



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



# **TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE  
OAXACA**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN**

**TESIS**

**ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO DEL EDIFICIO DEL  
CLAUSTRO DOCTORAL EN EL INSTITUTO  
TECNOLÓGICO DE OAXACA**

**PRESENTA**

**ARQ. SATURNINO BLAS PÉREZ MARTÍNEZ**

**DIRIGIDA POR**

**M.C. LUIS ALBERTO MARTÍNEZ SANTIAGO**

OAXACA DE JUÁREZ, OAXACA, NOVIEMBRE DE 2024.



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Oaxaca  
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Oaxaca de Juárez, Oax., 10/octubre/2024

ASUNTO: Acuerdo para impresión.

DR. MARCO ANTONIO SÁNCHEZ MEDINA  
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
E INVESTIGACIÓN  
P R E S E N T E

Por medio de la presente, los integrantes del Comité Tutorial de la tesis titulada "ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO DEL EDIFICIO DEL CLAUSTRO DOCTORAL EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA" presentada por el C. SATURNINO BLAS PÉREZ MARTÍNEZ con No. de control M22161603, hacemos constar que el estudiante ha atendido todas las recomendaciones emitidas por este comité. Así mismo, confirmamos que la tesis cumple con los requisitos establecidos tanto en contenido como en presentación. En virtud de ello, emitimos el dictamen de

#### A P R O B A D A

Solicitamos, por lo tanto, la emisión de los oficios de autorización de impresión de la tesis con el fin de que el estudiante pueda proceder con los trámites necesarios para la obtención de grado.

A T E N T A M E N T E

El Comité Tutorial:

Nombre completo

M.C. LUIS ALBERTO MARTÍNEZ SANTIAGO

Designación

Director de Tesis

Firma

DR. ALEJANDRO CALVO CAMACHO

Asesor

M.I. CUAUHTÉMOC RAFAEL HERNÁNDEZ SIBAJA Asesor



Oaxaca de Juárez, Oax., 10/10/2024

OFICIO: DEPI/701/2024

ASUNTO: Autorización de impresión de tesis

**C. SATURNINO BLAS PÉREZ MARTÍNEZ**  
**ESTUDIANTE DEL PROGRAMA DE**  
**MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN**  
**PRESENTE.**

De acuerdo con las disposiciones para la Operación de Estudios de Posgrado e Investigación del Tecnológico Nacional de México, dependiente de la Secretaría de Educación Pública y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora le hizo con respecto a su Tesis para obtener el grado de Maestro en Construcción, cuyo título es: "ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO DEL EDIFICIO DEL CLAUSTRO DOCTORAL EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA".

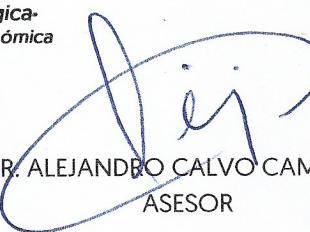
Los abajo firmantes de la Comisión Revisora le concedemos la Autorización para que proceda a la Impresión de la misma.

**ATENTAMENTE**

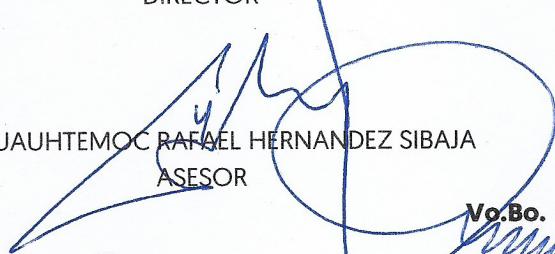
*Excelencia en Educación Tecnológica.  
Tecnología Propia e Independencia Económica*



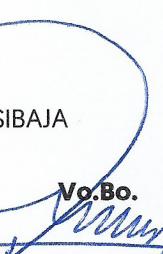
M.C. LUIS ALBERTO MARTÍNEZ SANTIAGO  
DIRECTOR



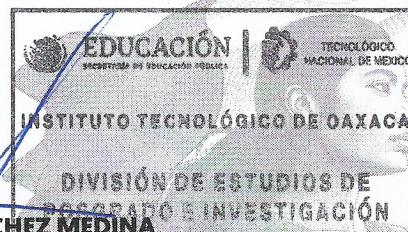
DR. ALEJANDRO CALVO CAMACHO  
ASESOR



M.I. CUAUHTEMOC RAFAEL HERNANDEZ SIBAJA  
ASESOR



DR. MARCO ANTONIO SÁNCHEZ MEDINA  
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE  
POSGRADO E INVESTIGACIÓN





TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Oaxaca  
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Oaxaca de Juárez, Oax., 15/octubre/2024  
Oficio No. DEPI-733/2024

Asunto: Autorización de impresión de tesis.

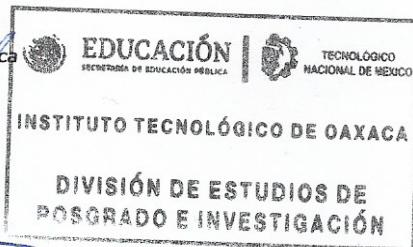
**ING. HUITZILÍ DÍAZ JAIMES**  
**JEFA DEL DEPARTAMENTO DE SERVICIOS ESCOLARES**  
**P R E S E N T E**

Por este medio, comunico a usted que de acuerdo con las disposiciones establecidas en los Lineamientos para la operación de estudios de Posgrado en el Tecnológico Nacional de México, dependiente de la Secretaría de Educación Pública, el C SATURNINO BLAS PÉREZ MARTÍNEZ con número de control M22161603, ha cumplido con todas las recomendaciones que el Comité Revisor hizo respecto a su tesis cuyo título es; "ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO DEL EDIFICIO DEL CLAUSTRO DOCTORAL EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA", para obtener el grado de Maestro en Construcción

Por lo anterior, la División a mi cargo le concede la autorización para que proceda el trámite correspondiente y la impresión de la misma.

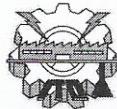
**ATENTAMENTE**

Excellencia en Educación Tecnológica.  
Tecnología Propia e Independencia Económica



**DR. MARCO ANTONIO SÁNCHEZ MEDINA**  
**JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

ccp. Archivo



Av.Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030.  
E-mail: posgrado@itoaxaca.mx www.oaxaca.tecnm.mx





**LICENCIA DE USO OTORGADA POR SATURNINO BLAS PÉREZ MARTÍNEZ**, de nacionalidad **Mexicana** mayor de edad, con domicilio ubicado en calle Huajuapan #100 Colonia guelaguetza Santa María Atzompa , en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor de la tesis denominada **ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO DEL EDIFICIO DEL CLAUSTRO DOCTORAL EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA** en adelante "**LA OBRA**" quien para todos los fines del presente documento se denominará "**EL AUTOR Y/O EL TITULAR**", a favor del Instituto Tecnológico de Oaxaca del Tecnológico Nacional de México, la cual se regirá por las cláusulas siguientes:

**PRIMERA – OBJETO:** "**EL AUTOR Y/O TITULAR**", mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico de Oaxaca del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuita e indefinida respecto de "**LA OBRA**", para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través del repositorio institucional y del repositorio nacional, éste último consultable en la página: (<https://repositorionacional.cti.mx>).

**SEGUNDA – TERRITORIO:** La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geográfica o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

**TERCERA – ALCANCE:** La presente licencia contempla la autorización para formato uso de "**LA OBRA**" en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguientes medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (red), mensaje de datos o similar conocido por conocerse. En medio óptico, magnético, electrónico, en red, mensajes de datos o similar, conocido o por conocerse.

**CUARTA – EXCLUSIVIDAD:** La presente licencia de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico de Oaxaca; por lo tanto, "**EL AUTOR Y/O TITULAR**" conserva los derechos patrimoniales y morales de "**LA OBRA**", objeto del presente documento.

**QUINTA – CRÉDITOS:** El Instituto de Oaxaca y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que el "**AUTOR Y/O TITULAR**" es el único, primigenio y perpetuo titular de los derechos morales sobre "**LA OBRA**"; por lo tanto, siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de la misma.

**SEXTA – AUTORÍA:** "**EL AUTOR Y/O TITULAR**" manifiesta ser el único titular de los derechos de autor que derivan de "**LA OBRA**" y declara que el material objeto del presente fue realizado por él, sin violentar o usurpar derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el único responsable.

Dado en la Ciudad de Oaxaca, Oaxaca, a los 21 días del mes de noviembre de 2024.

"**EL AUTOR Y/O TITULAR**"

C. SATURNINO BLAS PEREZ MARTINEZ  
SSC/RDC/MASM/SORM

"**EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA**"

M.C. SILVIA SANTIAGO CRUZ

**DIRECCIÓN**



## ÍNDICE

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I. ANTECEDENTES .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>4</b>
<b>A) CUALITATIVO .....</b>	<b>4</b>
<b>B) CUANTITATIVO .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 OBJETIVOS .....</b>	<b>7</b>
<b>1.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 SUSTENTABILIDAD .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 BIOCLIMÁTICA.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3 ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.4 TERMODINÁMICA EN LA ARQUITECTURA.....</b>	<b>18</b>
<b>2.5 CONFORT .....</b>	<b>22</b>
<b>2.6 EFICIENCIA ENERGÉTICA .....</b>	<b>25</b>
<b>CAPITULO III. ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO.....</b>	<b>29</b>
<b>3.1 ANÁLISIS DEL SITIO.....</b>	<b>29</b>
<b>LOCALIZACIÓN .....</b>	<b>29</b>
<b>HIDROLOGÍA .....</b>	<b>31</b>
<b>VEGETACIÓN.....</b>	<b>33</b>
<b>ASPECTOS DEMOGRÁFICOS .....</b>	<b>34</b>
<b>3.2 ANÁLISIS CLIMÁTICO .....</b>	<b>34</b>

<b>TEMPERATURA</b> .....	35
<b>HUMEDAD</b> .....	37
<b>RADIACIÓN SOLAR</b> .....	45
<b>VIENTO</b> .....	49
<b>3.3 ANÁLISIS ESTRATÉGICOS DE DISEÑO</b> .....	58
<b>CARTA BIOCLIMÁTICA OLGAY</b> .....	58
<b>TRIÁNGULO DE CONFORT</b> .....	61
<b>GRÁFICA PSICOMÉTRICA</b> .....	63
<b>3.4 ANÁLISIS DE DISEÑO CON ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS</b> .....	66
<b>ANÁLISIS SOLAR</b> .....	66
<b>ILUMINACIÓN NATURAL</b> .....	74
<b>ANÁLISIS DE VIENTOS</b> .....	78
<b>ANÁLISIS ENERGÉTICO</b> .....	92
<b>CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD</b> .....	95
<b>CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	100
<b>CONCLUSIONES</b> .....	100
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	104
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	105

## INTRODUCCIÓN

“La habitabilidad en la edificación es una demanda fuertemente implicada en el consumo de energía no renovable, escasa y contaminante. La reducción del consumo y la utilización de fuentes de energía sostenibles hacen necesario explorar procedimientos de análisis eficientes”.<sup>1</sup> Se considera el análisis bioclimático como la técnica adecuada para conseguir la optimización de la respuesta del edificio al clima, por lo que se revisan las dificultades existentes para su correcta implantación.

Mediante la revisión bibliográfica y la recopilación de iniciativas, se propone una mejora del conocimiento en campos como el aprendizaje mediante el análisis de arquitectura vernácula, la definición correcta de las condiciones climáticas locales, la determinación de los valores de consigna más apropiados para conseguir condiciones de confort interiores, la definición de los patrones de diseño, caracterización bioclimática de edificios, materiales y sistemas constructivos.

Asimismo, el desarrollo de estrategias y prácticas constructivas, la estandarización y aplicación rutinaria de métodos de comprobación “in situ” del desempeño bioclimático y la validación de los procedimientos informáticos acreditan la habitabilidad y la forma de concretar este aprendizaje en la regulación, el marco normativo y el establecimiento de condiciones de uso y mantenimiento que rentabilicen la implantación de este análisis bioclimático. Se concluye con la necesidad de aprovechar los avances conseguidos para mejorar el rendimiento de la edificación en su objetivo de conseguir una mejor habitabilidad con un menor consumo de recursos.

En el presente estudio se realiza el análisis bioclimático del claustro doctoral asignado a la División de Estudios de Posgrados e Investigación del Instituto Tecnológico de Oaxaca que por su diseño y materiales lo hacen un buen candidato para la aplicación de las herramientas y factores que se contemplan para el análisis incluyendo aspectos como:

**Análisis del sitio:** Donde se conoce la ubicación del claustro doctoral la hidrología presente en la zona, la geología en donde se encuentra el edificio, los aspectos demográficos que se deben considerar teniendo en cuenta la función que realiza el claustro doctoral dentro del

---

<sup>1</sup> Tendero, Aplicación del análisis bioclimático a la prescripción arquitectónica p. 47

Instituto Tecnológico de Oaxaca y así como la infraestructura y equipamiento urbano.

**Análisis climático:** Serán los datos más importantes para el análisis de diseño bioclimático del claustro doctoral, obteniendo datos de la red de estaciones climatológicas del servicio meteorológico nacional, estos datos también llamados normales climatológicas serán de vital importancia para el análisis de temperatura del ambiente en el edificio, humedad presente dentro de la zona, radiación solar y vientos dominantes, la interpretación y análisis de estos datos serán relevantes para las estrategias de diseño.

**Análisis estratégicos de diseño:** Se analizan los datos obtenidos mediante cartas bioclimáticas utilizadas comúnmente para determinar las estrategias específicas para el diseño del claustro doctoral, donde se tiene a consideración el índice de confort, la carta bioclimática de Olgyay, el triángulo de confort de Ivans, la gráfica psicométrica y las tablas de Mahoney.

**Análisis de diseño con estrategias bioclimáticas:** así también se utilizarán estrategias que son principalmente de la naturaleza con algunos aspectos que inciden directamente en el claustro doctoral, estos datos dependen del, análisis solar, análisis de vientos, análisis térmicos, criterios de sustentabilidad e iluminación del espacio.

Finalizando de esta manera con las recomendaciones generales para el análisis del clima y la interpretación general de los datos que nos ayudaran a determinar el diseño bioclimático del claustro doctoral del Instituto Tecnológico de Oaxaca.

## **CAPITULO I. ANTECEDENTES**

La arquitectura bioclimática surge como resultado de las necesidades de crear espacios habitables con alteraciones controladas en el ambiente, apoyada principalmente con el diseño de edificios que contemplan las condiciones climáticas de la zona de construcción y de los recursos disponibles de sol, vegetación, lluvia y vientos, de tal modo que se puede aprovechar de manera eficiente, buscando disminuir los espacios ambientales negativos al sitio, pero no es solo diseñar edificios o espacios aprovechando los recursos disponibles en la zona, si no también, comprender a los habitantes que en ella se integran para poder satisfacer las necesidades específicas de los usuarios para cada uno de estos espacios contemplando los factores antes mencionados y la percepción del individuo que las utiliza para ofrecer una sensación de confort en su ocupación, realizar el análisis bioclimático en edificio construidos y en etapa de proyecto es fundamental para determinar un buen diseño que sea sostenible y sustentable.

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Aun cuando el claustro doctoral está construido a partir de adobe y materiales de bajo impacto ecológico, resulta tener cambios bruscos de temperatura en los espacios interiores, lo cual genera incomodidad para los usuarios, por esta razón se analizará las condiciones actuales y su interacción con el medio natural a partir del sistema constructivo utilizado y con enfoque bioclimático.

### **A) CUALITATIVO**

De los principales aspectos que se detectan en el claustro doctoral del Instituto Tecnológico de Oaxaca y como aspecto importante, es la falta de iluminación natural que se presenta en el interior, su diseño resulta atractivo por el sistema constructivo y diseño de volumen, que atiende varios aspectos importantes para el confort del interior.

Por su parte los edificios como vivienda del estado de Oaxaca se caracterizan por utilizar el sistema constructivo convencional, utilizando criterios de diseño de acuerdo a los movimientos actuales de la arquitectura, sin embargo, pocas veces se enfocan a las necesidades enfocadas a eficiencia energética y sustentabilidad, respondiendo solo a las necesidades de sus habitantes y adaptándose a criterios básicos para mantener confort dentro del interior de las viviendas.

Son este enfoque se determina realizar el análisis al edificio del claustro doctoral, ya que el método de análisis se podrá aplicar a todos tipo de edificación, y al no ser aplicado anteriormente en ningún edificio anteriormente.

En zonas rurales o sitios alejados de redes de energía convencional y servicios urbanos, por un lado, se puede observar el uso extendido de estrategias pasivas orientadas a la recolección de agua, el tratamiento de los desechos, y la captación y acumulación de las energías naturales del sol y el viento, buscando una máxima autonomía energética. En zonas urbanas por otro lado, estas nociones son incorporadas más bien como energías complementarias, apuntando al ahorro energético más que a la autosuficiencia lo cual genera consumos más altos de energía para lograr un confort dentro de los edificios de las ciudades.

## B) CUANTITATIVO

Es importante reconocer que unas de las cualidades más destacadas de los edificios con análisis de bioclimática es el ahorro energético que se genera con el aprovechamiento de la luz solar, lo cual permite economizar entre un 60% y 100% el gasto diario.

En México se han desarrollado una serie de materiales y sistemas avanzados de climatización y ventilación pasiva que permiten reducir hasta 5 grados la temperatura interior de una vivienda y más de un 25% el uso aires acondicionados. Cuanto más cálido sea el clima, se reduce más la temperatura y se ahorra más energía en espacios interiores, que por su parte son muy escasos en la ciudad de Oaxaca y que pocas veces se llevan a cabo dentro de los procesos de diseño de edificios y viviendas.

El Consejo Mundial de Edificación Verde (WGBC, en inglés), con sede en Londres, estima que los edificios sostenibles ahorran 40% en consumo de agua, reducen hasta 30% el uso de energía y la emisión de gases contaminantes, así como entre 50% y 75% de los desechos generados por construcción y demolición.

México presenta un problema serio de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes de los edificios. El reporte reciente “Emisiones de GEI de todos los países”, elaborado por 19 investigadores asociados al Centro de Investigación Conjunta de la Comisión Europea, halló que las emanaciones de los inmuebles crecieron 26% entre 1990 y 2022, y 19% entre 2021 y 2022.

Además, el sector vivienda representa 16% del consumo total de energía y 26% del uso total de electricidad.

En total, México lanzó a la atmósfera 819 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, el gas generado por la quema de combustibles fósiles y responsable del recalentamiento planetario, en 2022.

Mientras, las emisiones ocasionadas por la producción de cemento registraron un leve acrecentamiento, al pasar de 19.33 millones de toneladas en 2020 a 19.56 millones el año siguiente.

Debido a estos aspectos y con las pocas intervenciones que se realizan en los edificios actuales de diferentes áreas como educación, salud y obras privadas, son en algunos aspectos las principales necesidades que se deja sin atención, provocando gastos en el futuro por las intervenciones que se realizan después del término de la construcción para resolver problemas poco atendidas en la etapa de diseño.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Se ha señalado que la importancia de estudiar el problema de investigación radica en el planteamiento de darle una oportunidad y sentido a las condiciones del lugar, así como a las personas que lo habitan, generar una tipología de vivienda y edificación apta para las personas que viven en cualquier tipo de clima y zona específica les permita además de ser un edificio bajo un propósito establecido a llegar a ser un espacio para la productividad, y desarrollo social-cultural.

El propósito es crear un conjunto de objetivos mundiales relacionados con los desafíos ambientales, políticos y económicos con que se enfrenta nuestro mundo, mediante las nuevas organizaciones y planes políticos se pretende que el desarrollo de proyectos climáticos y más enfocado hacia la arquitectura bioclimática, sea una realidad para la ejecución y análisis para la solución de diferentes factores en el ámbito de la construcción, para alcanzar los estándares mundiales en cuanto a la calidad y diseño en pro del ambiente y el desarrollo individual de las personas y la sociedad.

El diseño de iluminación debe considerar, además de las fuentes de luz artificial, a nuestra mayor fuente de energía, el sol. Como se ha mencionado en otras ocasiones, el aprovechamiento de la energía natural y recursos locales es indispensable para conseguir resultados eficientes en los proyectos arquitectónicos.

Existen distintos medios y estrategias para desarrollar edificios de estas características, cuyo impacto ambiental sea mínimo o casi nulo. Una forma de resolver estos proyectos de manera integral es a través de la arquitectura bioclimática, cuyo concepto se refiere a las estrategias de diseño de edificaciones centradas en utilizar las condiciones climáticas de la región a favor del proyecto y el máximo aprovechamiento de los recursos naturales.

Además del tema medioambiental, tienen como objetivo propiciar espacios confortables para los usuarios.

Por lo que el análisis a realizar, será de utilidad para conocer el comportamiento actual del claustro doctoral ante los elementos naturales que se presentan en su entorno; y en caso de ser necesario tomar en cuenta las recomendaciones que se pudieran concluir para alcanzar su máxima eficiencia.

### **1.3 OBJETIVO GENERAL**

Conocer y analizar el comportamiento bioclimático que integra el claustro doctoral del Instituto Tecnológico de Oaxaca, mediante la interpretación de datos climatológicos y gráficas bioclimáticas, con la finalidad de proponer estrategias pasivas de confort.

#### **1.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Conocer las condiciones bioclimáticas del claustro doctoral del Instituto Tecnológico de Oaxaca mediante los datos meteorológicos y los softwares de análisis.
2. Aplicar los criterios climáticos sobre el diseño actual del claustro doctoral del Instituto Tecnológico de Oaxaca mediante los datos obtenidos en los análisis y como herramienta principal la carta bioclimática de Olgay.
3. Determinar el confort térmico dentro del claustro doctoral del Instituto Tecnológico de Oaxaca mediante los datos climatológicos y los datos térmicos de los materiales de construcción.
4. Interpretar los datos climatológicos obtenidos para el claustro doctoral del Instituto Tecnológico de Oaxaca con la comparativa de gráficas y los rangos de confort establecidos como el triángulo de confort y la gráfica psicométrica.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

La arquitectura bioclimática se ha definido de múltiples maneras. El término bioclimática se define como “identificar oportunidades de eficiencia energética sostenible, desarrollando análisis de optimización de recursos y proponiendo tecnologías de aprovechamiento de energías renovables como alternativas de sustitución que conlleven aun mayor ahorro energético dentro de una edificación.”<sup>2</sup>

### 2.1 SUSTENTABILIDAD

Por otra parte, hablando de sustentabilidad, es otro paso trascendental dado que de él dependen las características de los indicadores a desarrollar. No existe una sola forma de encarar su evolución ya que ésta depende de los objetivos o del tipo de pregunta que se busca responder. Por lo tanto, la definición de tales objetivos constituye la esencia del proceso evaluativo, y puede abordarse con relativa sencillez respondiendo a las siguientes preguntas: ¿Qué se va a evaluar?, ¿Por qué se va a evaluar?, ¿Para qué se va a evaluar?, ¿Quién es el destinatario de la evaluación? La definición de qué, por qué y para qué evaluar, es fundamental para la correcta elección del conjunto de indicadores a utilizar. La definición de quién será el destinatario de la evaluación es importante para adaptar la metodología al requerimiento de los usuarios, de manera que los resultados sean lo más significativos posibles para ellos. No es lo mismo desarrollar un conjunto de indicadores para los científicos, que, para una autoevaluación de los agricultores, o para los políticos, o si deseamos hacer una evaluación rápida que si disponemos de más tiempo. La disponibilidad o no de instrumentar también es importante en la elección de los indicadores a usar.<sup>3</sup>

La integración y presentación de indicadores de sustentabilidad en la conformación de resultados, se debe determinar el nivel de desempeño de los sistemas de manejo para cada indicador, con el fin de determinar sus ventajas comparativas. En este paso se debieron resolver tres aspectos principales:<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> Guerra, Arquitectura bioclimática como parte fundamental para el ahorro de energía en edificaciones, p. 124.

<sup>3</sup> Sarandón, Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica, p. 21.

<sup>4</sup> Astier, Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional, p. 31.

La elección de los indicadores a integrar, lo cual no representó un problema debido a que, en términos generales, el conjunto de indicadores utilizados no fue muy grande. Para ello, la estructura jerárquica del Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) y la identificación de fortalezas y debilidades ayudaron en la priorización de los elementos importantes para la sustentabilidad de los sistemas de manejo.

La determinación de valores de referencia para los indicadores fue uno de los aspectos más difíciles de resolver en este paso. Dado que las experiencias se realizaron en escalas muy pequeñas (parcela y unidad de producción), los óptimos responden más a valores máximos locales (p.ej., el número más alto de especies cultivadas en la localidad), o bien a metas planteadas por el equipo de evaluación y los propios productores.

La mayoría de los estudios de caso han logrado incorporar adecuadamente la integración y la presentación de indicadores de sustentabilidad. Sin embargo, en algunos casos las recomendaciones fueron realizadas directamente a partir de los indicadores, sin pasar por la integración, lo que dejó fuera elementos importantes del proceso de evaluación. Por otro lado, hace falta trabajo en la discusión y la retroalimentación entre los equipos de evaluación y otros actores sociales sobre los resultados y el propio proceso de la evaluación.

Los sentidos actuales de la palabra desarrollo apuntan a los avances y progresos en el campo económico y social. Aparece asociada a ideas como progreso, modernización, crecimiento, bienestar y otras similares. En castellano, según la Real Academia Española, su acepción en el campo de la economía es la “evolución progresiva de una economía hacia mejores niveles de vida”, mientras que cuando se refiere a las personas se lo define como progreso, crecimiento económico, social, cultural o político. Desarrollo también tiene un amplio uso en otros campos, como la embriología y la evolución. Finalmente, no sólo existen disciplinas, como la “economía del desarrollo”, sino que la palabra aparece nombrando instituciones muy diversas, que van desde agencias gubernamentales de desarrollo a bancos internacionales, y es el objeto de los más variados proyectos.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Gudynas, Ambiente, sustentabilidad y desarrollo: una revisión de los encuentros y desencuentros, p. 110.

“El uso indiscriminado al término “sostenible” ha generado un agotamiento de su acepción inicial ya que, según los mejores cánones del marketing futurista, hoy en día todo es sostenible, término que goza de buena aceptación social y está muy relacionado con todo aquello que perdure en el tiempo. Es por ésta y otras razones que más adelante contemplo, que prefiero denominarlo sustentable, porque este término, a más de su aspecto temporal, incluye conceptos que interrelacionan aristas muy importantes que preocupan a todos los seres de la tierra, como quiera que tienen que ver con la vida humana, principio y esencia del ser, guardando relación con el presente y futuro del planeta tierra y su interacción con ella. Con base en estos planteamientos, la edificación de una nueva cultura del individuo dentro de la sociedad. La complejidad de fenómenos y la variedad de relaciones que involucran la sustentabilidad, como, por ejemplo, la supervivencia de millones de especies vivas en el planeta (así como también la desaparición de otras tantas) y su relación con los ecosistemas de la naturaleza y de éstos con la sociedad. En mi condición de economista me ha llevado a preguntarme: ¿cuál es el nuevo rol de la economía dentro de la sociedad? Este interrogante me ha motivado a estudiar y a escribir algunas líneas iniciales que deseo ir afinando, hasta alcanzar una mayor profundidad en el tema para presentarles mis opiniones a consideración de los lectores, hasta lograr la dinámica de la discusión que amerita el apasionamiento entre lo académico, lo cognoscitivo y lo sensorial en nuestra existencia”.<sup>6</sup>

“La crisis ambiental anuncia una mutación de los sentidos de la vida. Muerte y transfiguración; creación de nuevos sentidos para reconstruir la historia a partir de los límites de la modernidad. La insustentabilidad del planeta y de la humanidad, es un cuestionamiento de los fundamentos de nuestro ser en el mundo, cuyos sedimentos primeros están en la forja misma de la civilización occidental judeocristiana, desde la ética y la filosofía de la antigua Grecia, hasta la ontología y la epistemología modernas. Es una nueva pregunta por el ser que cuestiona a la realidad acuñada por la lógica y la gramática con las que hemos construido nuestro mundo, bajo el signo monetario como símbolo de igualdad, medida de cambio y valor-signo de todas las cosas. Por ello, el problema de la sustentabilidad no sólo remite a un cuestionamiento de la modernidad, sino a una auténtica crisis de civilización, que abre una transformación de nuestra existencia histórica”.<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> Ávila, La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad, p. 411.

<sup>7</sup> Leff, Tiempo de sustentabilidad, pp. 11 y 12.

Se podrían destacar algunas de las diversas matrices discursivas del concepto de sustentabilidad, que existen desde que se lanzó al debate público internacional en 1987, a partir del Informe Brundtland. Entre ellas, "la matriz de eficiencia, que pretende combatir la pérdida de la base material del desarrollo, extendiendo la racionalidad económica al 'espacio no mercantil planetario'; de escala, que propugna un límite cuantitativo al crecimiento económico y a la presión que él ejerce sobre los 'recursos ambientales'; de equidad, que articula analíticamente principios de justicia y ecología; de autosuficiencia, que sostiene la desvinculación de las economías nacionales y sociedades tradicionales de los flujos del mercado mundial, como estrategia apropiada para asegurar la capacidad de autorregulación comunitaria de las condiciones de reproducción de la base material del desarrollo; de la ética, que inscribe la apropiación social del mundo material en un debate sobre los valores del bien y del mal, evidenciando las interacciones de la base material del desarrollo con las condiciones de continuidad de la vida en el planeta".<sup>8</sup>

## 2.2 BIOCLIMÁTICA

Con el propósito de alcanzar un desarrollo urbano ordenado y sustentable se ha motivado a diversas naciones alrededor del mundo para invertir en la optimización de sus sistemas de ejecución de proyectos hasta convertirlos en herramientas integrales para la gestión estratégica de recursos y los medios necesarios para alcanzar ese equilibrio que durante mucho tiempo se ha buscado. Así mismo, se entiende que el estudio de la bioclimática partió de un enfoque sustentable que busca entender la relación equilibrada entre el medio ambiente y el bienestar socioeconómico de la población se considera que esta situación problemática requería de la planeación espacial prospectiva y sustentable la región. Diferentes proyectos han propuesto un lapso y con un límite en diferentes alcances para el desarrollo, tanto para aprovechamiento de los recursos como la disminución de la demanda energética.

El análisis bioclimático del claustro doctoral que se va a desarrollar implica que es conveniente hablar de los términos de sustentabilidad, que se ha visto de muchas maneras, que en términos de cuantificación mide el efecto de la interacción de factores políticos, económicos, sociales y humanos con el ambiente. A mediados de la década de los setenta, los actores en el campo ambiental entendieron que sus reclamos sobre conservación o

---

<sup>8</sup> Domínguez, Sustentabilidad, desarrollos sustentables y territorios, p. 37.

calidad ambiental requerían reformular el desarrollo al menos en dos aspectos: por un lado, un ajuste ecológico, y, por otro lado, una reorientación hacia las personas. Además, en este sentido, el primer componente alude a la necesidad de ajustar las opciones de desarrollo dentro de los límites planetarios, sea por los recursos naturales disponibles o por las capacidades ecosistémicas de enfrentar la contaminación.<sup>9</sup>

El segundo componente se refiere a un conjunto de posturas que insisten en concebir el desarrollo y el crecimiento como dos fenómenos distintos, en los que el primero tiene por objetivo metas como reducir la pobreza o asegurar una adecuada alimentación. Se entiende por sustentabilidad el estado de condición (vinculado al liso y estilo) del sistema ambiental en el momento de producción, renovación y movilización de sustancias o elementos de la naturaleza, minimizando la generación de procesos de degradación (presentes o futuros) del sistema.<sup>10</sup>

El concepto de sustentabilidad es complejo en sí mismo porque implica cumplir, simultáneamente, con varios objetivos: productivos, ecológicos o ambientales, sociales, culturales, económicas y temporales. Por lo tanto, es necesario un abordaje multidisciplinario para medir un concepto interdisciplinario, lo que se contrapone a la visión reduccionista que prevalece en muchos agrónomos y científicos. En cuanto a la última década, el concepto de sustentabilidad se ha establecido como un eje fundamental para el diseño arquitectónico y de desarrollo urbano, así mismo a la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales que se ven directamente en la construcción, desarrollo de nuevas tecnologías para solucionar problemas o necesidades, e incluso de políticas públicas y de orden privado que afectan a dichas construcciones. A pesar de la importancia que se ha ganado con el transcurso del tiempo y de las nuevas políticas que se generan aun es difícil de definir y poner en práctica de manera coherente. Cuando se profundiza en el tema y se trata de entender y analizar la sustentabilidad de los sistemas socioambientales. La necesidad de una metodología de evaluación para la calificación de este concepto y que permita un análisis objetivo de la sustentabilidad, es una necesidad para avanzar en el logro de la misma. Entender estos conceptos llevan a la necesidad de interpretar un factor que se involucra directamente con el desarrollo sustentable y la bioclimática, que de igual manera es un elemento fundamental para el análisis que se

---

<sup>9</sup> Gudynas, Ambiente, sustentabilidad y desarrollo: una revisión de los encuentros y desencuentros, p. 115.

<sup>10</sup> Achkar, Ordenamiento ambiental del territorio, p. 56.

pretende realizar en este documento, este concepto es la eficiencia energética que se ha definido como; agrupar acciones que se toman tanto en el lado de la oferta como de la demanda, sin sacrificar el bienestar ni la producción, permitiendo mejorar la seguridad del suministro. Logrando, además, ahorros tanto en el consumo de energía como en la economía de la población en general. Simultáneamente se logran reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero y mejoras en las finanzas de las empresas energéticas.<sup>11</sup>

Así mismo, los edificios son responsables de una elevada proporción del consumo mundial de energía, así también con la generación de algunos de los contaminantes por la industria de la construcción, que tal vez no afectan directamente, son una parte importante dentro de la generación de desechos, de ahí la importancia de esta temática, en la cual se evalúan todas las oportunidades de aplicación de estrategias sostenibles para minimizar no solo los problemas de impacto ambiental, mediante medios de reciclaje o cambios en la ejecución de los sistemas constructivos para marcar una diferencia dentro del ámbito y también hacer más eficiente el consumo energético en las edificaciones, como una respuesta positiva.<sup>12</sup>

Teniendo en mente lo anterior se puede interpretar a la arquitectura bioclimática como un conjunto de elementos arquitectónicos, constructivos y pasivos, que funcionan a través de las técnicas de construcción diseño que son capaces de transformar las condiciones del microclima para alcanzar los valores óptimos que lo acerquen a las condiciones de bienestar termo fisiológico que percibe el ser humano, estas prácticas se han desarrollado e implementado con éxito en sus diferentes aplicaciones, haciendo uso correcto de los datos del clima que se tengan, utilizando preferentemente energías pasivas, en pro de la reducción de los consumos de energía y minimización de impactos negativos al medio ambiente.<sup>13</sup>

En concreto, la arquitectura bioclimática consiste en abrir los recintos a la luz y al aire natural, al frío y la pérdida de calor, aprovechando las brisas, los mismos desechos generados dentro del edificio, la captación del agua pluvial, tratamiento de aguas jabonosas y hacer uso de captores para aprovechar las energías naturales (solar, eólica) cuando la implantación y los medios lo permitan dependiendo de la región en la que se encuentre.

---

<sup>11</sup> Proveda, Eficiencia energética: recurso no aprovechado, p. 4.

<sup>12</sup> Guerra, Arquitectura bioclimática como parte fundamental para el ahorro de energía en edificaciones, p. 124.

<sup>13</sup> Conforme-Zambrano y Castro-Mero, Arquitectura bioclimática, p. 753.

Es por eso, que el concepto de arquitectura bioclimática radica su fortaleza en su simplicidad, sin que esto signifique una desvalorización, todo lo contrario, entre su enorme conjunto de instrumentos o aparatos que se necesitan de formas y elementos, la arquitectura bioclimática es la más acertada para nuestra época, ayudando a solucionar una pequeña parte de los problemas a las que se enfrenta la sociedad actual en cuanto al clima se refiere. Surgida de la tradición, su discreción y compromiso con los problemas más acuciantes del planeta, la convierte en la más moderna, responsable y contemporánea.<sup>14</sup>

El clima determina de manera considerable, la forma construida, que el edificio se adapte al entorno y no el entorno al edificio, evitando un gran impacto a causa de la construcción. Uno de los mejores ejemplos es la arquitectura vernácula, que refleja la comprensión y reflexión sobre las condiciones locales, antes de construir y habitar, con su origen empírico, utilizando solo los materiales del medio natural para levantar construcciones que satisfacían la necesidad de sus usuarios, y que a pesar de la falta de tecnología iban en constante evolución ante las nuevas necesidades. Son el resultado de aplicaciones y tradiciones ancestrales, mejoradas con el transcurrir del tiempo y las necesidades de la época, llevadas de generación en generación y siendo perfeccionadas mediante la práctica y la ejecución, así como la observación y otros métodos, pero siempre con el fin de satisfacer una necesidad. Por ello, la arquitectura llamada moderna, señalaba desde su génesis, una corriente de pensamiento y acción que han marcado y condicionado nuestro ambiente natural, donde se pierden las prácticas de integrar el ecosistema o medio natural dentro del diseño, se reduce a la satisfacción de las necesidades del ser humano, cuatro paredes, una cubierta, eliminar desechos por cualquier medio y utilizar materiales de construcción de la industria sin una planeación anterior. El mal dominio de los elementos naturales, fue compensado por el empleo sistemático del aire acondicionado y la iluminación de neón, con el afán de hacer los espacios más cómodos ante la evidente problemática.<sup>15</sup>

Uno de los recursos que más énfasis ha tenido en los últimos años es la energía solar, que no solo nos proporciona la luz, sino que también nos da calor a través de ondas electromagnéticas y rayos infrarrojos, sin mencionar los beneficios psicológicos que también nos ofrece. En la naturaleza todo cuanto existe está perfectamente diseñado, una muestra de ello es que según datos científicos realizados para determinar el porqué de la posición

---

<sup>14</sup> Ugarte, Guía de arquitectura bioclimática, s/p.

<sup>15</sup> Ugarte, Guía bioclimática construir con el clima, s/p.

del planeta tierra en el universo, se pudo comprobar que si el planeta tierra estuviera unos cuantos metros más lejos del sol se estaría bajo temperaturas lo suficientemente bajas como para congelar en segundos, o si por el contrario la tierra estuviera varios metros más cerca, la temperatura terrestre aumentaría de tal forma que las personas hubiesen muerto calcinados por el calor emanado a través de los rayos solares casi que fulminantes, es esta armonía es la que se pretende conseguir mediante las nuevas construcciones, que se involucren de manera directa en la naturaleza y su entorno, que sea una mezcla y conformen una unidad, sin dejar de lado los aspectos fundamentales de la base del diseño.<sup>16</sup>

A lo largo de los años han existido eventos de importancia como en 1923 la Fundación del Concejo Mundial de Energía, siendo su misión “promover la provisión y el uso sostenible de la energía para obtener el mayor beneficio para todos”, años después, eventos que trajeron movimiento de la industria y consigo mismo fuertes golpes ecológicos, la Revolución Industrial en 1960, uno de los principales eventos dentro de la civilización que en su tiempo también tuvo diferentes efectos en el movimiento de las ciudades y su interacción ante sus ciudadanos, haciendo necesario realizar diferentes proyectos para regular el impacto de dichas industrias.<sup>17</sup>

## 2.3 ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

La arquitectura bioclimática se considera como la práctica de construir coherentemente con las técnicas de diseño que se llevan en la actualidad incluyendo factores climáticos o propias de la naturaleza del sitio donde se desarrolla el proyecto para realizar la comunicación entre la delimitación del espacio y la naturaleza. Busca el utilizar los recursos naturales disponibles en el entorno de forma que se puede utilizar de forma lógica y programada para evitar alteraciones que tengan gran impacto dentro de la misma naturaleza, de esta manera se garantiza que los ecosistemas no sufran grandes modificaciones por la intervención directa del hombre.<sup>18</sup>

---

<sup>16</sup> Ugarte, Guía bioclimática construir con el clima, s/p.

<sup>17</sup> Cuadrado, Manual de lineamientos de diseño para vivienda bioclimática pasiva en clima cálido húmedo en el Municipio de Socorro, Santander, p. 35.

<sup>18</sup> Conforme-Zambrano y Castro-Mero, Arquitectura bioclimática, p. 752.

De manera sintética se puede decir que la arquitectura bioclimática se define como<sup>19</sup>:

- (a) Utilizar las técnicas específicas para satisfacer las necesidades de espacios y de comodidad para los usuarios, sin pasar por alto las características físicas de los elementos de construcción que serán necesarios por su desempeño termo y de transferencia de energía (calor). Fundamentalmente no se deberá perder el confort y bienestar de los ocupantes dentro del edificio o el entorno, generando sensaciones de protección y seguridad.
- (b) La ejecución de buenas prácticas en términos de soluciones que hacen la diferencia entre una buena arquitectura (bioclimática) y una arquitectura singular que solo se encarga de la delimitación de los espacios, olvidando el factor más importante que es la calidad del ambiente interior y la reducción de los efectos negativos en su entorno, dentro de la calidad interior se puede encontrar todo lo relacionado con las sensaciones de confort que el usuario genera, como lo son la temperatura, humedad, movimiento, calidad del aire, sensación de libertad, hacinamiento, etc. Cuando se diseña para la naturaleza se defienden los efectos que el edificio ejerce sobre el clima y el espacio, se toma a consideración todos los efectos que se involucren a la función del edificio, que se generan por la función del mismo, tales como puede ser, los residuos sólidos, residuos líquidos y gaseosos, que se obtienen como efecto de la utilización del edificio en cuestión.
- (c) La arquitectura bioclimática es la que tiene en cuenta todos los efectos negativos y positivos de una edificación ante la naturaleza, se encarga de estudiar el ámbito en el que se construye, analiza e interpreta todos los datos del sitio para garantizar que la propuesta sea positiva tanto dentro como en el exterior del edificio, procura que el edificio genere su propia energía mediante diferentes prácticas sin la necesidad de utilizar ningún medio mecánico, que puede afectar de manera negativa a pesar de ello, algunas condiciones adversas hacen necesario que estos elementos mecánicos sigan en vigor para garantizar el confort en el interior.

El diseño de los edificios debe realizarse teniendo en cuenta el entorno y las orientaciones favorables y aprovechando los recursos naturales disponibles como: el sol, la vegetación, la

---

<sup>19</sup> Neila, Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible: buenas prácticas edificatorias, p. 89.

lluvia y el viento, a favor de la sostenibilidad del medio ambiente, estos factores son fundamentales para poder realizar un correcto diseño bioclimático además de tener en cuenta los materiales óptimos para cada uno de los climas donde se proyecta, se debe realizar el análisis específico para cada proyecto, mediante las nuevas técnicas que se han desarrollado a lo largo de los años, ahora, con apoyo de las herramientas de softwares de diseño se realiza un análisis más rápido y con una interpretación de datos más exacta para lo que se pretende realizar. Está claro que adicional a procurar la sostenibilidad del medio ambiente, la arquitectura y las técnicas de bioclimática busca específicamente garantizar el confort (sensación de bienestar) físico, psicológico y cultural de sus habitantes, lo que puede conllevar a una interpretación más cualitativa de los resultados que se obtienen en el diseño, esto para ayudar en varios puntos en el desarrollo de la sociedad y calidad de vida urbana, las nuevas necesidades humanas que nacen a partir del desarrollo de las industrias y así a la evolución del mismo hombre, hacen que estas técnicas y métodos de interpretación lleven el mismo sentido de evolución, haciendo necesario que se relacionen de una manera más directa.<sup>20</sup>

Es así, en el análisis de las nuevas energías y las posibilidades que se encuentran en la identificación de la eficiencia energética a nivel mundial han quedado probadas a través de la disponibilidad de vehículos que requieren menos combustible, electrodomésticos que consumen menos electricidad y lámparas que consumen una cuarta parte de la energía que las antiguas, como nuevos métodos de diseño bioclimático en arquitectura. Ahora aplicando técnicas a las actividades de la construcción de edificios y al mejoramiento en el diseño de los mismos genera las posibilidades de mejoramiento en sistemas constructivos y comunicación de sistemas alternativos para mitigar el impacto ambiental.

“Por ello, en estos tiempos de crisis económica, energética y medioambiental, el ahorro y la eficiencia energética aparecen como la principal opción desde el ámbito energético para responder a este desafío, el crear conciencia climática en la construcción de diferentes estructuras en las que se desenvuelve el ser humano. El ahorro de energía permite que nuestros escasos recursos económicos, pospone el agotamiento de nuestros escasos recursos fósiles”.<sup>21</sup>

---

<sup>20</sup> Conforme-Zambrano y Castro-Mero, Arquitectura bioclimática, p. 753.

<sup>21</sup> Linares, Eficiencia energética y medio ambiente, p. 75.

## 2.4 TERMODINÁMICA EN LA ARQUITECTURA

La palabra termodinámica es de origen griego y literalmente significa “el estudio de las fuerzas (dynamis; dunamiz) que originan el calor (thermo; termh)”. Con el paso del tiempo y con las nuevas investigaciones y estudios esta definición se ha visto modificada, ya que en la definición original se habla sobre el estudio del calor, lo cual ya no solo se ha estudiado, sino todo tipo de formas de energía (mecánica, eléctrica, química, nuclear, etc.). Además, la termodinámica clásica se ocupa de estados de equilibrio y no de estados dinámicos, para los cuales las fuerzas son importantes. Hoy en día, la termodinámica abarca campos tan diversos como la ingeniería, la biología, la química, la medicina y así también en la arquitectura donde en las últimas décadas ha tomado un papel importante para el desarrollo de técnicas bioclimáticas. En síntesis, se puede decir que la termodinámica es la ciencia que estudia el cambio de las energías.<sup>22</sup>

Por lo tanto, el conocimiento sobre el comportamiento de la materia es de suma importancia en los análisis de ingeniería como en turbinas, túneles de viento, plantas de potencia nucleares, motores de todo tipo, polímeros y sus mezclas, imanes superconductores, refinerías de petróleo, procesos biológicos, son sólo algunos ejemplos de sistemas que requieren de un análisis termodinámico, bajo esos conocimientos se puede determinar que en la arquitectura se puede utilizar para el estudio del interior de los edificios actuales para determinar los climas al interior y generar una respuesta para generar confort. Algunos de los conceptos básicos dentro de la termodinámica son: (a) Sistema, es una región del espacio definida por un observador. Todo aquello que no sea parte del sistema se considera los alrededores. Todo sistema está definido por ciertas fronteras que pueden ser físicas o imaginarias. (b) Estado, es la condición del sistema definida por sus propiedades termodinámicas. Si un sistema en dos momentos distintos presenta los mismos valores de sus propiedades, se dice que estuvo en el mismo estado en ambos instantes. Por tal motivo, a las propiedades termodinámicas. (c) Proceso, se le denomina así a la transformación de un estado a otro, siendo el camino del proceso la serie de estados a través de los cuales pasa. Algunos procesos se caracterizan por mantener alguna variable termodinámica constante y por lo tanto se le asignan nombres especiales. (d) Ciclo, es un proceso que comienza y termina en un mismo estado. Las propiedades varían durante el transcurso del ciclo, pero al volver al estado inicial todas las propiedades vuelven a tomar

---

<sup>22</sup> La Real Academia de la Lengua Española

sus valores originales. (e) Equilibrio, se dice que un sistema está en equilibrio siempre y cuando no ocurran cambios en sus propiedades sin un estímulo externo. Se puede entender que todos los cuerpos tienden a un estado de equilibrio siempre y cuando se aíslen de los alrededores por suficiente tiempo. (f) Fase, se define como una cantidad homogénea y uniforme de materia. Las fases encontradas con más frecuencia en la naturaleza son la sólida, la líquida y la gaseosa. Por ejemplo, aun cuando el agua y el hielo tienen una composición uniforme.<sup>23</sup>

No se puede hablar de termodinámica sin hacer mención a la temperatura junto con las herramientas y unidades para medirla, es aquí donde entra la importancia de su estudio en la arquitectura por el desarrollo de las tecnologías enfocadas a este rubro. Teniendo un enfoque cuantitativo el concepto de temperatura se origina con la percepción de nuestros sentidos. Dicho concepto se basa en la noción de "calidez" o "frialdad" de un cuerpo. Se utiliza nuestro sentido del tacto para distinguir los cuerpos calientes de los fríos y ordenarlos en un orden de "calidez," decidiendo que es más "caliente que" haciendo comparación con otro elemento o con el recuerdo de otra situación en la que se encontró el individuo. Sin embargo, aunque el cuerpo humano pueda percibir estas temperaturas, somos incapaces de medir con precisión esta cualidad. Es decir, deben diseñarse y utilizarse termómetros y escalas de temperatura para poder medirla las cuales son las herramientas que se mencionan anteriormente.<sup>24</sup>

En un principio la termodinámica surgió del estudio de la producción de trabajo mecánico a partir de fuentes de calor, y su interés se centró en las aplicaciones técnicas de las maquinas térmicas. Sin embargo, ahora con el desarrollo de las herramientas se puede utilizar en diversos campos como se ha mencionado, esto permite que se desarrollen nuevas técnicas y formas de implementarla en la arquitectura, históricamente hablando la termodinámica se desarrolló durante los siglos XVIII y XIX cuando las nociones de calor y temperatura no se comprendían completamente. Evolucionó hasta constituir una teoría formal y elegante cuyos resultados y métodos llegaron a ser extremadamente importantes para fines de ingeniería, empezando a ser utilizado para la construcción y ahora para el desarrollo de proyectos de diseño.<sup>25</sup>

---

<sup>23</sup> Müller, Termodinámica básica, pp. 1-13.

<sup>24</sup> Moran, Fundamentos de termodinámica técnica, p. 8.

<sup>25</sup> Beléndez, Acústica, fluidos y termodinámica, p. 57.

Entre la arquitectura y termodinámica, no parece haber mucha relación si se habla de ello con las definiciones comunes. Pero, los principios más básicos de la física hacen que se unifique conceptualmente espacio y materia. Por lo cual se ha tenido que reinterpretar la definición, donde los edificios desde el punto de vista energético no son solo arquitectura sino también sistemas termodinámicos. Los dos conceptos o elementos como participes del espacio, y así se generalizan las experiencias sensoriales e inmateriales como respuesta de las condiciones de contorno del contexto climático y fisiológico lo cual nos lleva a la calificación cuantitativa de un espacio y a hablar de los términos de confort. Se han generado dudas de cómo se construyen los edificios en la antigüedad y como se ha evolucionado para los tiempos modernos. Así surgen como respuesta de muchos cambios socio-económicos de las revoluciones industriales y de la misma guerra fue la causante principal de la simplificación genérica de los edificios, por ello, diferentes arquitectos ya habían pensado en las condiciones atmosféricas que generaban esos elementos que no se ven, pero se perciben. Ese fenómeno que no terminaba de tener relación con la arquitectura, se ha podido observar claramente en el ejemplo de las Termas romanas, donde su funcionamiento estaba establecido por sus condiciones de calor, la lógica térmica era responsable de organizar el programa basándose en las cuestiones de confort térmico fisiológico esto representaba la importancia de lo inmaterial dentro del diseño con un propósito específico. Así mismo surge como respuesta en lo que se experimentó con los hermanos Olgay, que en síntesis, fue la manera de incluir las condiciones de la absorción y control de la humedad y temperatura en la arquitectura, al hacerlo, estos experimentos permitieron el desarrollo de nuevas variables de control, donde hay una mayor complejidad relacionada a lo climático y fisiológico.<sup>26</sup>

La bases fundamentales en el proyecto arquitectónico se encontraba más enfocado en la relación entre lo social, cultural y las relaciones entre el cambio de flujos de energía, tiempo después se incluyen factores como los cambios entre el día y la noche, la variación térmica, la sombra, los cambios estacionales, la ubicación del proyecto, los microclimas de todas las regiones y la percepción para un usuario en específico, esto hace que se entendían en términos cualitativos, lo cual hace que se descarten los términos cuantitativos y la forma de medir la temperatura y sensaciones al interior de los edificios, y en palabras del arquitecto Suizo Philippe Rham “el frescor de la sombra, el agobio del fuego, el tacto tibio de la

---

<sup>26</sup> Malakouti, Prototipo termodinámico variable común de la tipología patio a distintas escalas proyectuales, p. 49.

madera o el alivio de una brisa leve son ajenos al universo maquinal, isótropo e isotermo de la construcción heliotécnica” En la actualidad la sensación de la frescura de la sombra y la transición entre interior y exterior, se ha sustituido por el lujo de los cristales en las fachadas los colores llamativos y utilización de las luces led, que han quitado un valor importante a la percepción del propio usuario que los utiliza.<sup>27</sup>

Para iniciar con una nueva clasificación dentro de la arquitectura se necesitan incluir factores como la conducción, convección y radiación son los que determinan la forma del espacio, creando innovadores comportamientos y usos son los que se encargan de enseñar nuevas formas de vivir en un espacio. Ahora no solo se trata de diseñar espacios funcionales para vivir, ya no se puede ver como la delimitación del espacio para satisfacer las necesidades básicas del hombre, ahora con más importancia es diseñar el clima y cambiar los métodos de construcción. A través de la construcción de geografías climáticas, sus espacios alcanzan el umbral del concepto de heterotópica. Es cuando se enfoca en el concepto de confort que se incluye inevitablemente en la noción de adaptación. Se propone una reconsideración de la termodinámica desde una perspectiva cualitativa, cultural, y ligada a las herramientas disciplinares del proyecto, implementando un protocolo de diseño inspirado en estos principios. Se debe dejar a un lado los principios tectónicos y empezar a conocer cuestiones relacionadas con el aire mediante el estudio de las transferencias energéticas. Se debe dar prioridad al análisis del clima de cada lugar y al estudio de los factores más específicos del entorno, un proceso que es previo a cualquier boceto o esquema. Estas técnicas utilizan las leyes de la termodinámica para los proyectos, pero no solo como estudio cuantitativo, sino como elemento principal de diseño. Llegando a la relación del estudio del clima interior y exterior de un edificio.<sup>28</sup>

La crisis sanitaria debida al Covid-19 que se vivió recientemente ha planteado una serie de preguntas muy particulares en todos los ámbitos del desarrollo de la sociedad y sin hacer mención a los problemas ya generados anteriormente a la crisis del cambio climático. Desde un punto de vista enfocado a la arquitectura, durante este periodo, el cual se ha convertido en la única defensa ante la pandemia por las complicaciones generadas y las soluciones que se han encontrado como el resguardo y la cuarentena de los ciudadanos, a la espera de la medicina, de las vacunas. Se tiene que plantear la solución y más

---

<sup>27</sup> Riobo, La dualidad entre el descontexto y el contexto termodinámico, p. 91.

<sup>28</sup> Romero, La máquina termodinámica, pp. 25-28.

aproximado a la arquitectura utilizando el estudio de la termodinámica para la construcción. Diseñar interiores y espacios donde el aire se convierte en elemento constructor y delimitador de espacio y de salud mediante las adecuaciones necesarias, donde entran como punto importante; la ventilación natural y la renovación del aire que han pasado a ser condiciones esenciales, rescatando las medidas de higiene y seguridad que se manejaba en la antigüedad como solución de las problemáticas actuales.<sup>29</sup>

## 2.5 CONFORT

Cuando se va a realizar un proyecto nuevo, el arquitecto debe generar un gusto estético al cliente para el cual va dirigido el trabajo, pero además, se debe estudiar en especial las necesidades de cada persona que habitará en el futuro el edificio, debido a que este será su ropa, su abrigo y como tal, se debe procurar la sensación de comodidad, nadie quiere vestir pantalones que ya no se usan, ni mucho menos zapatos que llamen la atención pero por lo mal que están hechos e incomodos que parecen.<sup>30</sup>

En términos bioclimáticos, cuando afuera haga calor o frío de acuerdo a la necesidad, adentro se debe sentir fresco, es decir, que la temperatura este máximo 2.5° Celsius por encima o por debajo de la temperatura de confort promedio llevada al análisis de un gráfico psicométrico, a lo cual se le conoce como rango de confort. El hecho de que se perciba el confort en un espacio, no depende solamente de los materiales que se escojan para la construcción del edificio, sino también de una buena orientación y aprovechamiento de las fuentes naturales de energía. El confort es una de las condicionantes a la hora de diseñar que nunca se debe olvidar y debe ser la meta principal del arquitecto, la definición más acertada que se puede encontrar a cerca del confort es la que lo define como el estado de equilibrio expresado por el balance térmico, entendido como la pérdida o ganancia de energía del cuerpo humano causada por el proceso químico del metabolismo y el proceso fisiológico de termorregulación en respuesta a los elementos externos del clima y todo esto dependerá de lo que nuestros espacios nos brinden, y que en lo posible se cumpla la frase de Baruch Givoni “el confort es ausencia de irritación o malestar térmico”.<sup>31</sup>

---

<sup>29</sup> Carnero, Arquitectura & miasmas sinergias termodinámicas en el hospital pandémico, p. 9.

<sup>30</sup> Barranco, La arquitectura bioclimática, p. 34.

<sup>31</sup> Saavedra, Arquitectura bioclimática aplicada al diseño de un Centro comercial y terrapuerto en el terreno Actualmente ocupado por el cuartel Miguel Grau en la Ciudad de Piura, Perú, 2022, pp. 14, 15.

El estudio de las condicionantes climáticas y de confort permite enumerar las pautas y estrategias de diseño aplicables durante el proceso de generación de la propuesta arquitectónica, pudiéndose verificar, a través de distintas simulaciones, físicas, gráficas o numéricas, la optimización de las mismas.<sup>32</sup>

Para calcular el nivel de confort en una edificación se puede recurrir a modelos de confort simples o complejos entre ellos se pueden mencionar los modelos de confort propuestos por Auliciems & De Dear y Ashrae, este último desarrollado por un grupo de ingenieros denominados como la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y aire acondicionado. ASHRAE estándares como modelo para determinar de la zona de confort, está basado en la temperatura de bulbo seco, el nivel de la ropa (CLO), la actividad metabólica (MET), la velocidad del aire, la humedad y la temperatura media radiante. La zona en la que la mayoría de las personas se sienten cómodas se calcula utilizando el Premodelo PMV (voto medio preferente). Se asume que las personas pueden adaptar su vestimenta y se sienten cómodos con velocidades de aire superiores y también han hecho más amplio el rango de confort que en edificios con sistemas HVAC de climatización centralizados.<sup>33</sup>

La arquitectura que se integra en un diseño pensando en el aprovechamiento del clima, sus condiciones y comportamientos naturales del entorno, con el fin de alcanzar un estado de confort en su interior, valiéndose del diseño y el uso racional de elementos arquitectónicos, sin necesidad de utilizar sistemas mecánicos complejos". Es decir, la arquitectura bioclimática trata exclusivamente de jugar con el diseño de la edificación, con su orientación, material, vano, etc. Para conseguir una eficiencia energética en su funcionamiento además de alcanzar un óptimo nivel de confort. Para su concepción la arquitectura bioclimática recurre a la energía solar, energía eólica, de la biomasa, entre otras y al propio diseño arquitectónico.<sup>34</sup>

Es una vivienda que consigue en su interior un ambiente cómodo y confortable sin requerir apenas consumo energético. Se utilizan recursos de la arquitectura bioclimática que a su

---

<sup>32</sup> Brizuela, Estudio de envolventes de Arquitectura bioclimática. clima templado frío. Caso de la escuela Albergue Belén, p. 314.

<sup>33</sup> Barranco, La arquitectura bioclimática, p. 35.

<sup>34</sup> Alberca, centro de integración cultural y espacio público basado en la arquitectura bioclimática en la ciudad de piura – provincia de piura – piura 2020, s/p.

vez se combinan con eficiencia energética. En nuestros días esta arquitectura se considera muy por encima de una arquitectura tradicional debido a sus técnicas para conseguir un consumo energético muy bajo. De esta manera, estas casas aprovechan los recursos naturales, disminuyendo así los impactos ambientales que ciertas técnicas o materiales pueden producir en el medio ambiente, intentando conseguir un consumo CERO. Por lo que, el concepto de Passivehaus (del alemán casa pasiva, y del inglés passive house standard) lleva a una edificación eficiente, confortable y ecológica junto con una alta calidad constructiva. Esta arquitectura puede suponer hasta un 75% - 90% de ahorro. Este ahorro energético supone una máxima calificación energética de la vivienda. Si desde el principio se construye una vivienda con estas características eliminamos el gran gasto energético que suponen el resto de edificios y viviendas tradicionales.<sup>35</sup>

Buscando una arquitectura más cómoda, sostenible y sobre todo saludable<sup>36</sup>:

- Sin ruidos
- Sin humedades
- Sin polvo
- Soleadas (máximo aprovechamiento solar)
- Aire interior limpio

Además de estas características; estas viviendas apenas requieren mantenimiento.

Criterios principales PASSIVEHAUS:

- Demanda de calefacción <15 kWh/(m<sup>2</sup> año)
- Demanda de refrigeración <15 kWh/(m<sup>2</sup> año)
- Demanda en energía primaria <120 kW h/(m<sup>2</sup> año) (calefacción, agua caliente y electricidad) - Hermeticidad <0.63 renovaciones de aire por hora (valor con un diferencial de presión de 50 Pa)

Por otra parte, hablando del regionalismo se toman las siguientes consideraciones, al recalcar la precaución que se debe tener al momento de un intercambio cultural en el ámbito arquitectónico, pues las técnicas encaminadas a brindar respuesta a los factores climáticos cambian drásticamente su aplicación dependiendo de la ubicación geográfica, y por tal motivo es imperativo que estas importaciones, de donde se cree traer un progreso

---

<sup>35</sup> Rodenas, Arquitectura bioclimática análisis regulatorio y estudio de caso práctico, pp. 21 y 22.

<sup>36</sup> Eisier, Hogares ecoeficientes, <https://eiser.es/passivhaus>, s/p.

cultural, tal adopción debe estar ligado a un análisis del sitio al ejecutar estos modelos.<sup>37</sup>

Los factores geográficos y climáticos estas asociados y que estos a su vez influyen en el diseño bioclimático para brindar un confort en los diversos ambientes del edificio, a su vez mitigan la reducción de los efectos del medio ambiente y del consumo energético, dando como respuesta espacios confortables acorde a las funciones de sus habitantes.<sup>38</sup>

## 2.6 EFICIENCIA ENERGÉTICA

En la arquitectura bioclimática la eficiencia energética es aquella arquitectura que tiene en cuenta el clima y las condiciones del entorno para ayudar a conseguir el confort higrotérmico interior y exterior Involucra y conlleva una relación directa entre el diseño de los edificios desde su orientación hasta los materiales específicos para su estructura y sus acabados para evitar la pérdida descontrolada de la energía que capta el edificio, utilizando esta energía a favor de los usuarios haciendo que este diseño sea autosustentable en todos los aspectos que se pueda implementar, sin utilizar sistemas mecánicos, los que son considerados sólo como sistemas de apoyo (equipos de calefacción, de refrigeración, iluminación, ventilación, etc.).

Por lo anterior, el diseño de los edificios debe realizarse teniendo como una de las principales características para empezar a diseñar el entorno y las orientaciones favorables y aprovechando los recursos naturales disponibles como:<sup>39</sup>

El sol, la vegetación, la lluvia y el viento, en procura de la sostenibilidad del medio ambiente. Cabe anotar que adicional a procurar la sostenibilidad del medio ambiente, la arquitectura bioclimática busca esencialmente garantizar el confort (sensación de bienestar) físico, psicológico y cultural de sus habitantes.

El ser humano busca las condiciones donde adaptarse a su entorno le represente un bajo consumo de energía y estas condiciones se definen como la zona de confort, donde la

---

<sup>37</sup> Pérez, Tectónica, imagen y bioclimáticas herramientas para valorar de la envolvente arquitectónica del movimiento moderno en el sector de la matuna en Cartagena de Indias, p. 38.

<sup>38</sup> Villanueva, Implementación de la arquitectura bioclimática para mejorar la organización espacial de las áreas educativas infantiles en Villa el Salvador, p. 10.

<sup>39</sup> Cancino, Propuesta bioclimática y de eficiencia energética para mejoramiento de condiciones de habitabilidad y eficiencia en recursos del bloque aletehia del Campus de la Universidad Católica de Pereira, pp. 7 y 8.

herramienta principal es la vivienda. Por lo tanto, como solución la arquitectura bioclimática surge con la necesidad de adaptar las edificaciones al entorno para aprovechar los recursos disponibles y alcanzar la zona de confort con el menor consumo de energía de fuentes de energía convencionales. Una herramienta importante para ubicar las necesidades energéticas y alcanzar la zona de confort para un determinado clima es la carta o diagramas bioclimáticos, donde se puede determinar de manera cuantitativa el confort generado dentro y fuera de los edificios, donde a lo largo de los años con las nuevas tecnologías e información que se ha recabado se logra determinar de manera más exacta los elementos que ayudan a la interpretación de estos datos y aún mejor, de manera gráfica mediante modelos 3D y gráficas para su comprensión.<sup>40</sup>

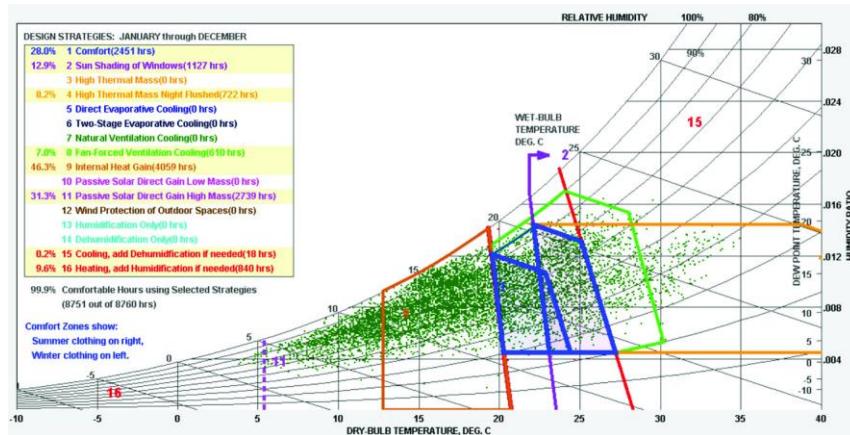


Figura 1 Carta bioclimática.

Fuente: Rodriguez-Miranda, *Evaluación por simulación dinámica del comportamiento térmico en una casa interés social con la incorporación de estrategias de arquitectura bioclimática en Guanajuato, México*, p. 2.

El concepto bioarquitectura engloba toda aquella arquitectura que busca establecer relaciones equilibradas entre lo construido, el medio ambiente, el entorno y las personas que habitan estos espacios.

Además, a nivel constructivo, se intenta dar la mejor repuesta y uso a los recursos energéticos del lugar, para así generar el menor impacto posible sobre el medio ambiente local es la bioarquitectura que es la que está en armonía con el medio ambiente y con las personas y cuando decimos -en armonía- nos referíamos a que se respeta el estado

<sup>40</sup> Rodriguez-Miranda, *Evaluación por simulación dinámica del comportamiento térmico en una casa interés social con la incorporación de estrategias de arquitectura bioclimática en Guanajuato, México*, p. 2.

natural del medio ambiente y del lugar, alterando lo mínimo y utilizando los recursos con coherencia y sentido común de la forma más sostenible posible tan importante no solo para salud de las personas sino también de la salud de la ciudad. Es decir, tiene como objetivo aportar herramientas de reflexión para abordar diseños sustentables y eficiencia energética y la integración del uso racional de la energía en proyectos. Es importante incluir estas posturas dentro de la práctica profesional buscando una mejor calidad de vida, optimizando el uso de los recursos y dando relevancia social a nuestra tarea como profesionales vinculados al área de proyecto. Incorporar conocimientos para la aplicación del recurso solar y eólico en el desarrollo de proyectos durante la etapa de diseño. Estudiar la relación hombre-edificio-medio ambiente, con el fin de optimizar las condiciones ambientales a través del diseño. Evaluar la influencia del hábitat construido y desarrollar una conciencia ecológica en arquitectos, ingenieros, diseñadores y planificadores, profundizando conceptos energético–ambientales.<sup>41</sup>

En España, al igual que en el resto de Europa, existe un importante apoyo público al ahorro y la eficiencia energética. El instrumento principal es la Estrategia Española de Ahorro y Eficiencia Energética 2004-2012, que ha sido desarrollada mediante el Plan de Acción 2008-2012, y el Plan de Activación del Ahorro 2008-2011. También se incluyen referencias al ahorro y la eficiencia energética en la Estrategia Española de Desarrollo sostenible, o en los Planes Nacionales de Asignación (PNA) de derechos de emisión de CO<sub>2</sub>.<sup>42</sup>

De acuerdo a la International Energy Agency (IEA), en el escenario de 2°C, la eficiencia energética en México puede contribuir con cerca del 35% de reducción de emisiones al 2020 y aproximadamente 39% al 2050.

“Así mismo, se han buscado muchas explicaciones a este fenómeno, ya que lo preocupante no es únicamente que aumente el consumo energético (como en muchos otros países de nuestro entorno socioeconómico), sino que, además, hasta muy recientemente, tampoco disminuía la intensidad energética de nuestra economía —que mide el consumo energético por unidad de PIB—. La intensidad energética española ha ido aproximándose a la media de La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).<sup>43</sup>

---

<sup>41</sup> Nieto, *El espacio habitable y la sustentabilidad*, s/p.

<sup>42</sup> Linares, *Eficiencia energética y medio ambiente*, p. 77.

<sup>43</sup> Linares, *Eficiencia energética y medio ambiente*, p. 77.

Europa es el continente que ha obtenido mejores resultados en estos estudios de bioclimática ya que diferentes instituciones especializadas en el tema y en su mayor parte, con subsidiarias a nivel de municipios, dedicadas especialmente a facilitar asistencia técnica a los gobiernos y clientes locales, tomando en cuenta las condiciones particulares de cada lugar, es por esto que se han utilizado mejor las herramientas que les ofrece la tecnología para solucionar problemas específicos para alcanzar a lo que se denomina arquitectura bioclimática.<sup>44</sup>

Otro factor a tener en cuenta en las rehabilitaciones de las viviendas es el costo, como se ha puesto de manifiesto en los casos de estudio cuyas rehabilitaciones se han planteado sin entrar en gran detalle, descartando la opción de llenar la hoja interior de aislamiento debido al encarecimiento constructivo excesivo que esto supondría.<sup>45</sup>

En México, con el objetivo, indicativo o meta aspiracional de reducir al año 2020 un 30% de emisiones con respecto a la línea base, así como 50% de reducción de emisiones al 2050 en relación con las emitidas en el año 2000, México fue el primer país en desarrollo en presentar su Contribución Determinada a nivel Nacional (INDC o Intended Nationally Determined Contributions), que nos permita alcanzar la meta de no rebasar el incremento de los 2°C de temperatura global. Dentro de los programas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación del INEEL se tiene el Programa de Eficiencia Energética. La eficiencia energética es un conjunto de acciones que conlleven a una reducción, económicamente viable, de la cantidad de energía que se requiere para satisfacer las necesidades energéticas de los servicios y bienes que demanda la sociedad, asegurando un nivel de calidad igual o superior. El potencial de la eficiencia energética se encuentra en cada proceso energético, desde la generación de energía, su distribución y su consumo. Las investigaciones, los desarrollos tecnológicos, análisis y aplicaciones se enfocan en la reducción de pérdidas y en un mejor uso de la energía en cada ciclo energético.<sup>46</sup>

---

<sup>44</sup> Proveda, Eficiencia energética: Recurso no aprovechado, p. 6.

<sup>45</sup> Moreno, Soluciones bioclimáticas en la arquitectura popular de Ibiza y Vizcaya, p. 55.

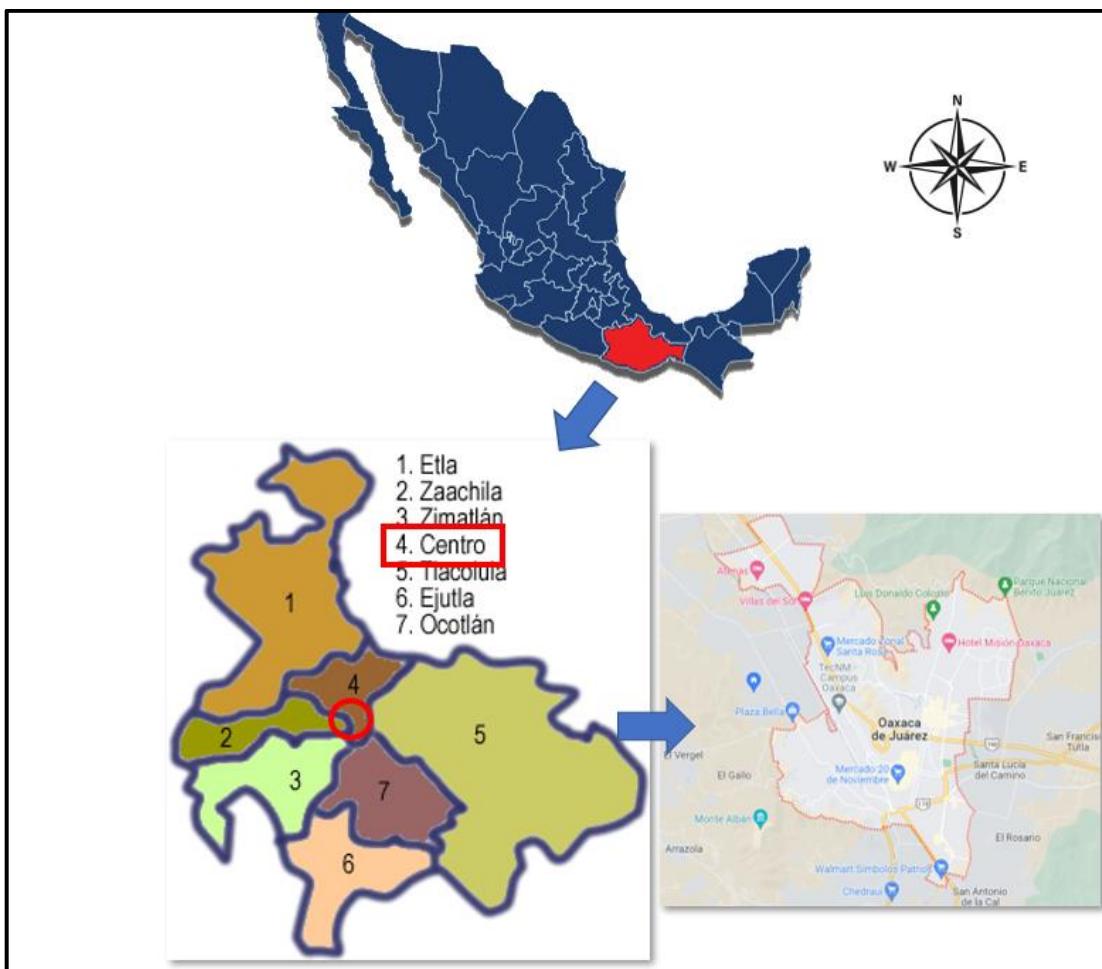
<sup>46</sup> <https://www.gob.mx/ineel/articulos/programa-de-eficiencia-energetica-del-ineel#:~:text=La%20eficiencia%20energ%C3%A9tica%20es%20un,de%20calidad%20igual%20o%20superior.>

## CAPITULO III. ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO

### 3.1 ANÁLISIS DEL SITIO

#### LOCALIZACIÓN

##### A) MACROLOCALIZACIÓN



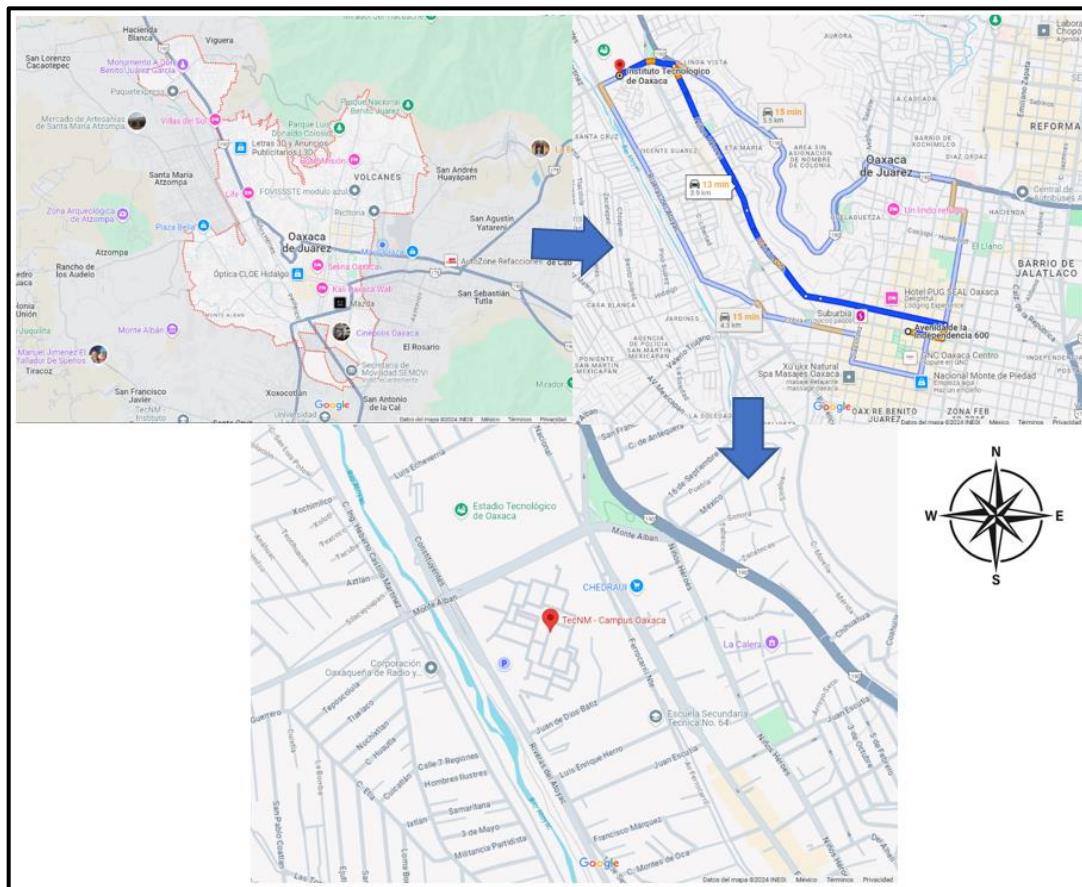
**Figura 2. Zona de investigación en el estado de Oaxaca.**

*Fuente: Google Earth, 2024.*

La zona de estudio de esta investigación se encuentra en el estado de Oaxaca en la región de Valles Centrales del centro histórico de la ciudad de Oaxaca de Juárez, ingresando por la zona norte de la ciudad por la carretera internacional y del lado sur por la avenida periférico, el Instituto Tecnológico de Oaxaca se encuentra en las cercanías de las localidades de Santa Rosa Panzacola del lado norte y la colonia Reforma Agraria del lado este y noroeste de la ciudad de Oaxaca de Juárez.

## B) MICROLOCALIZACIÓN

El edificio del claustro doctoral fue seleccionado para la aplicación de estrategias de diseño bioclimático, se encuentra en el interior del Instituto Tecnológico de Oaxaca ubicado en Calzada Francisco I. Madero, Instituto Tecnológico de Oaxaca, 68030 Oaxaca de Juárez, Oaxaca.



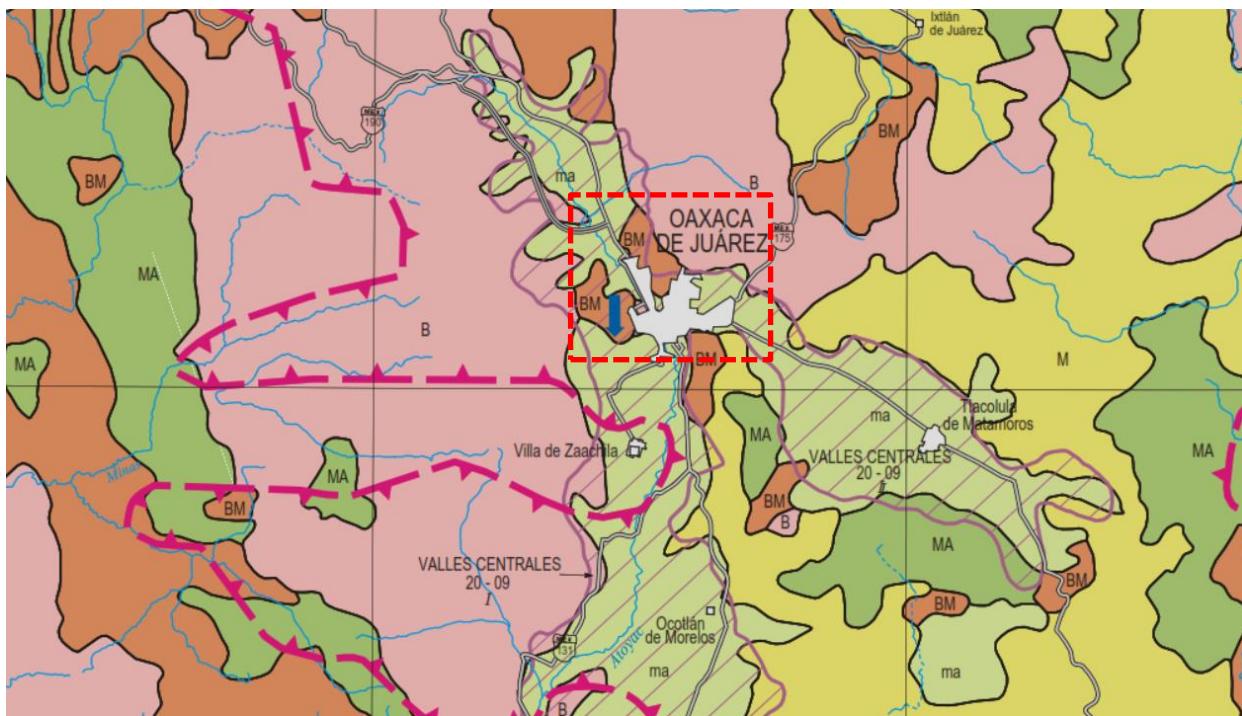
**Figura 3. Ubicación geográfica del claustro doctoral del Instituto Tecnológico de Oaxaca.**

Fuente: Google Maps, 2024.

El Claustro doctoral se encuentra en el Instituto Tecnológico de Oaxaca a 13 minutos del centro histórico entre las calles de c. Víctor Bravo Ahuja al Oeste, Juan de Dios Bátiz al sur, la calzada Madero. Francisco I. Madero al este y la Avenida Monte Albán al norte, Oaxaca de Juárez, 68033 Oaxaca de Juárez, Oax. Coordenadas 17.07872411328082, -96.74391521125104, con un total de 258,913 habitantes y una extensión territorial de 89,544 KM<sup>2</sup> se puede acceder por la avenida Francisco I madero que se encuentra del lado norte de la ciudad, o por la avenida monte Albán.

## HIDROLOGÍA

En el estado de Oaxaca se presentan serios contrastes en la disponibilidad regional y temporal del recurso agua, el balance general del estado en relación con los volúmenes utilizados contra los escurrimientos y disponibilidad en los acuíferos es positivo, el problema radica en la distribución real y temporal del recurso.

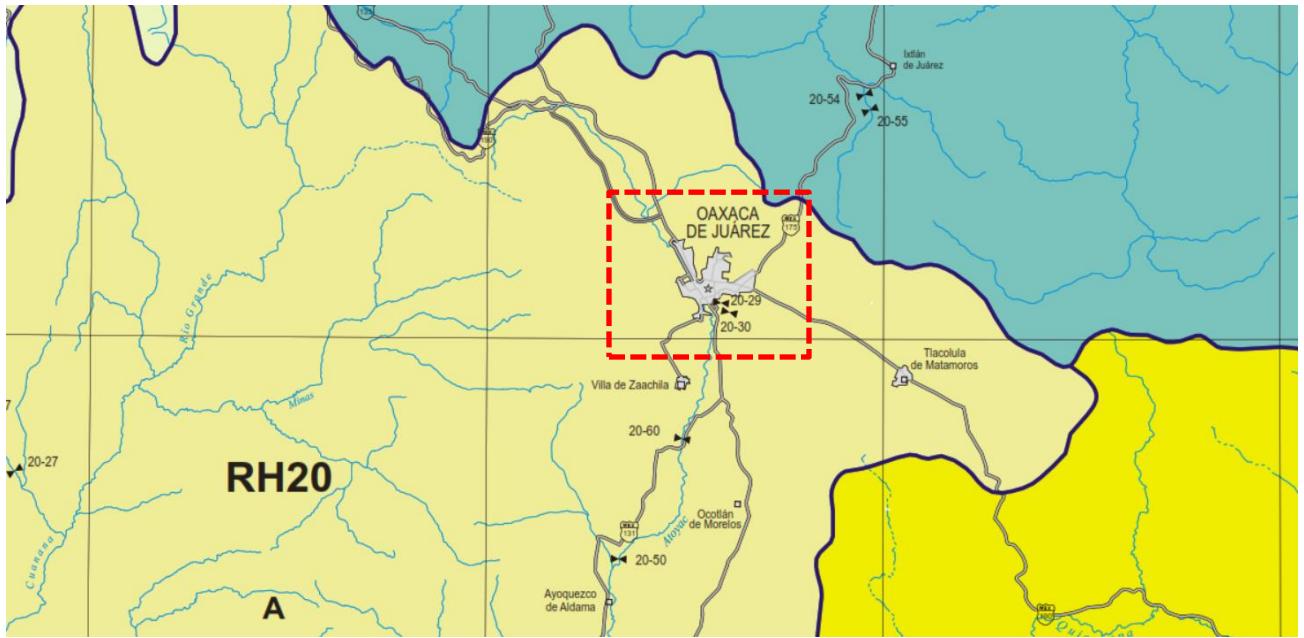


**Figura 4. Carta estatal hidrológica subterránea.**

*Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2002.<sup>47</sup>*

En la región cercana a la zona de estudio se observa que existen dos tipos de unidades de permeabilidad (BM o baja media) unidades de permeabilidad en materiales consolidados y (ma o media alta) unidades de permeabilidad en materiales no consolidados.

<sup>47</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2002

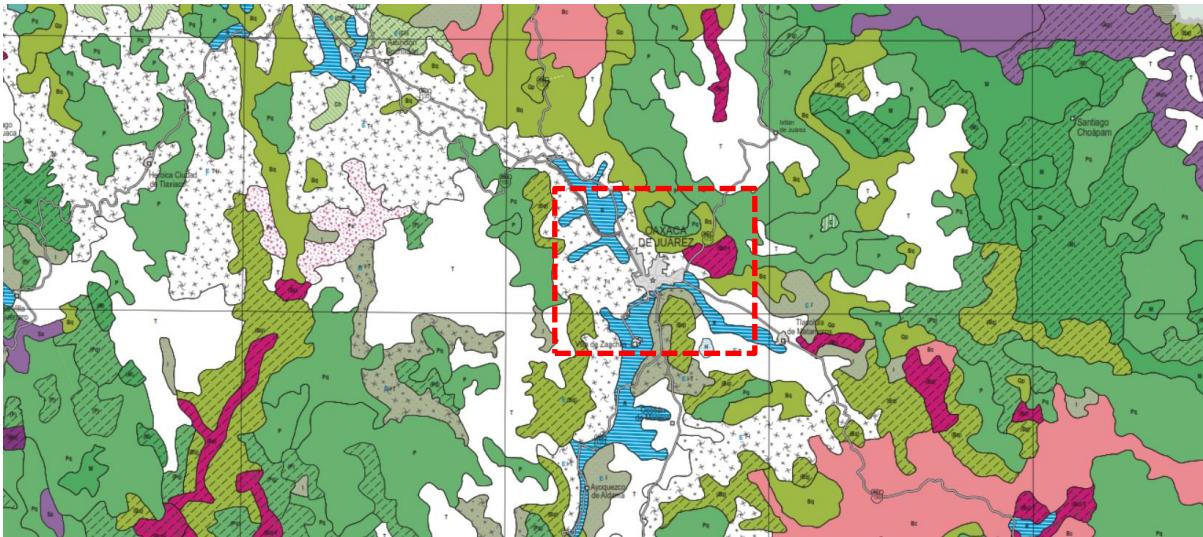


**Figura 5. Carta estatal hidrológica superficial.**

*Fuente: Instituto Nacional de estadística y geografía (INEGI), 2002.*

En la figura se muestra la región hidrológica en la que se encuentra la zona de estudio ubicado en la región RH20 cuenca A el cual presentan un escurrimiento de 100 – 200 mm, en dicha zona se localiza la mayor fuente de suministro de agua para la ciudad de Oaxaca el cual se ubica en San Agustín Etla, por sus características geográficas, así también se presenta en las cercanías de la zona de estudio el río Atoyac que ocupa la mayor extensión de la región hidrológica.

## VEGETACIÓN



**Figura 6. Carta estatal vegetación y uso actual.**

*Fuente: Instituto Nacional de estadística y geografía (INEGI), 2002.*

En las cercanías de la zona de estudio se presenta la zona que se incluye dentro de la categoría de otro tipo de vegetación (color blanco) quedan incluidos el chaparral, la sabana, el palmar, el manglar, la vegetación profundos con una capa superficial rica en humus y muy de dunas costeras y los eriales o áreas sin vegetación aparente y así mismo se presentan zonas cercanas de agricultura por riego (color azul).

## ASPECTOS DEMOGRÁFICOS



**Figura 7. Claustro doctoral del instituto tecnológico de Oaxaca.**

*Fuente: S.B.P.M. 2024*

El claustro doctoral del Instituto Tecnológico de Oaxaca forma parte de las instalaciones de la División de Estudios de Posgrado e Investigación donde se encuentran el personal administrativo, catedráticos y alumnos de dicha área albergando hasta 30 personas en el interior del recinto, este edificio fue construido en el año 2000, contiene elementos vernáculos en cuanto a sus materiales para la estructura con techumbre a dos aguas y tres grandes cúpulas en su cubierta.

### 3.2 ANÁLISIS CLIMÁTICO

Para el análisis climático de la zona del Instituto Tecnológico de Oaxaca se utilizó la información de las normales climatológicas que son las medias de los datos climatológicos calculadas para un periodo uniforme y relativamente largo de la estación 767750 de la CONAGUA, ubicado en la Santa Cruz Xoxocotlán, de igual manera se utilizaron softwares especializados como la página web AndrewMarsh.com y la plataforma Climate Consultant 6.0 para determinar los valores de elementos climáticos.

ASHRAE Handbook of Fundamentals Comfort Model up through 2005

For people dressed in normal winter clothes, Effective Temperatures of 68°F (20°C) to 74°F (23.3°C) (measured at 50% relative humidity), which means the temperatures decrease slightly as humidity rises. The upper humidity limit is 64°F (17.8°C) Wet Bulb and a lower Dew Point of 36F (2.2°C). If people are dressed in light weight summer clothes then this comfort zone shifts 5°F (2.8°C) warmer.

**Figura 8. Parámetro de confort térmico utilizado para el análisis**

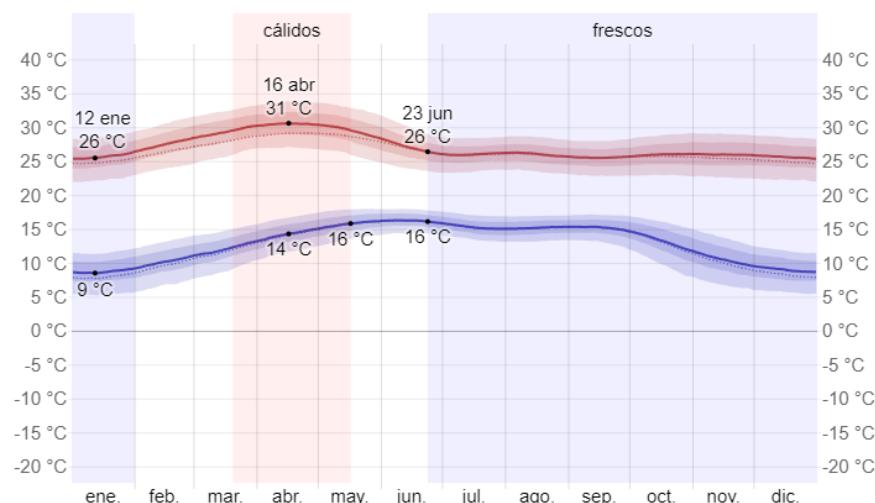
Fuente: Climate Consultant. 2024<sup>48</sup>

En la figura 5 se muestra el rango de confort térmico que se requiere para sensación térmica agradable, contemplando parámetros que agregan condiciones para los tipos de temperatura, donde el rango de confort se encuentra entre los 20° C y 23.3° C.

## TEMPERATURA

De acuerdo con los datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) La temporada calurosa dura 1.9 meses, del 20 de marzo al 16 de mayo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 30 °C. El mes más cálido del año en Oaxaca es mayo, con una temperatura máxima promedio de 30 °C y mínima de 16 °C.

La temporada fresca dura 7.2 meses, del 23 de junio al 31 de enero, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 26 °C. El mes más frío del año en Oaxaca es enero, con una temperatura mínima promedio de 9 °C y máxima de 26 °C.

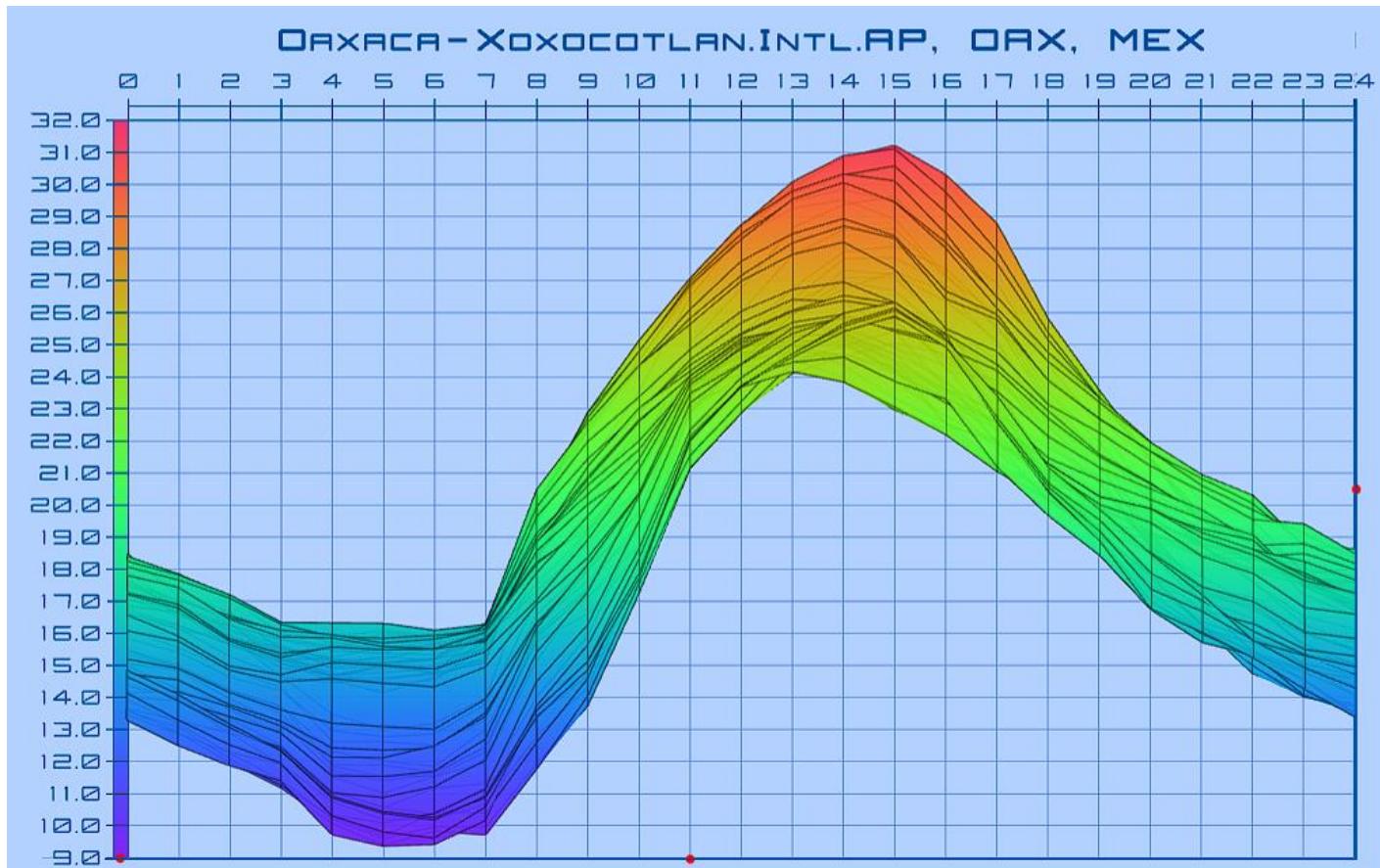


**Grafica 1. Tabla de temperatura promedio de Oaxaca.**

Fuente: es.weatherspark.com. 2024.<sup>49</sup>

<sup>48</sup> Climate Consultant. 2024

En la gráfica se muestra el comportamiento de la temperatura de bulbo seco a lo largo de un año, observando que el periodo con las temperaturas más bajas corresponde desde el mes de octubre hasta enero; el periodo más cálido se encuentra a mitad del mes de marzo, abril y mediados de mayo.



**Grafica 2. Temperatura de bulbo en un día promedio de marzo.**

*Fuente: Andrew Marsh. 2024.*

50

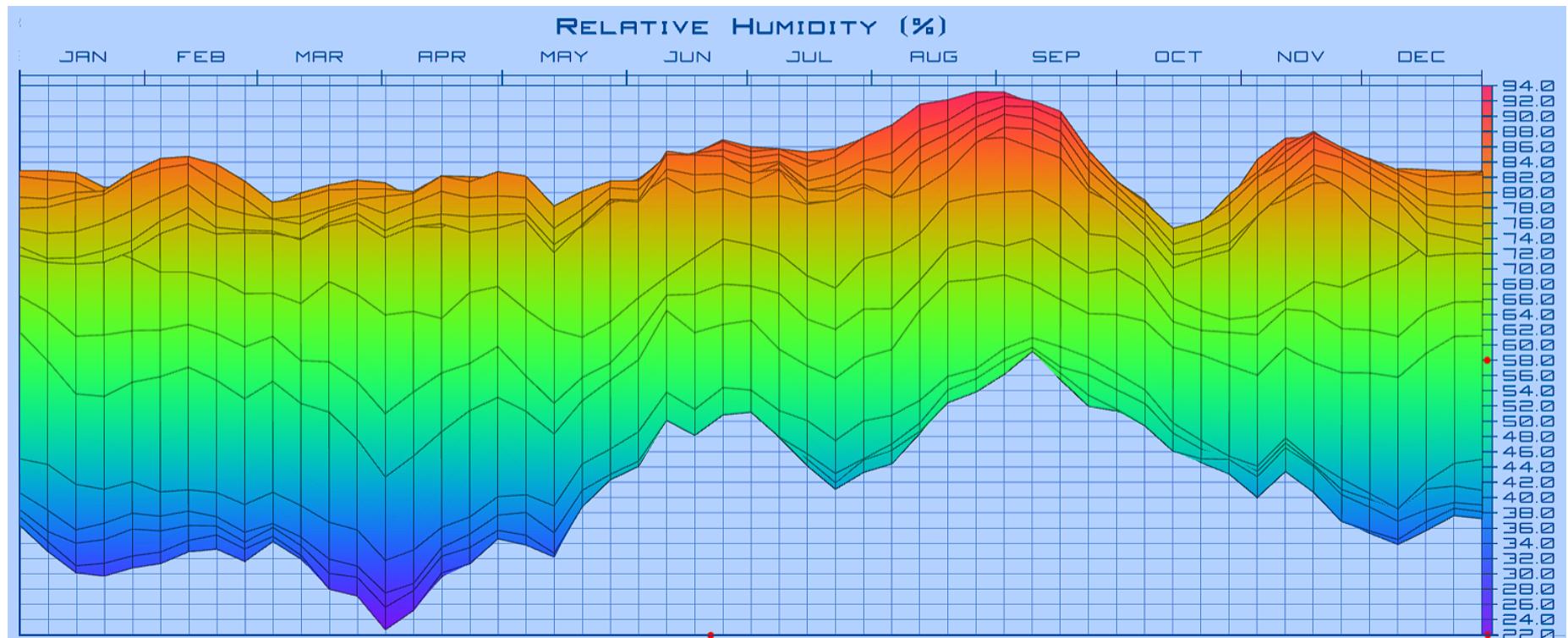
La gráfica muestra un día promedio del mes de marzo donde se observan las temperaturas a lo largo del día donde se muestra como máxima temperatura arriba de 31° C ascendiendo y en su punto más alto dentro de las 13 y 16 horas; como temperaturas mínimas de 17° C a las 7 horas y 19° C a las 24 horas del día. Como resultado estas dos gráficas nos indican una temperatura superior a lo establecido en la figura 5 como sensación de confort térmico para algunos meses dentro de todo el año.

<sup>49</sup> <https://es.weatherspark.com/> 2024.

<sup>50</sup> <https://andrewmarsh.com/software/> 2024.

## HUMEDAD

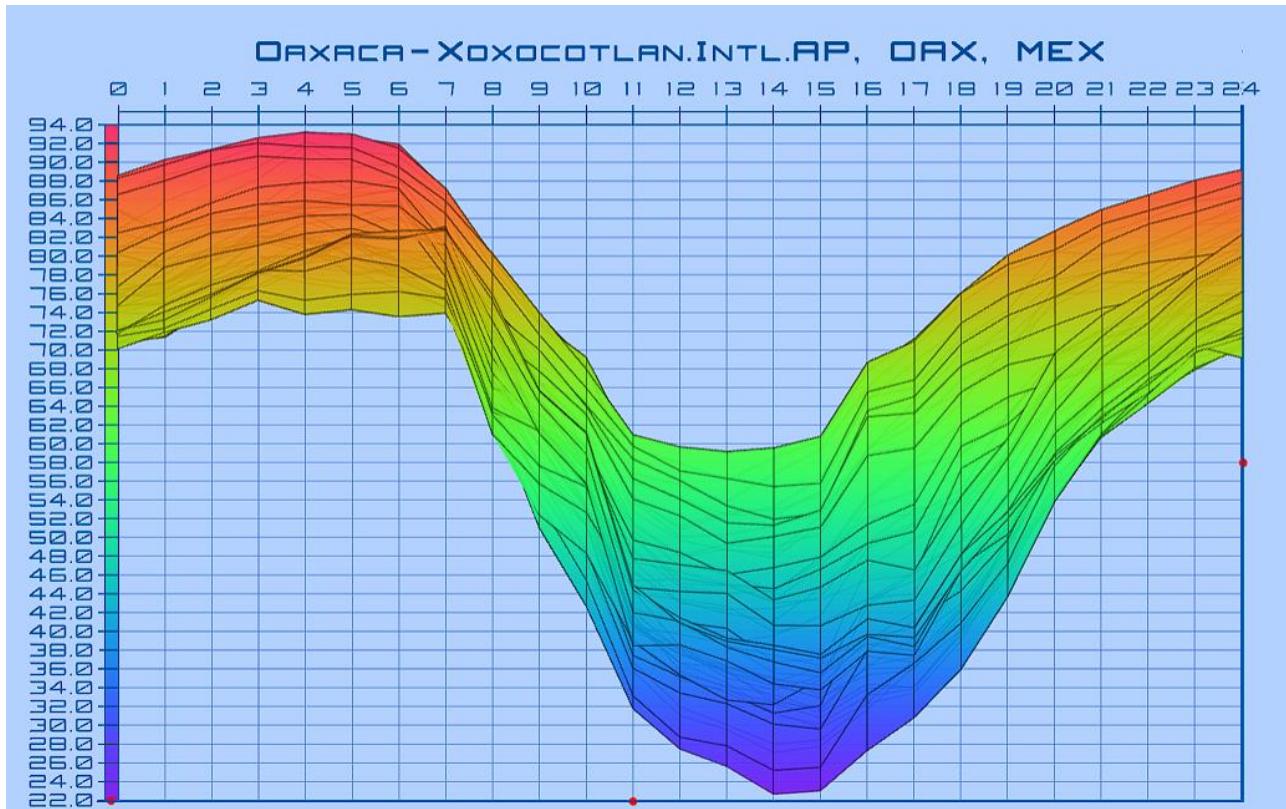
Otro de los factores importantes en el análisis es la humedad que existe en el aire para eso, utilizando softwares y los normales climatológicos se obtienen los siguientes resultados:



**Gráfica 3. Humedad relativa promedio en todo el año.**

*Fuente: Andrew Marsh. 2024.*

La gráfica 3 muestra los resultados obtenidos de la humedad relativa en promedio de un año donde se observa que, en los meses de agosto y septiembre es cuando hay más presencia de humedad en el aire, con un porcentaje de hasta 92 % en agosto y la mínima entre marzo y abril con un porcentaje de 24%.



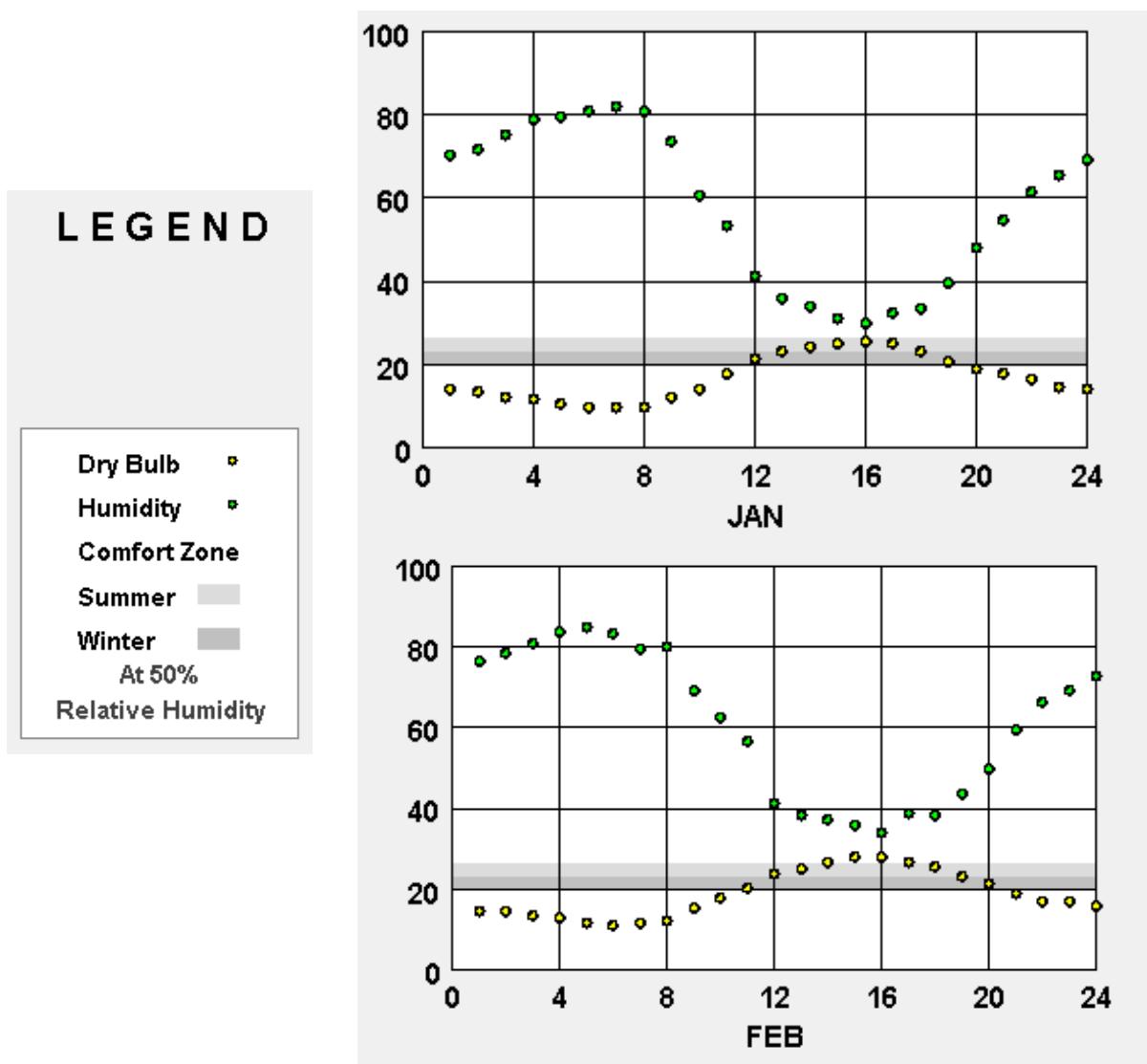
**Gráfica 4. Humedad relativa en un día de agosto.**

*Fuente: Andrew Marsh. 2024.*

En el mismo periodo de temperaturas la gráfica 4 muestra los porcentajes de humedad obtenidos en un día con los índices más altos, donde; los porcentajes de humedad aumentan a lo largo de la noche y a partir de las 19 horas hasta las 8 horas, debido a la ausencia del sol durante ese periodo.

De igual manera se sigue la constante de la baja de humedad durante las horas donde el sol se presenta, que parte de las 9 horas a las 18 horas del día, teniendo en cuenta esta información se define que la presencia del sol influye directamente en la humedad presente a lo largo del día y siguiendo este patrón para todos los días del año.

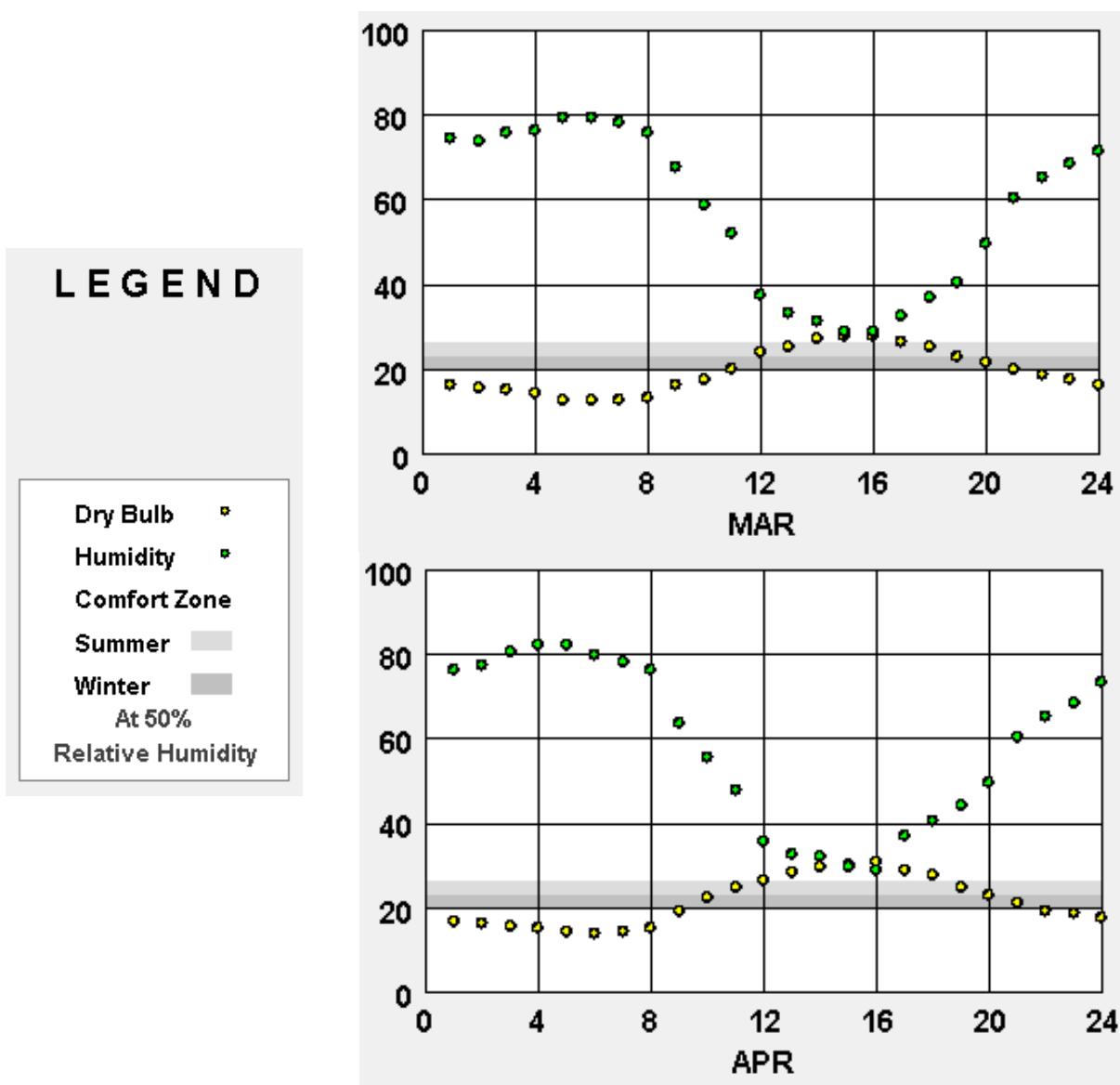
Y para comprender estos datos de una forma gráfica, se obtuvieron los siguientes resultados, realizando la comparación de bulbo seco y humedad relativa que arrojan los softwares utilizados.



**Gráfica 5. Humedad relativa por bulbo seco en enero y febrero**

Fuente: Climate Consultant 6.0. 2024.

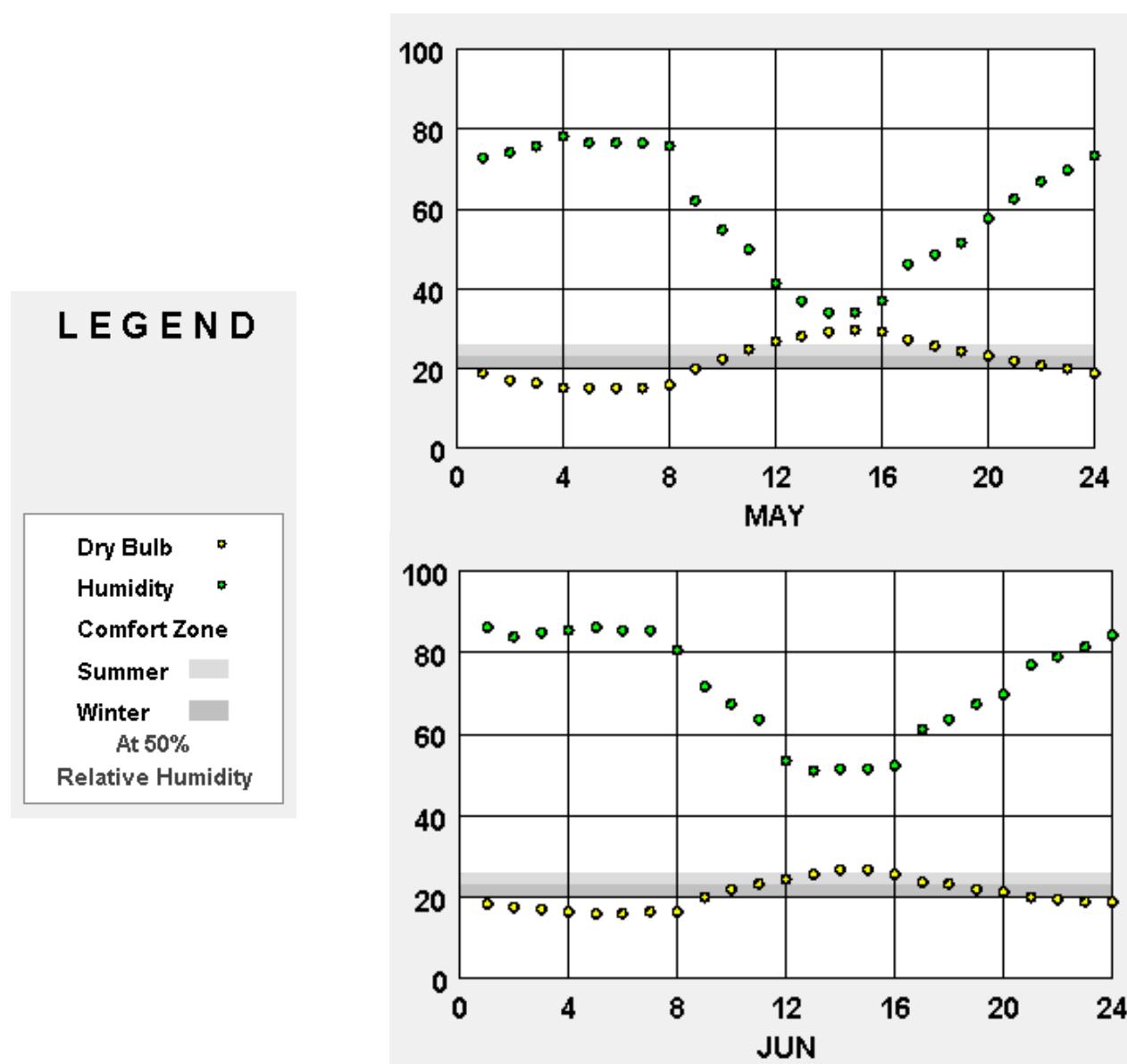
En la gráfica 5 se pueden observar los meses del año con un día promedio con los datos de humedad relativa y bulbo seco donde la constante se refiere a la baja de la humedad cuando el indicie de calor aumenta, para el mes de enero en las horas de confort empiezan a partir de las 12 hasta las 20 horas del día y las horas restantes se mantienen por debajo de la zona de confort siendo más frías, el mes de febrero mantiene las mismas condiciones que el mes anterior habiendo solo pequeñas variaciones en las temperaturas.



**Gráfica 6. Humedad relativa por bulbo seco en marzo y abril**

*Fuente: Climate Consultant 6.0. 2024.*

En los meses de marzo y abril se presentan las temperaturas más altas, siendo abril cuando se registran las temperaturas que generan más horas de calor a lo largo del día, siguiendo hasta el mes de mayo como se representa en la gráfica 7, durante estos meses se presentan menos horas en la zona de confort que van desde las 13:00 hasta las 17:00 horas, reduciéndolos a partir de las 9 am hasta las 11 am y por la noche a partir de las 20:00 pm a las 22:00 pm.



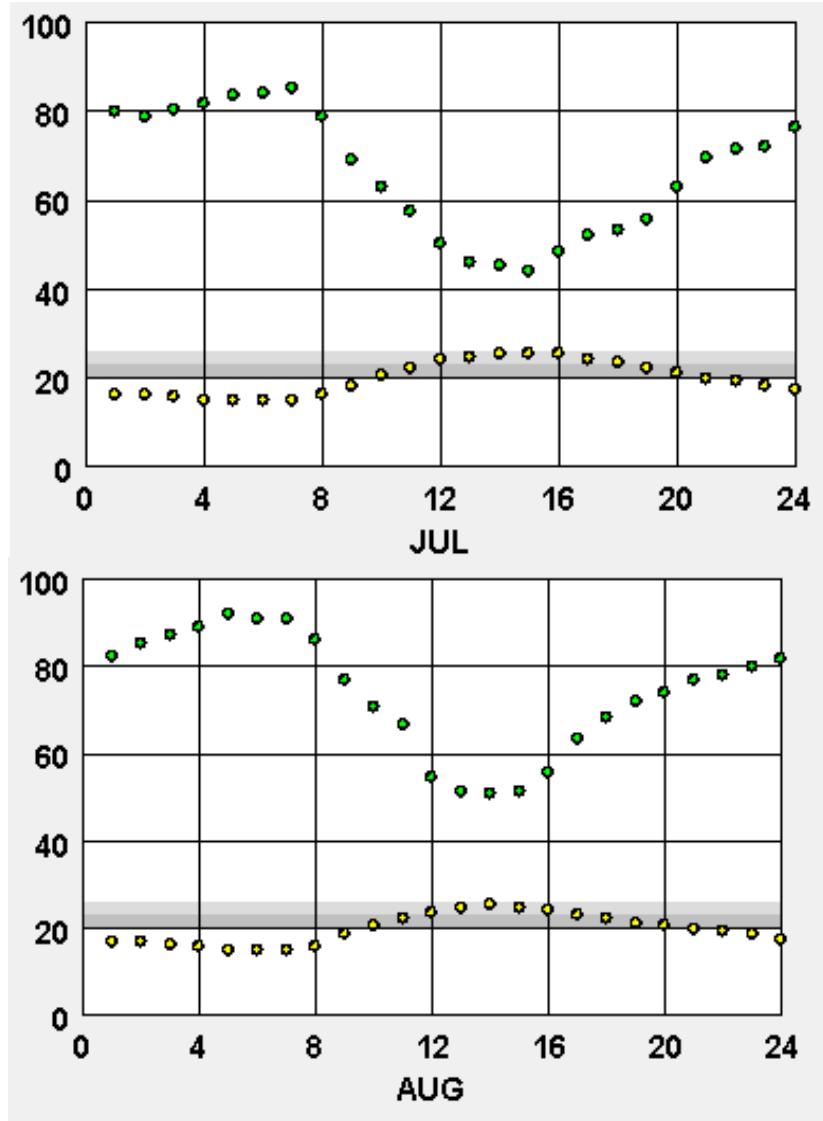
**Gráfica 7. Humedad relativa por bulbo seco en mayo y junio**

Fuente: Climate Consultant 6.0. 2024.

En el mes de mayo las temperaturas suben habiendo menos horas de confort, solo durante la mañana y parte de la noche, el mes de junio vuelven las condiciones de confort a lo largo del día aumentando unos grados en las 24 horas, las horas con mayor índice de calor se encuentran dentro de las 13:00 y 16 horas.

## LEGEND

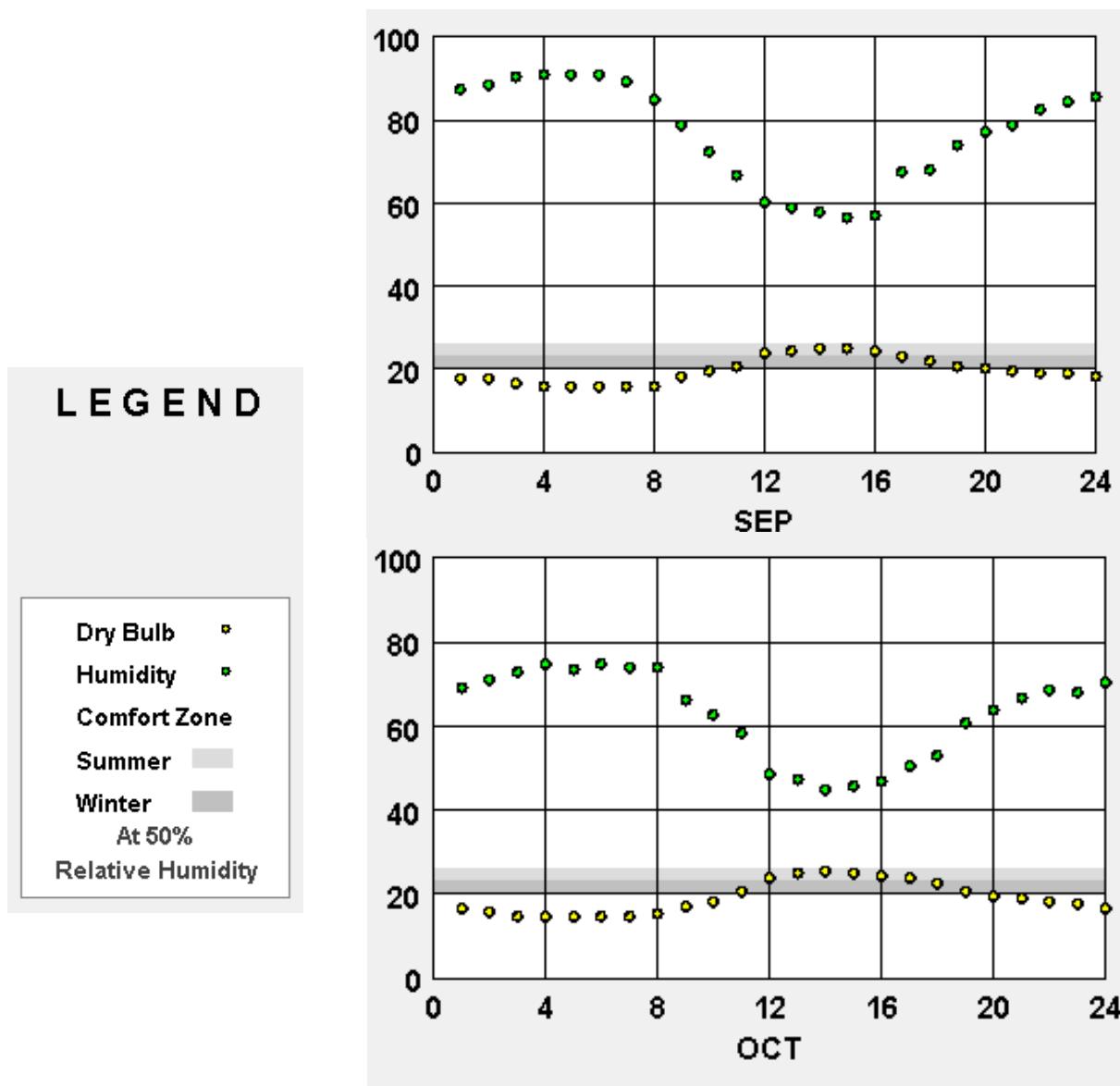
Dry Bulb	•
Humidity	▪
Comfort Zone	
Summer	■
Winter	■
At 50%	
Relative Humidity	



Gráfica 8. Humedad relativa por bulbo seco en julio y agosto

Fuente: Climate Consultant 6.0. 2024.

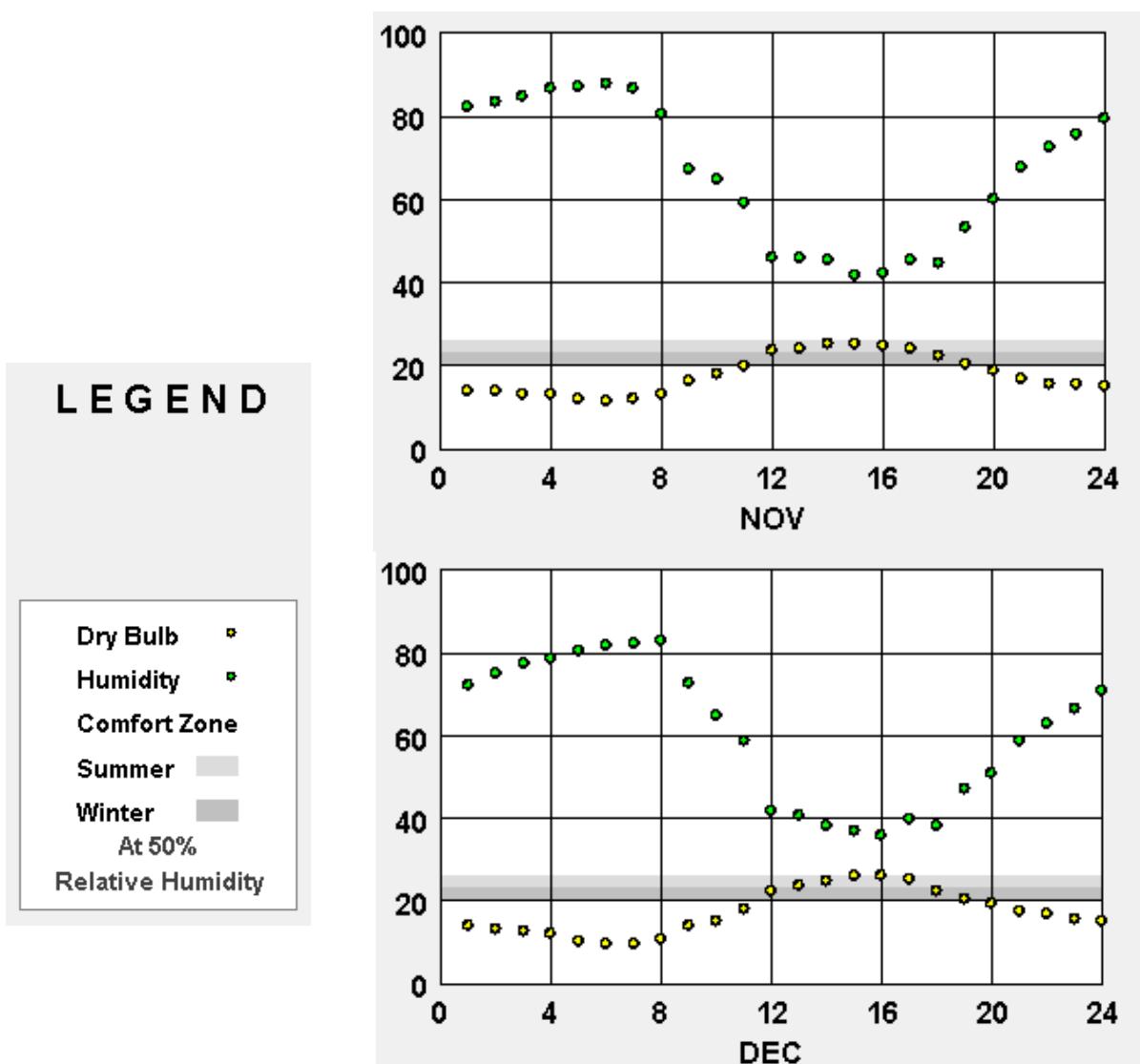
Para los meses de julio y agosto se presentan las horas más prolongadas en la zona de confort a lo largo del día siendo los puntos de temperatura más altos entre las 13:00 y 16:00 horas aproximadamente, pero estando dentro del rango de confort.



**Gráfica 9. Humedad relativa por bulbo seco en septiembre y octubre**

*Fuente: Climate Consultant 6.0. 2024.*

En el mes de septiembre se repiten las condiciones del clima como el mes de julio y agosto mientras que para el mes de octubre las condiciones de la temperatura vuelven a bajar, pero conservan el mismo rango de confort.



**Gráfica 10. Humedad relativa por bulbo seco en noviembre y diciembre**

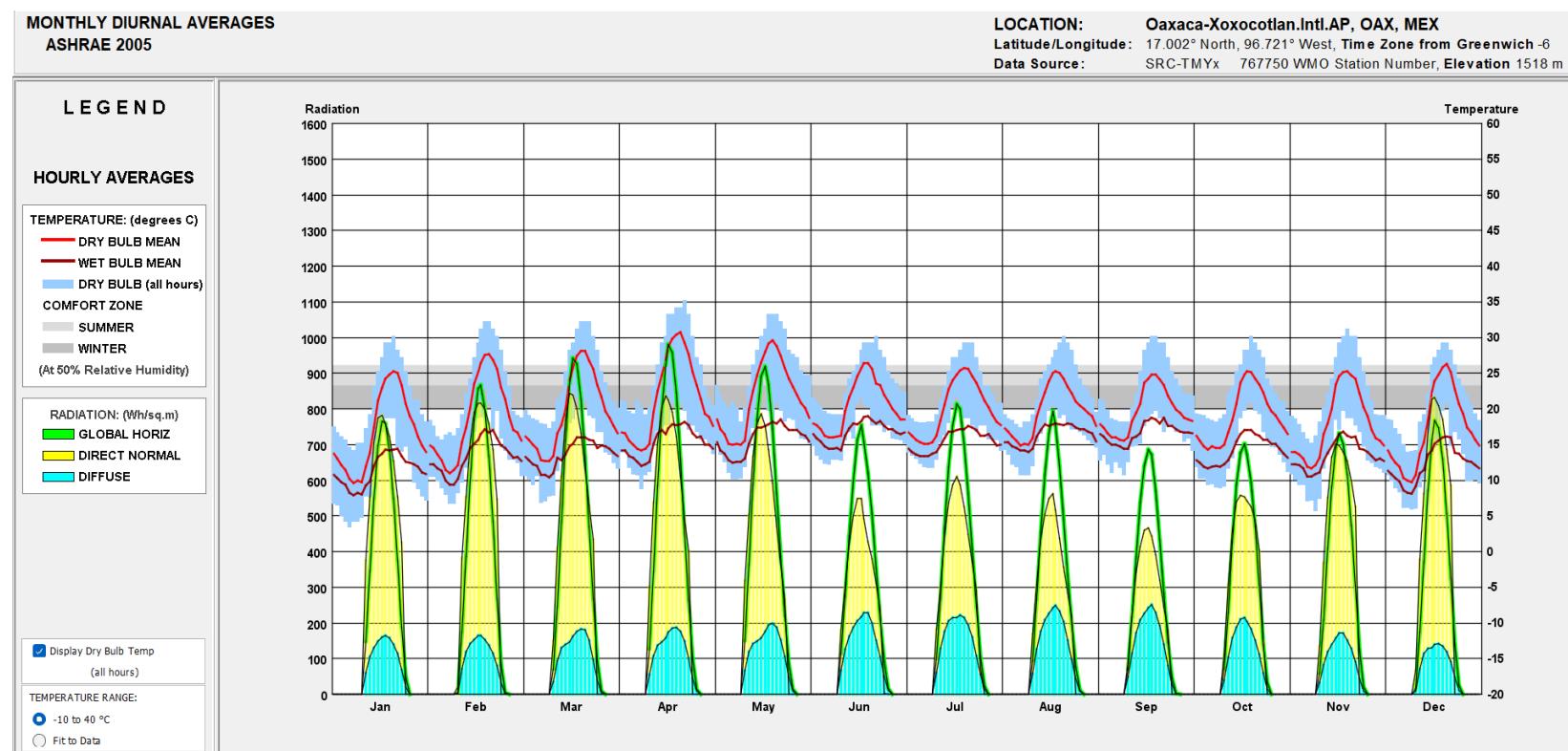
Fuente: *Climate Consultant 6.0. 2024.*

En los meses de noviembre y diciembre las temperaturas bajan, pero sienten más confortables a lo largo del día entre las 12 y 19 horas siendo los meses más fríos del año incluyendo el mes de enero.

Estas graficas nos permiten comprender de manera visual el comportamiento del clima a lo largo del año en días promedio de cada mes.

## RADIACIÓN SOLAR

El factor de la radiación solar es otro de los elementos importantes a analizar para su aprovechamiento tanto como su mitigación, dentro de los datos se generan graficas para analizar y observar la radiación máxima que se percibe dentro del área en diferentes días del año, para ello se presentan los días promedio del año con mayor radiación estos datos se representan en la gráfica como Global Horiz, que se define como la cantidad de radiación solar directa y difusa recibida sobre una superficie horizontal durante los 60 minutos anteriores a la hora indicada. (verde) y Direct, normal se define como la cantidad de radiación solar recibida dentro de un campo de visión de 5, 7° centrado en el sol durante los 60 minutos anteriores a la hora indicada. (amarillo).

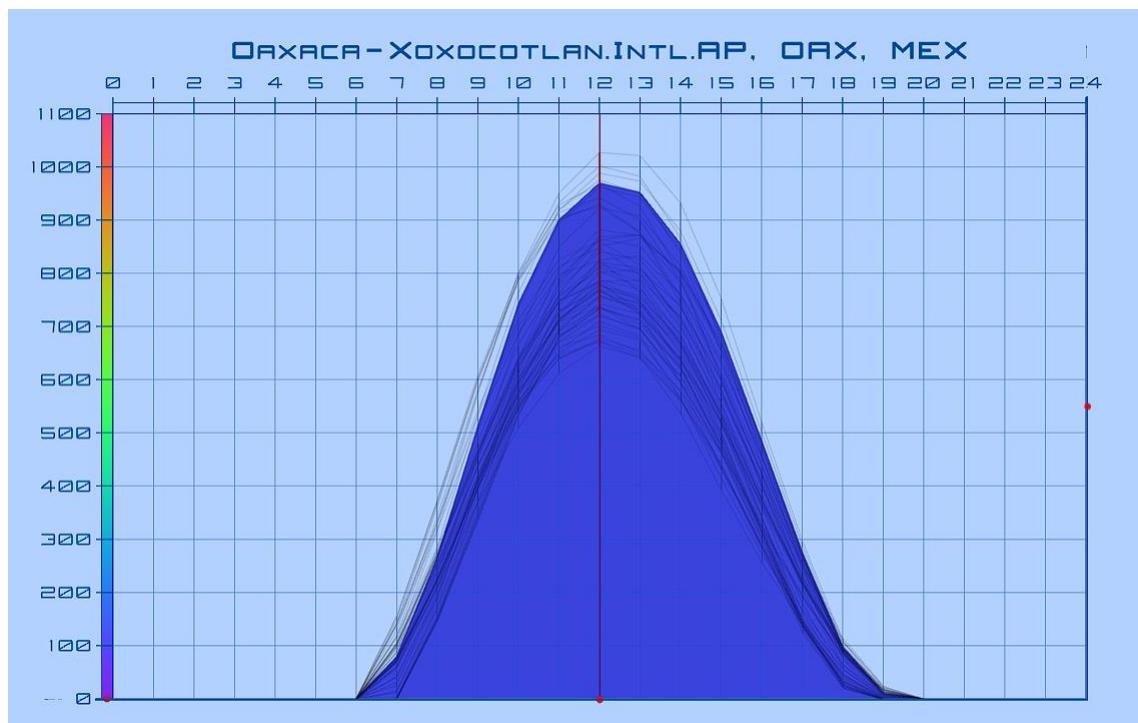


Gráfica 11. Incidencia de radiación solar máxima en todo el año.

Fuente: Climate Consultant 6.0. 2024.

La gráfica 11 indica la radiación solar en todos los meses del año, así como la franja de confort en verano como en invierno que va de los 800 a 910 vatios por metro cuadrado (W/M<sup>2</sup>) aproximadamente donde se observa que los meses de marzo, abril y mayo, tienen el máximo recibimiento de radiación solar en donde el mes de abril tiene más radiación solar lo cual corresponde con los datos de temperatura y humedad analizadas anteriormente.

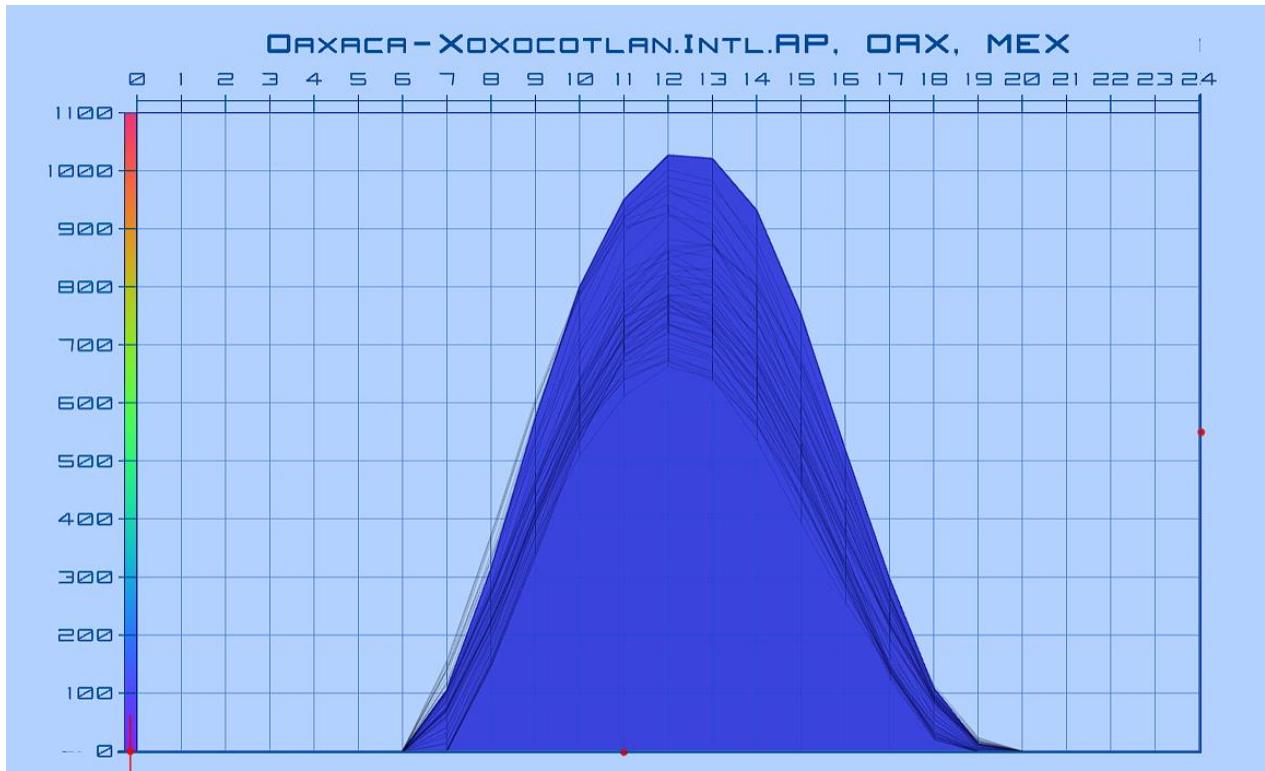
Por otra parte, los meses de agosto a noviembre tienen la radiación solar más baja y quedando los meses de diciembre a febrero en la zona de confort en cuanto a la radiación solar se refiere.



**Gráfica 12. Radiación solar máxima en un día promedio de marzo**

*Fuente: Andrew Marsh. 2024.*

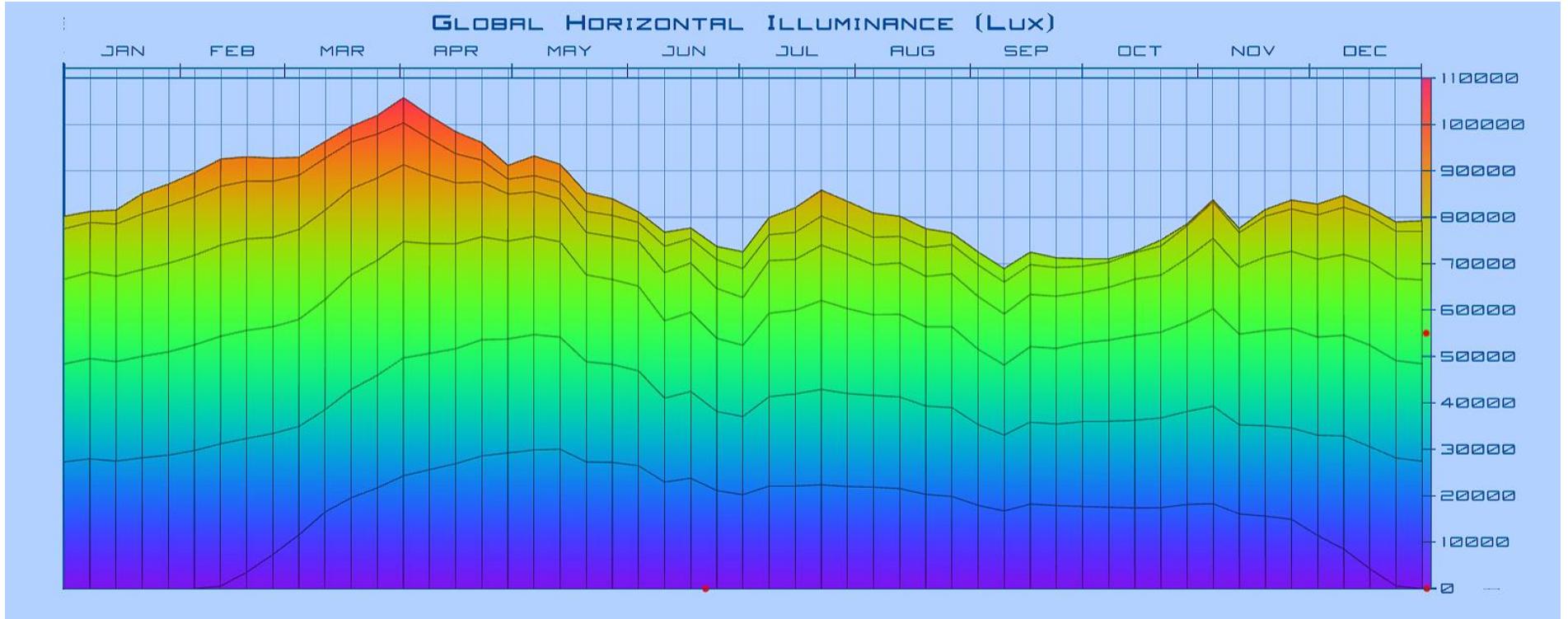
La gráfica 12 muestra el día con más radiación solar en el mes de marzo el cual se encuentra por encima de los 910 (W/M<sup>2</sup>), lo cual indica que rebasa la zona de confort representada, así mismo la gráfica 12 indica que el mes de abril se encuentra fuera de ese rango.



**Gráfica 13. Radiación solar máxima en un día promedio de marzo**

*Fuente: Andrew Marsh. 2024.*

Otro dato importante para este estudio es la unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades (SI) para la iluminancia o nivel de iluminación (Lux) que se ganan con la presencia del sol, esto podría significar la cantidad que se pueda aprovechar para el diseño de un edificio, en la gráfica 13 presenta esta información, donde se pueden observar los datos de Luxes que llegan a generarse entre el mes de marzo y abril con una cantidad máxima arriba de 1,000 Luxes y por otra parte los meses de septiembre y octubre son los meses con la menor cantidad de luxes con alrededor de 700 Luxes.



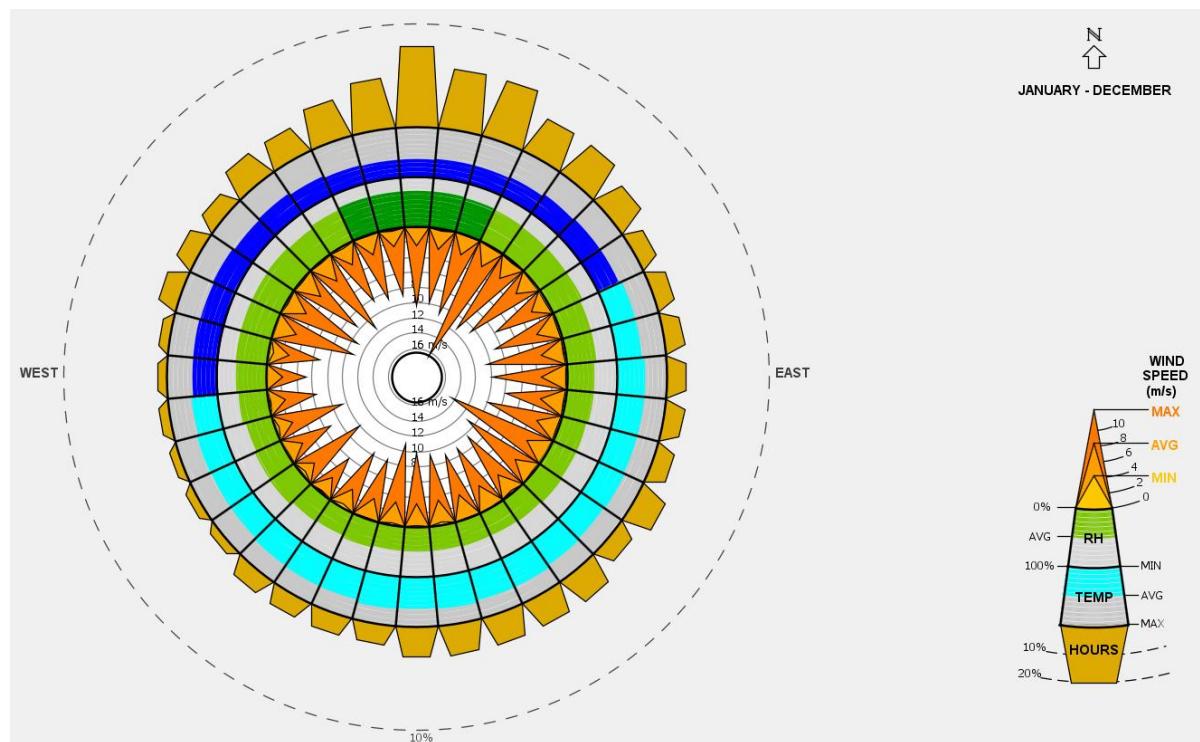
**Gráfica 14. Iluminación horizontal global anual (Lux)**

*Fuente: Andrew Marsh. 2024.*

En la gráfica 14 se observan los datos de iluminación, pero a lo largo del año, esto ayuda a visualizar cómo se comporta la iluminación en el edificio considerando la estación del año y la posición del sol, conocer estos cambios ayuda a poder mitigar las posibles entradas de luz sin mitigación mediante métodos pasivos, los cuales se verán adelante obteniendo todos los datos analizados.

## VIENTO

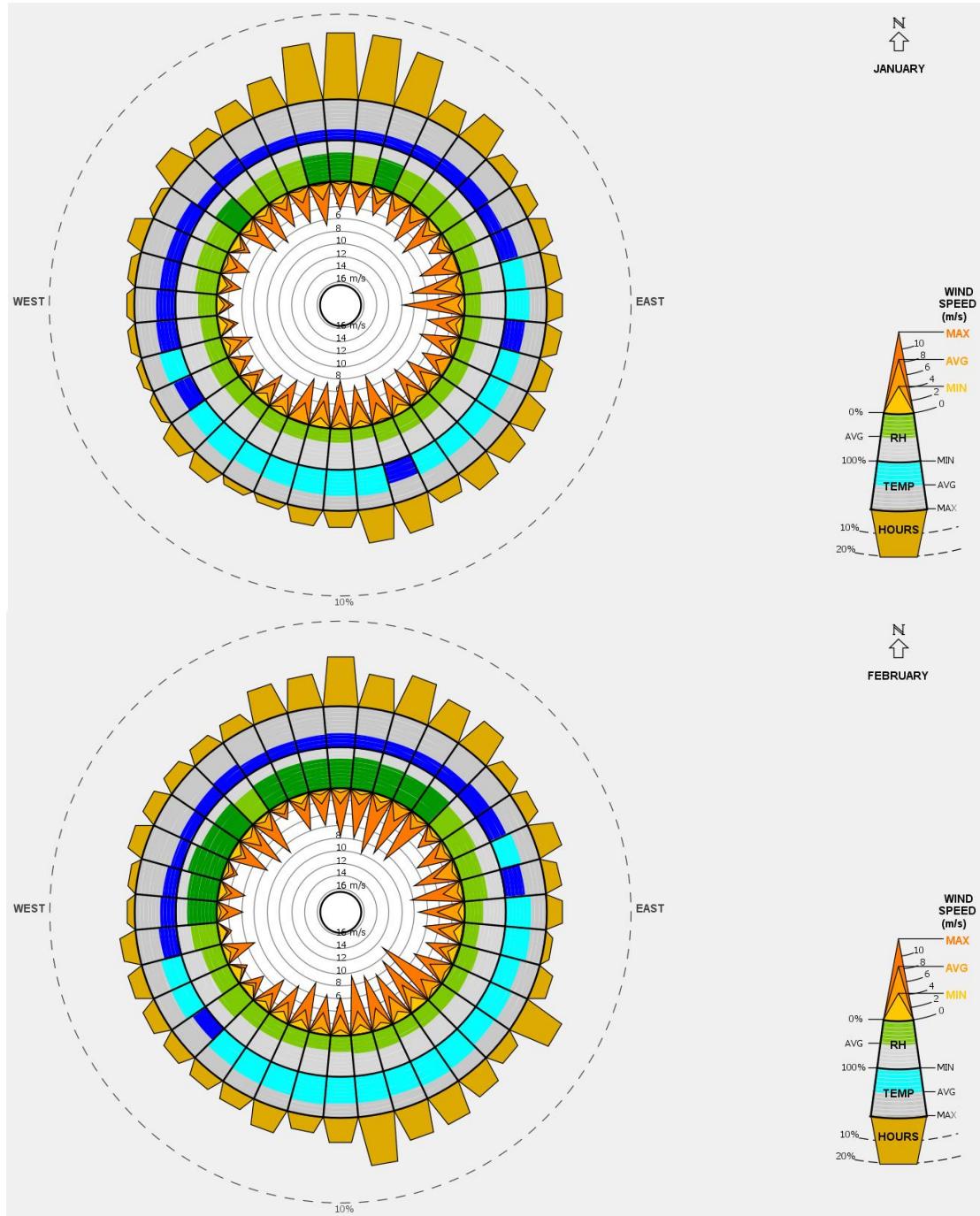
El viento es otro de los factores importantes a contemplar para el análisis de diseño de un edificio y en análisis bioclimático juega un papel muy importante, que nos sirve como disipadores y métodos de enfriamiento natural, para analizar estos datos se utilizaron las constantes climatológicas de la zona y como herramienta principal la plataforma de Climate Consultant 6.0 donde se obtuvieron los siguientes resultados:



**Gráfica 15. Velocidad del viento (m/s) anual**

*Fuente: Climate Consultant. 2024.*

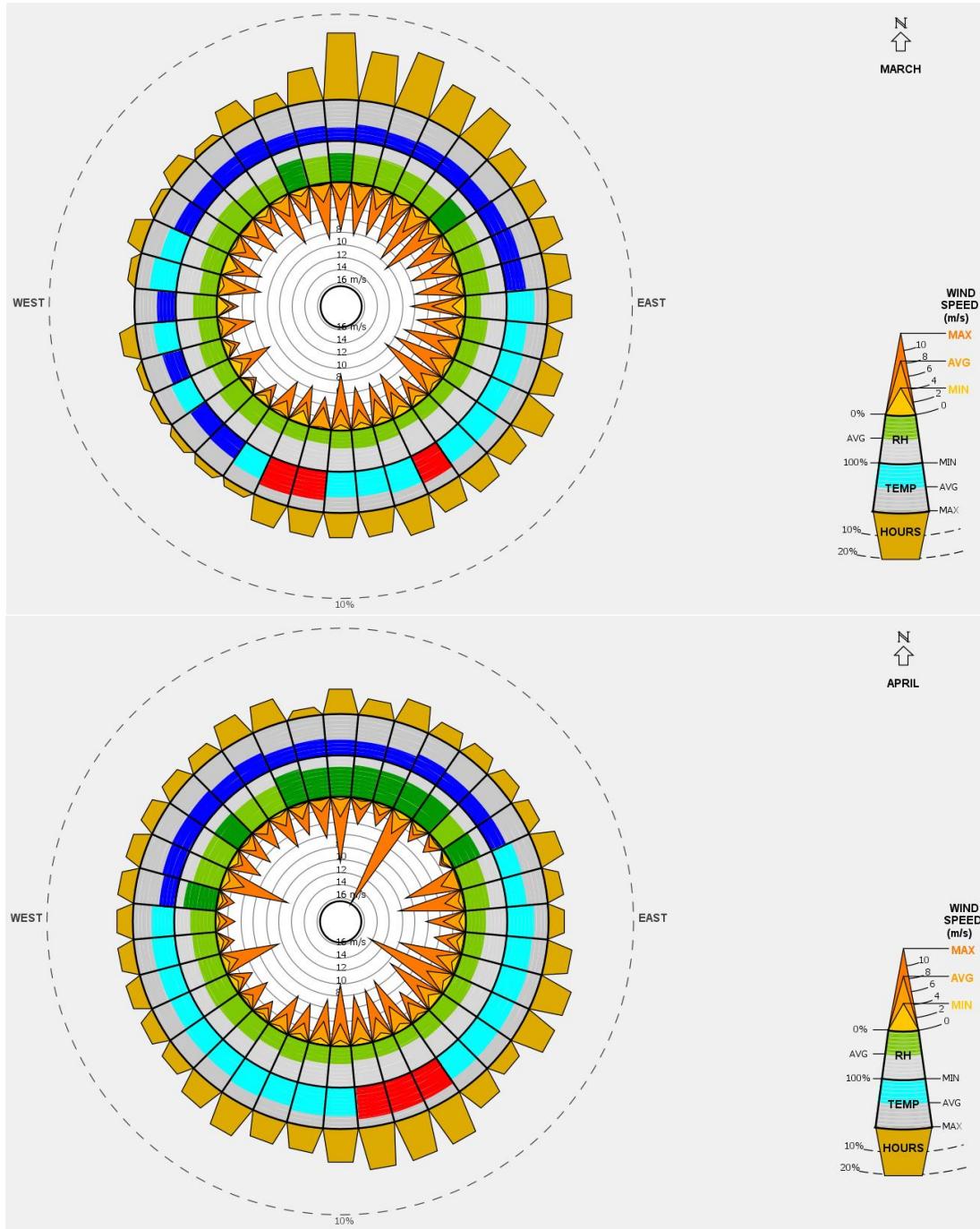
En la escala de vientos conocida como escala de vientos de Beaufort se encuentran 5 escalas que representan las velocidades del viento del número 0 al 4 que representan: calma, ventinola, brisa ligera, brisa suave y brisa moderada, para el análisis de un edificio se utiliza el número 2 que es brisa suave que es una velocidad de 1.50 a 3.30 m/s cuyos efectos en la tierra pueden ser sensación de viento en el rostro y agitar hojas de los árboles, ya que velocidades mayores pueden causar incomodidad en las personas, en la gráfica 15 se observa que los vientos pueden llegar desde 3.2 m/s hasta 5.8 m/s de promedio en todo el año.



**Gráfica 16. Velocidad del viento (m/s) en enero y febrero**

Fuente: *Climate Consultant. 2024.*

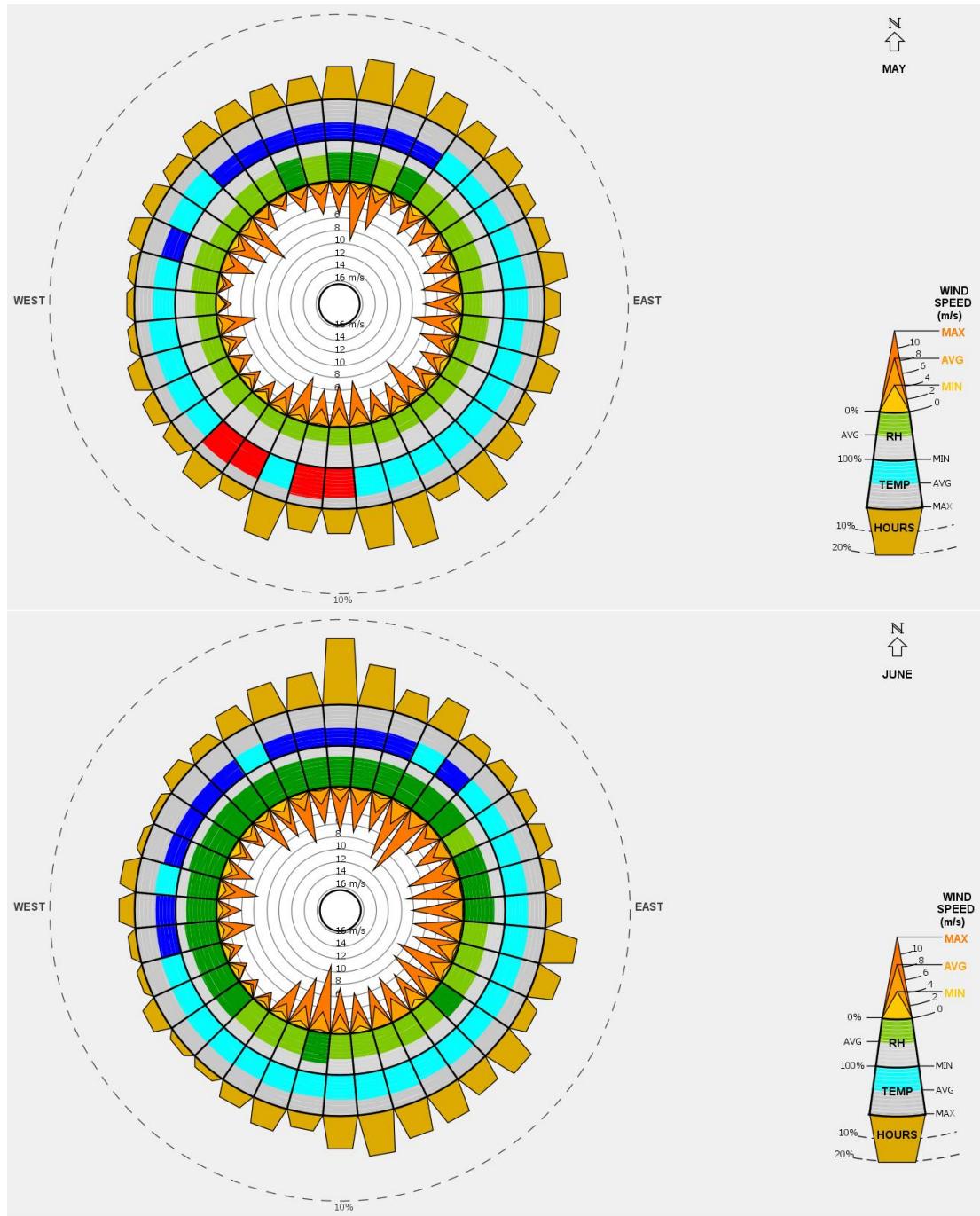
La gráfica 16 muestra las condiciones de viento en los meses de enero y febrero, donde se puede observar la presencia de viento en la orientación de norte a sur con mayor cantidad de horas a lo largo de los meses y siendo también presente en la dirección de sur a norte, con los vientos de mayor velocidad en el este para enero y sureste para el mes de febrero, así mismo dominan los vientos fríos del norte y viento de confort en el sur.



**Gráfica 17. Velocidad del viento (m/s) en marzo y abril**

*Fuente: Climate Consultant. 2024.*

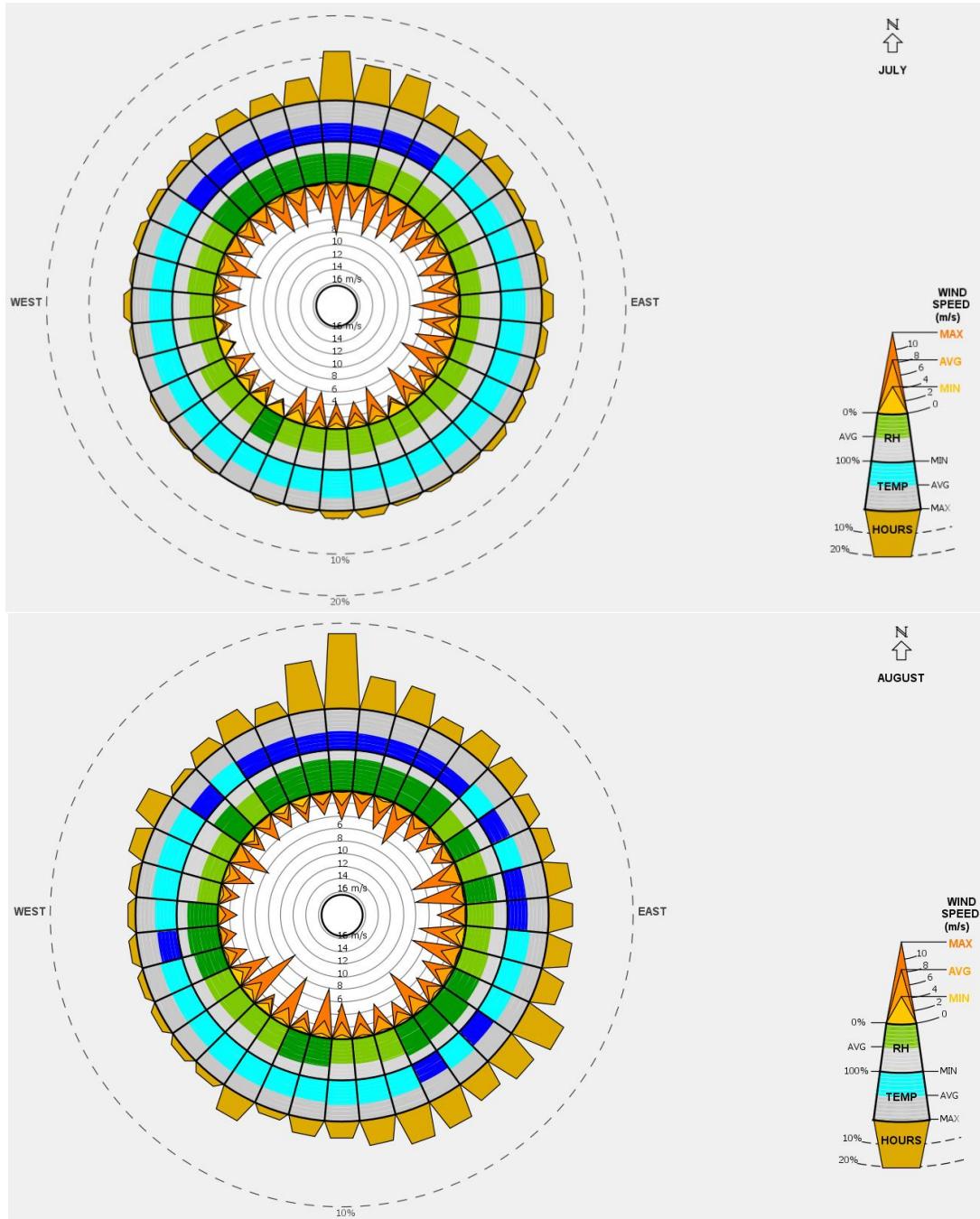
La gráfica 17 muestra los datos de los meses de marzo y abril donde hay más presencia de viento del norte en marzo, pero con mayor velocidad en el noreste y sureste, haciendo presencia vientos con mayor temperatura del sur, para el mes de abril sube la velocidad del viento en distintas direcciones, pero con mayor presencia en el sur y con mayor temperatura.



**Gráfica 18. Velocidad del viento (m/s) en mayo y junio**

Fuente: *Climate Consultant. 2024.*

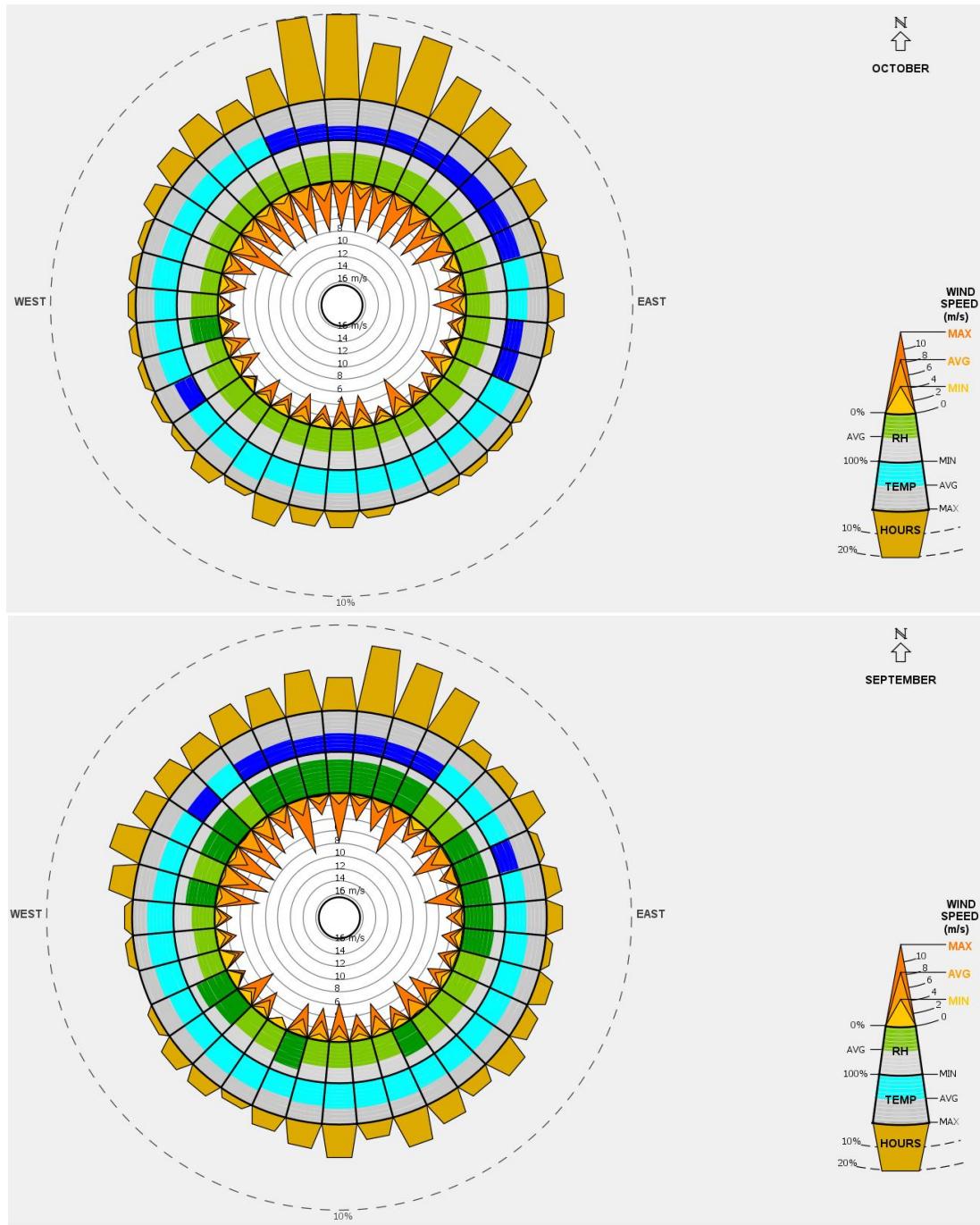
La gráfica 18 indica los datos de los meses de mayo y junio, observando que en el mes de mayo siguen los vientos cálidos provenientes del sur con más presencia en el sur y el norte al igual que con más velocidad en estas direcciones, por otra parte, en el mes de junio se presentan más vientos en la zona de confort y con un aumento en la velocidad en dirección del noreste y suroeste y con un incremento en la humedad en el ambiente.



**Gráfica 19. Velocidad del viento (m/s) en julio y agosto**

*Fuente: Climate Consultant. 2024.*

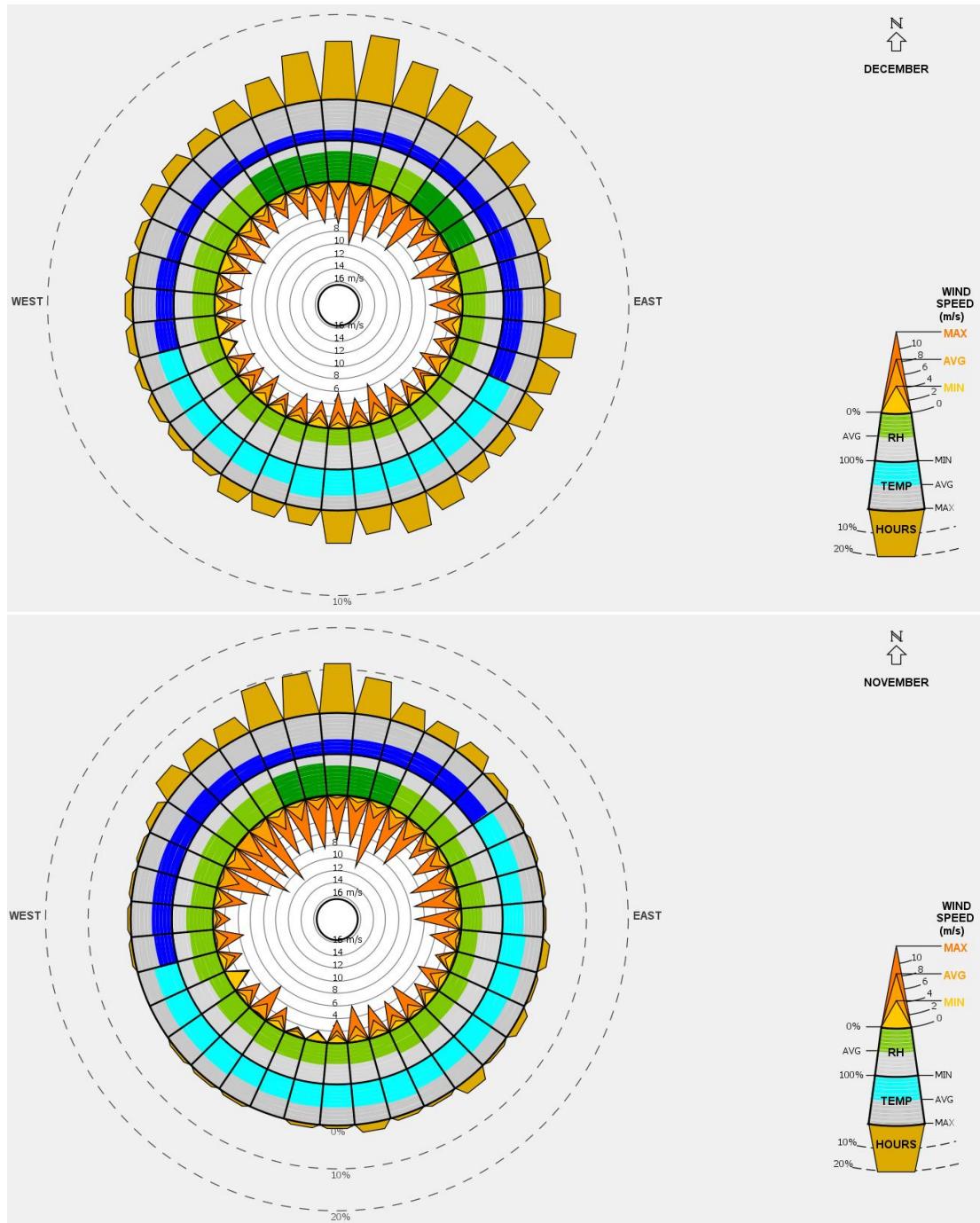
La gráfica 19 muestra los datos de los meses de julio y agosto donde se observa una baja de temperatura, así como en la velocidad del viento aumentando las direcciones en las que se percibe la humedad, pero con mayores horas de viento en la dirección del norte. En específico en el mes de agosto se observa la presencia de viento frio en distintas direcciones.



**Gráfica 20. Velocidad del viento (m/s) en octubre y septiembre**

*Fuente: Climate Consultant. 2024.*

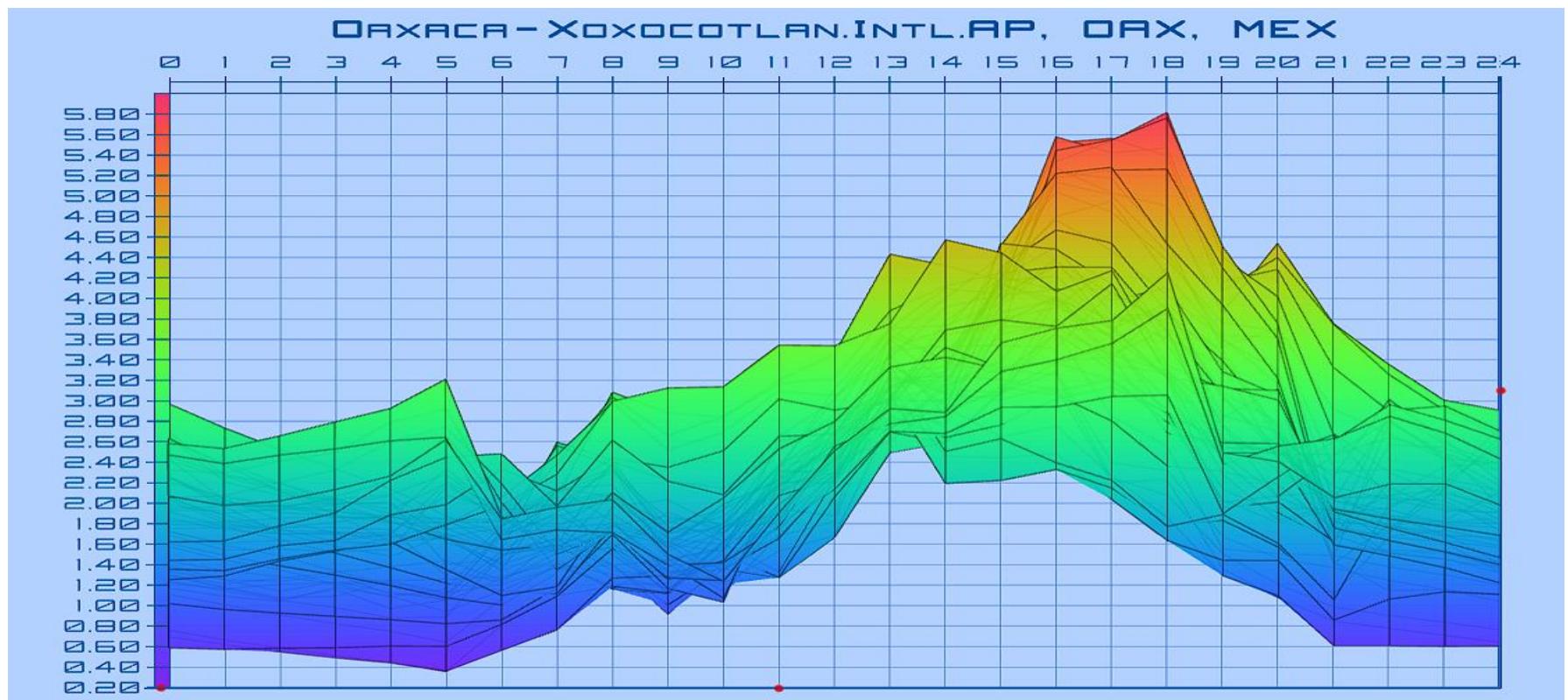
La gráfica 20 presenta los datos de los meses de octubre y septiembre los cuales presentan mayor presencia de viento en dirección del norte y con temperaturas más bajas, pero con mayor índice de confort a lo largo de los meses, en ambos casos se observa mayor presencia de vientos fuertes en dirección del norte y relativamente bajos en las demás direcciones.



**Gráfica 21. Velocidad del viento (m/s) en diciembre y noviembre**

*Fuente: Climate Consultant. 2024.*

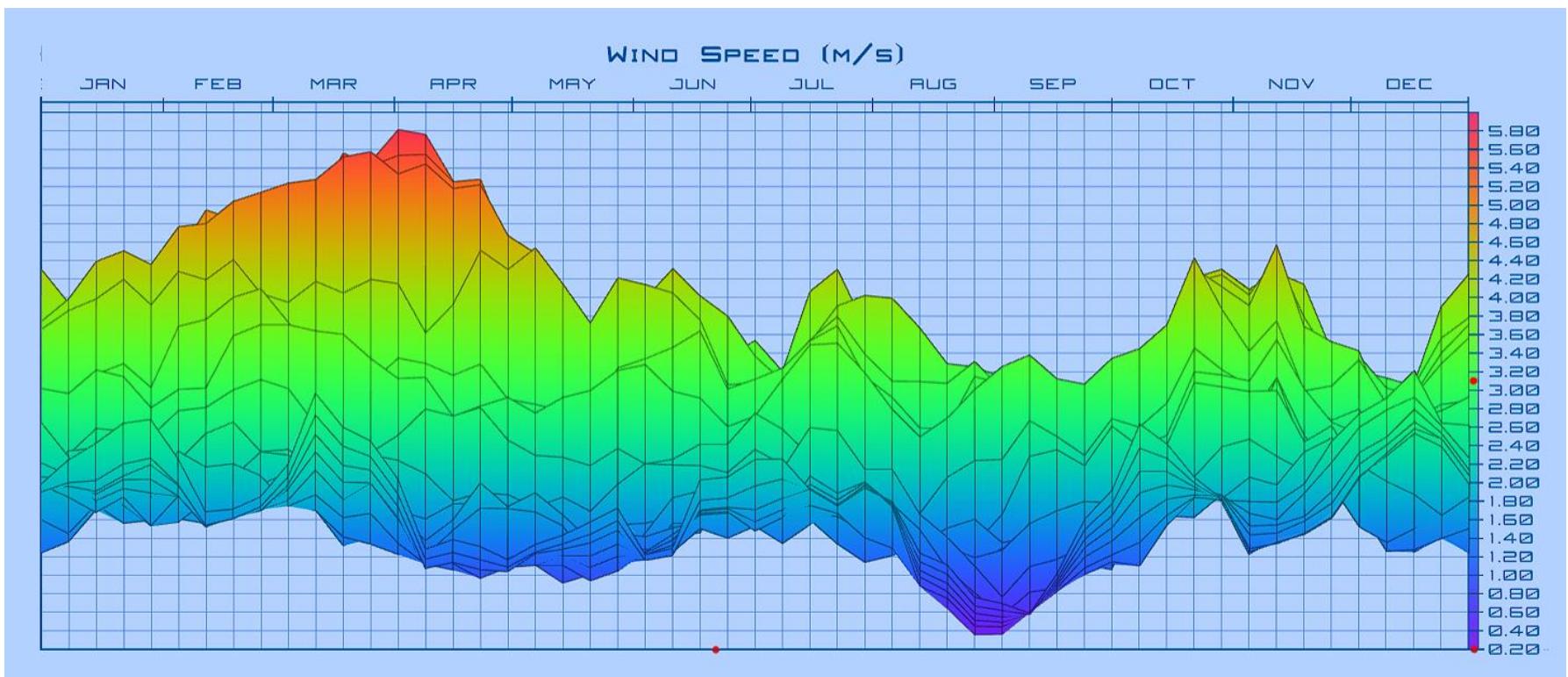
La gráfica 21 muestra los datos de noviembre y diciembre, en donde se presencia más incidencia de viento con temperaturas más bajar en dirección del norte así mismo con más velocidad en esa dirección, mientras que la zona de confort queda con menos presencia de viento y menos velocidad en la dirección opuesta.



**Gráfica 22. Velocidad del viento anual (m/s) por horas**

*Fuente: Andrew Marsh. 2024.*

La gráfica 22 muestra las velocidades presentes del viento en un día promedio de todo el año, esta información y la que se analizar anteriormente es de mayor importancia cuando se pretende mitigar los vientos con mayor efecto dentro del edificio, así se proponen soluciones ya sea para mitigar o para aprovechar la dirección del viento y así ventilar el edificio de manera natural, resolviendo diferentes ambientes dentro del mismo.



**Gráfica 23. Velocidad del viento anual (m/s) por horas en promedio**

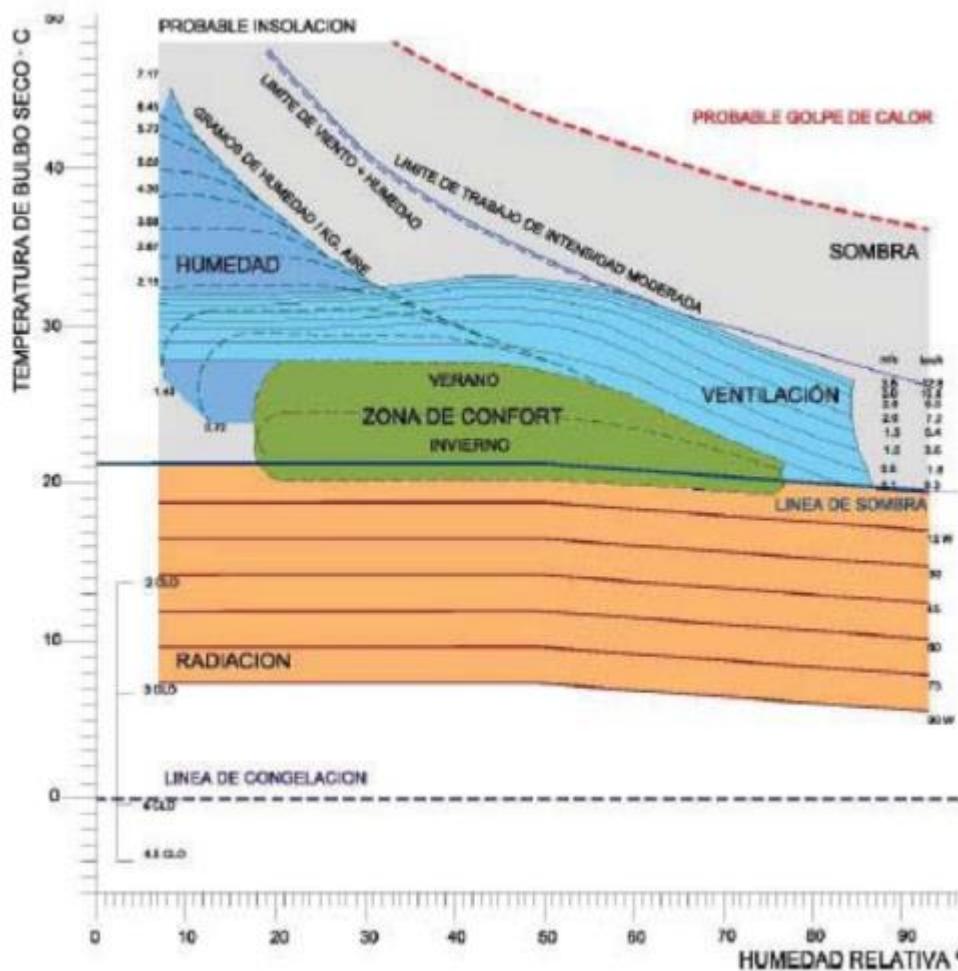
*Fuente: Andrew Marsh. 2024.*

Para apreciar de una manera más precisa la velocidad de los vientos se genera la gráfica 23 de Andrew Marsh, que representa las horas de todo el año con mayor presencia de viento y con mayor velocidad, el cual nos indica la velocidad más baja que está alrededor de 0.40 en el mes de agosto y septiembre y los puntos más altos que se encuentran en los meses de marzo y abril, de esta manera se pueden considerar las estrategias aplicables para solucionar estas desventajas climatológicas.

### **3.3 ANÁLISIS ESTRATÉGICOS DE DISEÑO**

## CARTA BIOCLIMÁTICA OLGYAY

Una carta bioclimática en la que se integran dos variables fundamentales para el bienestar, la humedad y la temperatura. Además, se añaden otras como la velocidad del viento, la radiación y la evaporación que son medidas correctoras.



**Figura 9. Carta bioclimática Olgyay**

Fuente: <https://pedrojhernandez.com/2014/03/03/diagrama-bioclimatico-de-olgyay/>. 2024

Dentro de este diagrama se pueden distinguir:

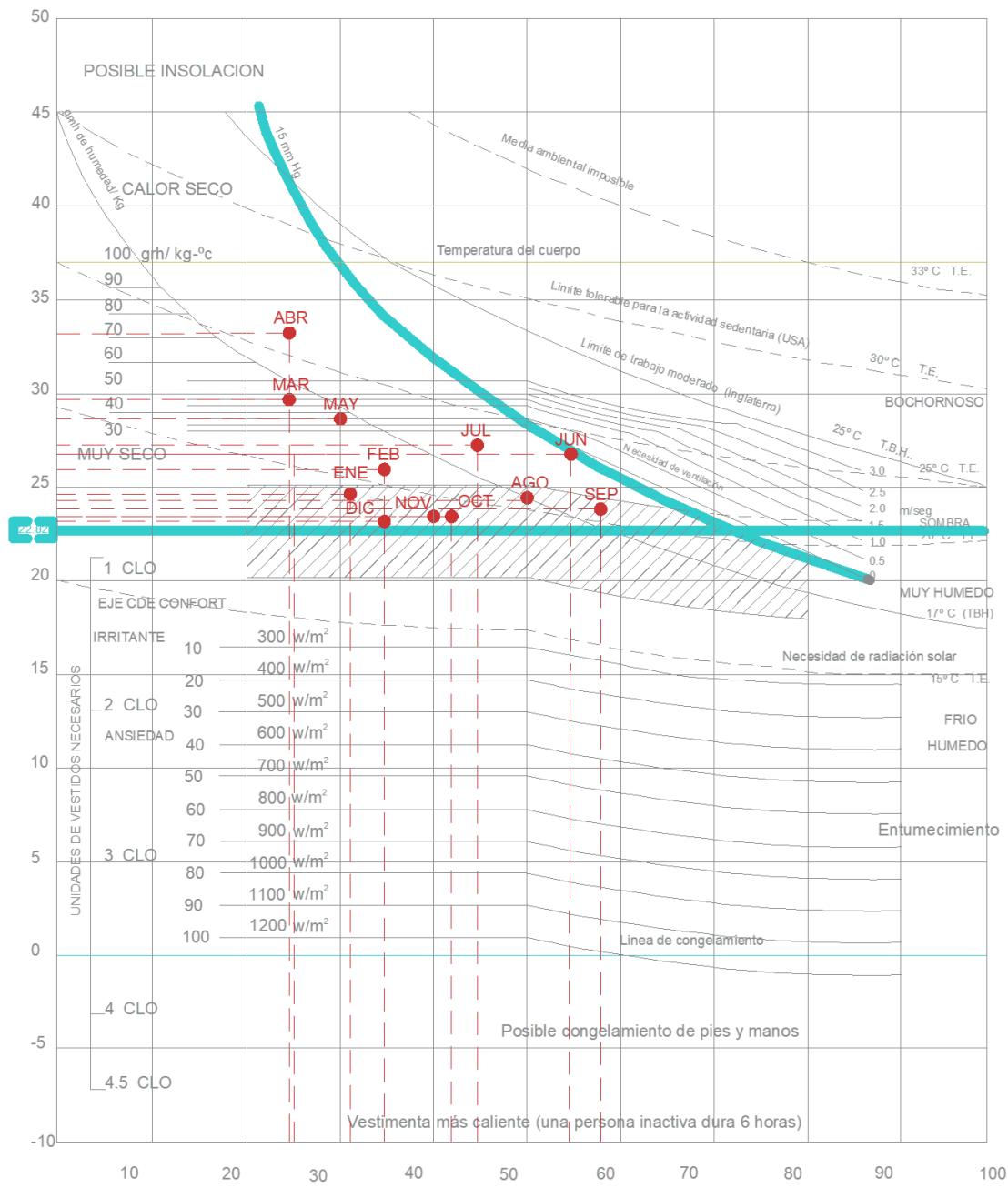
- a) Una zona de bienestar o confort de referencia para una persona en reposo y a la sombra, con una temperatura ambiente entre 22°C y 27°C, y una humedad relativa entre el 20% y el 80%, unos límites que corresponden a una sensación térmica aceptable.

- b) En el eje de ordenadas se representa la temperatura seca del aire, es decir, la que indica un termómetro normal.
- c) En el eje de abscisas se representa la humedad relativa del aire.
- d) También aparecen una serie de líneas, que representan las medidas correctoras que es preciso realizar en el caso de que las condiciones de temperatura y humedad salgan fuera de la zona de confort.

Estas líneas son:

- La radiación expresada en Kcal/hora se sitúa en el límite inferior de la zona de confort y con ella se dibuja la línea de sombra o límite a partir del cual el confort se pierde como consecuencia del frío.
- El viento en m/s. se representa por unas líneas crecientes con la temperatura y decrecientes con la humedad. • La línea de congelación, aparece en el borde inferior del gráfico e indica la temperatura mínima soportable antes de que aparezcan problemas de congelación en los miembros.
- La línea de insolación, en la parte superior, indica posibles desmayos por la combinación de altas temperaturas y elevada humedad.

Los puntos situados por debajo de la zona de confort indican periodos con defecto de calor, por lo que es necesaria la radiación solar para alcanzar la confortabilidad. Los puntos situados por encima indican periodos sobrecaleidos y el bienestar requiere del concurso de la ventilación o enfriamiento evaporativo para regresar a la zona de confort. En la utilización del gráfico pueden tomarse temperaturas mensuales, medias o extremas o los valores diarios.

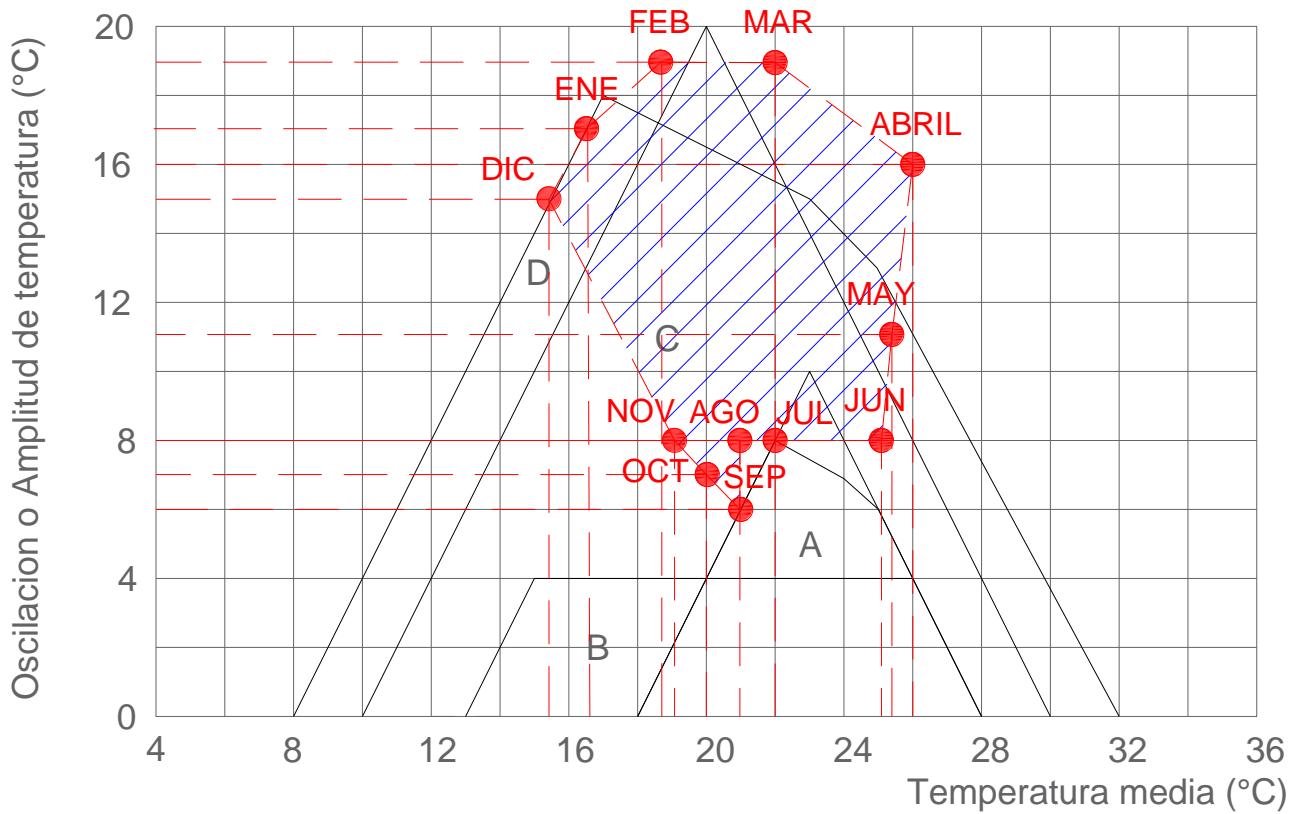


**Gráfica 24. Carta bioclimática de Olgyay aplicado al claustro doctoral.**

Fuente: Autoría propia. 2024.

Complementando los datos de la carta bioclimática de Olgyay con los datos obtenidos en los análisis anteriores se grafican los puntos por meses de las condiciones climáticas promedio de cada mes, dando como resultado la gráfica 24 sabiendo los conceptos básicos de la tabla se interpreta que los meses de enero, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre se encuentran en la zona de confort coincidiendo con algunos datos obtenidos anteriormente.

## TRIÁNGULO DE CONFORT



A= Actividad sedentaria

B= Confort para dormir

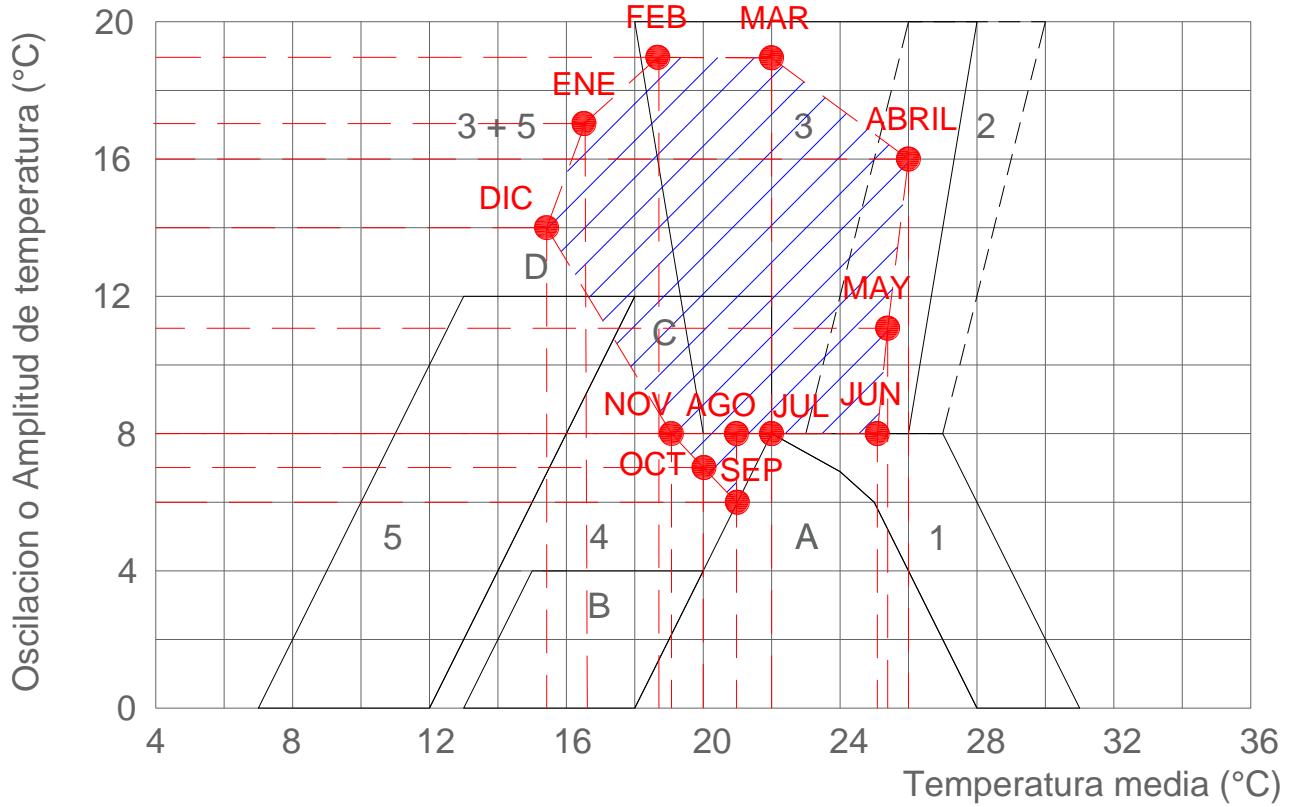
C= Circulacion interior

D= Circulacion exterior

**Gráfica 25. Triángulos de confort**

*Fuente: Autoría propia. 2024.*

Otra herramienta utilizada es el triángulo de confort que se desarrolló por John Evans, esta grafica relaciona la temperatura media y la oscilación de la temperatura y marcando zonas de confort en A B C Y D, por ejemplo; un día promedio de enero tiene una temperatura máxima de 25°C y una mínima de 8°C la media seria de 16.5°C para la oscilación de temperatura se hace la diferencia de la temperatura máxima y la mínima que da como resultado 17°C quedando el punto en el límite de la zona D, con esta base se hace la interpretación de los datos aplicados al claustro doctoral donde se obtienen los datos de la gráfica 25, donde tenemos como resultado que los meses de febrero, marzo y abril no se encuentran en la zona de confort establecida, por sus altas temperaturas, estando enero y diciembre al límite de la zona de confort por las temperaturas más bajas del año.



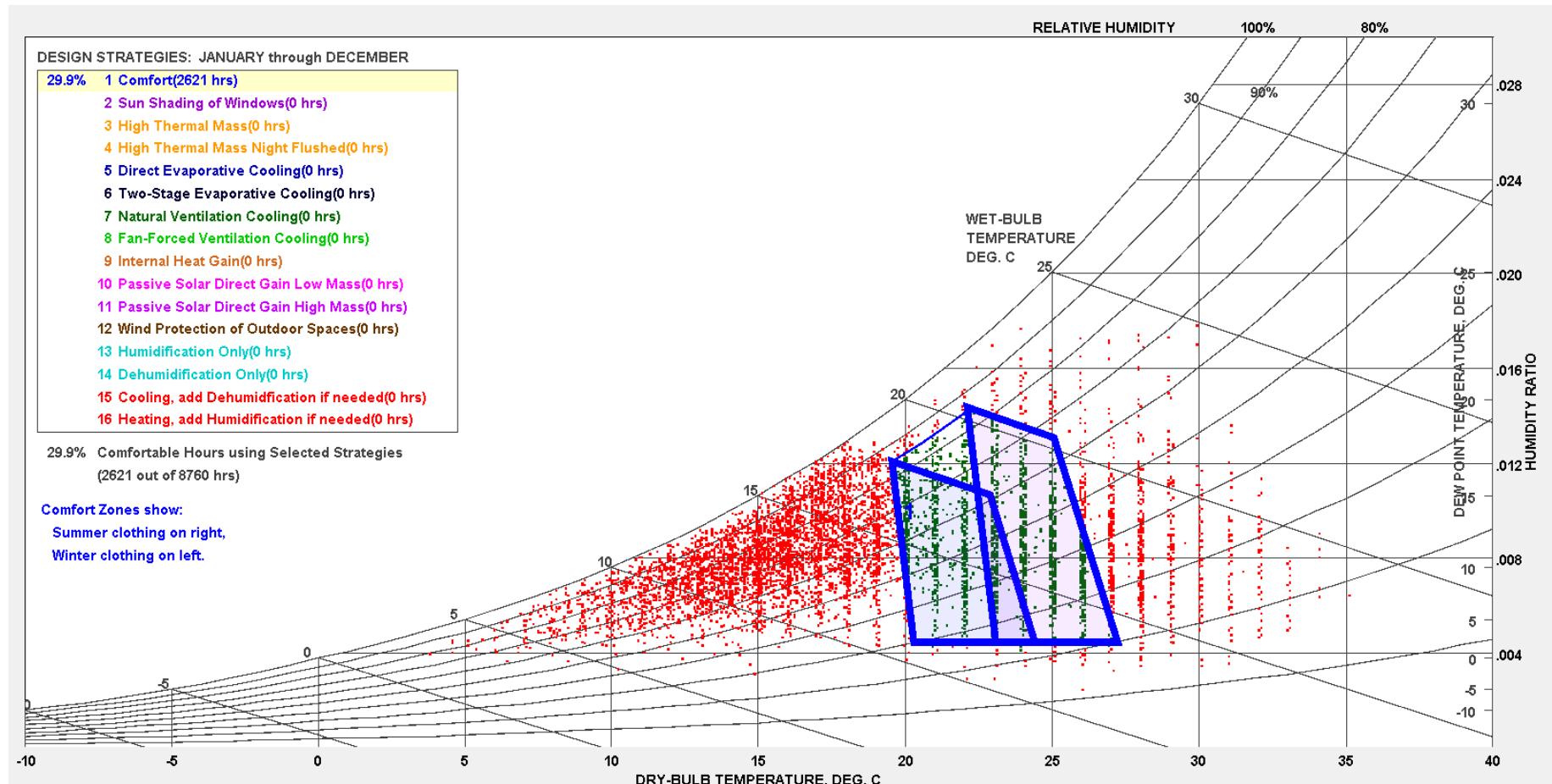
- 1= Ventilación cruzada
- 2= Ventilación selectiva
- 3= Inercia térmica
- 4= Ganancias internas
- 5= Ganancias Solares

**Gráfica 26. Estrategias bioclimáticas**

*Fuente: Autoría propia. 2024.*

La carta bioclimática también propone soluciones para los datos y resultados que se obtienen en la gráfica anterior, cabe notar los puntos graficados fueron conectados y representados en un relleno azul para situar todos los días del año, para este análisis del claustro doctoral se utilizan los mismos puntos donde se puede deducir que; para los meses de diciembre y enero se necesitan dos acciones inercia térmica y ganancias solares en febrero y marzo solo inercia térmica, abril, mayo y junio, se necesita ventilación selectiva que tiende a enfriar los espacios y generar resguardo del sol para los meses de julio hasta el mes de noviembre se necesitan acciones que beneficien las ganancias internas mediante técnicas pasivas o medios mecánicos, recordando que algunas estrategias comprenden mucho sobre el sistema constructivo y orientación del edificio así como su composición de materiales.

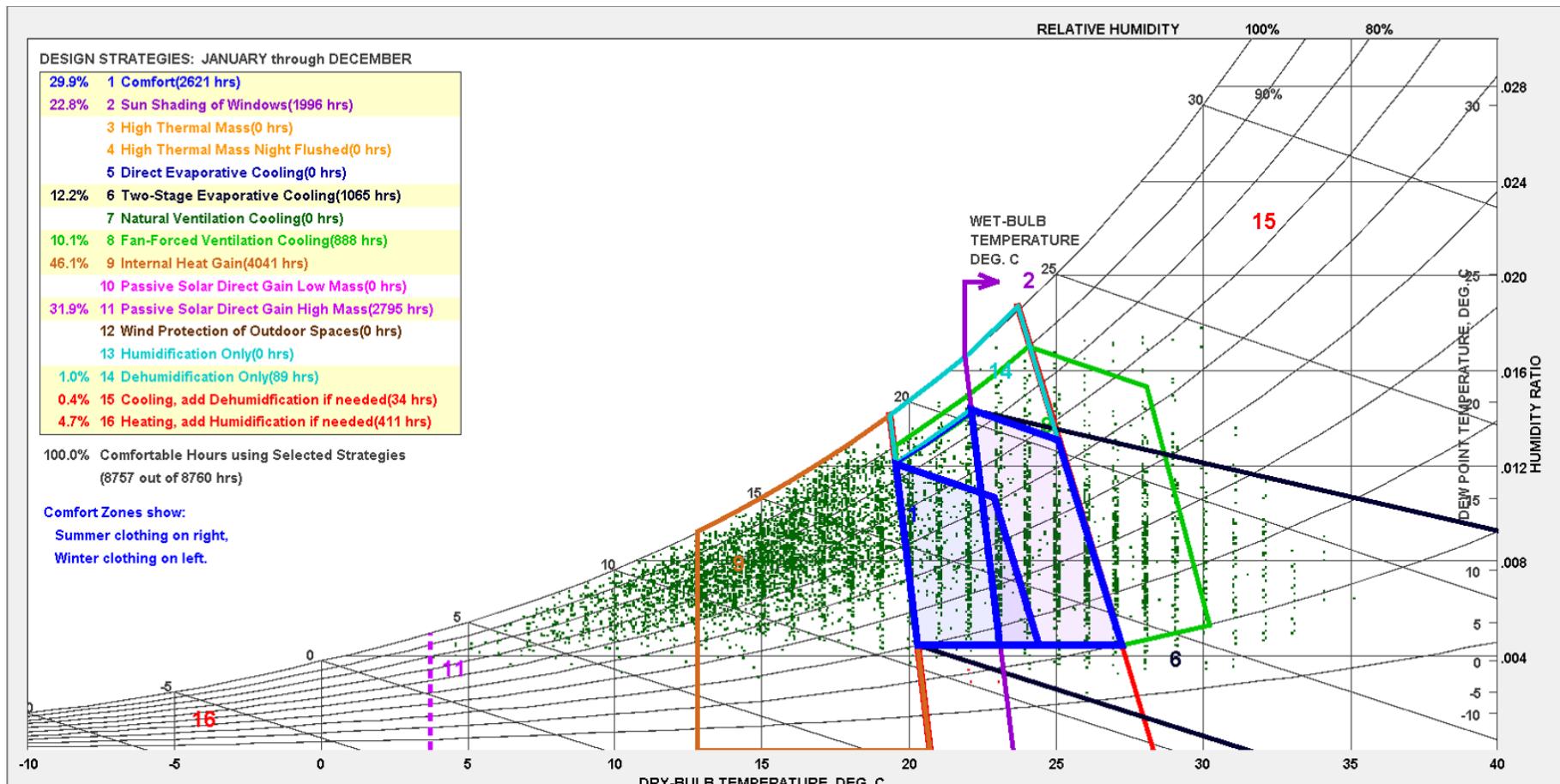
## GRÁFICA PSICOMÉTRICA



**Gráfica 27. Gráfica Psicométrica aplicada al claustro doctoral (zonas de confort)**

*Fuente: Climate Consultant. 2024.*

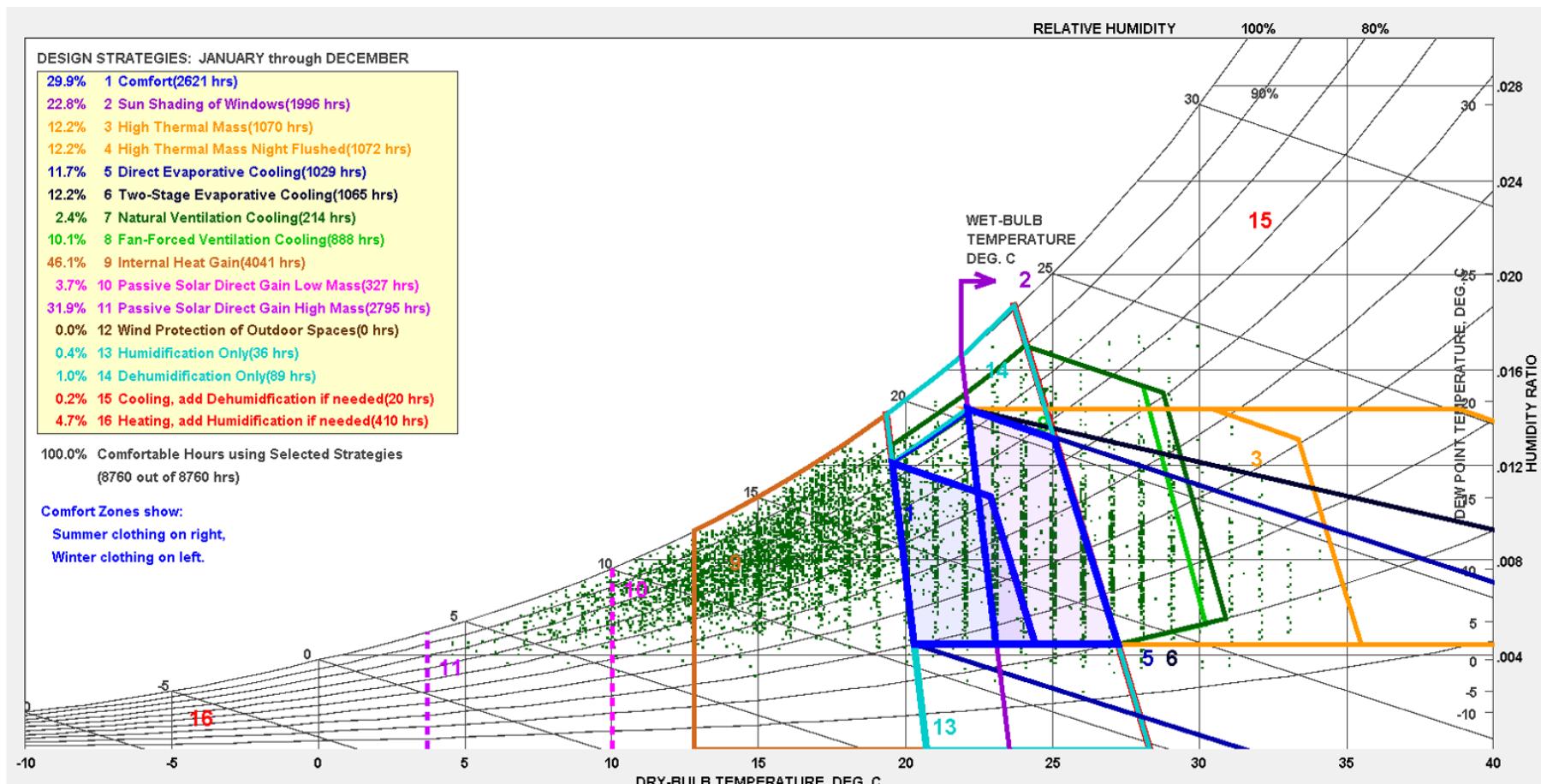
Teniendo la información suficiente para el análisis de diseño bioclimático se utiliza la herramienta de Climate Consultant para obtener una de los instrumentos con mayor presencia dentro de este tipo de diseño, la gráfica psicométrica que nos indica las horas anuales de confort a partir de los datos analizados anteriormente.



**Gráfica 28. Gráfica Psicométrica aplicada al claustro doctoral (estrategias pasivas)**

Fuente: Climate Consultant. 2024.

La grafica 27 muestra los datos obtenidos de los datos climatológicos donde se proponen métodos pasivos de diseño para mejorar las condiciones dentro del edificio, donde las más importantes se presentan con mayor porcentaje dentro de la tabla, las cuales son, la ganancia interna de calor, ganancia solar pasiva, protección solar en ventanas. Una observación importante es la zona de confort que se obtiene de forma natural la cual indica un 29.9% de horas de confort anual un total de 2621 hrs.



**Gráfica 29. Gráfica Psicométrica aplicada al claustro doctoral (estrategias pasivas 2)**

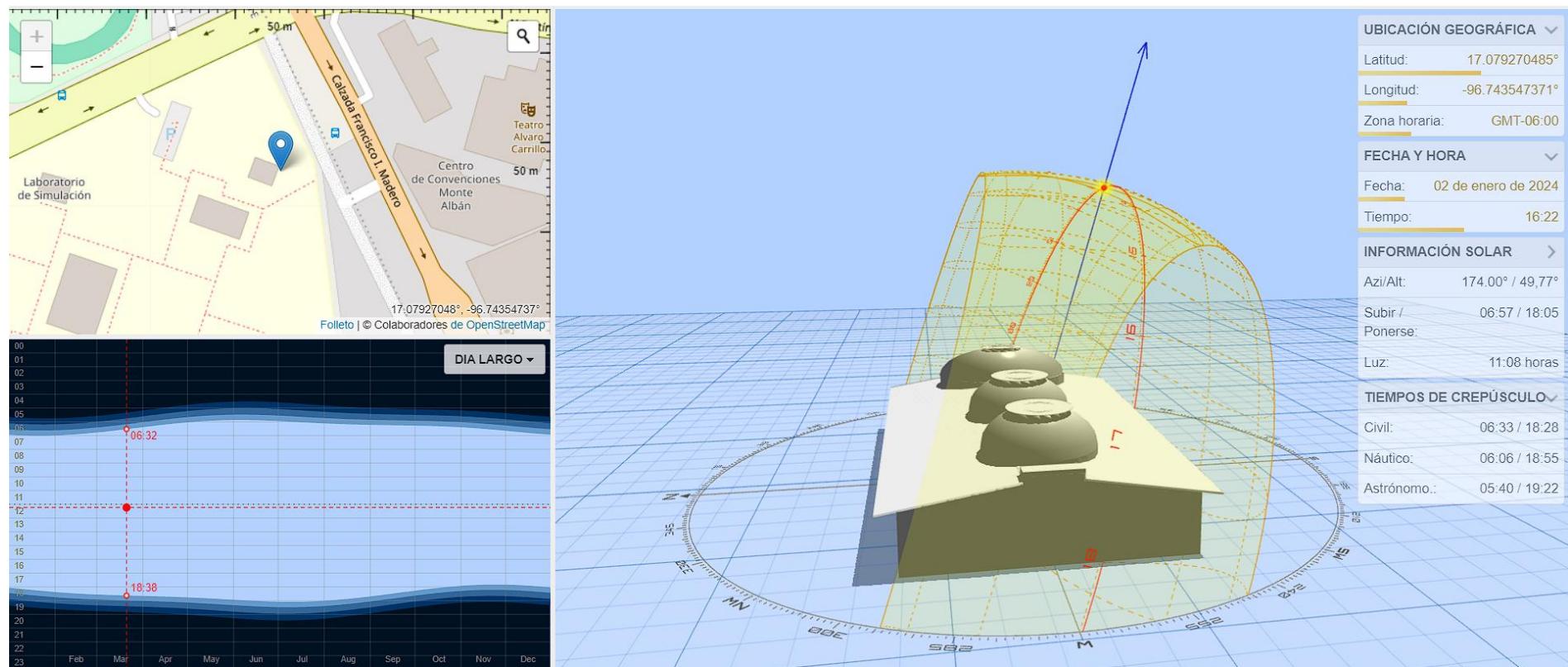
Fuente: Climate Consultant. 2024.

La gran ventaja de obtener estos resultados mediante este método es que se presentan todas las formas de mitigación pasiva para el edificio haciendo que de manera natural o artificial se pueda llegar a un índice de confort del 100% dentro del edificio, esto para edificio ya construidos, utilizar la herramienta en la etapa de diseño se garantizan mejores resultados y con menos métodos artificiales para el confort deseado, ya sea con cambios en el sistema constructivo , posición y orientación además de diseño de espacios interiores.

### 3.4 ANÁLISIS DE DISEÑO CON ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS

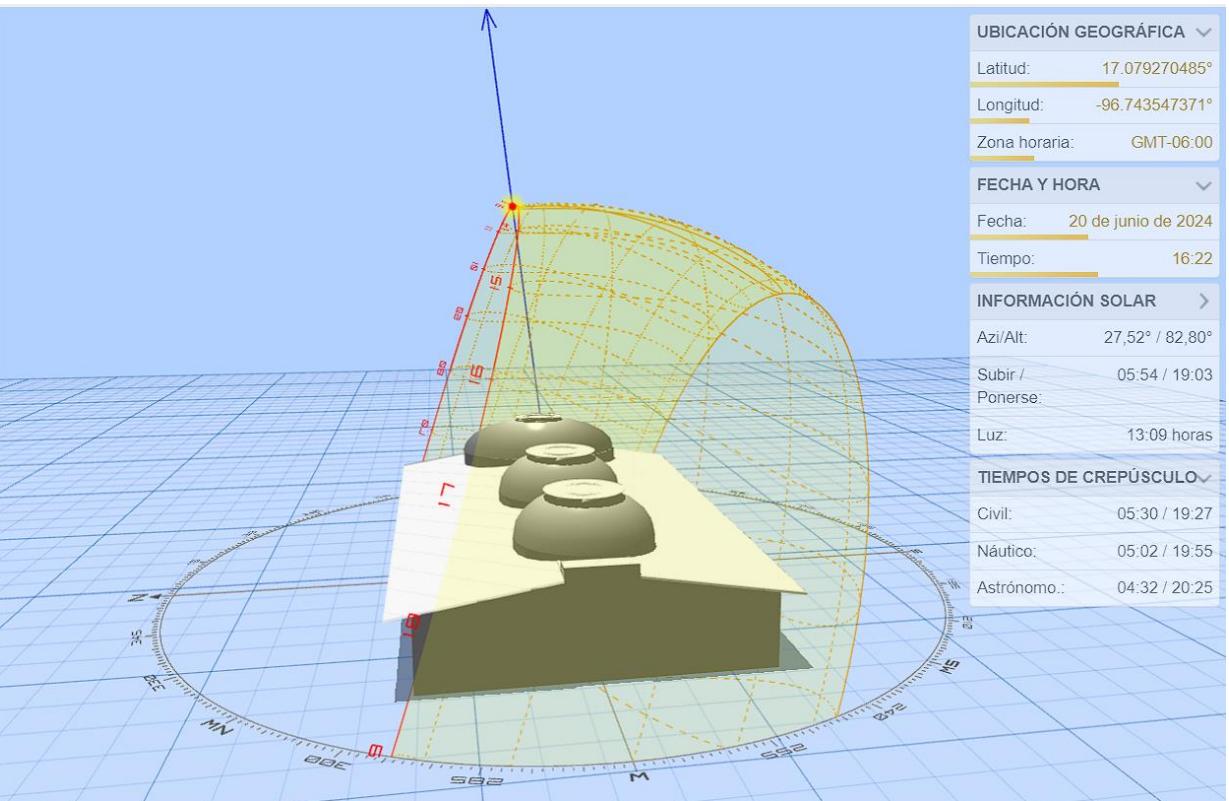
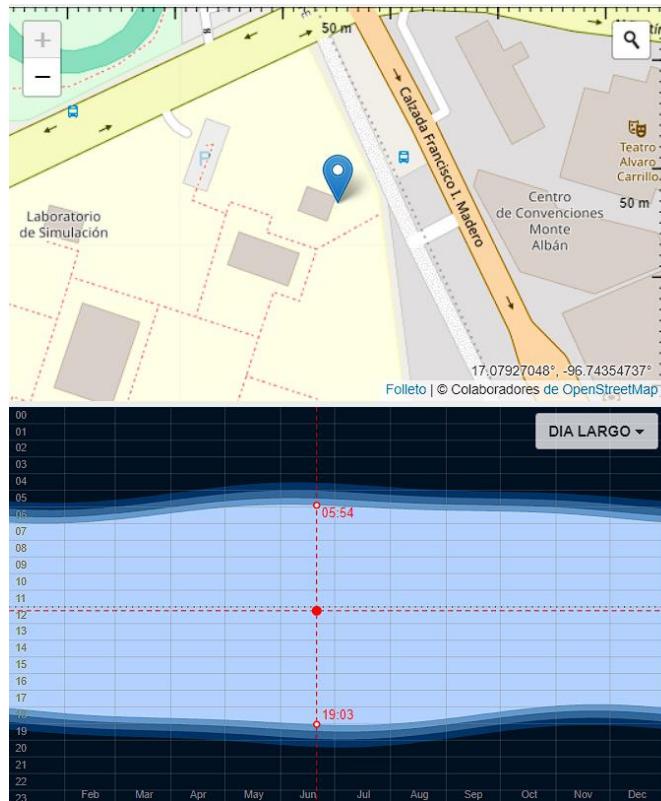
Los datos que se analizan a continuación inciden directamente en el diseño del claustro doctoral, de acuerdo a los datos presentes en las gráficas anteriores y la información que resultó de las gráficas psicométricas y como primer paso se analiza la posición del sol y como afecta directamente sobre el claustro doctoral, para esto se realiza el modelo 3d del claustro doctoral y con la ayuda de las herramientas de Andrew Marsh se obtienen estos resultados.

#### ANÁLISIS SOLAR



Gráfica 30. Modelo de asoleamiento en primavera.

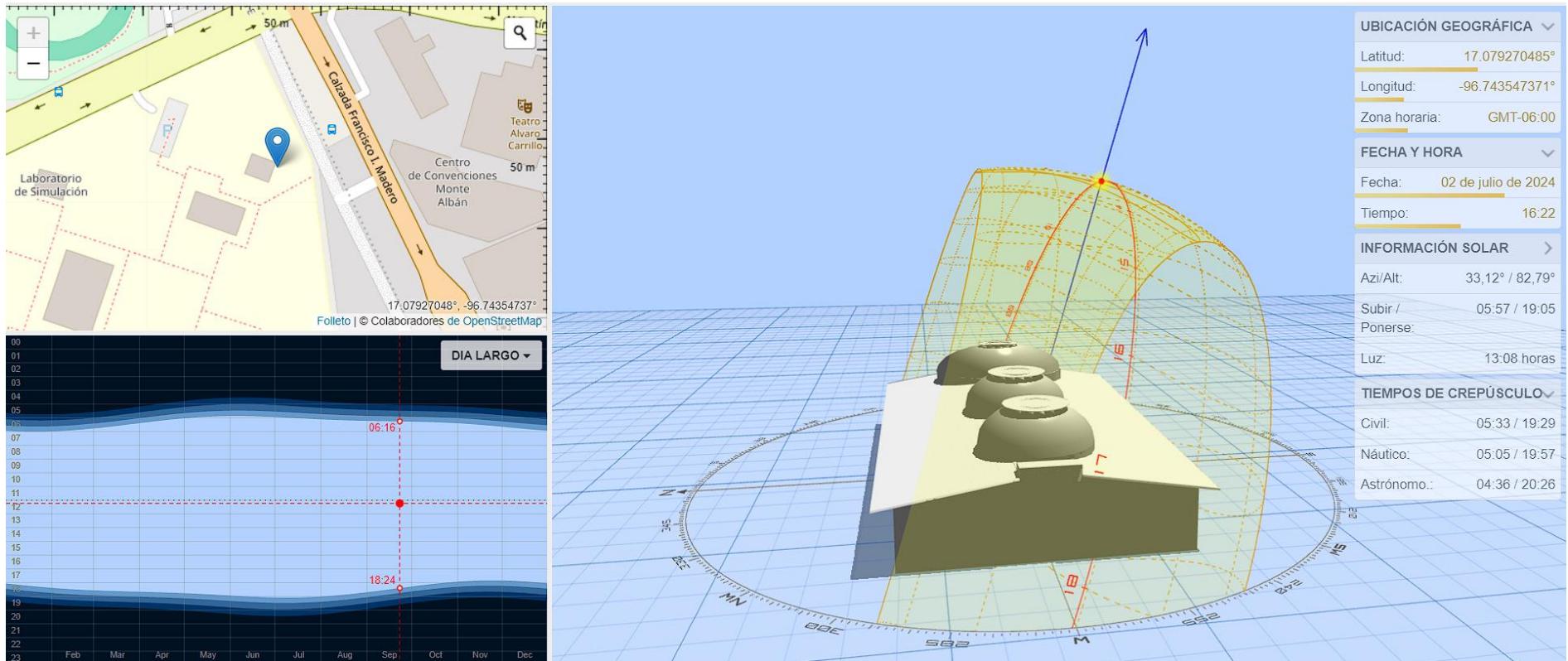
Fuente: Andrew Marsh. 2024.



**Gráfica 31. Modelo de asoleamiento en verano**

Fuente: Andrew Marsh. 2024.

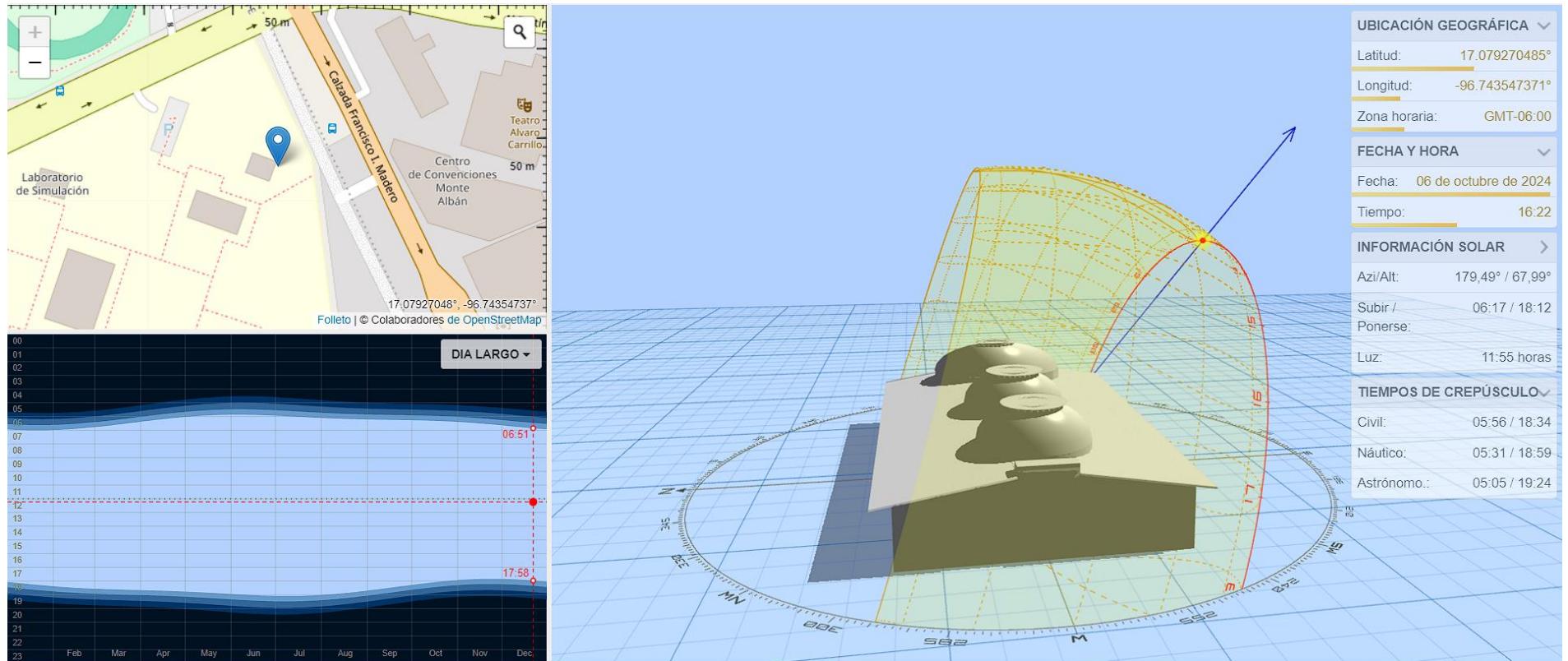
La gráfica 30 y 31 muestran los datos obtenidos de las aplicaciones de Andrew Marsh al analizar la posición geográfica del claustro doctoral en donde se puede observar las diferencias en la posición del sol según en la estación que se encuentre, para este análisis se utilizó la posición más alta del sol y en el día con mayor intensidad para la observación grafica de las sombras que se proyectan y como la forma del edificio mitiga el asoleamiento. Hay una clara diferencia entre las dos fechas en cuanto a la posición del sol teniendo como apoyo visual el rango general del sol a lo largo del año.



**Gráfica 32. Modelo de asoleamiento en otoño.**

*Fuente: Andrew Marsh. 2024.*

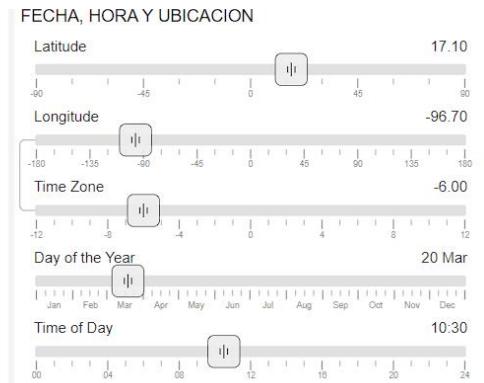
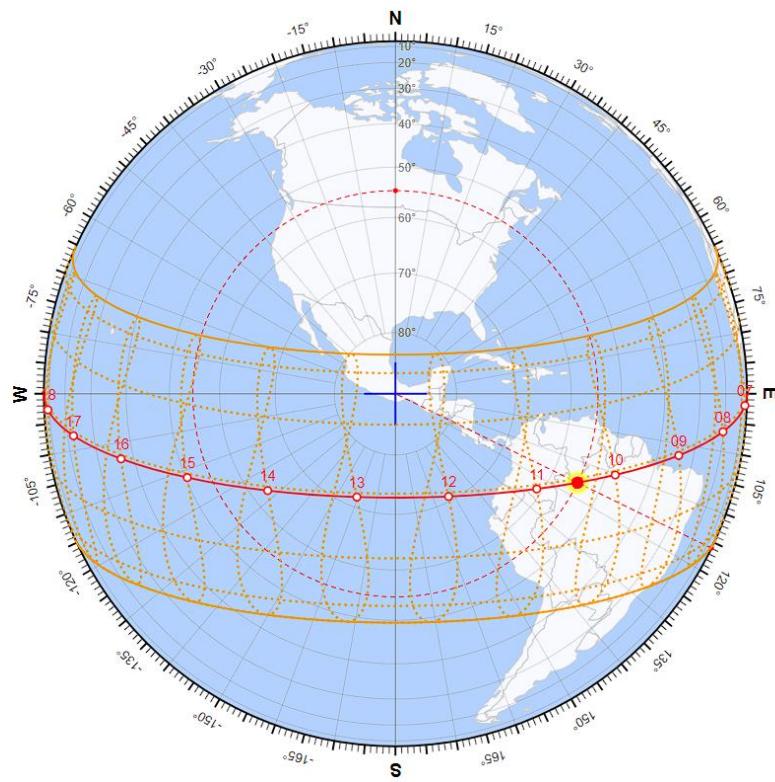
En la gráfica 32 se presenta la posición del sol en su punto máximo en el mes de julio, lo cual indica las entradas de luz que dominan en la fachada sur del edificio, esto podría suponer una cantidad considerable de iluminación y por lo tanto una temperatura más alta en ese costado del edificio, teniendo que mitigar de forma natural el exceso de luz utilizando vegetación exterior o materiales internos como cortinas o persianas. teniendo en cuenta que el movimiento del sol cambia conforme se avanza el día se tendría que considerar el punto crítico para la ubicación de estos elementos, un ejemplo sería, que solo se quiere mitigar la luz solar en los días más calurosos del año, pero en invierno hacer que el claustro doctoral tenga ganancia de calor para aclimatar el interior.



**Gráfica 33. Modelo de asoleamiento en invierno.**

Fuente: Andrew Marsh. 2024.

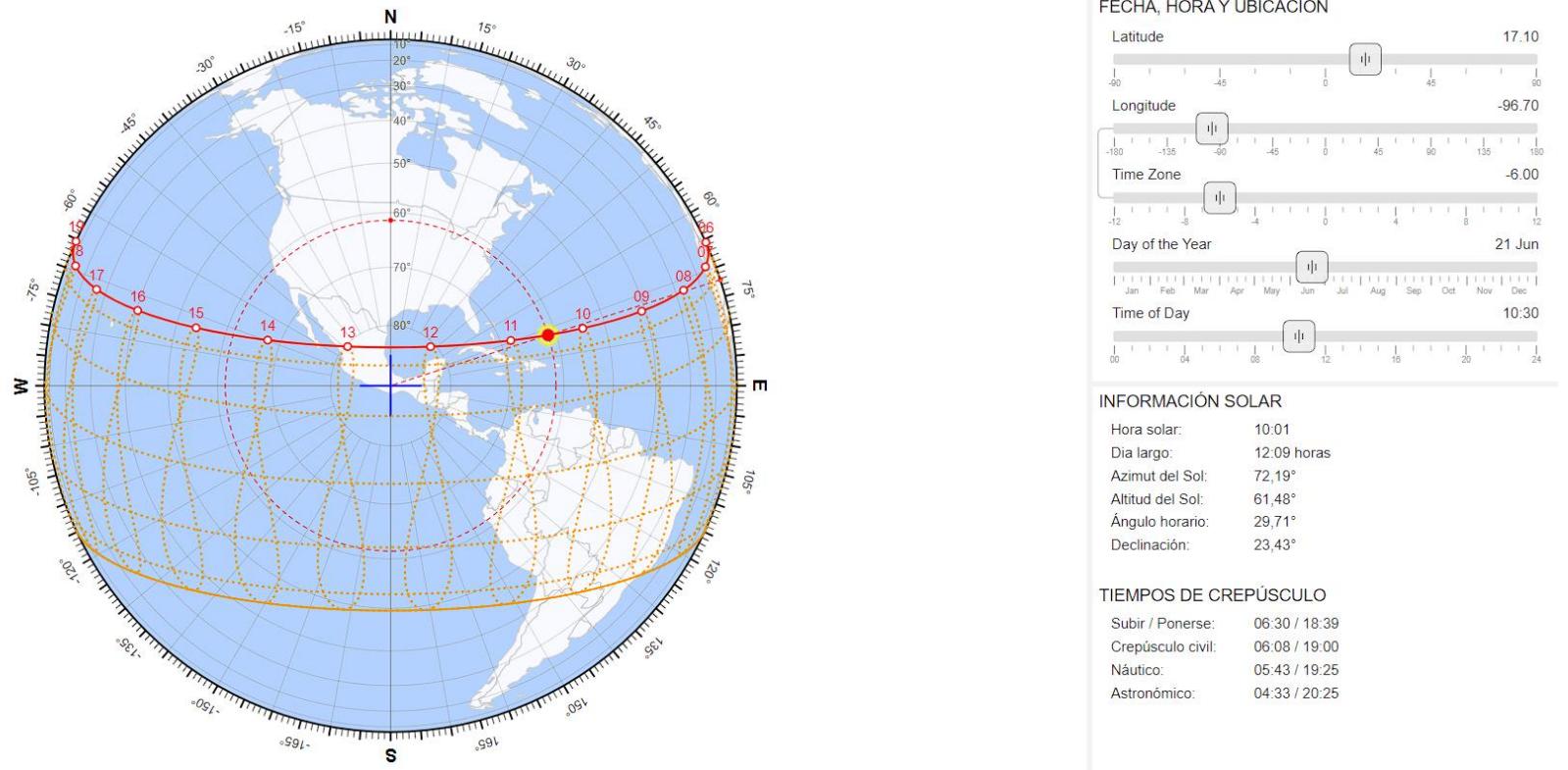
En la gráfica 33 se muestra la ubicación del sol en el día más largo de invierno, en su punto más alto el cual nos indica la posición del sol en una dirección más orientada hacia el sur, donde el claustro recibe mayor iluminación y ganancia de calor en esa dirección, lo cual favorece al presentarse bajas temperaturas en ese año, otra de las características del edificio es la ubicación de entradas de iluminación en la cumbre de las cúpulas que por diferentes factores fueron cerradas haciendo que el edificio pierda la ganancia de calor que se pretende recuperar.



**Gráfica 34. Gráfica de asoleamiento en primavera.**

*Fuente: Andrew Marsh. 2024.*

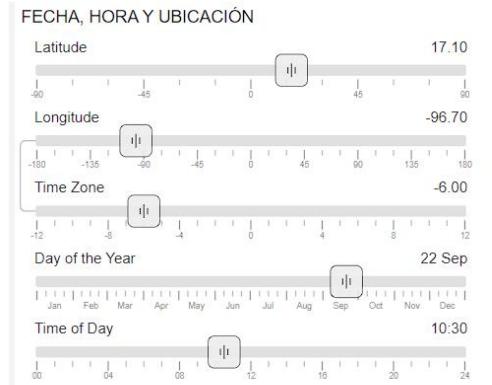
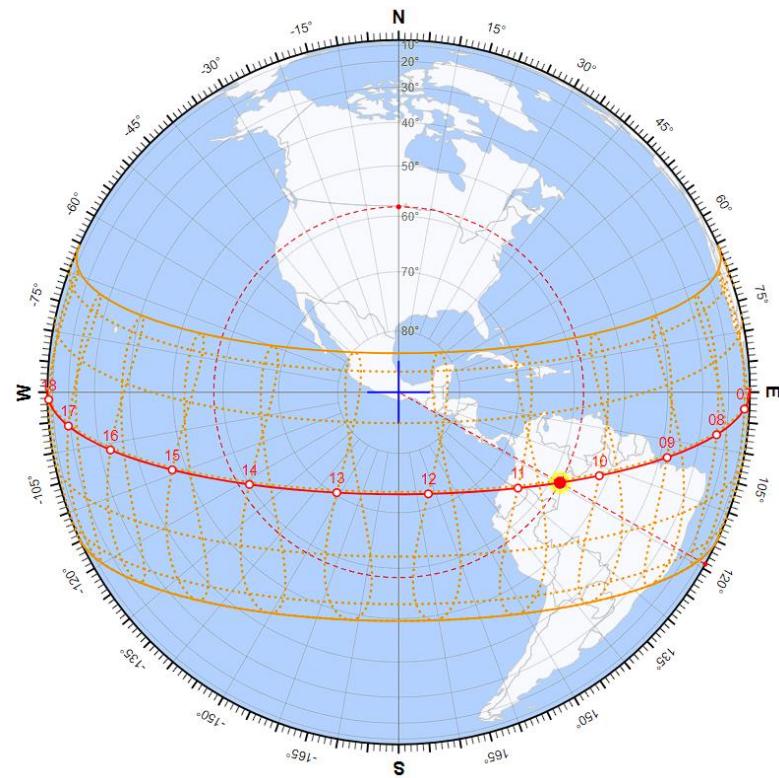
La importancia de conocer la posición del sol en un proyecto radica en las sombras e iluminación que proyecta, para ello se necesita recabar toda la información que se pueda conocer para realizar una mejor solución, para los edificios ya construidos es de igual importancia, ya que con esto se pueden proponer diferentes soluciones, en la gráfica 34 se puede ver la posición del sol dentro del mes de marzo, siendo los puntos más calurosos del año, y con ayuda del modelo 3d esta información se complementa haciendo la interpretación de estos datos de manera visual.



**Gráfica 35. Gráfica de asoleamiento en verano 2.**

*Fuente: Andrew Marsh. 2024.*

La gráfica 35 indica la posición del sol en el mes de junio, con estos datos se puede hacer una planeación de todo el año para la mitigación de luz solar sobre todo cuando las temperaturas aumentan, como en la época del año presentada en la gráfica, hacer una correcta planeación y utilizando los métodos correctos, se pueden obtener los resultados más óptimos para el diseño, en este caso en el claustro doctoral.



**INFORMACIÓN SOLAR**

Hora solar:	10:01
Día largo:	12.32 horas
Azimut del Sol:	117,79°
Altitud del Sol:	58,51°
Ángulo horario:	29,65°
Declinación:	9,98°

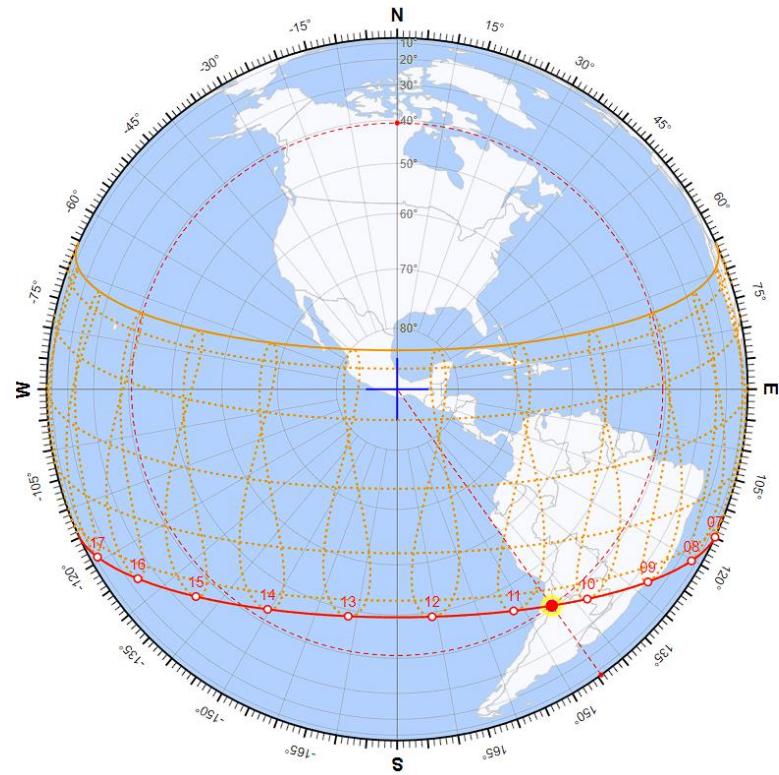
**TIEMPOS DE CREPÚSCULO**

Subir / Ponerse:	06:16 / 18:25
Crepúsculo civil:	05:54 / 18:46
Náutico:	05:29 / 19:12
Astronómico:	05:03 / 19:37

**Gráfica 36. Gráfica de asoleamiento en otoño 2.**

*Fuente: Andrew Marsh. 2024.*

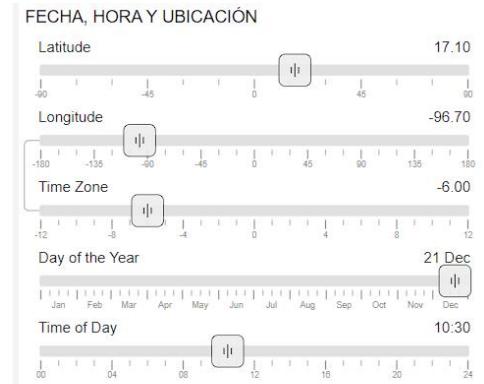
En la gráfica 36 se observa la posición del sol en el mes de septiembre, como en la observación con el modelo 3d se puede determinar que para cada época del año las condiciones son diferentes y que los cambios en la posición solar proponen por sí mismas soluciones de mitigación, que muchas veces puede ser natural, en este caso sería lo más conveniente por la ubicación del claustro y que ya presenta vegetación en los alrededores del edificio.



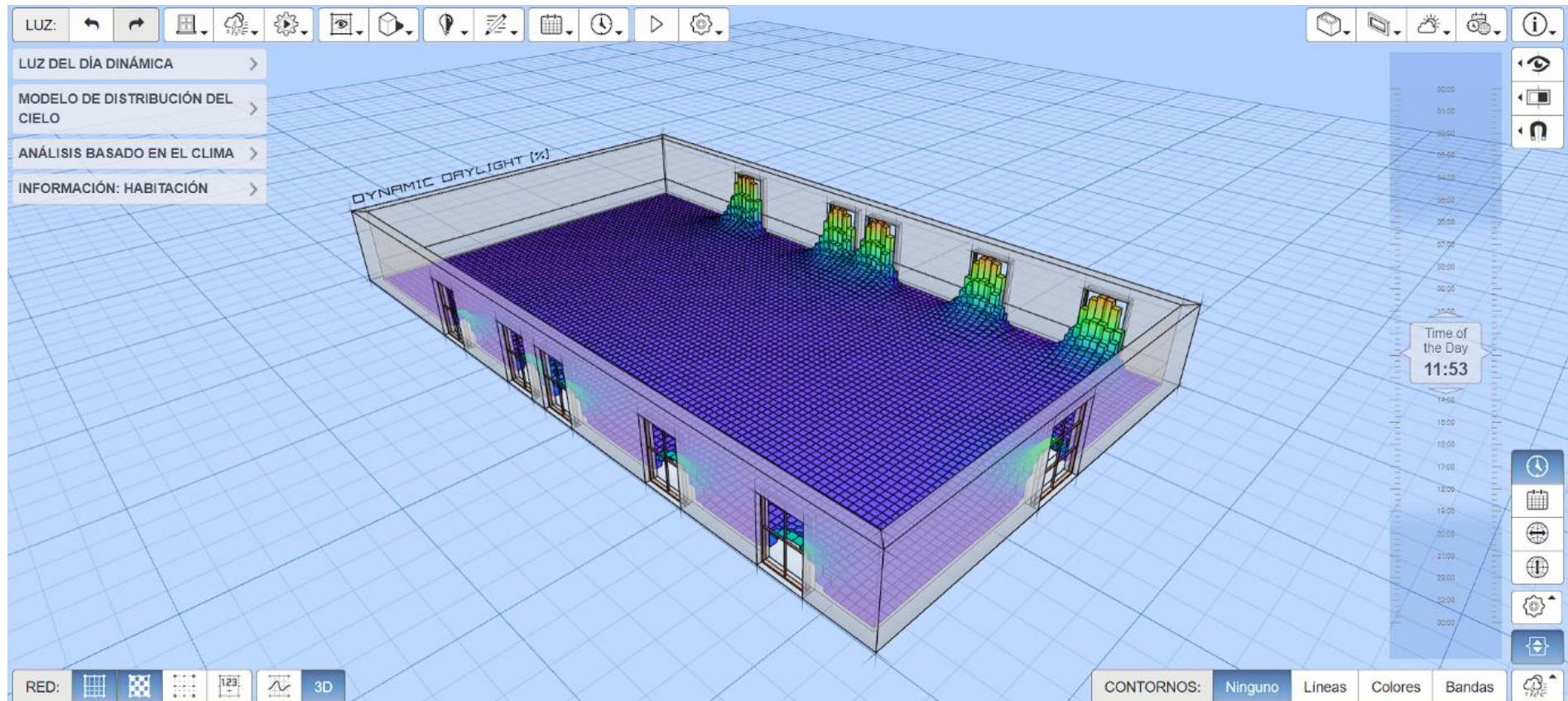
**Gráfica 37. Grafica de asoleamiento en invierno 2.**

*Fuente: Andrew Marsh. 2024.*

La gráfica 37 muestra la ubicación del sol en los meses de invierno, específicamente un día en el mes de diciembre, la principal característica del claustro doctoral es su sistema constrictivo, que a base de muros de adobe y una cubierta a dos aguas y cupulas genera un ambiente fresco en el interior, pero que a su vez y por el tipo de ventilación que tiene, en estos meses lo hace más frio, esta grafica debe ser una de las herramientas para solucionar este detalle, ya que con ella y el análisis del modelo 3d se puede visualizar el aprovechamiento o ganancia de calor que recibe ideando soluciones para ganancia interna de calor.



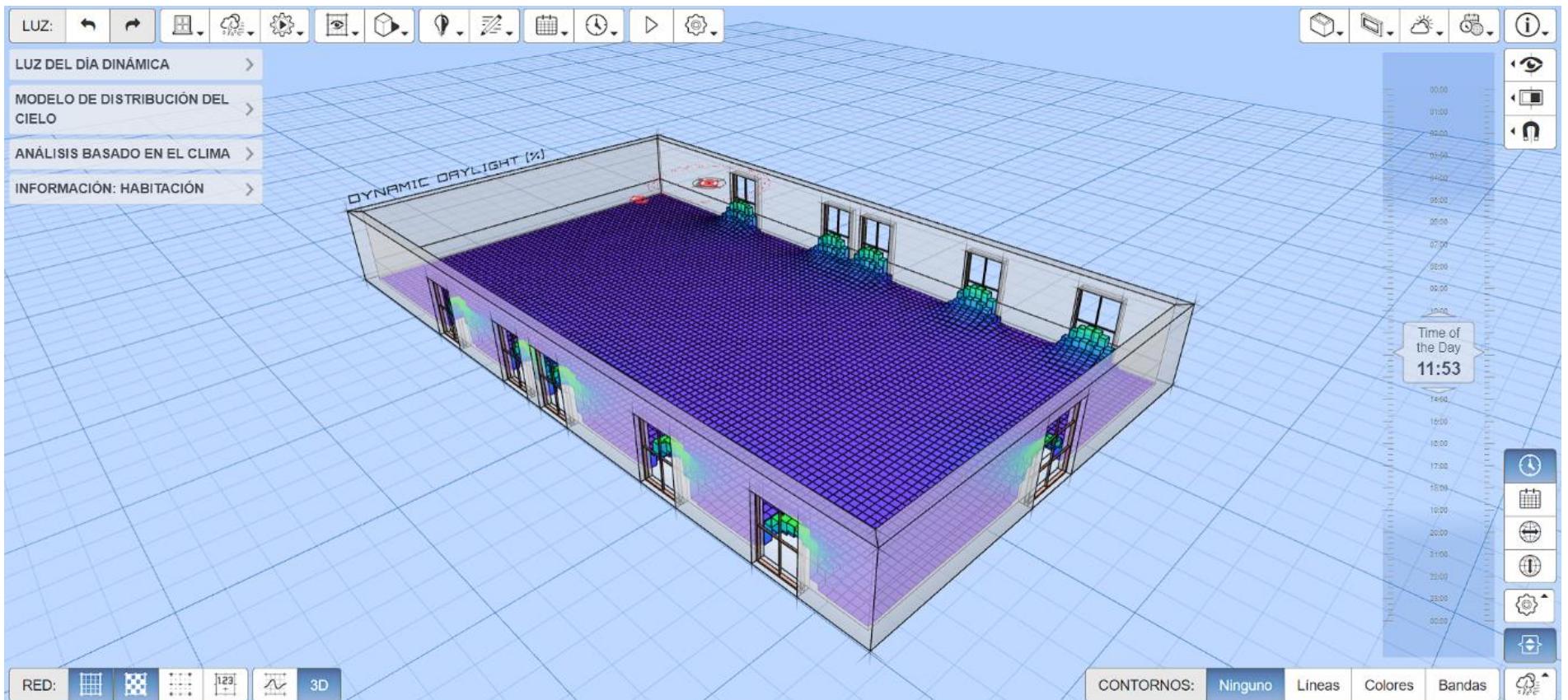
## ILUMINACIÓN NATURAL



Gráfica 38. Iluminación natural en punto solar máximo en primavera.

Fuente: Andrew Marsh. 2024.

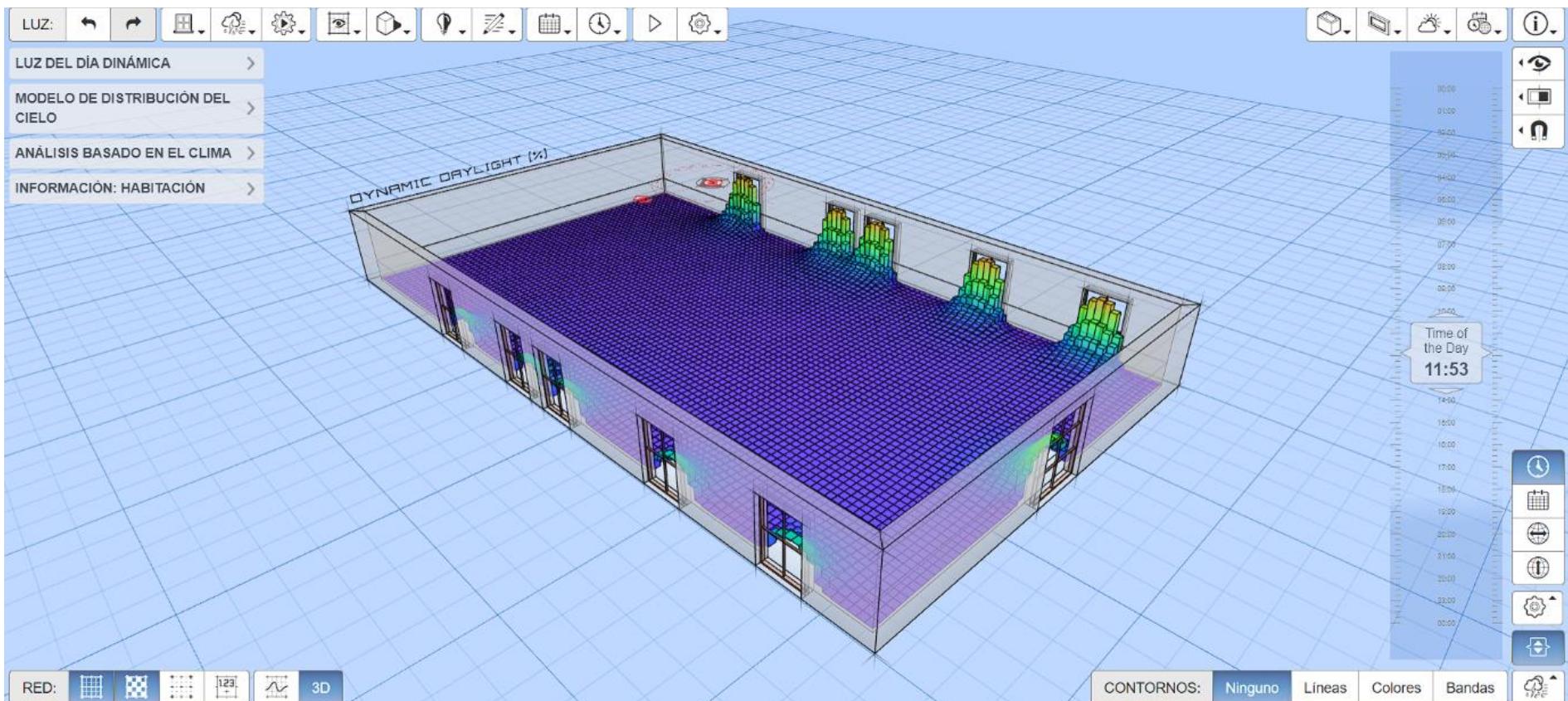
Otro de los aspectos que se tienen que contemplar es la iluminación que recibe el interior del edificio, ya que, a partir de esta información, se puede deducir las ganancias internas de calor e iluminación, con los datos de la posición solar que se analizaron en las gráficas anteriores y con unas de las herramientas de Andrew Marsh se genera la gráfica 38 el cual indica los vanos que tiene el edificio y la intensidad de iluminación que recibe, siendo esta para un día de primavera la fachada sur con mayor recibimiento de iluminación.



**Gráfica 39. Iluminación natural en punto solar máximo en verano.**

*Fuente: Andrew Marsh. 2024.*

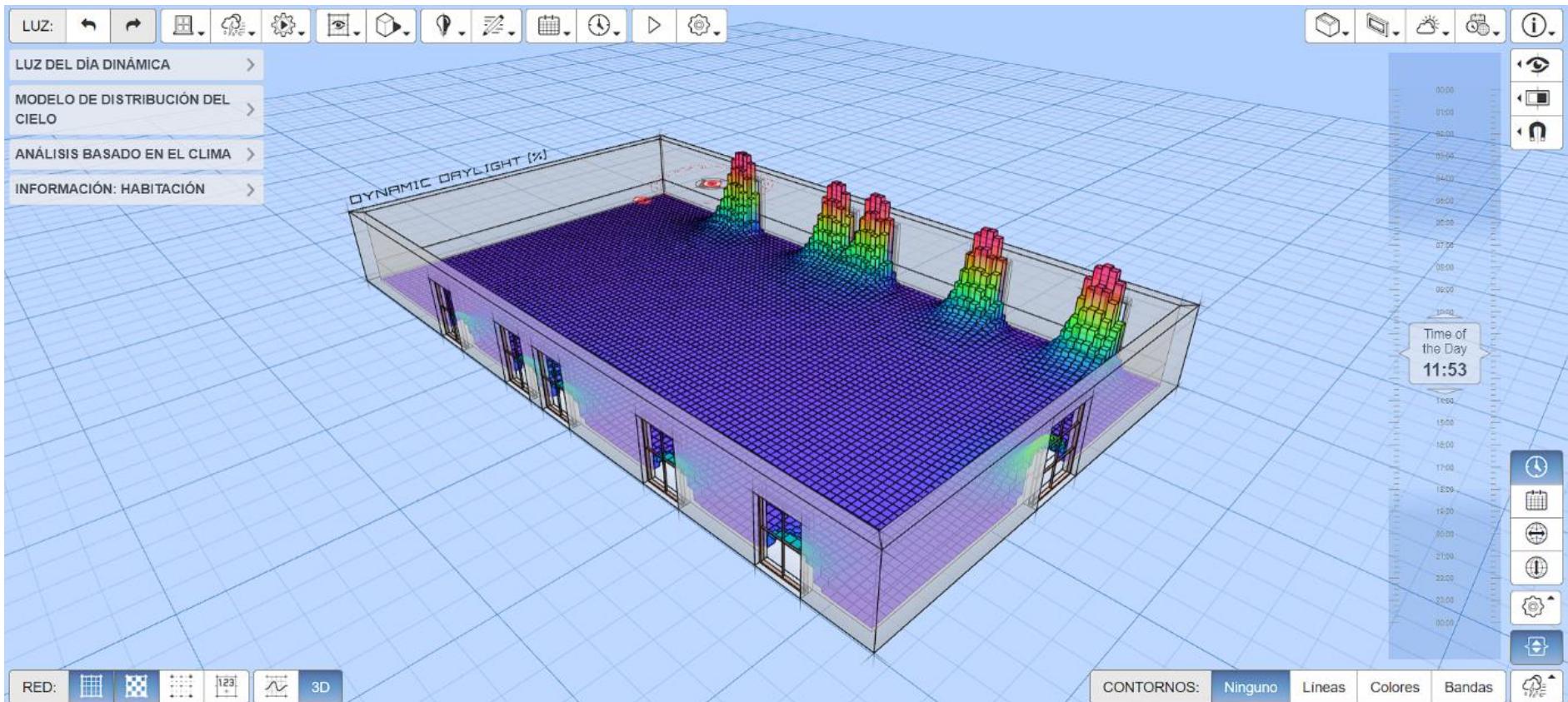
En la gráfica 39 se observa un día de verano con la mayor presencia de iluminación que se genera en el interior, por este punto la ubicación, diseño y contorno del claustro doctoral tiene ventajas en el diseño, ya que por ser una de las temporadas más calurosas tiene un buen control en el acceso de la luz que por lo mismo genera mayores temperaturas, lo que se pierde con este diseño y las modificaciones en las cubiertas es la poca luz natural que se encuentra en el interior, haciendo uso de los métodos convencionales para su iluminación.



**Gráfica 40. Iluminación natural en punto solar máximo en otoño.**

*Fuente: Andrew Marsh. 2024.*

La gráfica 40 indica la iluminación recibida en el claustro doctoral en un día en otoño, se hace más presencia en la zona sur del edificio ya que el sol va prolongándose más hacia esa zona, al mismo tiempo que los vientos con más presencia se empiezan a notar sobre la fachada norte del claustro, lo cual empieza a generar enfriamiento dentro del claustro y haciendo necesario métodos de calefacción mecánicos para generar un ambiente de confort dentro del interior como se propone en la gráfica psicométrica después de analizar los datos.



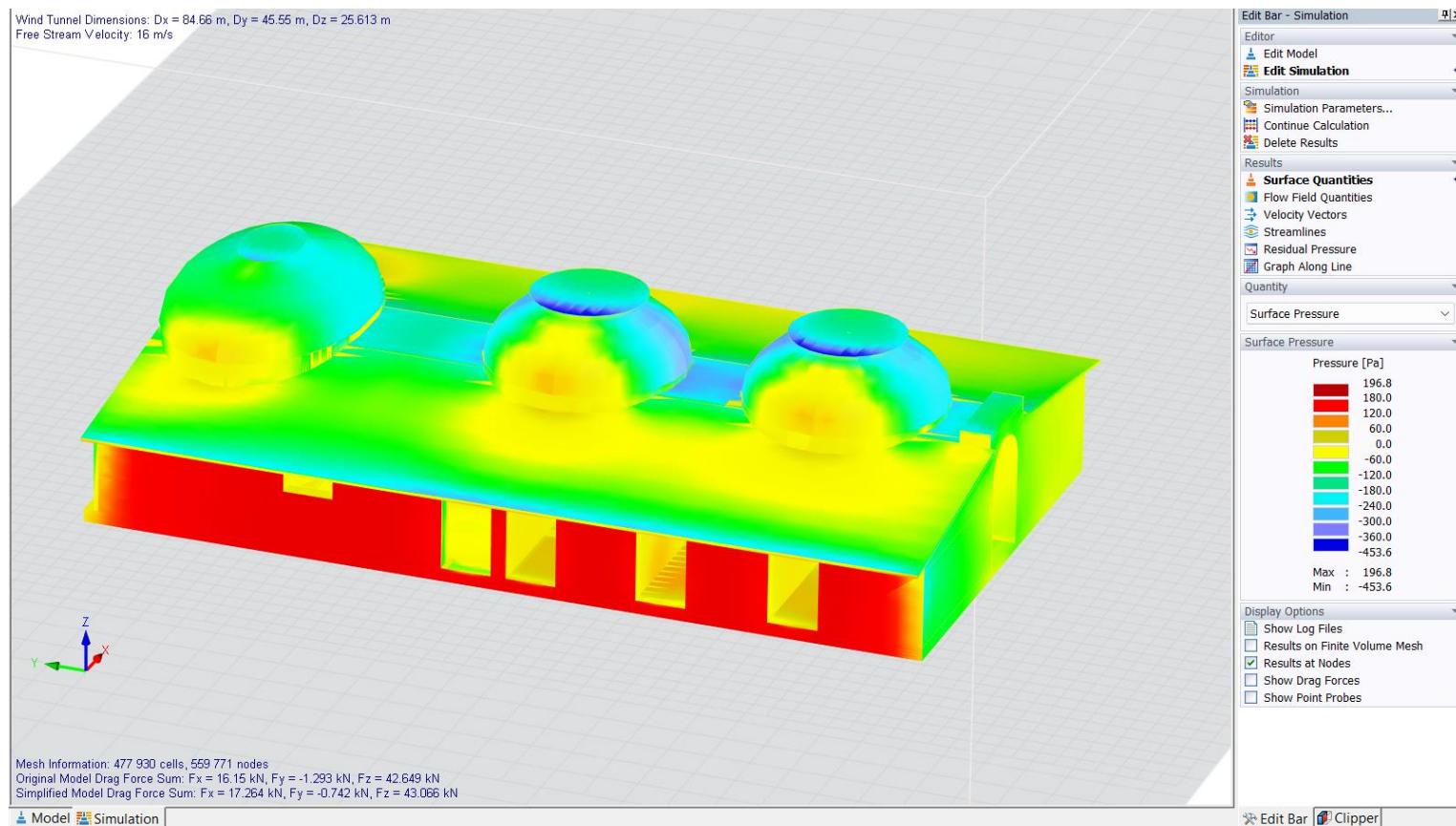
**Gráfica 41. Iluminación natural en punto solar máximo en invierno.**

*Fuente: Andrew Marsh. 2024.*

En la gráfica 41 se pude ver el incremento de la iluminación en la fachada sur del claustro y un punto mínimo en la fachada norte, haciendo que el edificio reciba mucho más el aire frio por esta fachada sin la oportunidad de generar cambios de temperatura por la falta de la iluminación natural, caso contrario que sucede en la fachada sur y al igual que en todas las gráficas analizadas a lo largo del año las ganancias de calor e iluminación de la zona central se ven sin cambios y sin ningún tipo de aprovechamiento solar en el pasillo central del claustro.

## ANÁLISIS DE VIENTOS

El comportamiento del viento es otros de los datos a los cuales se debe poner atención, una vez obteniendo los datos de las velocidades y dirección de viento en la zona, se pueden utilizar herramientas como RWIND para analizar su comportamiento con un modelo 3d del edificio, para el claustro doctoral se importa el modelo utilizado para la obtención de los datos que a continuación se analizan.

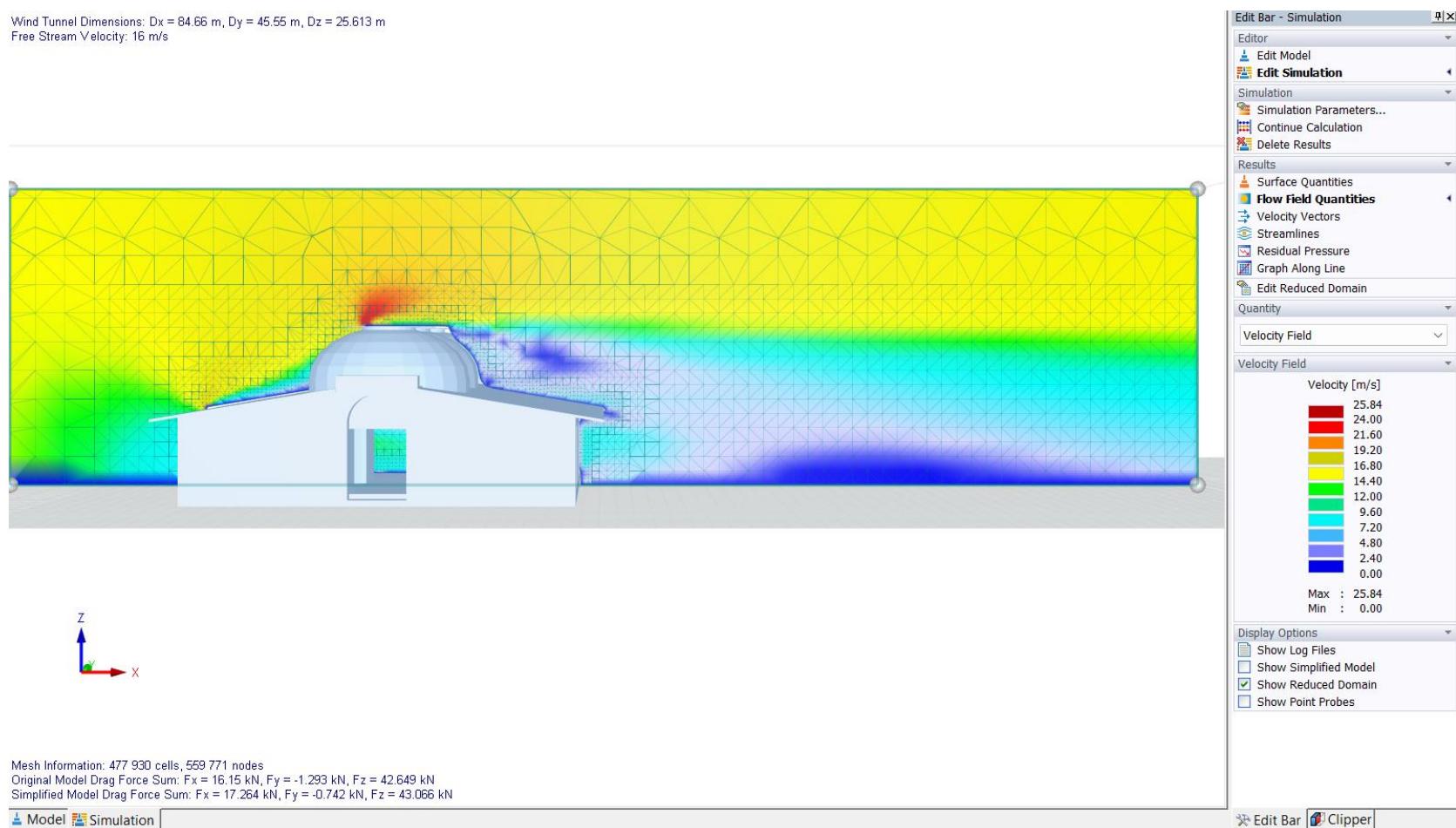


**Gráfica 42. Superficie de contacto de viento en vista isométrica.**

Fuente: RWIND 1.24. 2024.<sup>51</sup>

<sup>51</sup> RWIND 1.24. 2024.

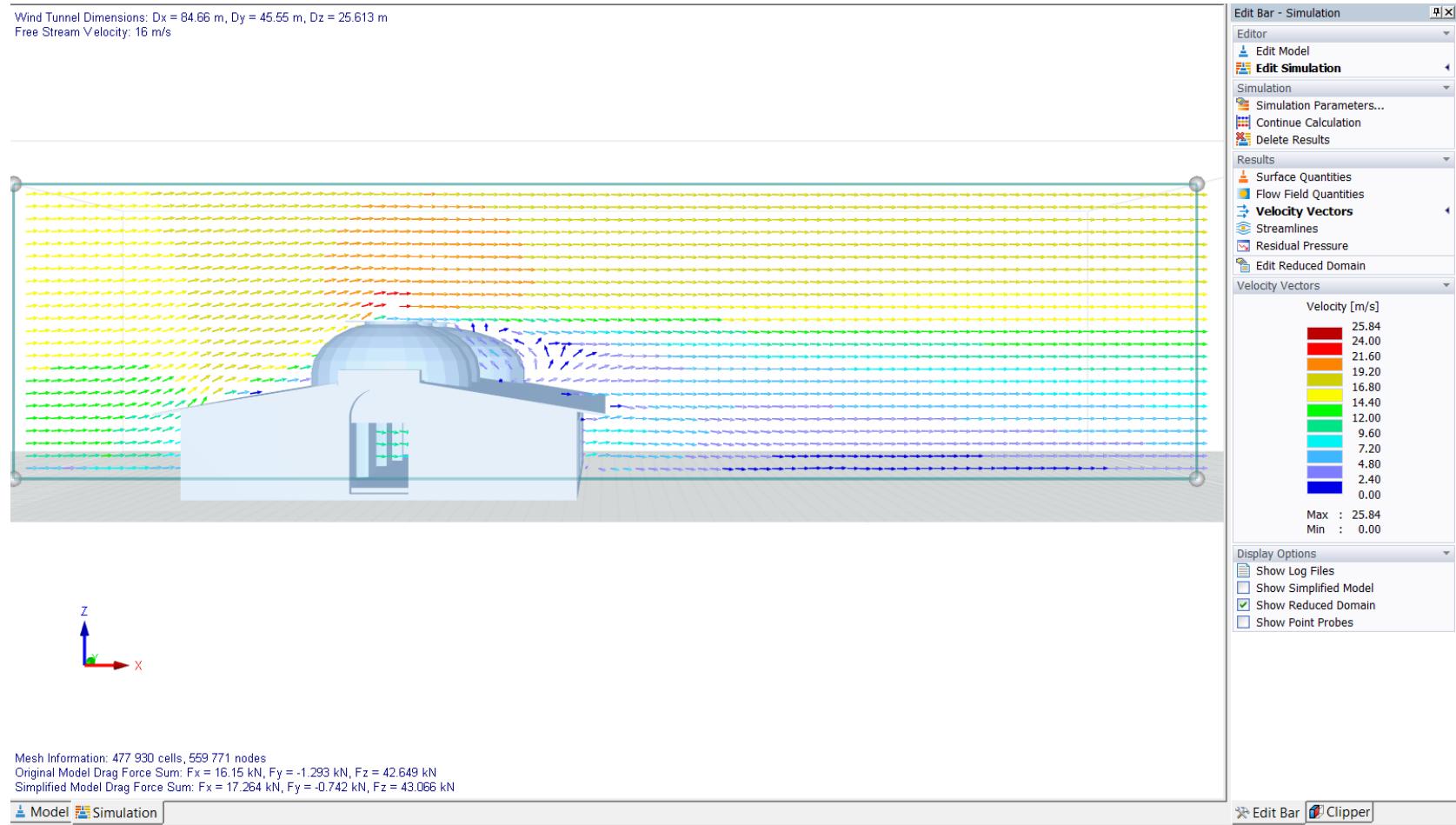
Wind Tunnel Dimensions: Dx = 84.66 m, Dy = 45.55 m, Dz = 25.613 m  
 Free Stream Velocity: 16 m/s



**Gráfica 43. Cantidades del campo de flujo de viento en vista frontal.**

*Fuente: RWIND 1.24. 2024.*

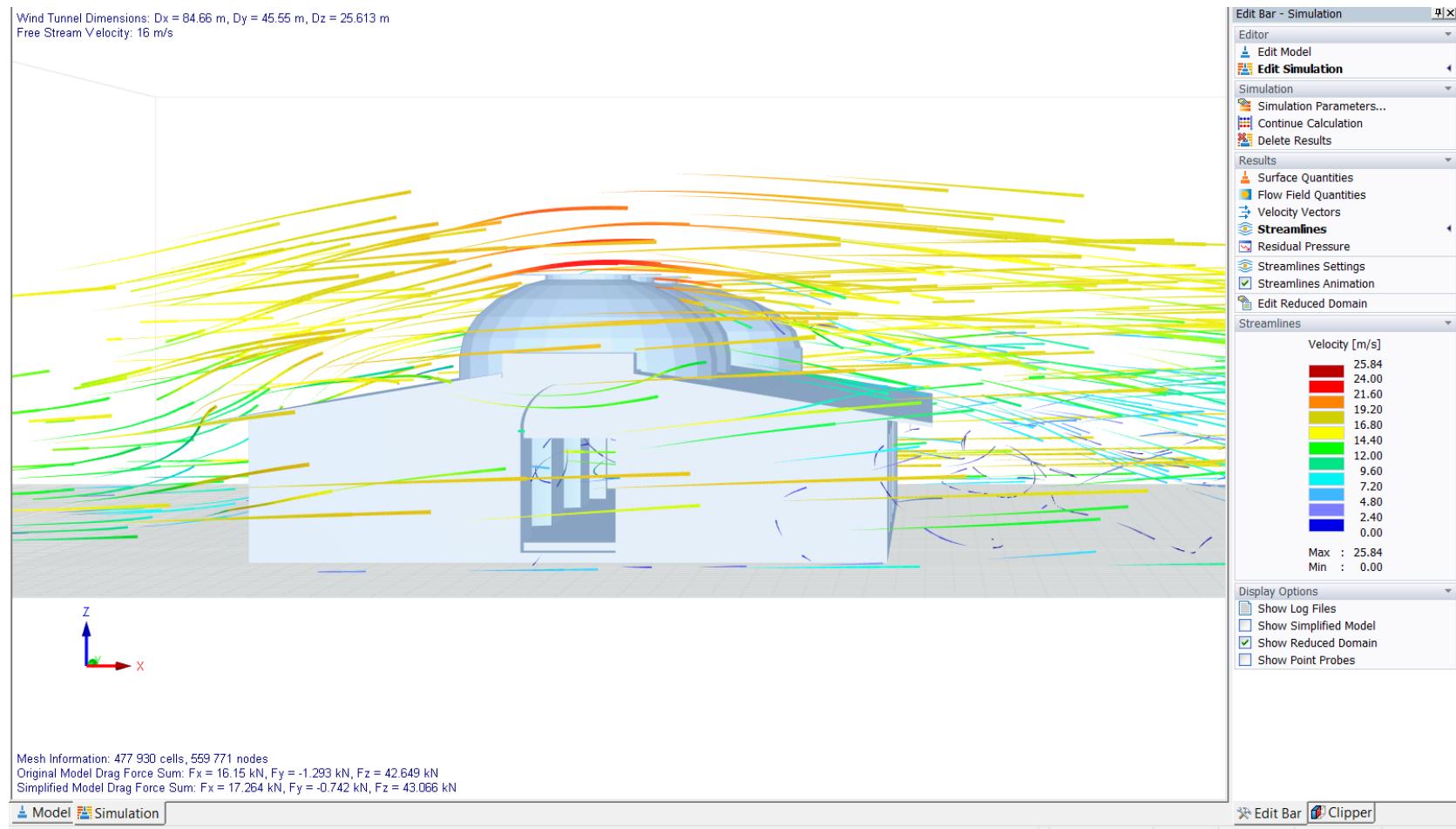
La gráfica 42 y 43 muestran la interacción del viento en el claustro doctoral en vista isométrica y en fachada respectivamente donde se ven las superficies de contacto analizando la presión que el viento ejerce sobre las caras y por otra parte el campo de flujo del viento según impacta en las caras del edificio, como se puede observar la forma es un factor importante ya que define como interactúa el viento en el modelo bajando y aumentando la velocidad del mismo según sea la forma del objeto.



**Gráfica 44. Velocidades de viento con vectores en vista frontal.**

*Fuente: RWIND 1.24. 2024.*

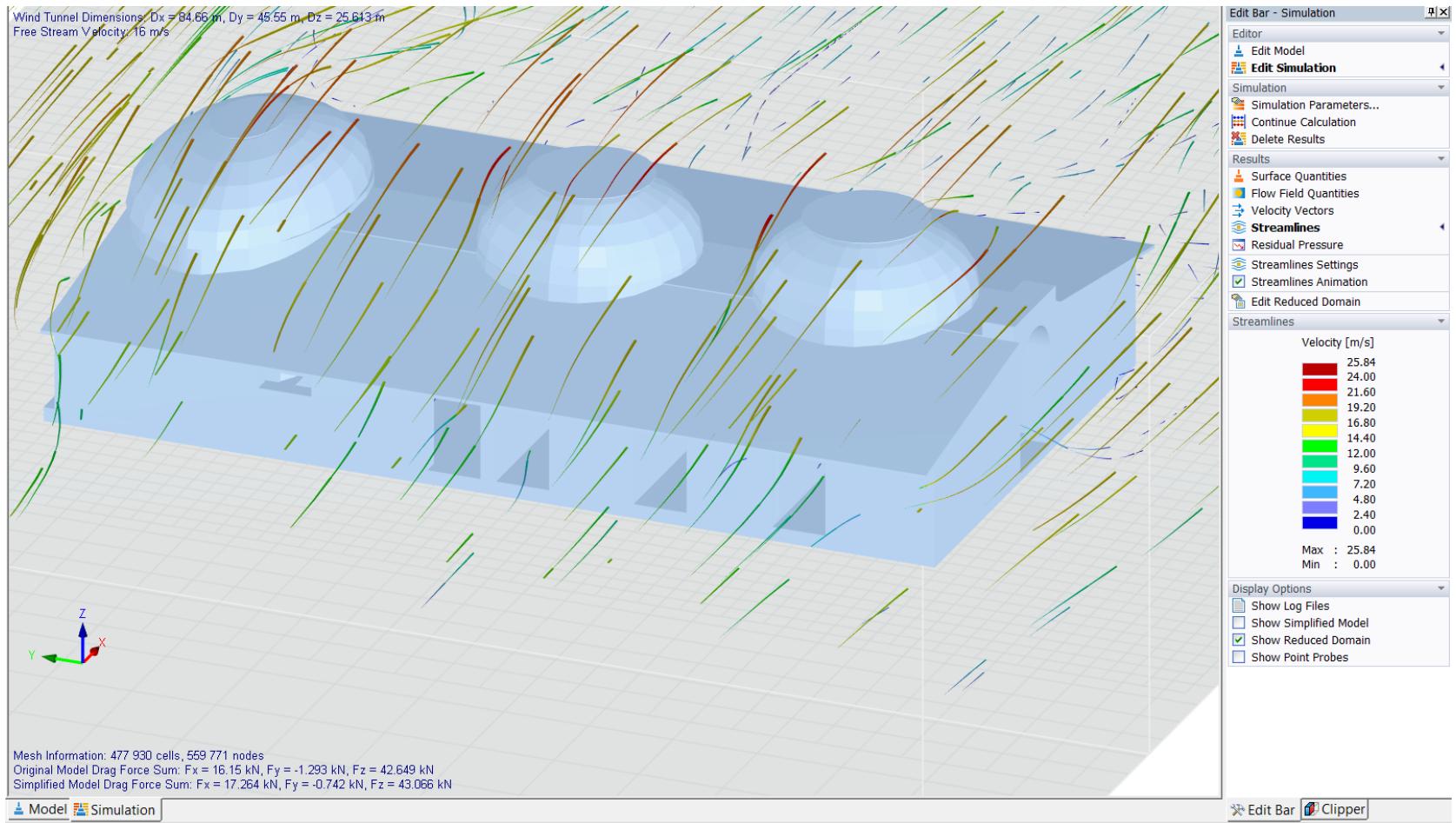
En la gráfica 44 se observa la dirección del viento con vectores y cuál es su comportamiento con el edificio, se debe aclarar que para los datos de este modelo se tomaron los datos obtenidos de la rosa de vientos analizados previamente en este documento, donde se contempla como velocidad máxima del viento de 16 m/s utilizando este dato para el túnel de viento.



**Gráfica 45. Líneas de dirección de viento en vista frontal.**

Fuente: RWIND 1.24. 2024.

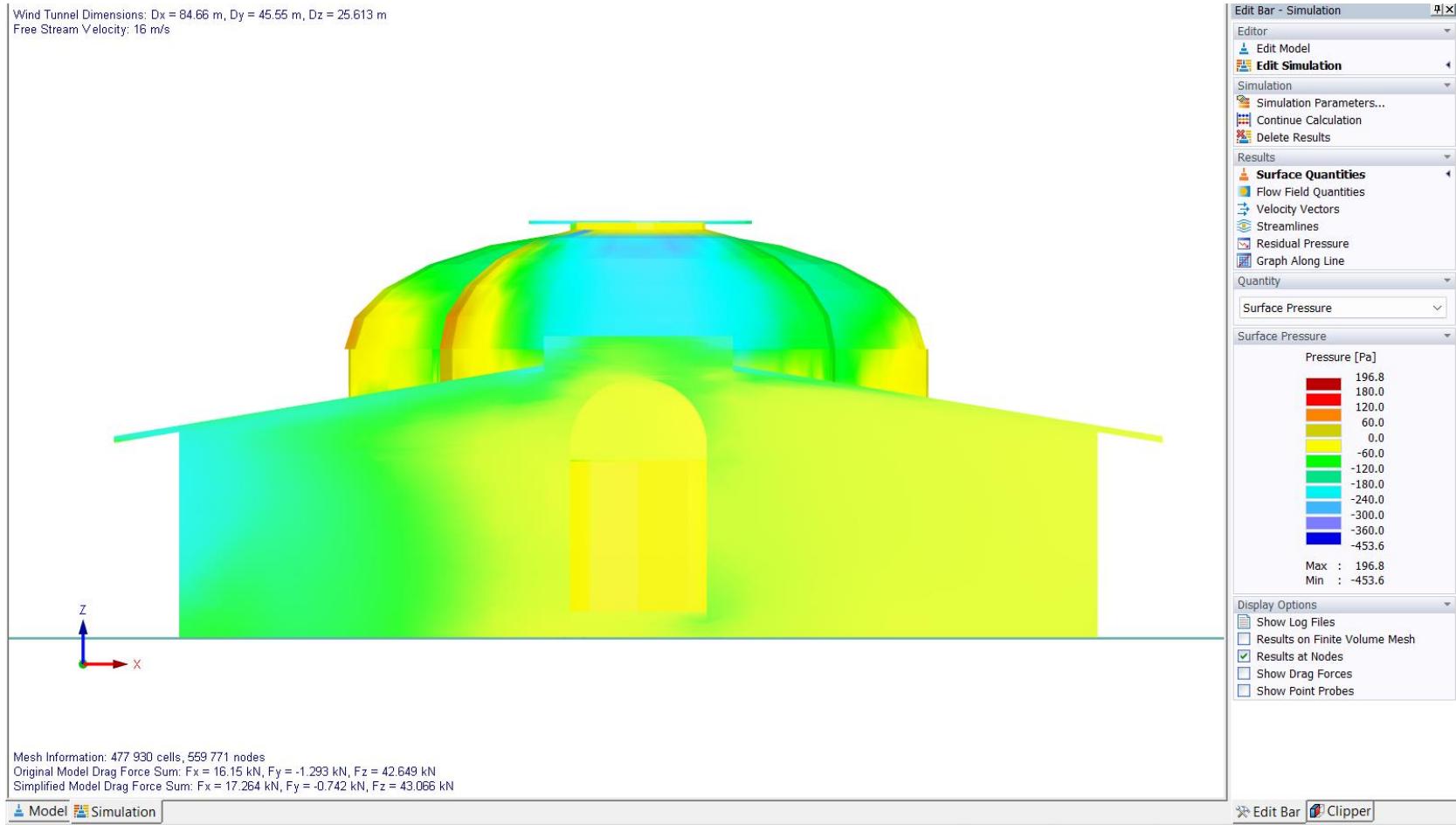
En esta gráfica como en la anterior se observan las direcciones de viento y su interacción con el claustro donde se aprecia el incremento de la velocidad del viento en la parte superior del edificio y la baja velocidad que se tiene en la fachada posterior y al nivel del suelo, llegando a aumentar hasta 25.84 m/s y disminuir a cero m/s como se indica en la gráfica de colores en la tabla de contenido, siendo la zona de confort de 9.60 m/s hasta 12.00 m/s para este caso en particular.



**Gráfica 46. Líneas de dirección de viento en vista isométrica.**

Fuente: RWIND 1.24. 2024.

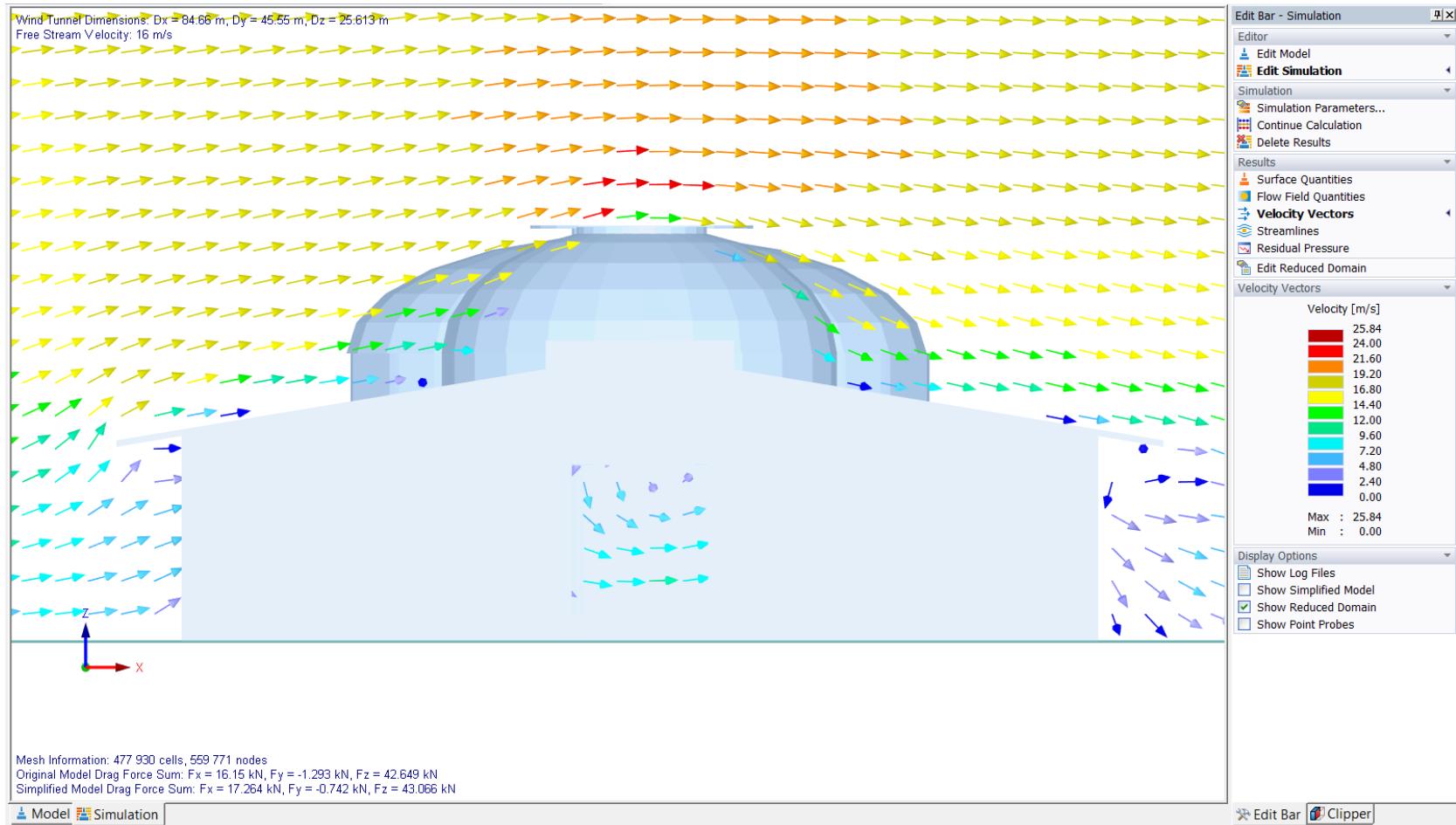
En esta gráfica se muestra el comportamiento del viento en el claustro doctoral, haciendo un enfoque hacia los vanos presentes en la fachada que se encuentra del lado de los vientos dominantes, posteriormente se analizará el interior del edificio y su interacción con el viento, para este ejemplo se omite la obstrucción de los vanos en puertas y ventanas para que se tenga una idea más clara de las direcciones y velocidades de viento que se llegan a presentar en su interior.



**Gráfica 47. Superficie de contacto de viento en fachada.**

*Fuente: RWIND 1.24. 2024.*

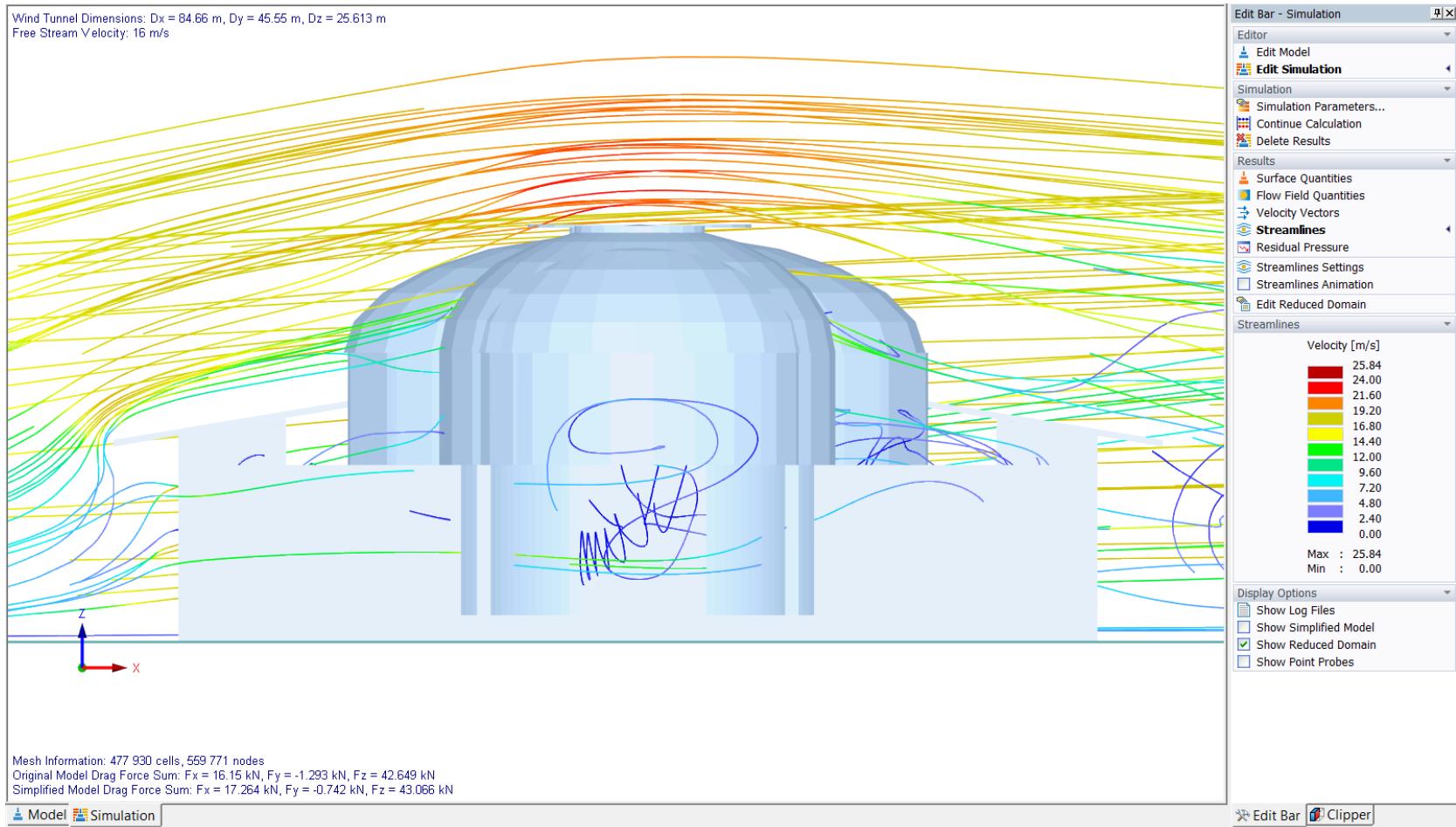
En esta gráfica se muestra el modelo con una sección al centro del claustro doctoral, donde se puede ver la presión ejercida por el viento en la zona contraria a la que el viento ingresa en el edificio, así también se observan las diferentes presiones que se ejercen en diferentes zonas de muros y cubiertas de acuerdo a su posición identificando este código de colores con los datos en la tabla de datos de la derecha.



**Gráfica 48. Velocidades de viento con vectores en fachada.**

Fuente: RWIND 1.24. 2024.

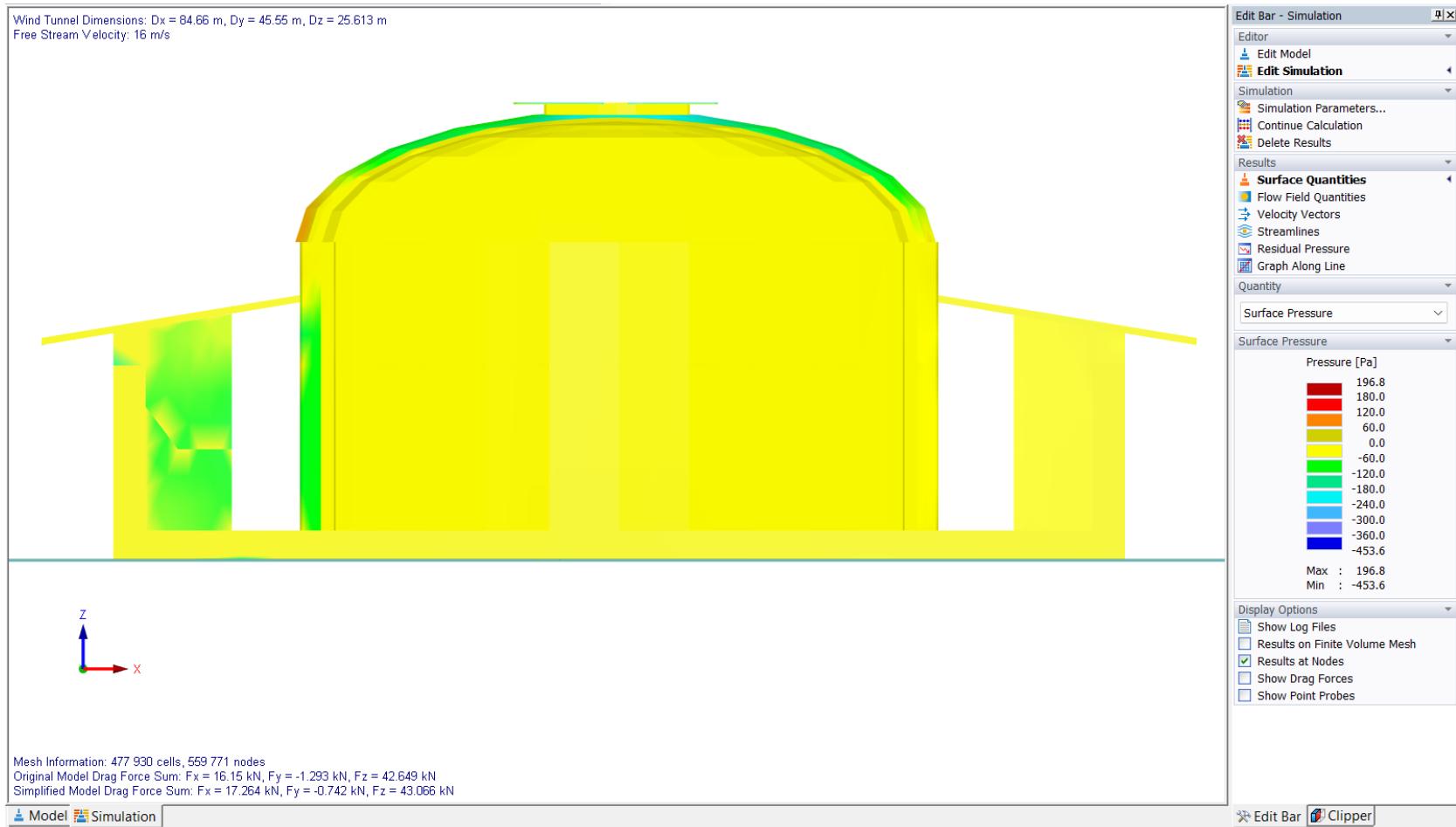
Esta gráfica muestra las direcciones y movimiento con vectores que se ejerce en la misma sección del edificio como en la gráfica anterior, mostrando un pequeño espacio central y la forma en la que se propaga el viento, ascendiendo y bajando en bucle hasta salir por el costado contrario al ingreso, de tener los espacios abiertos es lo que se generaría al interior ya que no se cuenta con una ventilación en las cúpulas del edificio, lo cual limita su interacción con el viento.



**Gráfica 49. Líneas de dirección de viento en fachada.**

*Fuente: RWIND 1.24. 2024.*

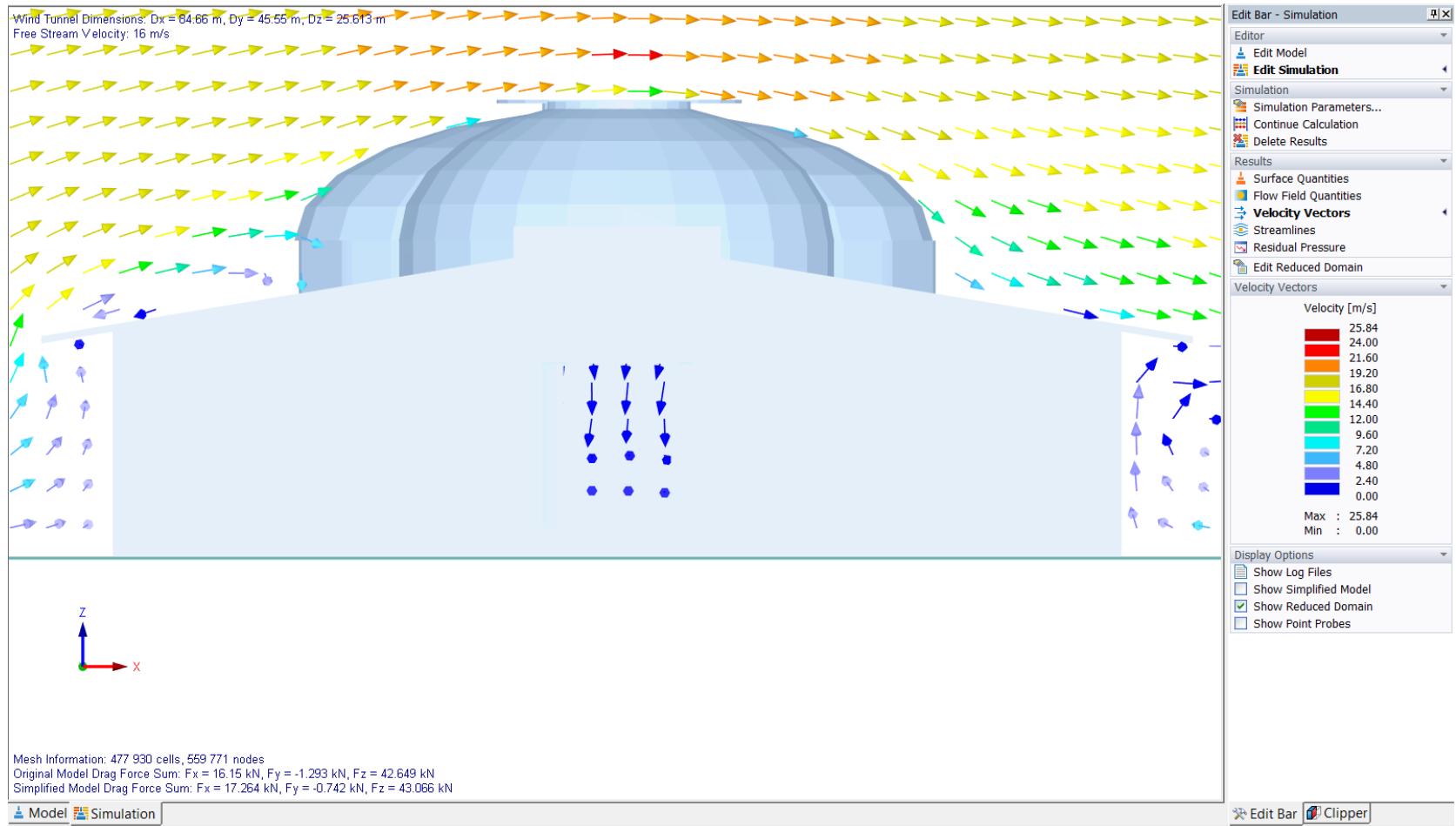
Aquí se observa el mismo comportamiento del viento para la sección analizada, donde se puede ver un poco más claro que según entre el viento en el claustro doctoral será su comportamiento en el interior y si tiene ventilación cruzada esta no genera obstáculos para la ventilación del edificio, teniendo en cuenta que existen diferentes factores que generan obstáculos se puede deducir el comportamiento del viento en su interior.



**Gráfica 50. Superficie de contacto de viento en fachada en corte transversal 2.**

*Fuente: RWIND 1.24. 2024.*

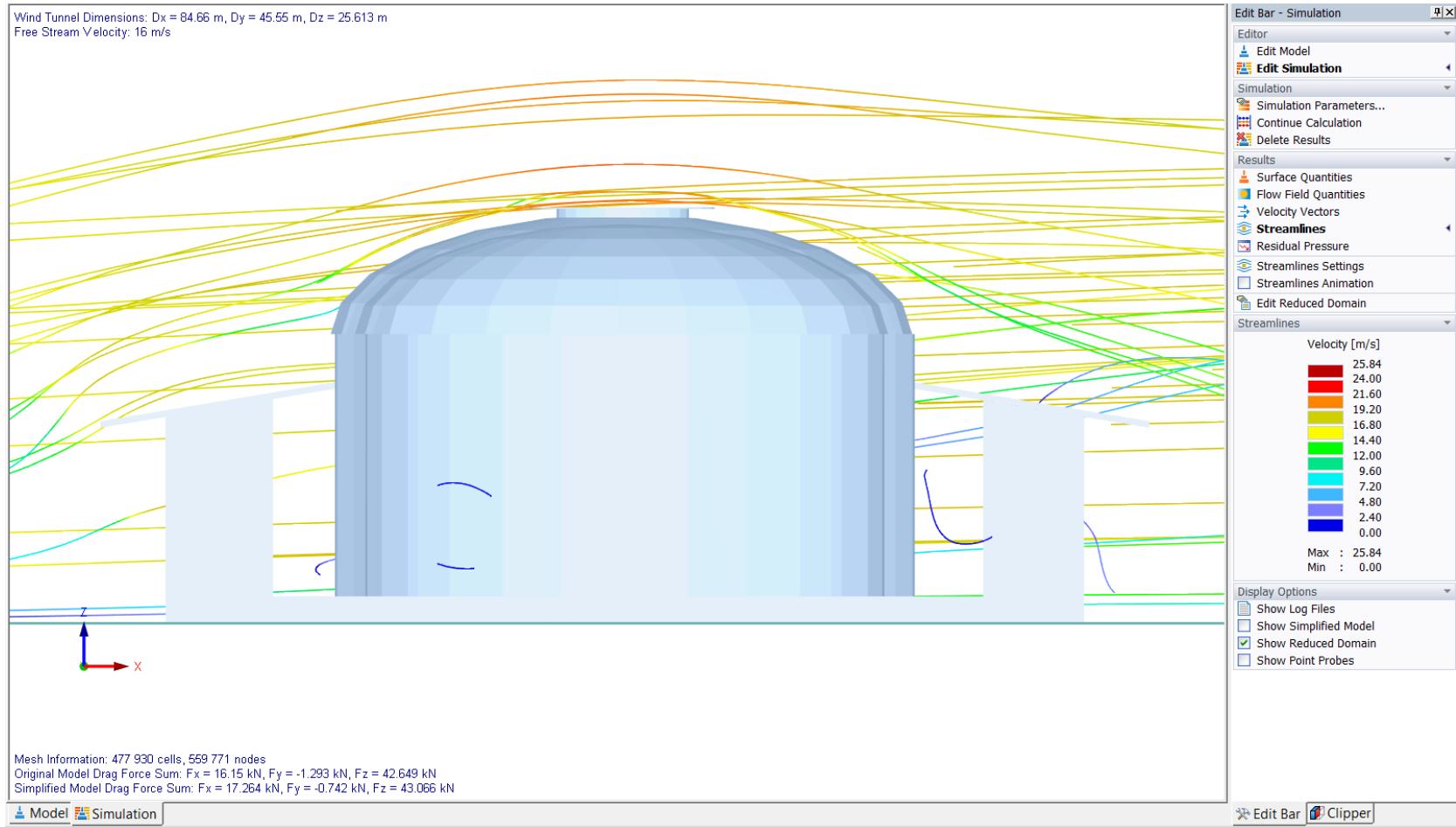
Esta gráfica muestra una sección al fondo del claustro doctoral, donde casi no hay vanos o presencia de grandes ventanas para la interacción con el viento en su interior, se observa la presencia de la presión sobre los muros y cubiertas, pero esta vez con una menor intensidad esto indica que el edificio tiene poca interacción con el viento del exterior.



**Gráfica 51. Velocidades de viento con vectores en corte transversal 2.**

Fuente: **RWIND 1.24. 2024.**

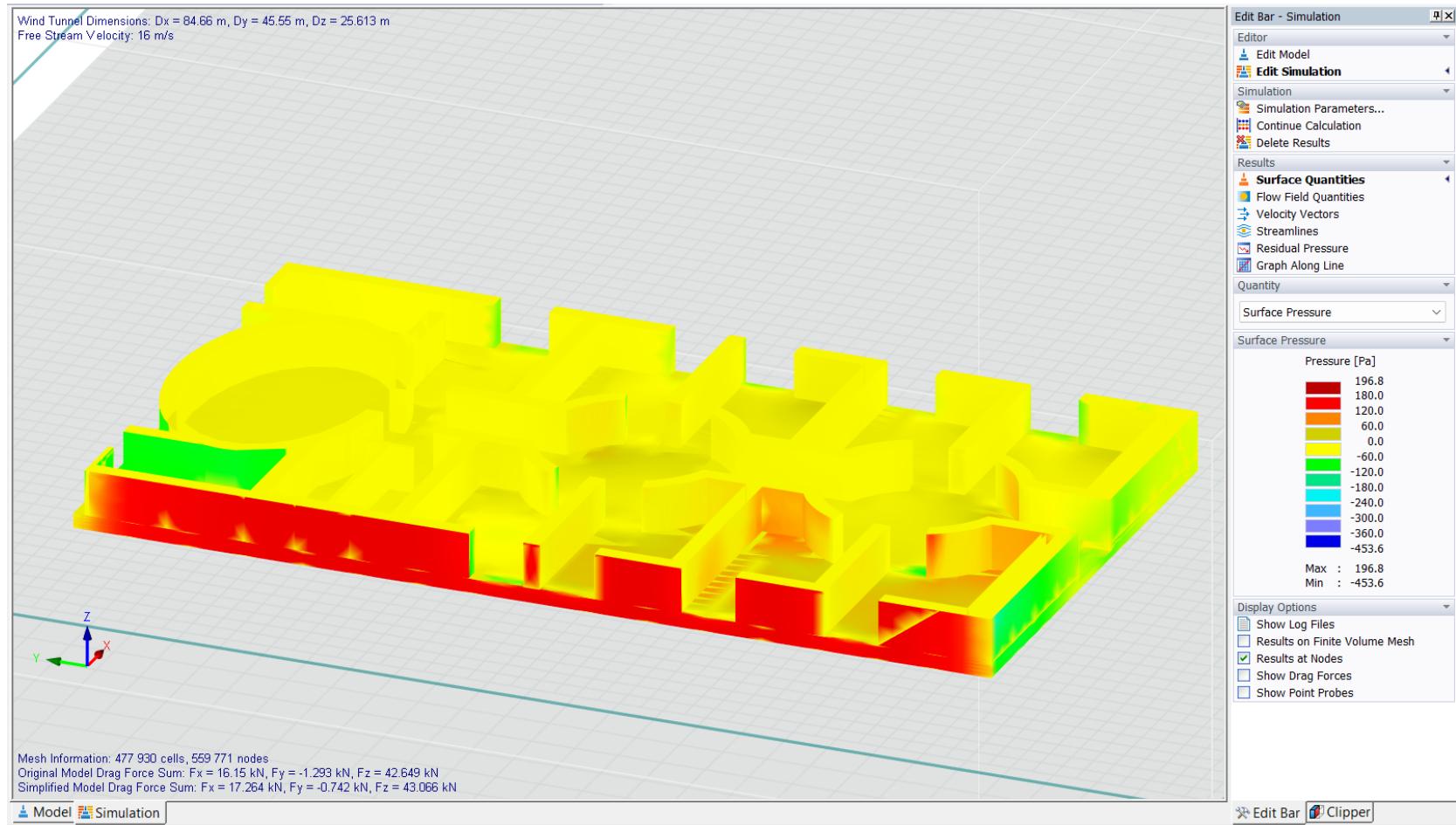
Se sigue observando la interacción del viento ahora con vectores de dirección los cuales muestran de manera más detallada la interacción y direcciones que se generan en el claustro doctoral, siendo una zona con muy poca interacción con el exterior, llegando a un máximo de 24 m/s fuera del edificio y con muy poca presencia en su interior.



**Gráfica 52. Líneas de dirección de viento en corte transversal 2.**

*Fuente: RWIND 1.24. 2024.*

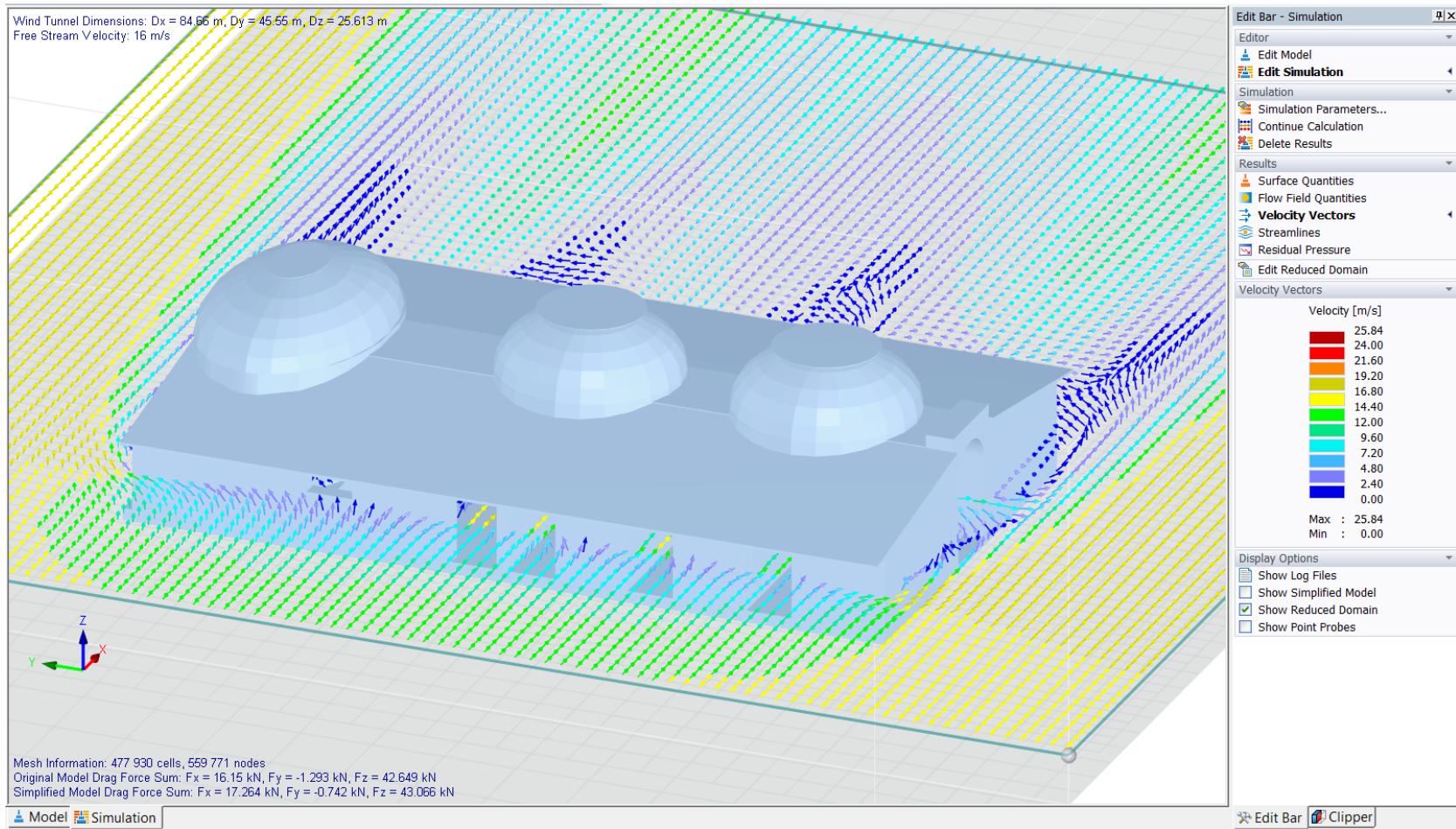
Con esta gráfica se aprecia de manera más general la poca interacción del viento con este espacio, haciendo que el mismo tenga poca ventilación natural lo que lo hace la zona con menos interacción de todo el edificio, esto podría significar que sea necesario replantear la ventilación de la zona posterior en específico.



**Gráfica 53. Superficie de contacto de viento en corte isométrico.**

*Fuente: RWIND 1.24. 2024.*

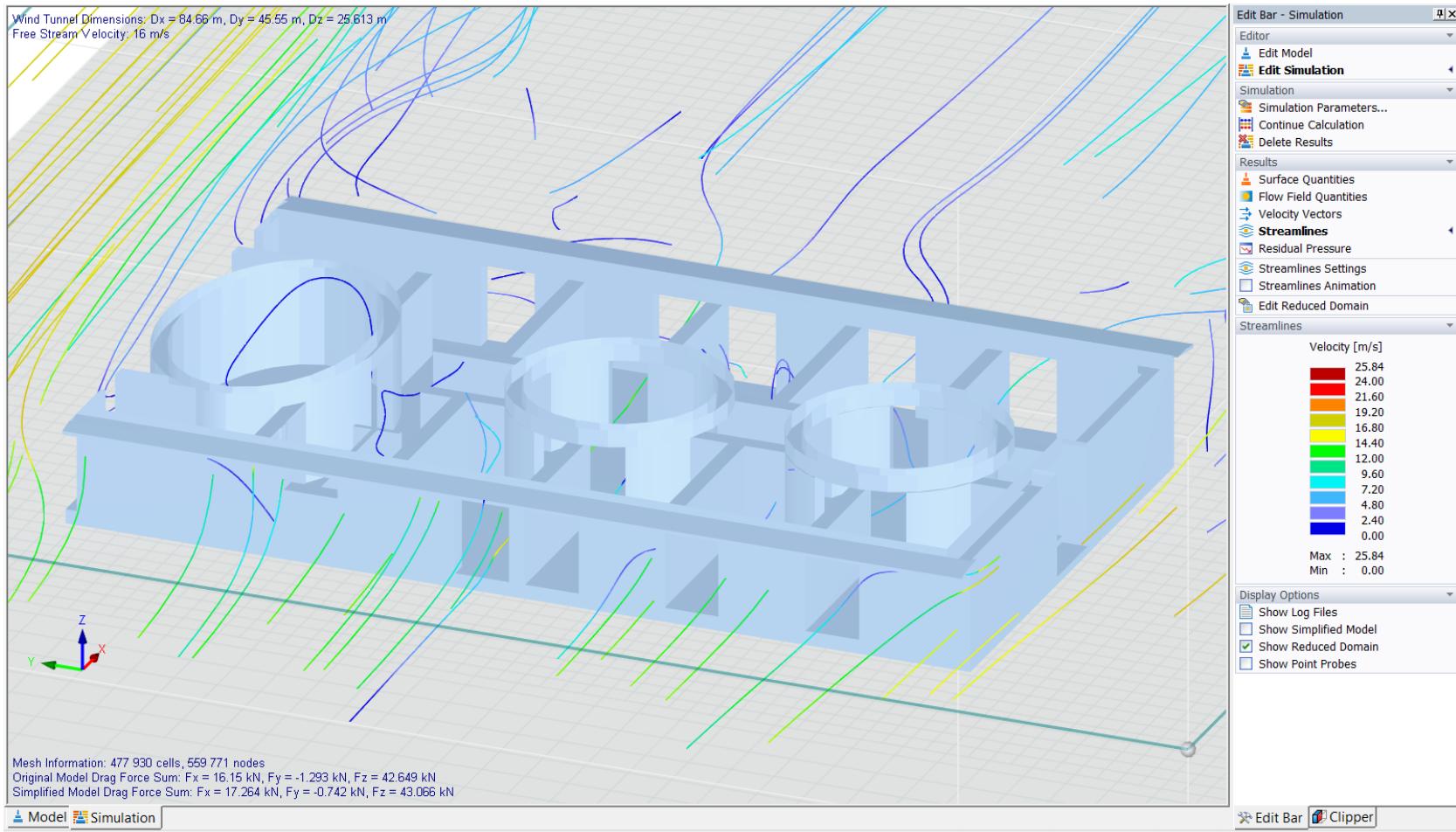
Esta gráfica muestra una sección en vista isométrica de todo el edificio, viendo como dato analizado la presión que ejerce el viento sobre los muros y el interior del claustro, marcado muy bien las zonas de interacción con el viento y las partes que tienen muy poca interacción o ninguna, se observan que, por la disposición de los vanos el viento se mueve de manera natural al interior, sin tener en cuenta los obstáculos antes mencionados.



**Gráfica 54. Velocidades de viento con vectores en corte isométrico.**

Fuente: RWIND 1.24. 2024.

Analizando la misma sección ahora con vectores y viendo la velocidad del viento se puede interpretar que cuando el viento atraviesa el claustro doctoral, el viento pierde intensidad con la interacción en el interior, siempre y cuando la ventilación cruzada no tenga ningún tipo de obstáculo que lo pueda detener, así también se observa la dirección que toma el viento, siendo condicionada por la forma del edificio y la ubicación de los vanos.



Gráfica 55. Líneas de dirección de viento en corte isométrico.

Fuente: RWIND 1.24. 2024.

Otra vista en sección horizontal muestra las líneas de dirección de viento en su interior, con lo cual se puede concluir que el edificio del claustro doctoral tiene una buena intervención de ventilación cruzada a excepción de algunos espacios, pero que, en lo general, son suficientes para su ventilación, pero existen espacios aislados que no dejan circular con una cantidad de aire natural.

## ANÁLISIS ENERGÉTICO

NOM-020 Calculation tool X

### Cálculo de la NOM-020-ENER-2011

Propietario: Arq. Blas Martinez

Nombre del edificio: Claustro doctoral

Nombre de la calle: Av. Francisco I. Madero

Estado: OAXACA

Ciudad: Oaxaca

Niveles: De 1 a 3  Más de 3

Orientación de la fachada principal: Oeste



**Nuevo** **Abrir** **Guardar** **Siguiente** 

**SENER**  **CONUEE**  

**Figura 10. Tabla de datos para el análisis energético del claustro doctoral.**

*Fuente: Herramienta de cálculo NOM-020. 2024.<sup>52</sup>*

El análisis térmico de un edificio es uno de los factores con mayor complejidad por los datos y los cálculos que implica, pero teniendo las herramientas adecuadas este trabajo se ve mucho más simplificado por la utilización de los softwares desarrollados en la actualidad, no son herramientas tan sofisticadas pero dan un acercamiento a lo que es la realidad del edificio por los elementos que analizan, para el análisis del claustro doctoral se utiliza la siguiente herramienta de la NOM-020-ENER-2011 Eficiencia energética en edificaciones.- Envolvente de edificios para uso habitacional, pero que en este caso se utiliza para el edificio del claustro doctoral por la facilidad de sus factores para el cálculo.

<sup>52</sup> NOM-020-ENER-2011

NOM-020 Calculation tool

Muros	Techo/superficie inferior	Ventanas	Puertas
<b>Agregar otro</b>	<b>Agregar otro</b>	<b>Agregar otra</b>	<b>Agregar otra</b>
<b>1 F. principal (1)</b> área 40.72 m <sup>2</sup> Masivo Muro de adobe <input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Borrar"/>	<b>1 Techo (1)</b> área 482.91 m <sup>2</sup> Cubierta de madera y arcilla <input checked="" type="checkbox"/> Techo <input type="checkbox"/> sup. inferior <input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Borrar"/>	<b>1 V1 F. posterior (1)</b> área 8.34 m <sup>2</sup> colocada en: F. posterior (1) Vidrio 3mm <input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Borrar"/>	<b>1 P1 F. principal (1)</b> area 4.83 m <sup>2</sup> Ligero colocada en: F. principal (1) Puerta de madera blanda <input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Borrar"/>
<b>2 F. posterior (1)</b> área 45.55 m <sup>2</sup> Masivo Muro de adobe <input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Borrar"/>	<b>2 V2 F. izquierda (1)</b> área 3.45 m <sup>2</sup> colocada en: F. izquierda (1) Vidrio 3mm <input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Borrar"/>	<b>2 V3 F. izquierda (1)</b> área 3.45 m <sup>2</sup> colocada en: F. izquierda (1) Vidrio 3mm <input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Borrar"/>	
<b>3 F. izquierda (1)</b> área 48 m <sup>2</sup> Masivo Muro de adobe <input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Borrar"/>			
<b>4 F. derecha (1)</b> área 48 m <sup>2</sup> Masivo <input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Borrar"/>			

**Calcular**



Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

**Figura 11. Tabla de datos para el análisis energético del claustro doctoral.**

*Fuente: Herramienta de cálculo NOM-020. 2024.*

En esta tabla se integran los datos de la estructura y composición que tiene el claustro doctoral, utilizando 4 elementos importantes para la realización del cálculo, siendo estos la composición de los muros, techos o losas, ventanas y puertas, así mismo como en la imagen anterior, se pone atención a la habitación que tiene el edificio, para la composición de los muros se utilizan datos como la posición ya sea en fachada principal o posterior o en laterales, utilizando los m<sup>2</sup> de muro y más importante el sistema constructivo, que en este caso es adobe, donde los datos importantes son el espesor del muro los acabados que contiene y la conductividad térmica de cada material (W/mk) y de igual forma estos datos son necesarios para el análisis de las losas , por otra parte para las puertas y ventanas se ingresan las dimensiones materiales que las integran, vidrio, madera, aluminio, etc. la ubicación en la que se encuentran y si presentan algún tipo de sombra.

## Resultados

	Conducción (W)	Radiación (W)	Total (W)
Edificio de referencia	6351.41	2162.55	8513.96

Edificio proyectado	12854.47	3890.82	16745.29
---------------------	----------	---------	----------

**Cumple con la norma**      Si       No       -96.7%

Guardar datos 

Modificar datos ingresados 

Imprimir formatos 



**Figura 12. Líneas de dirección de viento en corte isométrico.**

*Fuente: Herramienta de cálculo NOM-020. 2024.*

Una vez ingresados los datos se realiza el cálculo y se obtienen los resultados, la herramienta ya cuenta con un parámetro o datos de referencia con las cantidades que la norma indica como factibles, si el edificio se encuentra por encima de los datos de referencia esta no cumple con la NOM-020 para el caso del claustro doctoral, esta fue la conclusión, como se muestra en la figura 9 teniendo en cuenta los datos de conducción (W) y radicación (W) la comparativa arroja una diferencia del 96.7% por encima de los datos de referencia que son 8,513.96 W y al haber obtenido 16175.29 W para el claustro doctoral, lo cual da como resultado que no cumple con la norma, estos resultados pueden cambiar con la ubicación geográfica del edificio, la utilización de los materiales, cambiando el sistema constructivo o mediante cambios de diseño, incluso con la orientación se ve afectada de manera significativa, para el claustro doctoral, se considera con la mejor orientación lo cual dan los valores más bajos de la diferencia de porcentajes.

## **CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD**

De acuerdo con los datos obtenidos en las cartas psicométricas y los resultados del software Climate Consultant se obtiene la información para cada una de los métodos pasivos para aumentar el confort en el claustro doctoral y algunas acciones generales para la zona que se analiza utilizando los datos de clima que se obtienen de los EPW o normales climatológicas, estos resultados se analizan a continuación:

### Zona de sombra solar

Se define por una temperatura de bulbo seco exterior y una radiación horizontal total mínima por encima de la cual todas las ventanas deben tener sombra. Una buena regla general es utilizar la temperatura más baja que defina la zona de confort, porque por encima de esta temperatura cualquier radiación solar que ingrese al edificio no contribuirá al confort y probablemente contribuirá al sobrecalentamiento del espacio. Para edificios con grandes cargas internas, como calor de luces y equipos, puede ser recomendable reducir la temperatura mínima de bulbo seco cuando se necesita sombra a 5° o 10°F por debajo de la zona de confort. La radiación horizontal global mínima cuando es deseable protegerse del sol en climas cálidos es de aproximadamente 50 Btu/pie cuadrado (157,7 Wh/m<sup>2</sup>), pero puede ser de 200 Btu/pie cuadrado (630,9 Wh/m<sup>2</sup>) o más en climas nublados más frescos. El valor predeterminado es 100 Btu/pie cuadrado (315,5 Wh/m<sup>2</sup>). La protección solar es particularmente eficaz en espacios exteriores para controlar las temperaturas radiantes y en ventanas para ayudar a evitar que las temperaturas interiores de bulbo seco superen la temperatura ambiente. Tenga en cuenta que la tabla psicrométrica muestra la cantidad de horas en las que se supone que se proporciona protección solar, pero estas horas no se suman a la cantidad total de horas cómodas porque la protección por sí sola no puede garantizar la comodidad.

### Zona de alta masa térmica

En verano, en climas cálidos y secos, utilizar una gran masa térmica en el interior es una buena estrategia de diseño de refrigeración. Esto cuenta con el almacenamiento térmico y los efectos de retardo y amortiguación de la masa. Por lo tanto, las altas oscilaciones diarias de temperatura exterior se convertirán en bajas oscilaciones diarias de temperatura interior, por

lo que el edificio se cerrará y se "costará" a través de altas temperaturas diurnas. Esta es la razón por la que la construcción de gran masa es una buena estrategia de enfriamiento natural en climas cálidos y áridos, en los días en que las temperaturas exteriores estuvieron por debajo del máximo de confort durante la noche anterior. En invierno también se produce algún efecto positivo de calentamiento de los edificios de gran tamaño, siempre que las temperaturas exteriores diurnas entren en la zona de confort.

#### Alta masa térmica con zona de descarga nocturna

En verano, en climas cálidos y secos, utilizar una gran masa térmica en el interior es una buena estrategia de diseño de refrigeración, especialmente cuando se utiliza ventilación natural o un ventilador para toda la casa para traer mucho aire fresco durante la noche y luego se cierra el edificio. durante el calor del día. Esto cuenta con el almacenamiento térmico y los efectos de retardo y amortiguación de la masa, por lo que el edificio se deslizará a través de las altas temperaturas diurnas. Por lo tanto, las oscilaciones altas de la temperatura exterior diaria se convertirán en oscilaciones diarias bajas de la temperatura interior. Esta es la razón por la que la construcción de gran masa es una buena estrategia de enfriamiento natural en climas cálidos y áridos, en los días en que las temperaturas exteriores estuvieron por debajo del máximo de confort durante la noche anterior. En invierno también se produce algún efecto positivo de calentamiento de los edificios de gran tamaño, siempre que las temperaturas exteriores diurnas entren en la zona de confort

#### Zona de enfriamiento evaporativo directo

El enfriamiento evaporativo tiene lugar cuando el agua pasa de agua líquida a gas (asumiendo el calor latente de fusión), por lo que el aire se vuelve más frío, pero más húmedo. La evaporación sigue la línea de temperatura de bulbo húmedo en la tabla psicrométrica. Esto hace que un enfriador evaporativo sea una buena estrategia de enfriamiento para climas cálidos y secos. Esta zona se define automáticamente por las temperaturas de bulbo húmedo más altas y más bajas que se encuentran dentro de la zona de confort.

#### Zona de enfriamiento evaporativo de dos etapas

Es lo mismo que el enfriador evaporativo directo excepto que el ángulo del límite superior

aumenta en proporción al porcentaje de eficiencia de la fase indirecta. La primera etapa utiliza la evaporación para enfriar el exterior de un intercambiador de calor, a través del cual el aire entrante pasa a la segunda etapa donde se enfriá mediante evaporación directa.

#### Zona de enfriamiento con ventilación natural

En climas cálidos y húmedos, el movimiento del aire es una de las pocas formas de producir un efecto refrescante en el cuerpo humano. Lo hace aumentando la tasa de evaporación del sudor y dando la sensación psicológica de enfriamiento (tenga en cuenta que la ventilación en realidad no reduce la temperatura de bulbo seco). La velocidad del viento se ve afectada por los objetos cercanos.

#### Ventilación forzada Zona de enfriamiento

Se supone que cuando se necesita refrigeración por ventilación, el movimiento del aire forzado se puede crear mediante ventiladores mecánicos centralizados o ventiladores de techo o incluso pequeños ventiladores locales en un escritorio o mesa. En climas cálidos y húmedos, el movimiento del aire es una de las pocas formas de producir un efecto refrescante en el cuerpo humano. Lo hace aumentando la tasa de evaporación del sudor y dando la sensación psicológica de enfriamiento (tener en cuenta que la ventilación en realidad no reduce la temperatura de bulbo seco)

#### Zona de ganancia de calor interna

Representa una estimación aproximada de la cantidad de calor que se agrega a un edificio por cargas internas como luces, personas y equipos. Depende mucho del tipo y diseño del edificio. Esta temperatura de punto de equilibrio es la temperatura del aire exterior a la que las cargas internas por sí solas mantendrán el edificio en la zona de confort. Los edificios bien diseñados y aislados tienen temperaturas de punto de equilibrio mucho más bajas, por lo que utilizan mucha menos energía para calefacción.

#### Zona de masa baja de ganancia directa solar pasiva

Si el edificio tiene la cantidad adecuada de vidrio orientado al sol, la calefacción solar pasiva

puede elevar la temperatura interna. El peligro es que, si se trata de un edificio de poca masa, esta ganancia solar sin sombra podría sobrecalentar rápidamente el espacio. Se supone que una hora determinada está dentro de esta zona si el aumento de temperatura que produce la radiación alcanza la temperatura mínima de Confort.

#### Zona de alta masa de ganancia directa solar pasiva

Si el edificio tiene la cantidad adecuada de vidrio orientado al sol, la calefacción solar pasiva puede elevar la temperatura interna. Si se trata de un edificio de gran masa, la cantidad de vidrio puede ser mucho mayor sin el peligro de que la entrada solar pueda sobrecalentar el espacio. La masa interna debe estar en contacto con el aire interno para almacenar esta ganancia de calor solar y luego devolverla cuando sea necesario.

#### Protección contra el viento de espacios exteriores

En climas muy fríos representa las horas en las que los vientos fríos resultan incómodos en los espacios exteriores, y en climas muy calurosos representa las horas en las que los vientos cálidos resultan incómodos en los espacios exteriores. En climas muy calurosos y secos, esto implica momentos en los que se necesita algún tipo de protección contra el viento (patio, pared protectora, pórtico, toldo) para proteger los espacios exteriores ocupados o las entradas del viento caliente y seco, arena flotante, quemaduras por viento o incluso un golpe de calor.

#### Zona de humidificación

Representa el caso en el que el aire interior está dentro del rango de confort de bulbo seco, pero es demasiado seco y por lo tanto sería necesario agregar humedad. Los ocupantes humanos suelen añadir suficiente humedad al aire (espiración, transpiración, cocina, lavado, baño) de modo que en los edificios modernos y bien sellados normalmente no se necesita humidificación mecánica.

#### Zona de deshumidificación

Representa el caso en el que el aire interior está dentro del rango de confort de bulbo seco,

pero es demasiado húmedo y, por lo tanto, sería necesario eliminar la humedad. A menudo se produce cierta deshumidificación cuando se utiliza un aire acondicionado en condiciones de humedad.

#### Zona de enfriamiento (y deshumidificación si es necesario)

En cualquier hora en la que la temperatura exterior esté por encima del rango de comodidad y no esté en ninguna otra zona de estrategia de enfriamiento, de manera predeterminada esa hora cae en la zona donde es necesario algún tipo de enfriamiento artificial para crear una temperatura interior confortable. Sin embargo, si todavía hay demasiada humedad (es decir, por encima de la zona de confort), será necesaria alguna forma de deshumidificación. La deshumidificación es posible si el aire interior se enfriá más hasta que llega a la línea de saturación, y luego se enfriá más abajo de la línea de saturación (100% de humedad), lo que significa que la humedad precipitará fuera del aire, hasta que caiga al nivel de la cima de la zona de confort. Este tipo de sistema de refrigeración suele ser un aire acondicionado de ciclo refrigerante común o una bomba de calor.

#### Zona de calentamiento (agregue humidificación si es necesario)

Cuando la temperatura exterior está por debajo del rango de comodidad y no se encuentra en ninguna otra zona de calefacción, de forma predeterminada esa hora cae en la zona donde es necesario algún tipo de calefacción artificial para crear temperaturas interiores confortables. Sin embargo, si el aire todavía está demasiado seco (es decir, por debajo de la zona de confort), será necesaria alguna forma de humidificación. La humidificación aumenta si se agrega humedad al aire interior, a menudo debido a actividades humanas como limpiar, cocinar, bañarse o incluso respirar.

## CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

Una vez aplicadas las herramientas de análisis bioclimático y revisado los resultados se puede concluir que, el edificio del claustro doctoral, a pesar de que no fue diseñado con criterios de diseño bioclimático, debido a que contiene algunos aspectos generales de la forma del edificio así como su materialidad y sistema constructivo que contienen las medidas básicas de los criterios bioclimáticos, teniendo algunos puntos en los que se pueden trabajar resolviendo algunas desventajas que tiene el edificio, ya que con los datos obtenidos se representa de manera cuantitativa y haciendo buen uso de la información se soluciona gran parte de los puntos negativos, los cuales pueden ser la ventilación natural e iluminación del claustro doctoral.

Los resultados muestran que:

- la temperatura de la zona oscila entre los 16 y 30 grados en promedio a lo largo del día en todo el año, lo que significa que el clima es generalmente caluroso y hay que conservar una buena temperatura al interior confort 20 a 25°, los sistemas de climatización son claves para regular la temperatura de tu hogar y obtener el mayor confort posible dependiendo de la estación del año y de la situación.
- Una humedad relativa que va del 24% hasta el 92% entre marzo y agosto, se observa que a presencia de calor la humedad relativa baja, esto podría significar que se debe inyectar humedad al ambiente mediante medios mecánicos si no es posible conservar las condiciones de confort, por una parte la inyección de resinas se considera uno de los mejores tratamientos para las humedades por capilaridad a largo plazo y por otro lado existen humidificadores que en pocas palabras, lo que hace es devolverle la humedad al aire. Cuando los niveles de humedad son bajos, el aire se seca esto se presenta en regiones muy secas.
- La radiación solar máxima en el año puede rebasar los 1,000 Lux y mínima por debajo de los 700 Lux donde los máximos se presentan entre marzo y abril y los mínimos en septiembre, lo que indica que la presencia de iluminación natural debe

ser controlada en su interior mediante métodos de sombreado o la utilización de barreras naturales como la vegetación, el cual está presente en el estado actual del edificio, otras formas para controlar la cantidad de sol que ingresa directamente al edificios es con el uso de persianas regulables, o la utilización de vidrios de PVC en zonas específicas, en este caso con el claustro doctoral la utilización de vegetación natural fue la mejor opción.

- El viento se presenta con más incidencia en la zona norte y alcanzando velocidades de hasta 16 m los picos más altos de su velocidad y que a lo largo del año se aproveche la ventilación cruzada al interior del claustro doctoral, al utilizar las persianas y vegetación como en el punto anterior se garantiza la reducción significativa de los vientos fuertes en las temporadas con mayor presencia y velocidad, para las zonas de mayor impacto se recomienda la utilización de ventanas con las condiciones adecuadas para asegurar la resistencia de cada una de ellas y por su parte, mantener la ventilación adecuada cuando las condiciones del clima lo requieran como en las temporadas de calor inyectando humedad y ventilación adecuada al claustro.
- La carta bioclimática de Olgay (gráfica 24) muestra que los meses de enero, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, se encuentran dentro de la zona de confort mientras que el resto del año presenta altas temperaturas y presencia de humedad alta al igual que lo anterior la mejor recomendación es utilizar equipos mecánicos para disminuir los impactos negativos dentro del claustro, pero por motivos de energía lo más conveniente es seguir utilizando los métodos pasivos con la utilización de vegetación natural.
- Los triángulos de confort (gráfica 26) muestran más datos que llegan a coincidir con lo anterior, indicando los meses de febrero, marzo y abril como los meses más complicados en el año por sus altas temperaturas y obteniendo las recomendaciones para el resto del año, estos datos al igual que la carta bioclimática de Olgay se resuelven de la misma manera y se garantiza las temperaturas ideales dentro del rango de confort.
- En la gráfica psicométrica se puede observar que al interior del claustro doctoral se encuentra en una zona de confort entre los 20 y 27 grados aproximadamente, los

cuales generan un total de 2621 hrs de confort (gráfica 27) en el interior a lo largo de un año, es importante utilizar los métodos pasivos que esta gráfica genera, para aumentar los índices de confort al interior, tanto los métodos pasivos como los mecánicos propuestos (criterios de sustentabilidad).

- Así mismo, se muestra el estudio de asoleamiento (gráfica 30) con el modelo del claustro doctoral, para conocer la forma con su interacción con el sol a lo largo del año que, en aspectos generales, cumple con la iluminación con los ventanales presentes pero que deja zonas en penumbra sobre todo en el pasillo central del edificio, sería adecuado hacer los cambios necesarios para beneficiar la iluminación natural, esto mediante la absorción de iluminación natural por la parte de las cupulas, las cuales anteriormente, de acuerdo al proyecto, si tenían penetración de luz solar .
- Utilizando el modelo de asoleamiento también se puede determinar la iluminación (gráfica 38) dentro del edificio, donde se observa que el edificio no cuenta con la suficiente iluminación al interior, la vegetación presente dificulta la obtención de luz natural, y como en el punto anterior lo adecuado es recuperar la iluminación cenital con la intervención correcta, de lo contrario sería pertinente seguir utilizando la iluminación artificial para mitigar las zonas obscuras dentro del claustro.
- Con el análisis de viento (gráfica 42) se aprecia que el edificio tiene buena orientación y ventilación cruzada, solo teniendo deficiencias en algunas zonas pero que, con algunas medidas de intervención, ubicando algunos vanos o un sistema de ventilación mecánico se puede solucionar, la utilización de ventiladores y sistemas de aire acondicionada parece la mejor opción por la ubicación y la poca intervención que se podría hacer por ser una obra construida con un sistema constructivo poco convencional.
- El análisis energético (figura 9) indica la interacción del claustro doctoral con relación al ambiente y utilizando datos específicos de los materiales que lo integran, se calcula el análisis térmico que para este estudio no cumple con las normas establecidas del NOM-020-ENER-2011, lo anterior, debido a que se trata directamente de los materiales de construcción actualmente seria complicada la intervención en el claustro. pero esto puede ser mejorado teniendo en cuenta tales

aspectos en la etapa de diseño para futuras intervenciones, alguna de las formas de intervención podrían ser la utilización de paneles térmicos o materiales aislantes en muros y plafones dentro del edificio, pero estos resultados implicarían modificar directamente el diseño del claustro doctoral, al tener que ampliar algunos vanos, como ventanas, la ubicación de puertas lo que implica directamente trabajar con el diseño estructural del edificio.

Los datos obtenidos son de gran importancia ya que permiten conocer el sitio del proyecto, pero más importante, el comportamiento con el medio natural y su interacción con el usuario, cada uno de los datos analizados por si solos generan una investigación más amplia aplicada para cualquier tipo de edificio, sería conveniente que cada análisis se lleve más a fondo y con diferentes condiciones climatológicas, los cuales podrían arrojar resultados diferentes a los obtenidos en esta investigación.

Con las intervenciones correctas se podría lograr un mejor confort para algunos aspectos y de manera general, con algunas debilidades con algunos aspectos de sus construcción el edificio del claustro doctoral, cumple con un buen diseño bioclimático de acuerdo a las características que se analizaron, esto en gran parte por el diseño propio del edificio, las condiciones de su entorno y la ubicación y orientación del mismo, atendiendo los puntos débiles presentes supondría una gran mejora y aumentaría el índice de confort para los que la habitan.

## **RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, es recomendable que se consulten los datos si existen adecuaciones al edificio en un futuro, que esta información sea contemplada y que los resultados sean registrados para su verificación haciendo que sea para beneficio de los usuarios.

Los datos que se toman a consideración serían de gran utilidad para el diseño de posteriores edificios dentro de la institución, ya que este tipo de análisis aplicado desde la etapa de diseño garantiza que la población que ocupa esos espacios en general cuente con una buena calidad de confort térmico y arquitectónico en todos los espacios.

Las herramientas bioclimáticas serán más presentes en el futuro debido a los cambios que se están presentando en los ecosistemas, cada uno de ellos presenta datos muy específicos y con las herramientas y softwares correctos aplicados a la investigación resultan de gran apoyo para los nuevos métodos de diseño.

Se busca como objetivo que estas investigaciones y las futuras sea de ayuda para que los métodos de diseño y construcción mejoren con el tiempo para que los resultados sean favorables para los usuarios haciendo que las construcciones sean de ayuda para el ser humano y con bajo impacto en el medio que se desarrollen.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACHKAR Marcel, et al. 2005, **Ordenamiento ambiental del territorio**, DIRAC: Uruguay. 102 pp.
- ALBERCA Palacios, Catherine Ivette, Yacila Calderón Edson Junior. 2021, **Centro de integración cultural y espacio público basado en la arquitectura bioclimática en la ciudad de Piura – provincia de Piura – Piura 2020**, ed. Universidad Privada Antenor Orrego: Perú. 230 pp.
- ASTIER Marta et al. 2008, **Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional**, ed. Sociedad Española de Agricultura Ecológica: Valencia, España. 200 pp.
- ÁVILA Plinio Zarta. 2018, **La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad**, ed. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca: Bogotá, Colombia. 16 pp.
- BARRANCO Omar, 2015, **La arquitectura bioclimática**, ed. Universidad del Atlántico Barranquilla: Colombia. 9 pp.
- BELÉNDEZ Augusto. 1992, **Acústica, fluidos y termodinámica**, ed. Universidad de Alicante: Alicante, España. 126 pp.
- BRIZUELA Barros Cecilia A., Alfredo Esteves Miramont, (2020), **Estudio de envolventes de Arquitectura bioclimática. clima templado frío. Caso de la escuela Albergue Belén**, ed. Universidad de Mendoza: Argentina. 23 pp.
- CANCINO Zapata et al. 2022, **Propuesta bioclimática y de eficiencia energética para mejoramiento de condiciones de habitabilidad y eficiencia en recursos del bloque aletehia del Campus de la Universidad Católica de Pereira**, ed. Universidad Católica de Pereira: Pereira, Colombia. 68 pp.
- CARNERO D. Palmira. 2021, **Arquitectura & miasmas sinergias termodinámicas en el hospital pandémico**, ed. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid: Madrid, España. 106 pp.
- CLIMATE Consultant. 2024
- CONFORME-ZAMBRANO Gabriela Del Cisne, José Luis Castro-Mero. 2020, **Arquitectura bioclimática**, ed. polo del conocimiento: Ecuador. 28 pp.
- CUADRADO Niño, Silvia Alejandra, María Margarita Ochoa Lozano. 2021, **Manual de lineamientos de diseño para vivienda bioclimática pasiva en clima cálido húmedo en el Municipio de Socorro, Santander**, Universidad Santo Tomás:

- Colombia. 106 pp.
- DOMÍNGUEZ Ana. 2005, **Sustentabilidad, desarrollos sustentables y territorios**, ed. Universidad de la República: Uruguay. 24 pp.
- EISIER, **Hogares ecoeficientes**. <https://eiser.es/passivhaus> 12 de octubre de 2022.
- GUDYNAS Eduardo. 2011, **Ambiente, sustentabilidad y desarrollo: una revisión de los encuentros y desencuentros**, ed. Universidad de Guadalajara: México. 36 pp.
- GUERRA Menjívar, Moisés Roberto. 2012, **Arquitectura bioclimática como parte fundamental para el ahorro de energía en edificaciones**, ING-NOVACIÓN: El Salvador. 11 pp.
- INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía 2002
- LEFF Enrique. 2000, **Tiempo de sustentabilidad**, PNUMA: Costa Rica. 10 pp.
- LINARES Llamas, Pedro. 2009, **Eficiencia energética y medio ambiente**, ICE: España. 17 pp.
- MALAKOUTI Amir. 2020, **Prototipo termodinámico variable común de la tipología patio a distintas escalas proyectuales**, ed. Universidad Politécnica de Madrid: Madrid, España. 52 pp.
- MARSH Andrew, <https://andrewmarsh.com/software/>. 2024
- MORAN Michael J; Howard N. Shapiro. 2004, **Fundamentos de termodinámica técnica**, Reverte: Barcelona. 888 pp.
- MORENO de Guerra Lucia. 2021, **Soluciones bioclimáticas en la arquitectura popular de Ibiza y Vizcaya**, ed. Universidad Politécnica de Madrid: Madrid, España. 65 pp.
- MÜLLER Erich. (2002), **Termodinámica básica**, Consultora Kemiteknik C.A: Caracas, Venezuela. 315 pp.
- NEILA Javier. 2000, **Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible: buenas prácticas edificatorias**, ed. Universidad Politécnica de Madrid: Madrid. 10 pp.
- NIETO Diana et al. 2021, **El espacio habitable y la sustentabilidad**, ed. Facultad Regional La Rioja: La Rioja, Argentina. 105 pp.
- NOM-020-ENER-2011
- PÉREZ Ortiz Javier Alonso. 2021, **Tectónica, imagen y bioclimáticas herramientas para valorar de la envolvente arquitectónica del movimiento moderno en el sector de la matuna en cartagena de indias**, ed. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano: Bogotá, Colombia. 131 pp.
- PROVEDA Mentor. 2007, **Eficiencia energética: recurso no aprovechado**, OLADE: Perú. 17 pp.

- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2014). Diccionario de la lengua española (23a ed.).
- RIOBO S. Miguel. 2016, **La dualidad entre el descontexto y el contexto termodinámico**, ed. Universidad Politécnica de Madrid: Madrid, España. 99 pp.
- RODENAS Parra, Gemma. (2020), **Arquitectura bioclimática análisis regulatorio y estudio de caso práctico**, ed. Universidad Politécnica de Valencia: Valencia, España. 140 pp.
- RODRIGUEZ-MIRANDA Sergio et al. 2021, **Evaluación por simulación dinámica del comportamiento térmico en una casa interés social con la incorporación de estrategias de arquitectura bioclimática en Guanajuato, México**, ed. Universidad Politécnica de Guanajuato: Guanajuato, México. 13 pp.
- ROMERO G. Claudia. 2018, **La máquina termodinámica**, ed. Universidad Politécnica de Madrid: Madrid, España. 49 pp.
- RWIND 1.24. 2024
- SAAVEDRA Ruiz José Luis. 2022, **Arquitectura bioclimática aplicada al diseño de un Centro comercial y terrapuerto en el terreno Actualmente ocupado por el cuartel Miguel Grau en la Ciudad de Piura, Perú, 2022**, ed. Universidad Nacional de Piura: Piura, Perú. 364 pp.
- SARANDÓN J., Santiago, Claudia C. Flores. 2009, **Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica**, ed. Universidad de la Plata: Buenos Aires, Argentina. 10 pp.
- SMN Servicio Meteorológico Nacional. 2024
- UGARTE Jimena, (2012) **Guía bioclimática construir con el clima**, ed. Instituto de Arquitectura Tropical: Costa Rica. 18 pp.
- UGARTE, Jimena. (2012), **Guía de arquitectura bioclimática**, ed. instituto de arquitectura tropical: Costa Rica. 17 pp.
- VILLANUEVA Orrego Leyla Joselin. 2021, **Implementación de la arquitectura bioclimática para mejorar la organización espacial de las áreas educativas infantiles en Villa el Salvador**, Universidad Cesar Vallejo: Lima, Perú. 201 pp.
- WEATHERSPARK <https://es.weatherspark.com./>. 2024