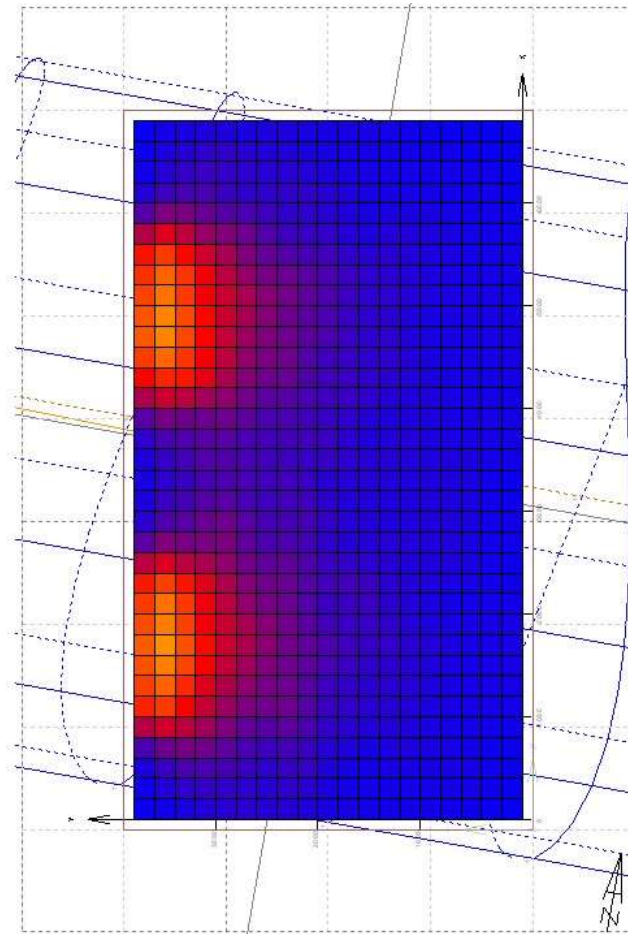
Average Value: 2.88 %  
Visible Nodes: 700

Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

Figura 76. Análisis de iluminación de módulo 100, vista en planta de espacio tipo.

### Daylight Analysis

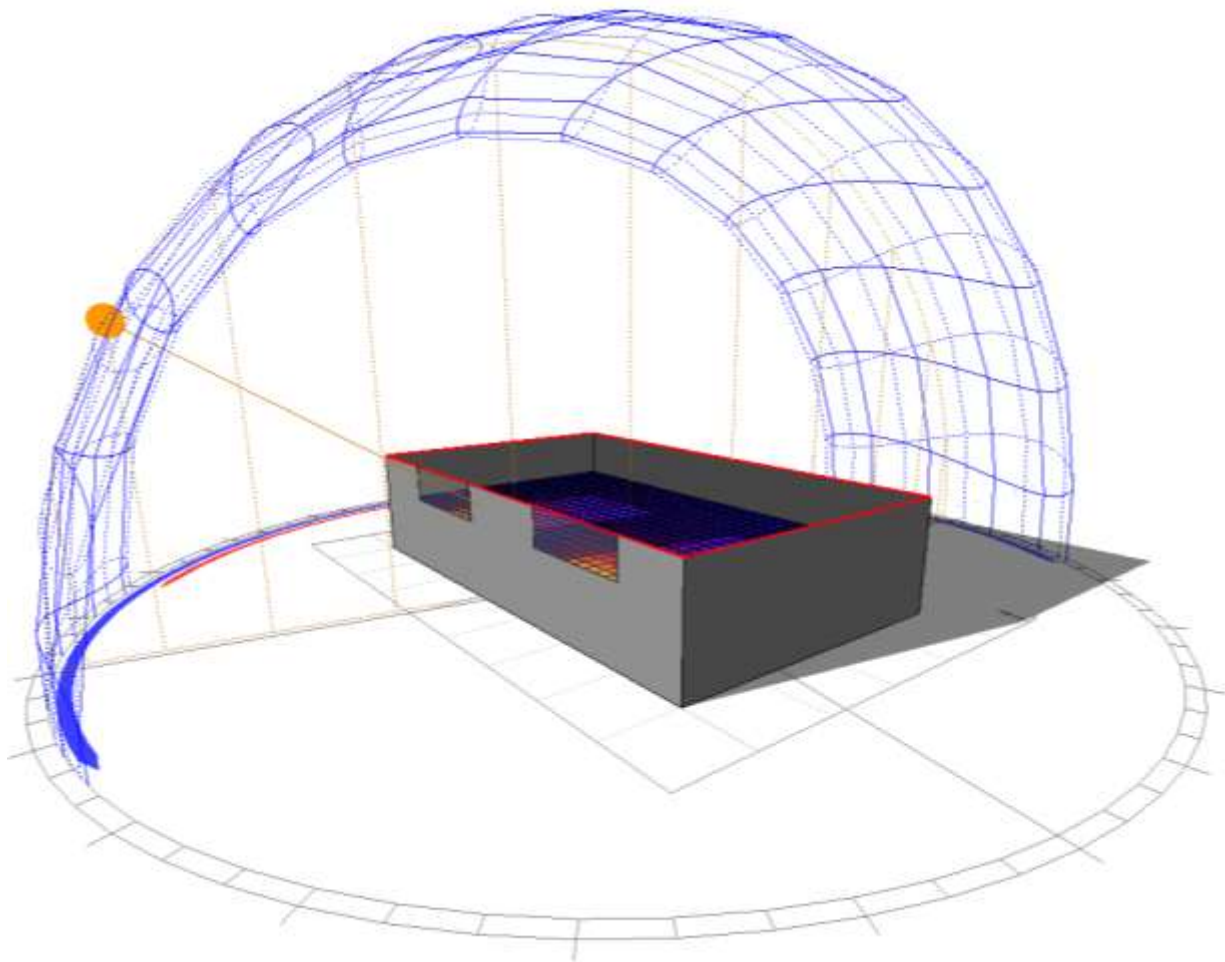
Sky Component  
Value Range: 0.0 - 20.0 %  
© ECOTECT v5



Average Value: 2.88 %  
Visible Nodes: 700

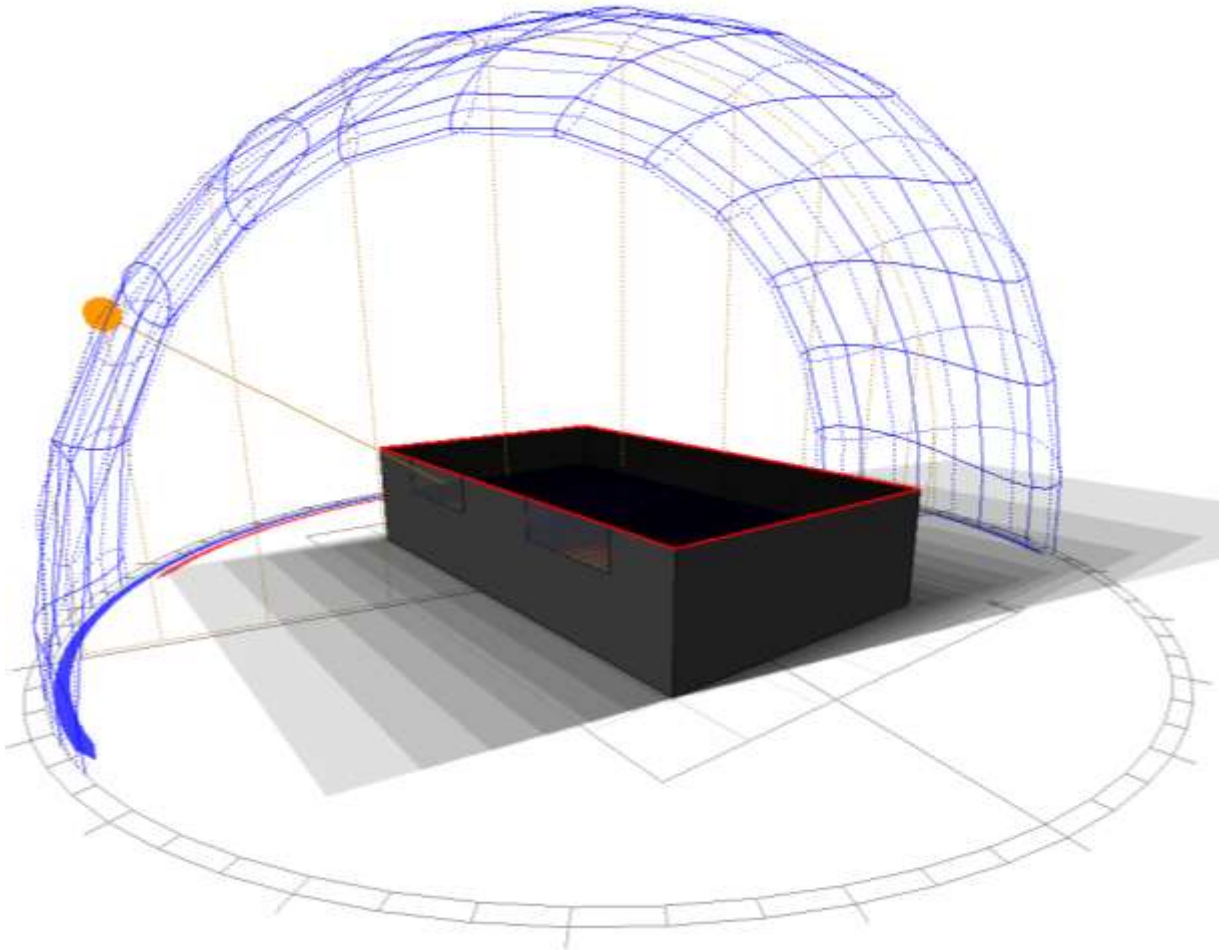
Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

Figura 77. Análisis de iluminación de módulo 100°, vista en isometría de espacio tipo.



Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

Figura 78. Análisis de iluminación de módulo 100°, vista en isometría de espacio tipo.



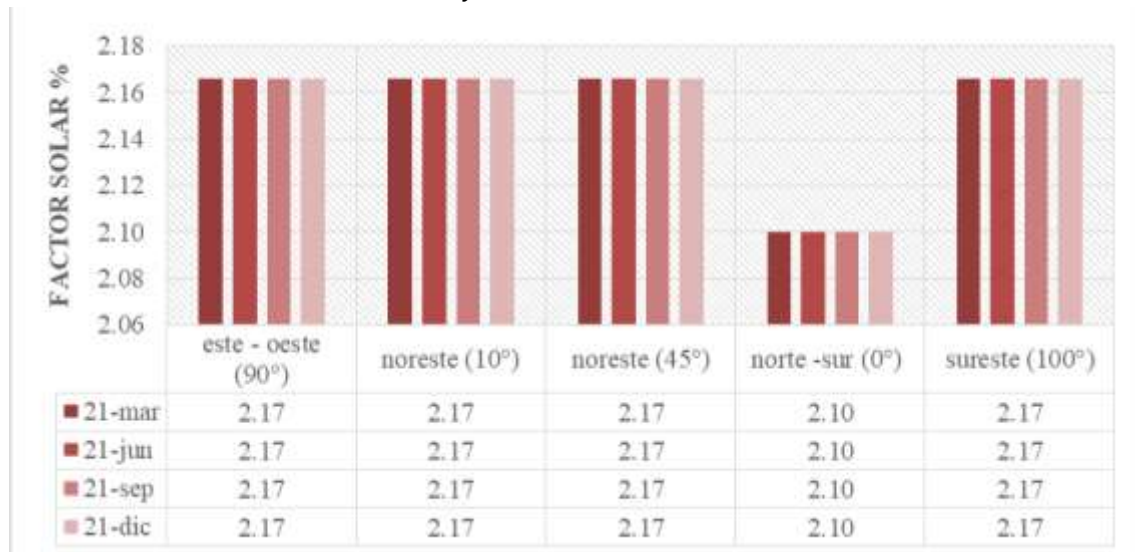
Fuente: Obtenido de programa Ecotect.

## 7.1. Factor de luz (%), Nivel de iluminación (lux) y factor cielo (%)

Los siguientes parámetros que se muestran en las figuras 79, 80, 81, 82, 83 y 84, son el resultado de un análisis de normas y manuales nacionales e internacionales, con el fin de contrastar los factores obtenidos en las simulaciones y así proponer parámetros para la ciudad de Quito.

Como se puede observar en la figura 79 de factor solar mínimo, al realizar las simulaciones en los 5 ejes propuestos el valor más bajo que se obtiene es de 2.10% en la orientación 0°, en las orientaciones 90°, 10°, 45° y 100° se obtiene un factor de 2.17%, al ser el 2% el factor mínimo se considera al 2.17% un valor óptimo.

Figura 79. Factor solar mínimo en espacios de oficinas en la zona centro - norte de Quito, Juan González y Juan Pablo Sanz.

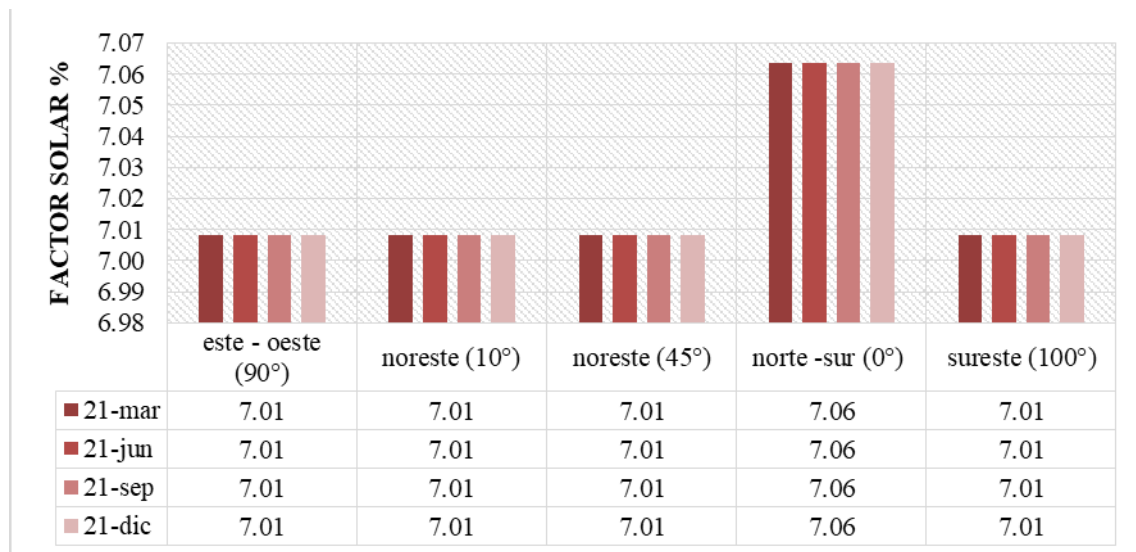


Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas, a través de simulaciones en el programa Ecotect Autodesk

Nota: La tabulación realizada para el factor solar mínimo se realiza con datos de cuatro fechas del año, en tres horarios al día y con 5 orientaciones del módulo.

En lo que corresponde a factor solar máximo se puede observar en la figura 80 que en la orientación 0° se obtiene un factor de 7.06%, mientras que en las orientaciones 90°, 10°, 45° y 100° el factor es de 7.01%; tomando en cuenta que el factor máximo óptimo es 5% se toma al factor 7.01% como el recomendado.

Figura 80. Factor solar máximo en espacios de oficinas en la zona centro - norte de Quito, Juan González y Juan Pablo Sanz.



Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas, a través de simulaciones en el programa Ecotect Autodesk

Nota: La tabulación realizada para el factor solar mínimo se realiza con datos de cuatro fechas del año, en tres horarios al día y con 5 orientaciones del módulo.

Tabla 13. Resumen resultados obtenidos factores solares máximos y mínimos.

Orientación	90° - 10° - 45° y 100°	0°
Factor solar mínimo (2.00 %)	2.17%	2.10%
Factor solar máximo (5.00%)	7.01%	7.06%

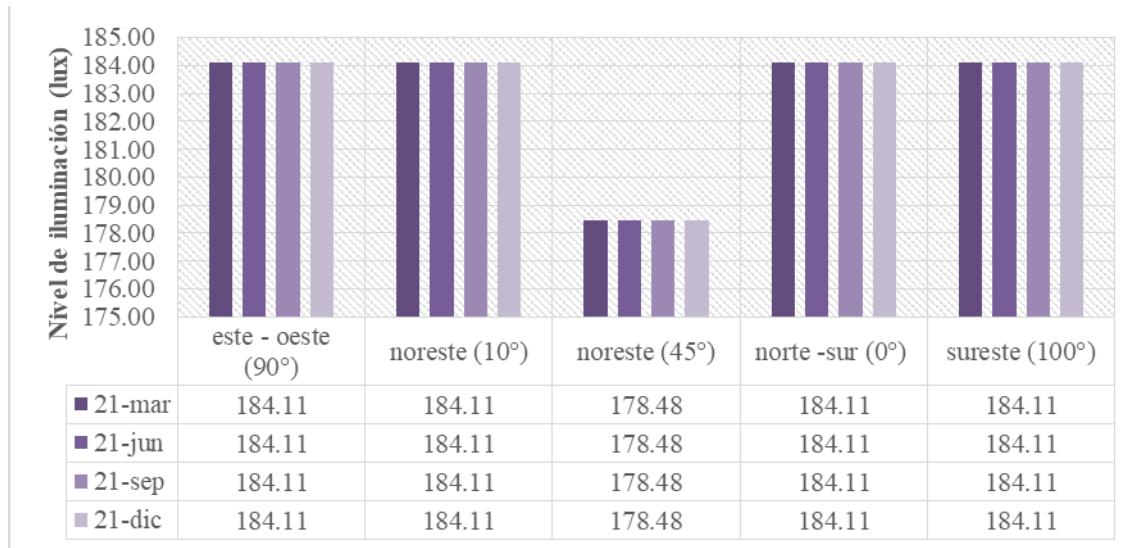
Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas.

Tomando en cuenta los factores solares máximos y mínimos óptimos se puede concluir que las mejores orientaciones son: 90°, 10°, 45° y 100°.

Como se puede observar en la figura 81 los niveles de iluminación mínimos al realizar las simulaciones en los 5 ejes propuestos el nivel de iluminación más bajo que se obtiene es de 178.48 lux en la orientación 45°; en las orientaciones 90°, 10°, 0° y 100° se obtiene un nivel de

iluminación de 184.11 lux, al ser 300 lux el el nivel de iluminación mínimo se considera al 184.11 lux un valor óptimo.

*Figura 81. Niveles de iluminación mínimos en espacios de oficinas en la zona centro - norte de Quito, Juan González y Juan Pablo Sanz.*

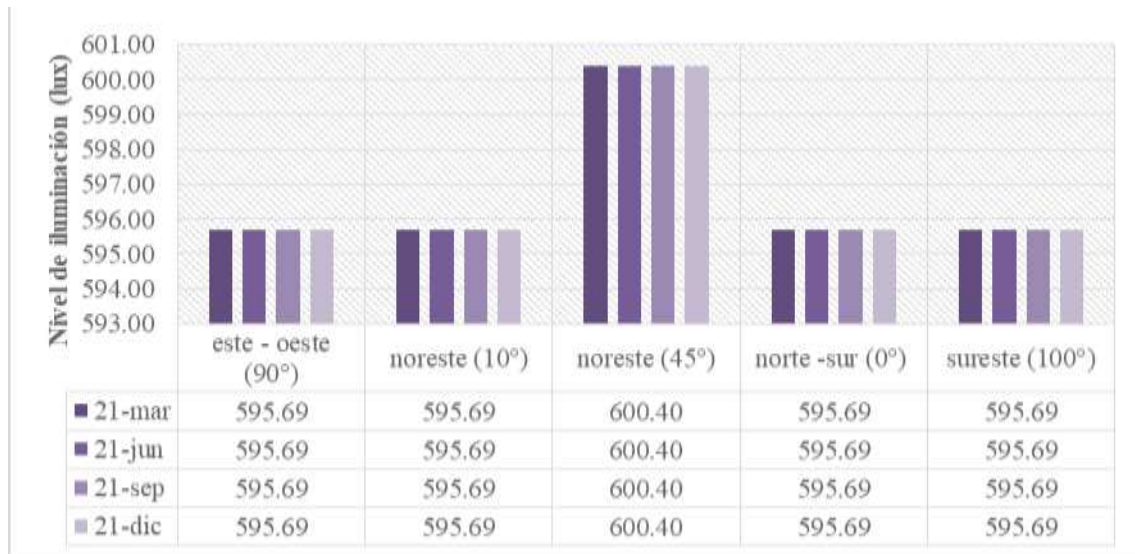


*Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas, a través de simulaciones en el programa Ecotect Autodesk*

*Nota: La tabulación realizada para el factor solar mínimo se realiza con datos de cuatro fechas del año, en tres horarios al día y con 5 orientaciones del módulo.*

En lo que corresponde a los niveles de iluminación máximos se puede observar en la figura 82 que en la orientación 45° se obtiene un nivel de 600.40 lux, mientras que en las orientaciones 90°, 10°, 0° y 100° el nivel es de 595.69 lux; tomando en cuenta que el factor máximo óptimo es 3000 lux se toma al nivel 600.40 lux como el recomendado.

Figura 82. Niveles de iluminación máximos en espacios de oficinas en la zona centro - norte de Quito, Juan González y Juan Pablo Sanz.



Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas, a través de simulaciones en programa Ecotect Autodesk

Nota: La tabulación realizada para el factor solar mínimo se realiza con datos de cuatro fechas del año, en tres horarios al día y con 5 orientaciones del módulo.

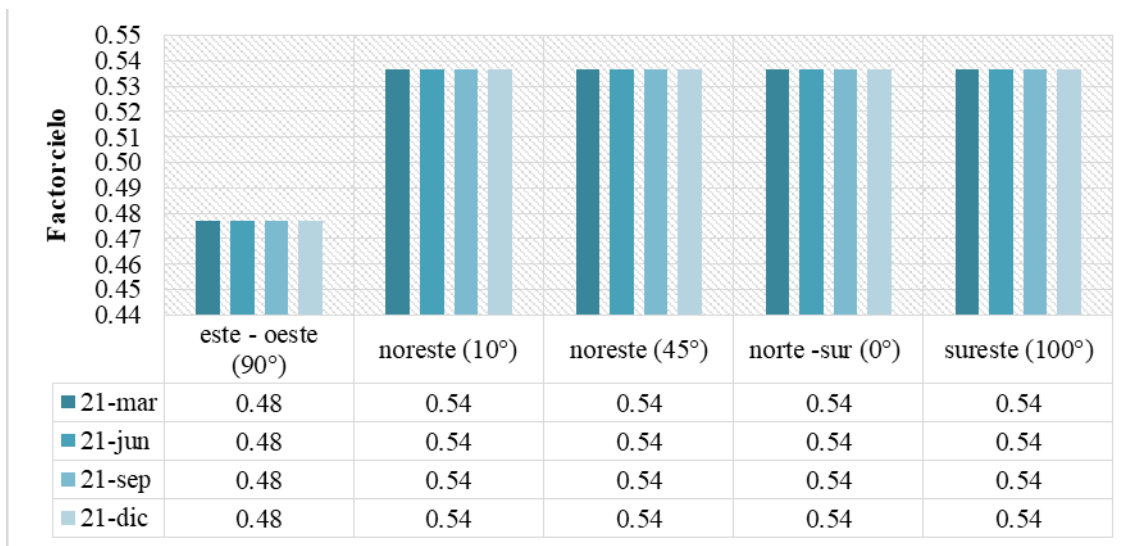
Tabla 14. Resumen resultados obtenidos factores solares máximos y mínimos

Orientación	90° - 10° - 0° y 100°	45°
Niveles de iluminación mínimos (300 lux)	184.11 lux	178.11 lux
Niveles de iluminación máximos (3000 lux)	595.69 lux	600.40 lux

Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas.

Como se puede observar en la figura 83 de factor cielo mínimo, al realizar las simulaciones en los 5 ejes propuestos el valor más bajo que se obtiene es de 0.48% en la orientación 90°, en las orientaciones 10°, 45°, 0° y 100° se obtiene un factor de 0.58%, al ser el 0.6% el factor mínimo se considera al 0.6% un valor óptimo.

Figura 83. Factores de cielo mínimos en espacios de oficinas en la zona centro - norte de Quito, Juan González y Juan Pablo Sanz.



Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas, a través de simulaciones en programa Ecotect Autodesk

Nota: La tabulación realizada para el factor solar mínimo se realiza con datos de cuatro fechas del año, en tres horarios al día y con 5 orientaciones del módulo.

En lo que corresponde a factor cielo máximo se puede observar en la figura 84 que en la orientación 90° se obtiene un factor de 5.40%, mientras que en las orientaciones 10°, 45°, 0° y 100° el factor es de 5.33%; tomando en cuenta que el factor máximo óptimo es 5.49% se toma al factor 5.40% como el recomendado.

Figura 84 Factores de cielo máximos en espacios de oficinas de la ciudad de Quito.



Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas, a través de simulaciones en el programa Eco Autodesk

Nota: La tabulación realizada para el factor solar mínimo se realiza con datos de cuatro fechas del año, en tres horarios al día y con 5 orientaciones del módulo.

Tabla 15. Resumen resultados obtenidos factores solares máximos y mínimos

Orientación	10° - 45° - 0° - 100°	90 °
Factor cielo mínimo (0.6 %)	0.54%	0.48%
Factor cielo máximo (5.49 %)	5.33%	5.40%

Fuente: Elaborado por Arq. Natalia Vaca Rojas.

## CONCLUSIONES

Realizadas las simulaciones de los dos predios donde se ubican los espacios tipo de oficina en la zona centro-norte de Quito en 5 orientaciones, en un promedio de 8 a 10 horas días por cinco días a la semana, se pueden realizar las siguientes conclusiones:

- La iluminación natural sufre pequeñas variaciones en lo que corresponde a los factores solares, niveles de iluminación y factores cielo, cuando se cambia la orientación del espacio.
- En los factores solares se obtuvo el óptimo mínimo y máximo en las orientaciones  $90^\circ$  -  $10^\circ$  -  $45^\circ$  y  $100^\circ$ . Para los niveles de iluminación se obtuvo el óptimo mínimo en las orientaciones  $90^\circ$  -  $10^\circ$  -  $0^\circ$  y  $100^\circ$ ; en el nivel óptimo máximo se da en la orientación a  $45^\circ$ . En los factores cielo se obtuvo el óptimo mínimo y máximo en las orientaciones  $10^\circ$  -  $45^\circ$  -  $0^\circ$  -  $100^\circ$ . Con el resultado de los factores óptimos se puede concluir que los espacios que se encuentran orientados noreste ( $10^\circ$ ) y sureste ( $100^\circ$ ) son las que más se acercan a los valores óptimos. Adicional a esto, se debe tomar en cuenta que estas orientaciones son las que pertenecen a los ejes viales por donde se encuentran los predios en los que se realiza el estudio.
- En el Ecuador existe Normativa vigente que define valores teóricos recomendados para espacios al interior, que ha sido analizada pero que debe ser actualizada y mejorada utilizando datos de reales.
- Se plantea una propuesta de parámetros técnicos para la optimización de la iluminación natural en espacios de oficinas tomando en cuenta la orientación.

De este modo, se puede concluir que la orientación es un factor importante al momento de realizar una planificación urbana y arquitectónica, ya que, en lo que se refiere a fechas del año y horas del día, no existe variación de valores, por lo que la mala orientación afectará todo el tiempo en el que el espacio sea habitado, en el desarrollo de actividades.

Para considerar que un espacio es confortable visualmente, es necesario tener en cuenta que lo más importante es que los ocupantes se sientan cómodos y puedan realizar sus actividades con seguridad, generando así mayor rendimiento en sus labores. Sin embargo, al tener usuarios de diferentes edades, condiciones de salud, etc., se deberá realizar un diseño de iluminación que satisfaga a la mayor cantidad de los ocupantes.

## REFERENCIAS

- Autodesk. (2011). Ecotect Autodesk. California: 2008.
- Colombo, E., Donell, B. O., & Kirschbaum, C. (2002). Iluminación Eficaz , Calidad y Factores Humanos, *ILUMINACIÓ*, 1–24. Retrieved from <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap03.pdf>
- Comité Español de Iluminación. (2005). *Guía Técnica Aprovechamiento de la Luz Natural de Edificios* (mayo 2005). Madrid. Retrieved from [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_10055\\_GT\\_aprovechamiento\\_luz\\_natural\\_05\\_c7e314e8.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10055_GT_aprovechamiento_luz_natural_05_c7e314e8.pdf)
- Dapena, M. T. (2011). Riesgos Ergonómicos en el Lugar de Estudio. *Asociación Española de Ergo-Oftalmología*, 9. Retrieved from [http://solutions.productos3m.es/3MContentRetrievalAPI/BlobServlet?lmd=1244816263000&locale=es\\_ES&assetType=MMM\\_Image&assetId=1180606428534&blobAttribute=ImageFile](http://solutions.productos3m.es/3MContentRetrievalAPI/BlobServlet?lmd=1244816263000&locale=es_ES&assetType=MMM_Image&assetId=1180606428534&blobAttribute=ImageFile)
- Editorial Gustavo Gili, S. (1999). *Un Vitruvio ecológico principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible* (2008th ed.). Barcelona: Graficas Campás s.a.
- ERCO, fabrica de luz. (2007). *Guía ERCO*. ( fabrica de luz ERCO, Ed.) (ERCO). Lüdenscheid: ERCO. Retrieved from <https://www.erco.com/guide/basics/history-2893/en/>
- Fernández, P. M. E. (2014). Ahorro Energético Y Confort Lumínico : La Protección Solar En El Paradigma De La Arquitectura Actual, (Edición).
- Fuentes, V. A. (2001). *Confort*. (D. de ciencias y artes para el diseño Arte, Ed.), *Arquitectura bioclimática* (Arte, Divi). Azcapotzalco: Universidad Autonoma Metropolitana - Azcapotzalco. Retrieved from [http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCQQFjAB&url=http://arquitectura.com/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&id=5:hombre-cursos&download=7:confort&Itemid=1&ei=ZsGaVdqQDYibyATEz73QDg&usg=AF](http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCQQFjAB&url=http://arquitectura.com/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=5:hombre-cursos&download=7:confort&Itemid=1&ei=ZsGaVdqQDYibyATEz73QDg&usg=AF)
- González, O. de P. (2001). *Ergonomía 4 El trabajo en oficinas*. (E. UPC, Ed.) (2001st ed.). Barcelona: Mutua Universal.
- INEN. (1984a). NORMA NTE INEN 1 150 Iluminación Natural de Edificios. Definiciones, 19.
- INEN. (1984b). NORMA NTE INEN 1 151 Iluminación Natutal de Edificios. Métodos de determinación, 45.
- INEN. (1984c). NORMA NTE INEN 1 152 Iluminación Natural de Edificios. *INEN*, 27.
- Márquez, E. (n.d.). Ciclos Circadianos. Retrieved from [http://www.dipa.uson.mx/posgrado-alimentos/docentes/wilfrido\\_torres/materialdeapoyo/fisiologiadeproductosmarinos/4Cicloscircadianos/Cicloscircadianos.pdf](http://www.dipa.uson.mx/posgrado-alimentos/docentes/wilfrido_torres/materialdeapoyo/fisiologiadeproductosmarinos/4Cicloscircadianos/Cicloscircadianos.pdf)
- Martin, M. (2008). *Manual de la Iluminacion*. *Icaro* (Ayuntamien, Vol. 1). Las Palmas de Gran Canaria.
- MIDUVI, M. de D. U. y V., Adrián, I., Sandoya, D., Gustavo, A., & Ordóñez, R. (2018). NEC Norma

- Ecuatoriana de la Construcción - EFICIENCIA ENERGÉTICA en Edificaciones Residenciales (EE). *NEC Norma Ecuatoriana de La Construcción*, 40.
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2011). Plan De Desarrollo 2012 – 2022, 166. Retrieved from [http://www.emaseo.gob.ec/documentos/lotaip\\_2012/s/plan\\_de\\_desarrollo\\_2012\\_2014.pdf](http://www.emaseo.gob.ec/documentos/lotaip_2012/s/plan_de_desarrollo_2012_2014.pdf)
- Murguía, L. (2002). LA LUZ EN LA ARQUITECTURA, 03 *INTRODU*, 0–12. Retrieved from <http://www.tesisred.net/handle/10803/6108>
- Murguía, L. (2003). *La Luz en la Arquitectura : su influencia sobre la salud de las personas : estudio sobre la variabilidad del alumbrado artificial en oficinas. TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. Universitat Politècnica de Catalunya. Retrieved from <http://www.tdx.cat/handle/10803/6108>
- Olgay, V. (1963). *Arquitectura y clima*. (G. Gili, Ed.) (1 edición,). Barcelona.
- Pérez, C. G. R. (n.d.). *AHORRO ENERGÉTICO Y CONFORT LUMÍNICO*. Universidad Politécnica de Cataluña. Retrieved from [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/16659/RamirezPerezGabriela\\_TFM.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/16659/RamirezPerezGabriela_TFM.pdf)
- Phillips. (2002). Norma Europea sobre Iluminación para Interiores, 40–70.
- Piñeda, A., & Montes, G. (2014). ERGONOMÍA AMBIENTAL: Iluminación y confort térmico en trabajadores de oficinas con pantalla de visualización de datos. *Rev. Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de La Información*, 1(2), 49–71.
- Quito, O. 3457. (2003). Ordenanza Sustitutiva a la Ordenanza 3445 Normas de Arq y Urbanismo, (3445).
- Ramírez, A. G., & Piderit, B. (2017). Evaluación postocupacional del confort lumínico en edificios de oficina, 138–145. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.183889/dearq20.2017.10>
- Salvador, J. (2010). Influencia del sol en el ser humano. *Huygens*, (86), 25–31. Retrieved from <http://www.astrosfor.net/Huygens/2010/86/sol-huygens-86.pdf>
- UNED, D. L. U. N. de E. a. (2010). Concepción del entorno de trabajo. Guía de criterios de diseño para los espacios administrativos de la UNED, 1, 90. Retrieved from [%5C%5CServer%5Cespaña%5CUNED%5C05- Estudio criterios espaciales UNED%5C06- GUIA DE CRITERIOS Equipo](#)
- Vivir, B., Verde, R., M, M. A. L., Kingman, P., Medina, G., Muñoz, V., & Rivera, V. (2014). “*Ciudades Del Buen Vivir, Quito Hacia Un Modelo Sustentable: Red Verde Urbana Y Ecobarrios*.” (H. Y. V. SECRETARÍA DE TERRITORIO, Ed.) (SECRETARÍA). QUITO. <https://doi.org/IEPI N° QUI-043623>
- Weatherbee, M. de, & Reine. (1983, December). *disenoambiental.pdf*, 23. Retrieved from <http://fa.unam.mx/repentina/wordpress/wp-content/Newsletter/raices/RD04/tabique/disenoambiental.pdf>