



ARQUITECTURA

Tesis previa a la obtención del título de Arquitecto.

AUTOR: Álvaro Eugenio Mora Castro

TUTORA: Mgtr. Arq. Tatiana Anatolyevna Trokhimtchouk

Aplicación de tecnologías BIM y BEM para la evaluación del confort térmico del Teatro Nacional Benjamín Carrión Mora de la ciudad de Loja, y propuesta de mejoras en las áreas afectadas aplicando criterios de confort ambiental.

Loja - Ecuador
Abril 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Tatiana Anatolyevna Trokhimtchouk**, certifico que conozco al autor del presente trabajo de titulación, “ Aplicación de tecnologías BIM y BEM para la evaluación del confort térmico del Teatro Nacional Benjamín Carrión Mora de la ciudad de Loja, y propuesta de mejoras en las áreas afectadas aplicando criterios de confort ambiental”, Alvaro Eugenio Mora Castro, siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Mgtr. Arq. Tatiana Anatolyevna Trokhimtchouk
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Alvaro Eugenio Mora Castro declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y que se ha consultado la bibliografía detallada..

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, Reglamento y Leyes.



Alvaro Eugenio Mora Castro

DEDICATORIA

A mis queridos padres,

Gracias por ser mi mayor inspiración y apoyo incondicional en este camino. Esta tesis es un reflejo de su amor y dedicación. Con amor y gratitud.

Alvaro.

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Internacional del Ecuador por su apoyo y formación académica.

Agradezco a Dios por su guía y fortaleza en este camino.

Mi gratitud a mi tutora Mgtr. Tatiana Anatolyevna Trokhimtchouk y a mi Lectora Mgtr. Carolina Bravo por su paciencia y motivación.

Y a mis amigos y familiares, gracias por su aliento constante.

¡Gracias a todos por hacer posible este logro!



01. INFORMACIÓN GENERAL

[P12-P23]

- 1.1. INTRODUCCIÓN
- 1.2. PROBLEMÁTICA
- 1.3. JUSTIFICACIÓN
- 1.4. OBJETIVOS
- 1.5. METODOLOGÍA



02. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

[P24-P49]

- 2.1. EFICIENCIA ENERGÉTICA
- 2.2. SOSTENIBILIDAD
- 2.3. BIOCLIMÁTICA
- 2.4. CONFORT AMBIENTAL EN LA ARQUITECTURA
- 2.5. CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN
- 2.6. ESPACIO, TEATRO Y ARQUITECTURA



03. FUNDAMENTOS NORMATIVOS

[P50-P55]

- 3.1. NORMA DE LA SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS DE CALEFACCIÓN, REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO (ASHRAE)
- 3.2. NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC)



04. CIUDAD Y CLIMA

[P56-P79]

- 4.1. ANTECEDENTES
- 4.2. METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO
- 4.3. ESTUDIO DE VIENTOS EN LA CIUDAD DE LOJA
- 4.4. ESTUDIO SOLAR EN LA CIUDAD DE LOJA
- 4.5. CONFORT TÉRMICO EN LA CIUDAD DE LOJA



05. ARQUITECTURA

[P80-P93]

- 5.1. ANÁLISIS ARQUITECTÓNICO DEL TNBC
- 5.2. SÍNTESIS DE ANÁLISIS ARQUITECTÓNICO DEL TNBC



06. EVALUACIÓN TÉRMICA

[P94-P101]

- 6.1. INSOLACIÓN ANUAL
- 6.2. ILUMINACIÓN NATURAL DE VESTÍBULOS PRINCIPALES
- 6.3. ANÁLISIS DEL TNBC EN TÉRMINOS DE CONFORT TÉRMICO



07. CONCEPTUALIZACIÓN

[P102-115]

- 7.1. CONCEPTO
- 7.2. REFERENTES
- 7.3. ESTRATEGIAS
- 7.4. MATERIALIDAD
- 7.5. CÁLCULOS DE CONFORT AMBIENTAL



08. REPRESENTACIÓN

[P116-147]

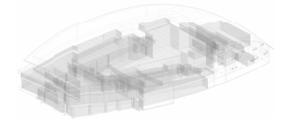
- 8.1. EMPLAZAMIENTO
- 8.2. PLANTA SUBSUELO-ESTADO ACTUAL
- 8.3. SECCIÓN A/A – ESTADO ACTUAL
- 8.4. PLANTA ESTADO ACTUAL VS PLANO DE INTERVENCIÓN SELECTIVA
- 8.5. PLANTA ÚNICA – CONFIGURACIÓN 1 / MICRO TEATRO
- 8.6. PLANTA ÚNICA – CONFIGURACIÓN 2 / AULA
- 8.7. PLANTA ÚNICA – CONFIGURACIÓN 3 / SALA DE REUNIONES
- 8.8. PLANTA ÚNICA – CONFIGURACIÓN 4 / TALLERES
- 8.9. ALZADOS DE PARED INTERIOR
- 8.10. SECCIONES
- 8.11. MOBILIARIO
- 8.12. DETALLES CONSTRUCTIVOS
- 8.13. PERSPECTIVAS



09. EPÍLOGO

[P148-160]

- 9.1. CONCLUSIONES
- 9.2. INDICE DE FIGURAS
- 9.3. INDICE DE TABLAS
- 9.4. BIBLIOGRAFÍA



Resumen

Palabras clave: Confort térmico, confort ambiental zonas térmicas, teatro, Loja, climograma, Givoni, bioclimática, sostenibilidad, ASHRAE, BIM, BEM, Revit, Design Builder, acústica, isóptica.

El confort térmico constituye un elemento crucial en los espacios habitados, ya que incide directamente en la calidad de vida y el bienestar de las personas. Un entorno térmico inapropiado puede tener efectos negativos en la salud y el rendimiento de los individuos, lo que a su vez puede afectar la eficacia y productividad de las actividades llevadas a cabo en dicho espacio. Por lo tanto, resulta esencial asegurar condiciones térmicas adecuadas en cualquier tipo de edificación, ya sea residencial o de uso público.

Este estudio ha llevado a cabo un análisis del confort térmico en las áreas térmicas del Teatro Nacional Benjamín Carrión Mora. Para ello, se utilizó una metodología de evaluación asistida por ordenador que combina tecnologías como el Modelado de Información de Construcción (BIM) y el Modelado de Energía de Edificaciones (BEM). La conjunción de estas tecnologías ha permitido obtener resultados más precisos y completos, a pesar de los desafíos de interoperabilidad que puedan surgir. Si bien se identificaron limitaciones en cada tecnología por separado, su combinación logró superar dichos obstáculos.

El presente estudio enfatiza la necesidad de abordar el confort térmico desde múltiples enfoques y de integrar esta evaluación desde las fases iniciales del proceso de diseño. Además, se destaca la importancia crucial de una formación sólida en estas tecnologías para potenciar su aplicación en proyectos de construcción y elevar así, la calidad de vida de los ocupantes. Este enfoque se ilustra mediante el análisis del caso del Teatro Nacional Benjamín Carrión. A pesar de su condición como uno de los teatros más vanguardistas de Latinoamérica, se ha identificado una zona térmica con deficiencias en términos de confort, para lo cual se realizó una propuesta aplicando criterios de confort ambiental.

Abstract

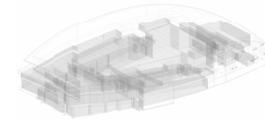
Keywords: thermal comfort, environmental comfort thermal zones, theater, Loja, climogram, Givoni, bioclimatic, sustainability, ASHRAE, BIM, BEM, Revit, Design Builder, acoustics, isoptics.

Thermal comfort constitutes a crucial element in inhabited spaces, since it directly affects the quality of life and well-being of people. An inappropriate thermal environment can have negative effects on the health and performance of individuals, which in turn can affect the effectiveness and productivity of the activities carried out in said space. Therefore, it is essential to ensure adequate thermal conditions in any type of building, whether residential or for public use.

This study has carried out an analysis of thermal comfort in the thermal areas of the Benjamín Carrión Mora National Theater. To do this, a computer-assisted evaluation methodology was used that combines technologies such as Building Information Modeling (BIM) and Building Energy Modeling (BEM). The combination of these technologies has allowed us to obtain more precise and complete results, despite the interoperability challenges that may arise. Although limitations were identified in each technology separately, their combination managed to overcome these obstacles.

This study emphasizes the need to address thermal comfort from multiple approaches and to integrate this evaluation from the initial phases of the design process. In addition, it highlights the crucial importance of a solid training in these technologies to enhance their application in construction projects and thus improve the quality of life of the occupants. This approach is illustrated by analyzing the case of the Benjamín Carrión National Theater. In spite of its condition as one of the most avant-garde theaters in Latin America, a thermal zone with deficiencies in terms of comfort has been identified, for which a proposal was made applying environmental comfort criteria.

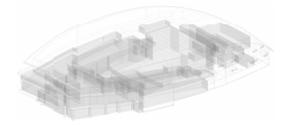
01 INFORMACIÓN GENERAL



“La Arquitectura trata realmente sobre el bienestar. Creo que la gente quiere sentirse bien en un espacio...Por un lado se trata de refugio, pero también se trata de placer”

Zaha Hadid





1.1.Introducción

Desde tiempos inmemoriales, el ser humano ha sido un artífice de su entorno, buscando con maestría y creatividad, crear espacios que velen por su confort y bienestar. En este fino equilibrio, el confort térmico emerge como una dimensión fundamental, combinando la esencia de la comodidad material con la sutileza del calor ambiental. Es en esta convergencia que la esencia del confort térmico reside, fluida y subjetiva, tejida por las particularidades de cada individuo, influenciada por variables tan heterogéneas como la edad, el género, la actividad y el contexto.

Las definiciones primigenias de la Real Academia Española (RAE) conferencian al confort un carácter de bienestar y a lo térmico la cualidad de calor y temperatura. Con esta premisa, el confort térmico puede ser discernido como la amalgama entre la ausencia de sensaciones térmicas desagradables y la presencia de deleite térmico. Su subjetividad lo convierte en un ente maleable, susceptible de transformarse según los dictados de cada individuo y su idiosincrasia.

Las épocas ancestrales asisten como testigos del ingenio humano, que, mediante soluciones arquitectónicas adaptativas, buscaba crear refugios que no solo albergasen, sino que brindaran refugio ante los embates del clima y la intemperie. A través de los siglos, la paleta de soluciones se diversificó, generando edificaciones moldeadas por contextos temporales, geografías y recursos. No obstante, con el devenir de la tecnología, la energía artificial ganó terreno en la regulación ambiental, con la consecuente dilución de las soluciones tradicionales y el consiguiente aumento del consumo energético y la contaminación.

En este contexto de incesante transformación arquitectónica, el paradigma actual abraza un enfoque regenerativo y sostenible. La arquitectura, consciente de su inherente responsabilidad ambiental, se erige ante

desafíos que demandan una mirada retrospectiva a soluciones pasivas y una mirada prospectiva a tecnologías emergentes. Los sistemas Building Information Modeling (BIM) y Building Energy Modeling (BEM) despiertan como respuestas preclaras. La dinámica contemporánea exige más que edificaciones estéticamente atractivas; demanda edificaciones capaces de habitar en simbiosis con el ambiente, de minimizar su huella energética y de maximizar el confort de sus ocupantes.

Teatros y cines, fundamentales en la cultura, enfrentan conflictos entre experiencias inmersivas y confort térmico, debido a la regulación de luz y sonido que puede afectar la temperatura y la ventilación. Por otro lado, en la arquitectura contemporánea, la estética influye en el equilibrio entre el disfrute visual y el bienestar térmico.

A veces, se descuida el confort en favor de la estética, lo que puede resultar en espacios visualmente impresionantes pero incómodos para el bienestar humano. En este trasfondo de desafíos, nace la presente búsqueda. La investigación pretende insuflar vida en la intersección entre la sostenibilidad, la bioclimática y los innegables pilares del confort y las tecnologías BIM y BEM. El foco se posa en el Teatro Nacional Benjamín Carrión Mora de la ciudad de Loja.

En el contexto de las metas globales de desarrollo sostenible, la investigación también vincula la eficiencia energética y el confort con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y el enfoque de transición ecológica en Ecuador. La propuesta central del presente trabajo de investigación radica en la evaluación de confort térmico en las zonas térmicas del Teatro Nacional Benjamín Carrión Mora mediante la aplicación de una metodología asistida por ordenador, que integra las tecnologías BIM y BEM. A través de esta metodología, se busca superar las limitaciones asociadas con las mediciones in situ y generar un acercamiento real a los espacios que requieran intervención para implementar estrategias correctivas de manera eficiente y sostenible.

1.2.Problemática

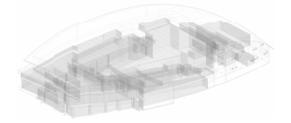
Históricamente, el ser humano desde sus orígenes ha buscado crear refugios con condiciones adecuadas, que le permitan realizar sus actividades diarias en un ambiente confortable, y que además lo protejan de factores externos del clima y medio ambiente, para crear estos refugios el ser humano ha adoptado diferentes soluciones, dependiendo de la época, el lugar y de los recursos que ha tenido disponibles (Olgay, 1998). En contraste, con el desarrollo de la tecnología se empezó a optar por energías artificiales para controlar el ambiente de los espacios interiores, dejando de lado las soluciones tradicionales sin tomarlas en cuenta en la planificación y diseño de las edificaciones, solucionando los problemas de confort con el uso excesivo de energías limitadas y fuentes de contaminación (Garzón, 2007).

En la actualidad, la arquitectura se enfrenta a desafíos que la han llevado a retomar soluciones provenientes de la arquitectura pasiva. Este enfoque considera tanto el entorno y clima en el que se construye una edificación como el uso de tecnología, con el objetivo de lograr un ambiente óptimo y reducir al máximo el consumo de energía. Para alcanzar estos objetivos, se emplean softwares especializados basados en Tecnología BIM y BEM que permiten medir y controlar el uso de energía, lo que resulta fundamental tanto en la etapa de diseño de nuevos edificios como en la mejora de construcciones ya existentes (Gutierrez, 2010). Estos softwares nos brindan la capacidad de planificar el rendimiento energético del edificio en su entorno, contribuyendo así a crear espacios confortables y sostenibles.

Los teatros y cines buscan experiencias culturales inmersivas mediante control de luz y sonido, pero esto puede afectar el confort térmico al restringir la ventilación y la luz natural. Por otro lado, la estética es un factor crucial para la percepción y comercialización de los proyectos arquitectónicos, su predominio en ocasiones relega

la consideración de los aspectos relacionados con el confort. Este desequilibrio conlleva a que la comodidad térmica de los usuarios quede en segundo plano, lo que puede resultar en espacios subóptimos desde el punto de vista del bienestar humano. La consecuencia directa es la necesidad posterior de intervenciones correctivas costosas y poco eficientes, debido a la falta de consideración temprana de los factores de confort, Esto puede ser especialmente relevante en edificaciones mixtas, donde se realizan diversas actividades en un mismo lugar, como es el caso del Teatro Nacional Benjamín Carrión Mora.

Las limitaciones de evaluación in situ en espacios con grandes volúmenes nos obligan a apoyarnos en la tecnología para la obtención precisa de datos, ya que se requiere equipos costosos y especializados que no siempre están disponibles o no existen en la localidad. Las mediciones en lugares como teatros, cines o auditorios demandan tiempo y recursos considerables, ya que los dispositivos deben operar de manera constante durante meses y tener la disponibilidad de wifi permanente y la logística de mantenimiento pueden causar interrupciones imprevistas, además, los dispositivos manuales de evaluación en terreno proporcionan resultados instantáneos, pero solo del momento en el que el usuario evaluador toma los datos, lo que limita la obtención de resultados representativos.



1.3. Justificación

El consumo de energía de los edificios representa una gran parte del total de la demanda de energía a nivel mundial. De acuerdo con el International Energy Agency, el sector de la construcción consume el 36% de la energía total del mundo, lo que equivale a más de US\$ 2 billones de dólares anualmente. Aproximadamente el 60% de este consumo se destina a la climatización de los edificios, mientras que el resto se utiliza para iluminación, elevación y otras aplicaciones.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) constituyen un conjunto de metas de alcance global destinadas a enriquecer tanto la calidad de vida humana como el bienestar del planeta. En específico, el undécimo objetivo, con su enunciado "Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles", orienta sus esfuerzos hacia la transformación de los entornos urbanos en espacios integradores, protegidos y capaces de adaptarse a desafíos adversos, sin menoscabar su sostenibilidad. Además, la meta 11.3 de dicho objetivo se propone incrementar la calidad de vida de los habitantes en todas las urbes y asentamientos humanos. En paralelo, el duodécimo objetivo aspira a establecer "modalidades de consumo y producción sostenibles".

En concordancia, la meta 12.6 aboga por la reducción a la mitad del derroche de materiales de construcción y demolición a nivel mundial, mientras que la meta 12.a se enfoca en recortar a la mitad el despilfarro energético en las edificaciones a nivel global. Estas metas intrínsecamente relacionadas persiguen la optimización de los recursos materiales y energéticos involucrados en la construcción y operación de edificaciones, como un paso esencial hacia un patrón más responsable y respetuoso con el medio ambiente en el ciclo de vida de los inmuebles (ONU, 2018).

Relacionando estos objetivos con la arquitectura, la efi-

ciencia energética y el confort, es importante reconocer que la arquitectura sostenible no solo se trata de minimizar el impacto ambiental, sino también de crear espacios que promuevan el bienestar humano. La eficiencia energética en la construcción de edificios no solo reduce el consumo de energía, sino que también contribuye a un ambiente interior más confortable al mantener temperaturas estables y niveles óptimos de iluminación natural.

La relación entre el confort y la arquitectura sostenible radica en la consideración cuidadosa de la orientación de los edificios, la ventilación adecuada, la utilización de materiales que regulen la temperatura y la implementación de soluciones que reduzcan el ruido y promuevan un ambiente interior saludable. Estos elementos no solo tienen un impacto positivo en la calidad de vida de los ocupantes, sino que también pueden influir en la productividad y la satisfacción general.

Por otro lado, El Ecuador se encuentra en un proceso de transición ecológica hacia un modelo de desarrollo sostenible. En el marco de este proceso, el objetivo número 11 del Eje de Transición Ecológica del Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 es construir ciudades y comunidades sostenibles. Para lograr este objetivo, se requieren políticas y acciones concretas en materia de urbanismo y construcción, que contribuyan a la reducción de la huella ecológica de las ciudades y comunidades, así como a mejorar la calidad de vida de sus habitantes (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

El Teatro Nacional Benjamín Carrión Mora, al ser uno de los edificios más icónico de La Ciudad de Loja, y uno de los teatros más modernos de Latinoamérica, es un excelente caso de análisis dentro del estudio de confort térmico, ya que fue diseñado y construido con lo último en tecnología, involucrando varios condicionantes positivos en su diseño para brindar un confort general a los usuarios, como la acústica, la isóptica, la comodidad, accesibilidad, la iluminación, la climatización, el confort

térmico, entre otros (BAQ, 2018). Sin embargo, la evaluación de diagnóstico de confort de las zonas térmicas del Teatro enfrenta limitaciones notables relacionadas con las mediciones in situ en espacios de gran volumen.

Para realizar mediciones precisas de confort térmico, se requieren equipos altamente especializados que son costosos y no siempre están disponibles para su uso. Además, las mediciones in situ en espacios de gran tamaño, implican una inversión significativa de tiempo, ya que es necesario mantener los dispositivos conectados durante las 24 horas del día durante un período prolongado, lo que puede extenderse a meses.

La disponibilidad de conexiones wifi permanentes y la logística de mantener equipos en funcionamiento durante largos períodos pueden generar interrupciones imprevistas y desafíos operativos. Además, que los dispositivos accesibles del mercado tienen muy poca eficacia de en espacios de gran volumen pueden afectar la precisión y representatividad de los datos obtenidos.

En virtud de lo dicho, la presente investigación también pretende generar una metodología que busca abordar estas limitaciones mediante un trabajo colaborativo usando dos tecnologías que trabajen en sinergia, en este caso la tecnología BIM y BEM. Si bien esta metodología no reemplaza por completo las mediciones in situ, ofrece una alternativa que permite un análisis más comprensivo del confort térmico en el Teatro Nacional Benjamín Carrión Mora, especialmente en términos de variabilidad climática y patrones de uso, sin incurrir en las restricciones logísticas y técnicas asociadas con las mediciones tradicionales.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Realizar un diagnóstico del confort térmico del Teatro Nacional Benjamín Carrión Mora mediante una evaluación asistida por ordenador que integra las tecnologías BIM en sinergia con la tecnología BEM, con el fin de comprender su comportamiento térmico para proponer estrategias y diseño de mejora en base a criterios de confort ambiental.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Comprender y delinear los fundamentos teóricos – conceptuales en relación al confort térmico, sus metodologías de evaluación y los estándares locales e internacionales que los regulan.
- Identificar las herramientas tecnológicas de evaluación de confort térmico para definir una metodología de análisis mediante ordenador.
- Realizar la simulación de confort térmico del Teatro Nacional Benjamín Carrión Mora apoyado en tecnología BIM y BEM para determinar el comportamiento de las zonas térmicas del teatro en términos de confort.
- Analizar los resultados obtenidos en la evaluación del confort térmico para proponer una intervención correctiva de diseño en base de criterios y estrategias confort ambiental.

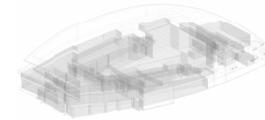
1.5. Metodología de investigación



Figura 1. Diagrama de la metodología de investigación a ser usada en el presente trabajo de titulación.
Fuente: Elaborado por autor, adaptación de la metodología de evaluación Post- Ocupación (POE), del arquitecto Derek Clements Croome. (Clements-Croome, 2001), (RIBA, 2016).



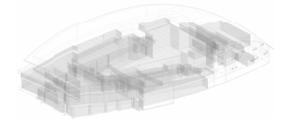
02 FUNDAMENTOS TEÓRICOS



“Las muchas preguntas y muy complejas a las que nos enfrentamos hoy en día, como sostenibilidad, ecología o smart city, son una oportunidad para los arquitectos ”

Jean-Philippe Vassal





2.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA

2.1.1. Eficiencia energética en las edificaciones

El Informe AIE & UN ENVIROMENT (2018), sobre la eficiencia energética de los edificios presenta una evaluación detallada de la situación actual y las tendencias en la mejora de la eficiencia energética de los edificios a nivel mundial. El informe se basa en una amplia gama de fuentes de datos y estadísticas oficiales, así como en una encuesta a expertos de todo el mundo.

El informe muestra que, a pesar de los progresos significativos en la adopción de medidas de eficiencia energética en los edificios, el ritmo de mejora ha sido insuficiente para hacer frente a la escalada de la demanda de energía de los edificios, que se ha debido principalmente al aumento del número de edificios y el uso más intensivo de la energía en los países en desarrollo. En 2017, la energía consumida por los edificios representó el 36% del total de la energía consumida a nivel mundial y el 19% de las emisiones de CO2.

Aunque se han adoptado algunas medidas para mejorar la eficiencia energética de los edificios, el informe concluye que muchas de estas medidas no se han implementado de manera efectiva o no se han aplicado a escala suficientemente amplia. Para lograr una mejora significativa de la eficiencia energética de los edificios, se necesitan políticas y programas más ambiciosos y un mayor compromiso por parte de todos los actores involucrados, incluidos los gobiernos, las empresas y los propietarios y usuarios de edificios.

2.1.2. Crisis energética

La actual crisis energética amenaza la economía y el bienestar global debido al aumento del consumo de energía. El crecimiento demográfico, el aumento del ni-

vel de vida y el desarrollo industrial han impulsado esta demanda. El incremento del precio del petróleo ha impactado negativamente en economías dependientes.

Para abordar esta crisis, se proponen soluciones como el ahorro y la eficiencia energética, así como el uso de energías alternativas como solar, eólica, hidráulica, geotérmica y biomasa. Estas soluciones buscan reducir el consumo individual y colectivo, mejorar la eficiencia en la producción de bienes y servicios, y diversificar las fuentes de energía, generando un impacto positivo tanto económico como ambiental (Acosta, 2011).

2.1.3. Uso eficiente de energía en Ecuador

En el Ecuador, el consumo de energía eléctrica se ha más que triplicado en los últimos 10 años, y se espera que el crecimiento del consumo se acelere en los próximos años debido al rápido crecimiento económico del país. El aumento del consumo de energía tiene implicaciones importantes para el ambiente y la economía ecuatoriana.

La electricidad es una de las formas de energía más limpias y eficientes, pero su uso ineficiente tiene un impacto significativo en el medio ambiente. El aumento del consumo de energía eléctrica también tiene un impacto económico, ya que el Ecuador importa el 85% de su energía eléctrica (Ministerio del Ambiente, S/N).

2.2. SOSTENIBILIDAD

2.2.1. Sostenibilidad y sustentabilidad, el mismo concepto?

Siempre ha existido debate entre ambas acepciones sobre si su significado es el mismo o si es diferente, si partimos desde las definiciones de la Real Academia de la Lengua Española (RAE), obtenemos los siguientes

resultados:

Sustentable. - Que se puede sustentar o defender con razones.

Sostenible. - Especialmente en ecología y economía, que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar daño grave al medio ambiente.

Algunos países como Argentina han adoptado la terminología "sustentable", mientras que Las Naciones Unidas adoptaron el término "sostenible" (Cabrera, 2016), y por su parte Ecuador adoptó ambas acepciones determinadas por el mismo concepto, sin embargo, en el informe Brundtland de 1987 se puede asegurar que el concepto es el mismo.

"La dualidad de vocablo surge de la traducción del inglés al castellano de la palabra inglesa sustainable, por lo que el idioma español al ser muy extenso permite alternativas y matices, incluso pudiéndose leer por ejemplo como: perdurable" (Cabrera, 2016).

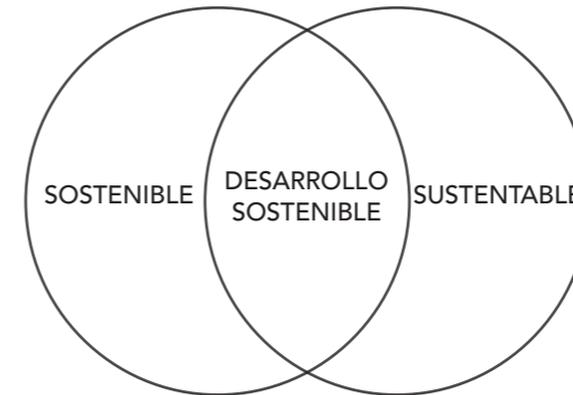


Figura 2. Sostenible = Sustentable, terminología correcta: Desarrollo Sostenible.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

2.2.2. Desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible es una forma de abordar el crecimiento y el progreso económico, social y ambiental que tiene como objetivo satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las de las generaciones futuras. El término "desarrollo sostenible" fue utilizado por primera vez en el informe Brundtland de 1987 (ONU, 1987), que definió el desarrollo sostenible como "el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades".

Por tanto, el desarrollo sostenible busca equilibrar el crecimiento económico, la justicia social y la protección ambiental para satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras. Es un enfoque integral que promueve la armonía entre las dimensiones económicas, sociales y ambientales de la sociedad.

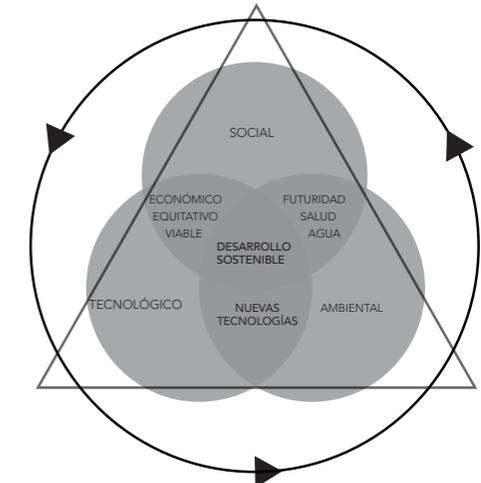
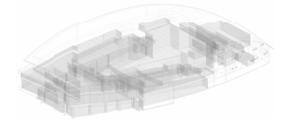


Figura 3. Las tres perspectivas del Desarrollo sostenible.
Fuente: Elaborado por autor, con datos de (Edwards,2004).



2.2.3. Objetivos de Desarrollo sostenibles (ODS)

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), adoptados por los Estados miembros de las Naciones Unidas en 2015, representan un llamado universal a la acción para erradicar la pobreza, proteger el planeta y promover la paz y la prosperidad. Basados en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), los ODS van más allá al abordar las causas fundamentales de la pobreza y el hambre, reconociendo la importancia de estrategias que fomenten el crecimiento económico, la educación, la salud, la protección social, las oportunidades laborales y la mitigación del cambio climático. Estos objetivos globales ofrecen una hoja de ruta y metas concretas para medir el progreso hacia un futuro equitativo, próspero y sostenible para todos.

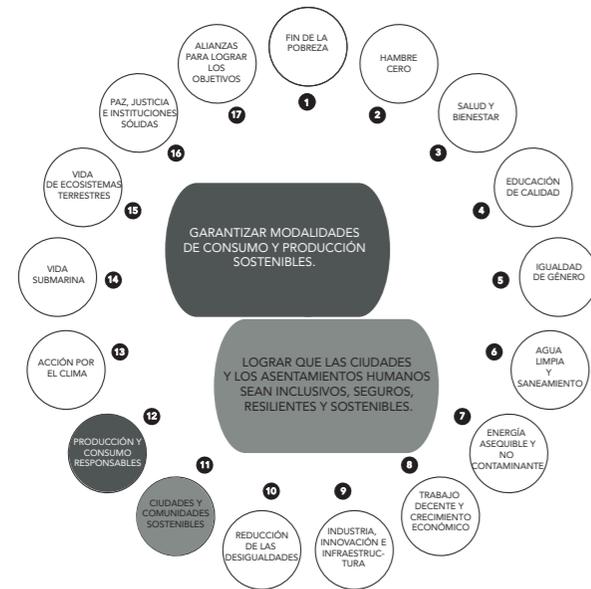


Figura 4. Los 17 objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: Elaborado por autor, con datos de (ONU, 2018).

2.2.4. Construcción y arquitectura sostenible

La construcción sostenible es una forma de construcción que tiene en cuenta el impacto ambiental de un edificio a lo largo de su ciclo de vida. Se trata de un enfoque holístico que tiene en cuenta todos los aspectos de un edificio, desde su diseño y construcción hasta su operación y mantenimiento, y su eventual demolición. La idea es minimizar el impacto ambiental de un edificio durante todas las etapas de su vida útil, para lograr una construcción así, es necesario tomar en cuenta diversos factores, como la selección de materiales, el diseño de la edificación, la eficiencia energética, el uso de energías renovables, la gestión de residuos, entre otros (Martinez, 1996).

La arquitectura sostenible es una disciplina que se dedica al estudio de la construcción de edificios y otros entornos construidos de una manera que sea ecológicamente responsable, se trata de un enfoque integral que tiene en cuenta el impacto ambiental de la construcción desde el anteproyecto hasta su finalización, incluso su mantenimiento, utilizando materiales y técnicas amigables con su entorno, se centra en que los espacios diseñados y construidos sean saludables para sus ocupantes, y que se adapten de manera eficiente a los cambios climáticos. (Colmenero, 2016).

2.2.4.1. Diseño para el confort humano

El diseño debe estar orientado a mejorar el confort y la calidad de vida de las personas. Se debe tener en cuenta el bienestar físico, mental y social de los usuarios al momento de diseñar un espacio. El confort debe estar presente tanto en el interior como en el exterior de los edificios y "dotar de adaptabilidad y durabilidad a partir de un diseño capaz de acoger personas de diferentes capacidades físicas" (Wieser, 2014).

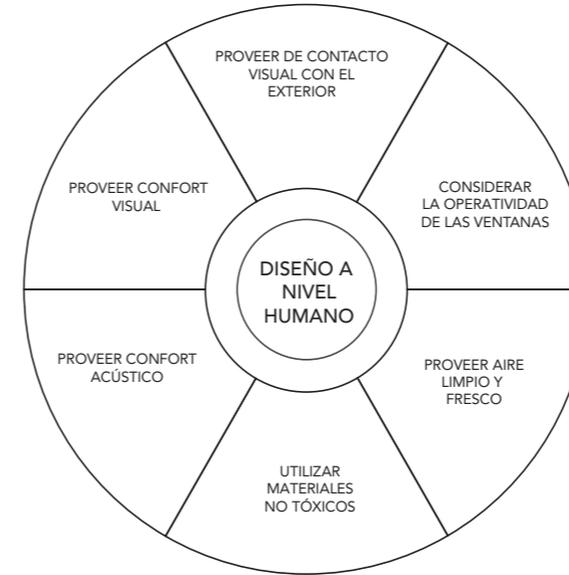


Figura 5. Principios de diseño para confort de usuario. Fuente: Elaborado por autor, con datos de (Wieser, 2014).

2.3. BIOCLIMÁTICA

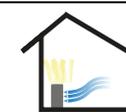
2.3.1. Arquitectura bioclimática

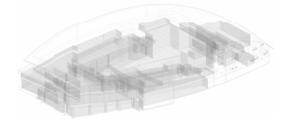
"La arquitectura bioclimática es aquella arquitectura que tiene en cuenta el clima y las condiciones del entorno para ayudar a conseguir el confort higrotérmico interior y exterior. Involucra y juega exclusivamente con el diseño y los elementos arquitectónicos, sin utilizar sistemas mecánicos" (Garzón, 2007).

Por tanto, la arquitectura bioclimática es una forma de arquitectura muy respetuosa con el medio ambiente, ya que utiliza los recursos naturales del entorno para conseguir el confort térmico y acústico. Esto la convierte en una opción muy interesante para aquellas personas que buscan una forma de construcción más sostenible.

2.3.2. Estrategias bioclimáticas

Las estrategias bioclimáticas son aquellas que aprovechan las condiciones climáticas, urbanísticas y/o geográficas de la zona donde se emplace el edificio para lograr el confort térmico en los ambientes interiores. Estas estrategias incluyen la orientación del edificio, la selección de materiales adecuados, la ventilación natural, el uso de sombras y protecciones solares, entre otros aspectos. El objetivo es reducir la necesidad de sistemas artificiales de calefacción o refrigeración y mejorar la eficiencia energética del edificio (MINEDU, 2021).

ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS	
ORIENTACIÓN	Aprovechar la radiación solar y controlar el calor intenso mediante la orientación adecuada de las fachadas del edificio (Chile, 2012). 
FORMA	Adaptar la volumetría del edificio para retener o disipar calor según las condiciones climáticas y el uso previsto (Chile, 2012). 
GANACIAS INTERNAS	Aprovechar el calor generado por actividades dentro del edificio para mejorar la eficiencia energética (TAREB, 2004). 
CALEFACCIÓN SOLAR PASIVA Y ACTIVA	Utilizar paneles fotovoltaicos y solares térmicos para generar energía eléctrica y calor a partir de la radiación solar (Planas, 2015). 
HUMIDIFICACIÓN MECÁNICA Y PASIVA	Introducir humedad adicional en el aire o aprovechar la evaporación para mejorar la calidad del aire interior (MINEDU, 2021). 
DES-HUMIDIFICACIÓN	Remover el vapor de agua del aire para controlar la humedad en el ambiente cerrado (MINEDU, 2021). 



CALEFACCIÓN CONVENCIONAL	Utilizar combustibles fósiles para calentar el aire, agua u otros medios (Carbonell, S/n).	
PROTECCIÓN SOLAR	Evitar la entrada directa de luz solar en el interior del edificio para mantenerlo fresco en climas cálidos (Gonzales, 2014).	
ALTA MASA TÉRMICA	Utilizar materiales con capacidad de almacenamiento de calor para regular la temperatura interior (Chile, 2012).	
MASA TÉRMICA Y VENTILACIÓN NOCTURNA	Reducir el calor acumulado durante el día permitiendo la entrada de aire fresco durante la noche (MINEDU, 2021).	
ENFRIAMIENTO POR EVAPORACIÓN	Utilizar la evaporación del agua para enfriar el aire de forma eficiente (Chile, 2012).	
INTERCAMBIADORES DE CALOR GEOTÉRMICO	Aprovechar la temperatura de la tierra para calentar o enfriar el aire mediante tubos enterrados (Chile, 2012).	
VENTILACIÓN NATURAL	Mejorar la calidad del aire en el interior del edificio mediante el flujo de aire exterior sin sistemas mecánicos de ventilación (YUSO, 2013).	

Tabla 1. Esta tabla muestra las estrategias bioclimáticas aplicadas a la arquitectura.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

2.3.3. Contadores bioclimáticos

Los climogramas son herramientas imprescindibles en el diseño bioclimático, ya que se basan en el principio de garantizar el confort térmico y la adecuada humedad en los espacios habitables. Estos diagramas psicrométricos establecen una relación visual entre la temperatura y la humedad, permitiendo así identificar las condiciones de confort en función de los índices tér-

micos, estos diagramas proporcionan valiosa información acerca de las distintas opciones de construcción y diseño disponibles, y al superponer las condiciones climáticas específicas de un lugar, indican directamente las estrategias que deben ser empleadas. (Toro, 2018).

2.3.3.1. Ábaco o climograma de los hermanos Olgay

La carta bioclimática de los hermanos Olgay nos ayuda a diseñar edificios cómodos y energéticamente eficientes, mediante la relación y sinergia entre el clima, la fisiología humana y el diseño de edificios. Gracias a este gráfico se puede seleccionar los materiales más adecuados para la construcción, orientar ventanas y diseñar sistemas de ventilación pasivas. (Olgay, 1998).

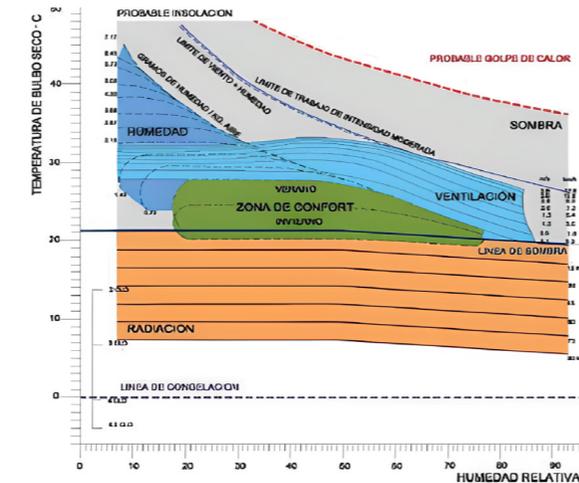


Figura 6. Climograma de los hermanos Olgay.
Fuente: (Hernández, 2014).

2.3.3.2. Ábaco o carta bioclimática de Givoni

La carta bioclimática de Givoni tiene en cuenta al que edificio y sus características de construcción como mo-

dicadoras de las condiciones que crean un ambiente interior, la carta se basa en un diagrama psicrométrico, que incluye la zona de confort, delimitada por la temperatura del bulbo seco y la humedad relativa, sin tomar en cuenta otros factores. Y la zona ampliada en la toma en cuenta factores como la masa térmica del edificio, el enfriamiento evaporativo, radiación solar, sistemas mecánicos, etc. (Baruch, 1969).

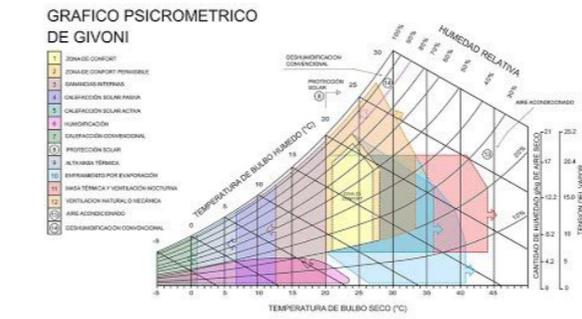


Figura 7. Climograma de Givoni.
Fuente: (Pittman, 2020).

2.3.3.3. Triángulos de confort de Jhon Martins Evans

El triángulo de confort, creado por John Martin Evans, es una valiosa herramienta analítica que resulta extremadamente útil para comprender las variaciones de temperatura y calor.

Uno de los aspectos destacados de este enfoque es la consideración del cambio de temperatura a lo largo del día, ya que esto juega un papel fundamental en el bienestar térmico. Es importante tener en cuenta que las temperaturas promedio por sí solas pueden resultar imprecisas o engañosas en la evaluación del confort térmico (Toro, 2018).

Triángulo de Confort

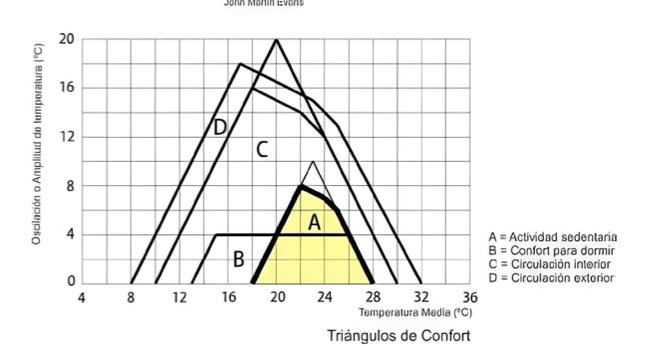


Figura 8. Triángulo de confort.
Fuente: (Toro, 2018).

Triángulo de Confort

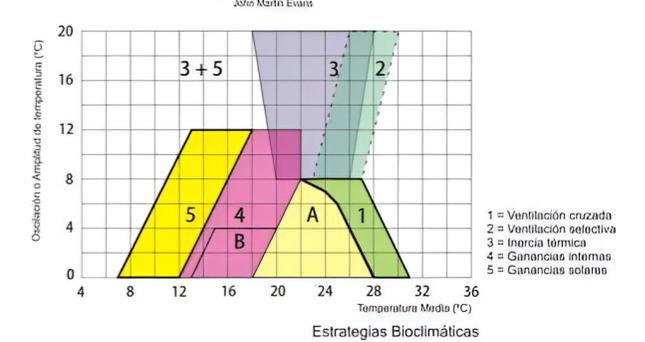


Figura 9. Triángulo de estrategias bioclimáticas.
Fuente: (Toro, 2018).

2.3.3.4. Diagrama de Isopetas

Este es un gráfico cartesiano que muestra regiones con rangos de temperatura comparables, con la temperatura promedio por hora para cada mes representada en la escala de tiempo. Las horas del día se representan en el eje vertical y los meses del año en el eje horizontal. Este diagrama muestra varias zonas que representan la necesidad de calor (principalmente por radiación solar) o

su exceso, así como el correspondiente requerimiento de ventilación para cada hora del año. Adicionalmente, destaca los momentos térmicamente confortables (Toro, 2018).

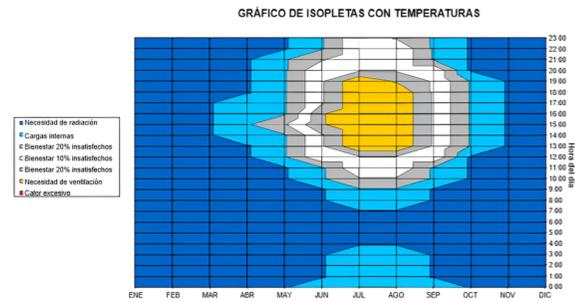


Figura 10. Diagrama de Isopetas.
Fuente: (Moran, 2018).

Nota, Esta figura muestra el diagrama o gráfico de isopetas donde las diferentes zonas de confort se representan con color plata y color blanco, las cargas internas con color celeste turquesa, las zonas con necesidad de radiación con color azul, las zonas con necesidad de ventilación con color amarillo y la zona de calor excesivo con color rojo que para este ejercicio no fue requerido (Moran, 2015).

2.3.3.5. Tablas de Mahoney y Evans

Las tablas de Mahoney son un método de diseño bioclimático desarrollado por Carl Mahoney y John Evans en el año 1971.

Este procedimiento se fundamenta en la comparación de distintos datos climáticos en una zona determinada con límites de confort tanto de día como en la noche.

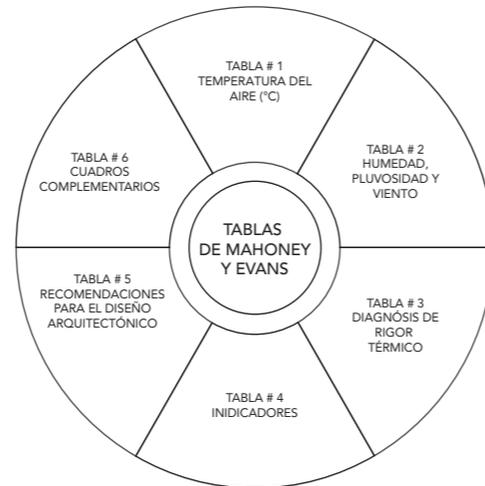


Figura 11. Los seis tipos de tablas establecidas por Carl Mahoney y Jhon Evans.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.



Figura 12. Esta figura muestra los seis indicadores de humedad y sequedad establecidos por Carl Mahoney y Jhon Evans.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

2.4. Confort Ambiental en la arquitectura

En el ámbito arquitectónico, la primacía del confort en los espacios interiores surge como un factor clave para el desarrollo integral del individuo en su entorno. Este concepto, intrínseco a la fluidez y comodidad, incide de manera significativa en diversos aspectos. En este contexto, el confort ambiental se cristaliza cuando los habitantes de una edificación experimentan una sensación de bienestar físico y psicológico derivado de un adecuado equilibrio en los elementos térmicos, lumínicos, acústicos y visuales, tal como establece la Agencia Chilena de eficiencia energética (AChEE, 2012).

Es imperativo que estos factores influyentes se mantengan en rangos óptimos, asegurando así la concepción de edificaciones que promuevan la comodidad y el desarrollo idóneo de sus ocupantes.

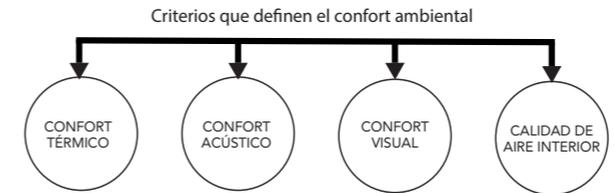


Figura 13. Esta figura muestra los criterios que definen el confort ambiental en la arquitectura
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

2.4.1. Confort térmico

Cuando el cuerpo se encuentra en una temperatura adecuada para su metabolismo y funcionamiento óptimo, se experimenta una placentera y confortable sensación de bienestar térmico. Esta sensación de comodidad térmica se caracteriza por un equilibrio en el que el cuerpo no siente ni demasiado calor ni demasiado frío, permitiendo un funcionamiento eficiente y un estado de relajación.

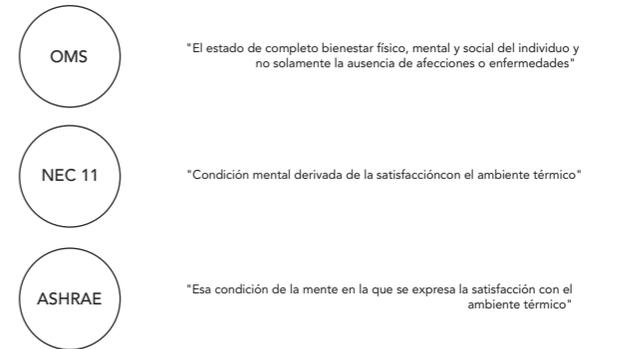
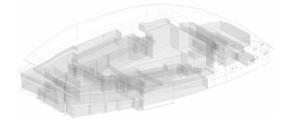


Figura 14. Esta figura muestra algunas de las definiciones adoptadas para el confort térmico.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

Tomando en cuenta los conceptos abordados en la Fig.14, podemos apreciar que la diferencia no es significativa y que todas las definiciones pertenecen a un estado transitorio, teniendo que el primer concepto es un estado transitorio más extenso, y los dos siguientes han adoptado un concepto relativamente idéntico.

2.4.1.1. Factores ambientales que influyen en el confort térmico

La temperatura del aire y del suelo, la humedad, el viento y la iluminación natural son elementos críticos que inciden notablemente en la sensación de bienestar y comodidad de las personas. De acuerdo con Serra (1995), el confort térmico se logra cuando la temperatura del aire y del suelo se encuentran en un rango adecuado para el confort humano, la humedad se mantiene en niveles óptimos y se evitan las corrientes de aire indeseadas. La fuerza y la dirección del viento pueden influir en la percepción de frescura o incomodidad. Es fundamental considerar estos factores en la planificación y diseño de espacios habitables, ya que impactan directamente en la calidad de vida de sus ocupantes, promoviendo ambientes saludables y confortables.

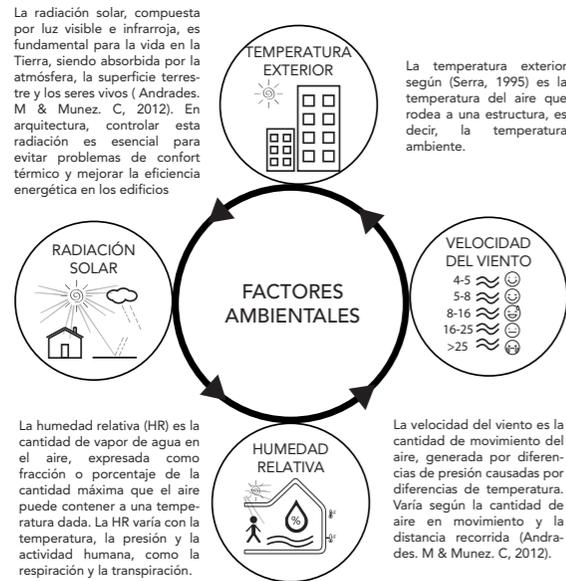
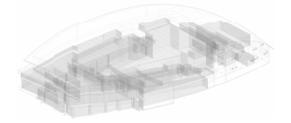


Figura 15. Esta figura muestra los factores ambientales que influyen directamente en el confort térmico. Fuente: Elaborado por autor, 2024.

2.4.1.2. Factores de usuario que influyen en el confort térmico

A pesar de que el confort es un concepto muy subjetivo, existen factores objetivos que pueden incidir en él independientemente del entorno. Algunas de estas variables son biológico-fisiológicas; dependen de cosas como el género, la edad y el metabolismo, entre otras cosas. Además, los factores sociológicos y psicológicos son significativos. Las elecciones de ropa de las personas, ya sea que estén impulsadas por la moda o las preferencias personales, las actividades que tienen lugar en un espacio particular, las costumbres sociales y otros factores, todos tienen un impacto en los factores sociológicos. Por el contrario, las variables psicológicas están determinadas por las percepciones y preferencias únicas de cada persona (Serra R.& Coch. H , 1995).

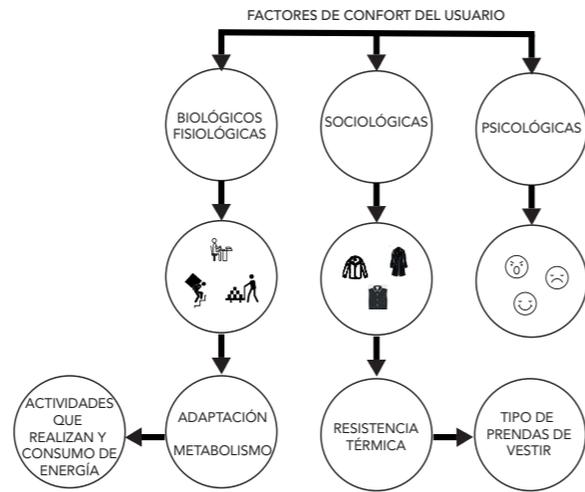


Figura 16. Esta figura muestra los factores de usuario que influyen directamente en el confort térmico. Fuente: Elaborado por autor, 2024.

El gasto metabólico es la energía necesaria para realizar una actividad, compuesto por el metabolismo basal (energía en reposo) y el gasto por actividad. El total varía según la intensidad y duración de la actividad, la edad y la constitución física. Por ejemplo, una persona más grande necesita más energía para la misma actividad (García, 1994).

TASAS METABÓLICAS DE TAREAS TÍPICAS			
TASA METABÓLICA			
ACTIVIDADES	U. Cumplidas	W/m2	btu/h*ft2
Durmiendo	0,7	40	13
Reclinable	0,8	45	15
De pie, relajado	1,2	70	22
Leyendo, sentado/ escribiendo	1	55	18
Mecanografía	1,1	65	20
Archivo, de pie	1,4	80	26
Caminando	1,7	100	31
Limpieza	2,7	157	50

Tabla 2. Esta tabla muestra la generación de calor dependiendo de la intensidad de las actividades típicas realizadas Fuente: Elaborado por autor, 2023. Con datos de (ASHRAE, 2017).

2.4.1.2.2. Resistencia térmica

El intercambio térmico entre el cuerpo humano y el entorno se ve influenciado por la vestimenta, que actúa como una barrera térmica. Se identifican tres procesos de intercambio térmico: entre la ropa y el ambiente exterior, entre el cuerpo humano y la ropa, y entre las partes expuestas del cuerpo y el entorno externo. Estos procesos determinan la regulación térmica y el equilibrio de calor entre el cuerpo y su entorno (García, 1994).

AISLAMIENTO TÉRMICO DE ROPA / NIVEL DE CLO	
CONJUNTOS DE ROPA	CLO
Pantaloneta + camiseta	0.36
Falda media+ camiseta + zapatillas	0.54
Pantalon+ camiseta + calcetines + zapatos	0.57
Pantalon+ camisa manga larga	0.61
Pantalon deportivo+ sudadera manga larga	0.74
Chaqueta + pantalon + camisa manga larga	0.96
Ropa típica de invierno	1.04

Tabla 3. Esta tabla muestra el aislamiento térmico de algunos tipos de prendas generales de vestir. Para obtener los datos en (clo), tener en cuenta que 1 clo es igual a 0.115 M2KW. Fuente: Elaborado por autor, 2024. Con datos de (ASHRAE, 2017).

2.4.2. Confort acústico

La evolución de la especie humana guarda una estrecha relación con su habilidad para emitir y percibir sonidos. Estos sonidos, portadores de información, generan sensaciones que pueden ser gratificantes o incómodas, influyendo así en el comportamiento humano. En conexión con este concepto, el surgimiento de la música marca el inicio del examen del fenómeno sonoro. El progreso de la música se erigió como un medio de transmisión que posibilitó a los estudiosos de la época avanzar en sus conocimientos de acústica (Long, 2005).

Los primeros indicios de la Acústica Arquitectónica se identifican en el Hipogeo de Paola, ubicado en Malta. Se denomina hipogeo a un conjunto de cámaras sepul-

crales talladas en roca que han sido empleadas por diversas sociedades a lo largo de la historia.

2.4.2. Confort visual

El confort visual se refiere a la sensación de comodidad y facilidad que experimenta una persona al realizar tareas visuales. Está influenciado por diversos factores, como la iluminación, el contraste, la ergonomía y la calidad visual del entorno. Para que una persona experimente confort visual, es importante que la iluminación sea adecuada para la tarea que se está realizando, que no haya deslumbramientos ni reflejos molestos, y que los objetos sean claramente visibles y reconocibles. El diseño adecuado de espacios y la elección de colores y materiales también pueden contribuir al confort visual.

2.4.2.1. Confort lumínico

La sensación de bienestar lumínico se vincula con la interpretación visual de la luz a través del sentido de la vista. Es esencial señalar que el bienestar lumínico se distingue del bienestar visual, ya que el primero se centra principalmente en los aspectos físicos, fisiológicos y psicológicos asociados con la luz, mientras que el segundo aborda principalmente los aspectos psicológicos relacionados con la percepción del espacio y los objetos circundantes al individuo (Eadic,2008, pág. 35).

En entornos de trabajo, los problemas visuales asociados a la iluminación inadecuada son comunes y pueden dar lugar a accidentes. El diseño eficaz de sistemas de iluminación requiere una colaboración temprana entre arquitectos, luminotécnicos y responsables de la seguridad en el trabajo.

Factores como el tipo de lámpara, el sistema de iluminación, la distribución de luminancia y la composición espectral de la luz son cruciales (Encyclopedia of Occupational Health & Safety, 2011).

ILUMINACIÓN RECOMENDADA PARA ACTIVIDADES INTERIORES	
AMBIENTE INTERIOR	NIVEL DE LUMINANCIA (LUX)
Salas de conferencias y reuniones	500
Oficinas/escritura, mecanografía, lectura	500
Área de ventas, pequeña	300
Corredores, pasillos	100
Teatros, salas de concierto	200
Salas multipropósito	300
Salas de ensayo	300
Museos (general)	300
Zonas de lectura	500
Talleres de enseñanza	300
Salas deportivas, gimnasios, baile	300

Tabla 4. Esta tabla muestra la iluminación recomendada para algunos ambientes interiores. Fuente: Elaborado por autor, 2024. Con datos de (INTEC, 2016).

2.4.2.2. Isóptica

Las isópticas son curvas que surgen a partir de trazos o cálculos destinados a garantizar una óptima visibilidad para los espectadores. Estos cálculos se basan en la ubicación de los ojos de los espectadores en la primera fila, y a medida que se proyectan, determinan la posición de los ojos de los espectadores en las filas subsiguientes.

En esencia, una ISÓPTICA REPRESENTA EL LUGAR GEOMÉTRICO DE LOS OJOS DE LOS ESPECTADORES. Cuando se representa esta isóptica en un corte, el lugar geométrico adopta la forma de una línea curva; y en el conjunto de espectadores, este lugar geométrico se manifiesta como una SUPERFICIE CURVA en el espacio ideal.

Vale destacar que la gradería no constituye la isóptica en sí misma, sino más bien la proyección descendida de la isóptica, ajustada por la altura promedio de los ojos de los espectadores con respecto al suelo de la grada en su ubicación específica (Alvarado, 1978).

La isóptica vertical se encarga de determinar las alturas adecuadas para el diseño de gradas, garantizando una buena visibilidad para los observadores. Su cálculo establece la curva ascendente que define el escalonamiento entre las filas de asientos. Esto se logra mediante métodos matemáticos que utilizan la siguiente fórmula:

$$h' = h + k - \frac{(h-h')}{d} \times d'$$

Donde:

- h' es la altura del ojo del espectador.
- d' es la distancia del espectador al punto base para el trazo.
- h es la altura de los ojos de los espectadores de la fila anterior.
- k es una constante que indica la diferencia de nivel entre los ojos y la parte superior de la cabeza.
- d es la distancia desde el punto base para el trazo hasta los espectadores de la fila anterior.

Figura 17. Esta figura muestra la fórmula matemática para cálculo manual de isóptica vertical. Fuente: Alvarado, 2018).

La isóptica vertical considera la altura promedio de los ojos al suelo (1.10 m) y la distancia entre el oído y la parte superior de la cabeza (12 cm) para calcular la visibilidad adecuada en gradas diseñadas para espectadores sentados. También tiene en cuenta la antropometría y el mobiliario (Iñiguez, 2021).

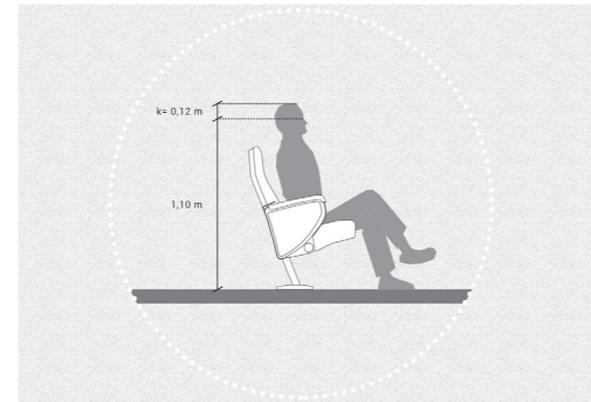


Figura 18. Esta figura muestra las dos variables a tener en cuenta previo al cálculo de la isóptica, tanto la altura promedio de los ojos y la parte superior de la cabeza (k). Fuente: Iñiguez, 2021).

2.5. Calefacción y refrigeración

Las cargas térmicas son fundamentales para dimensionar adecuadamente los sistemas HVAC y elegir el equipo adecuado, ya que determinan la capacidad necesaria de climatización. Un cálculo preciso evita consumos excesivos de energía y asegura un ambiente interior confortable y saludable.

2.5.1. Cargas térmicas

La carga térmica se refiere a la energía necesaria para mantener o alcanzar condiciones específicas de temperatura y humedad en un área, con el fin de satisfacer necesidades particulares en entornos residenciales o actividades específicas. Se divide en cargas térmicas sensibles, causadas por cambios de temperatura y radiación térmica, y cargas térmicas latentes, relacionadas con la adición de humedad al aire, ya sea del exterior o generada internamente. Este enfoque permite una evaluación precisa de los requisitos energéticos para mantener condiciones térmicas deseables (S&P, 2020).

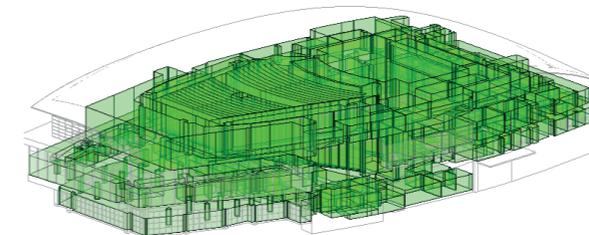


Figura 19. Esta figura muestra el modelo energético dimensionado en Autodesk Revit para realizar el cálculo de cargas térmicas. Fuente: Elaborado por autor, 2024.

2.5.1. Sistemas HVAC

Los sistemas HVAC tienen sus raíces en el siglo XIX, con el ingeniero Willis Haviland Carrier como pionero al inventar el primer dispositivo de aire acondicionado (Sadurní, 2023).

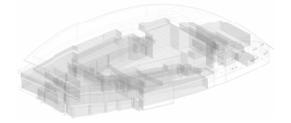
Las siglas en inglés de HVAC significan Heating, Ventilating y Air Conditioned, y hacen referencia a la renovación del aire para hacerlo puro. El sistema HVAC utiliza 3 procesos para poder renovar el aire de un lugar, y además usa otros elementos, que son calentamiento, enfriamiento, ventilación, humidificación, deshumidificación, movimiento de aire interior (Gonzales, 2020).



Figura 20. Ejemplo de un sistema HVAC Fuente: (samiadmin, 2022).

2.6. Espacio, teatro y arquitectura

Tanto el teatro como la arquitectura comparten la idea de dar forma y materializar espacios, aunque no siempre se consideró al espacio como protagonista en ambas disciplinas. En arquitectura, la noción consciente del espacio surge a finales del siglo XIX, mientras que en el teatro, la apreciación de la espacialidad comienza



a principios del siglo XX con las vanguardias teatrales que enfatizan la puesta en escena y transforman la escenografía en un espacio escénico que organiza la relación de los actores y espectadores.

La relación entre el teatro y la arquitectura es profunda y compleja. Ambas disciplinas comparten la creación y organización del espacio, pero también tienen en cuenta aspectos como la atmósfera y la relación con el público. La exploración de estas similitudes puede enriquecer tanto la práctica teatral como la arquitectónica, abriendo nuevas posibilidades creativas y conceptuales en ambos campos.

2.6.1. Partes del Teatro moderno

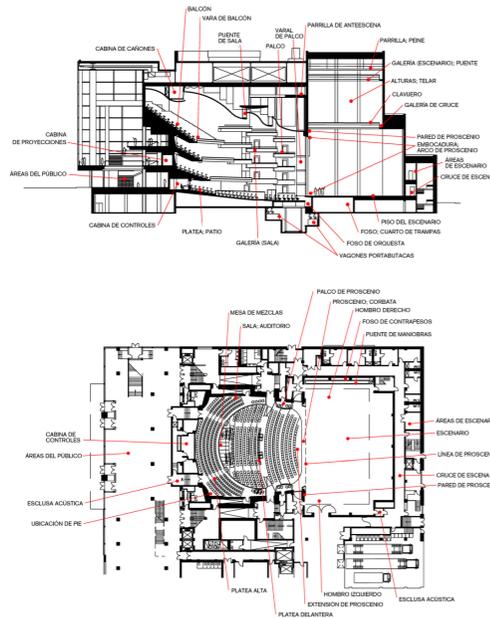


Figura 21. Partes de un Teatro Moderno
Fuente: Elaborado por (Theatre Projects Consultants, 2023).

DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES DE UN TEATRO	
Alturas, Telar	Espacio sobre el escenario para colgar elementos de escenografía y equipo técnico
Áreas del Escenario	Espacios no públicos para preparar la representación, incluyendo áreas detrás del escenario
Áreas del Público	Todas las áreas públicas de un teatro, incluyendo áreas al frente
Balcón	Zona elevada de asientos sobre otra zona de butacas.
Cabina de Cañones	Espacio elevado para cañones de luz que siguen a los intérpretes
Cabina de Controles	Compartimento para manejar controles de iluminación y sonido
Cabina de Proyecciones	Espacio elevado para instalar y operar equipo de proyección
Caja Escénica	Parte del teatro detrás de la pared de proscenio, incluye escenario, hombros, puentes y espacios asociados
Clavijero	Baranda para amarrar tiros manuales
Cruce de Escena	Pasaje detrás del escenario para moverse sin ser vistos
Embocadura	Abertura en la pared de proscenio por donde se ve el escenario
Escenario	Espacio para representaciones u otros entretenimientos
Esclusa Acústica	Vestíbulo que aísla la sala de ruidos y luz exterior
Extensión de Proscenio	Extensión del escenario hacia la sala, más allá de la corbata
Foso	Piso inferior del escenario para efectos escénicos
Foso de Contrapesos	Espacio para desplazamiento de contrapesos
Foso de Orquesta	Zona donde toca la orquesta, a veces elevada para nivelarse con la sala
Galería	Zona elevada de butacas o pasarela dentro de la caja escénica
Hombros	Laterales del escenario para preparación de artistas y operación de maquinaria
Línea de Proscenio	Línea en el piso del escenario para medidas de escenografía
Mesa de Mezclas	Consola de sonido temporalmente ubicada en la sala
Palco	Zona de asientos separada con capacidad reducida
Palco de Proscenio	Palco contiguo a la pared de proscenio
Pared de Proscenio	Pared que separa el escenario de la sala
Parrilla	Suelo sobre la caja escénica para montaje de equipo técnico
Parrilla de Anteescena	Parrilla sobre la parte delantera de la sala para tramoya
Piso del Escenario	Superficie del suelo del escenario
Platea	Parte baja del teatro ocupada por butacas
Proscenio	Zona entre la pared de proscenio y el foso de orquesta
Puente	Pasarela elevada que puede moverse a diferentes alturas
Puente de Maniobras	Plataforma para maniobras de decorados suspendidos
Puente de Sala	Pasarela sobre la sala para montaje y manejo de focos
Sala	Zona del teatro para espectadores

Ubicación de Pie	Zona para espectadores de pie por un precio reducido
Vagón Portabutacas	Plataforma móvil con butacas fijas para aumentar aforo
Vara de Balcón	Vara para montar focos en el frente de un balcón
Varal de Palco	Varal para montaje de focos en las paredes laterales de la sala

Tabla 5. Esta tabla describe las partes de un Teatro moderno
Fuente: Elaborado por autor, 2024. Con datos de (Theatre Projects Consultants, 2023).

En un teatro, los espacios complementarios son fundamentales para su funcionamiento. Estos incluyen aulas, salas polivalentes, micro escenarios, vestíbulos (como el lobby o foyer), camerinos, zonas húmedas (como servicios sanitarios y áreas de bar o café), salas de traducción, cuartos técnicos, y salas de ensayo, entre otros. La selección de estos espacios depende de los requerimientos y dimensiones específicas de cada teatro.

DESCRIPCIÓN DE ESPACIOS COMPLEMENTARIOS DE UN TEATRO	
Sala polivalente, plurivalente	<p>“Espacio destinado para varios fines”, es decir, que sirve para muchas cosas. Por lo tanto, se puede decir que el espacio destinado a una sala polivalente debe ser, como su nombre indica, versátil y adaptable o reconfigurable. Debe tener la capacidad de albergar varios eventos. Para lograr esto, a veces es necesario implementar estrategias que incluyan elementos telescópicos, los cuales facilitan la reconfiguración del espacio según las necesidades del evento.</p> <p>Según la RAE (2023) telescópico es “dicho de ciertos instrumentos contruidos de forma semejante a la del telescopio de mano, es decir, formados por piezas longitudinalmente sucesivas que pueden recogerse encajando cada una en la anterior, con lo cual se reduce su largura para facilitar su transporte.”</p>
Vestíbulo, foyer, lobby	<p>“Sala amplia a la entrada del edificio”. En los teatros, el área amplia a la entrada del edificio se conoce como foyer, mientras que en hoteles se le llama lobby. En teatros con varios vestíbulos, el segundo vestíbulo principal suele adoptar también el nombre de lobby</p>
Camerino	<p>“Aposento individual o colectivo, donde los artistas se visten, maquillan o preparan para actuar”</p>
Cuarto técnico	<p>“Habitación perteneciente o relativo a aplicaciones de las ciencias o artes”. En el caso de un teatro, el cuarto técnico es fundamental para el control de estos elementos durante las presentaciones</p>

Tabla 6. Esta tabla describe algunas de las partes complementarias de un Teatro moderno.
Fuente: Elaborado por autor, 2024. Con datos de (RAE,2023).

2.6.1. Micro Teatros

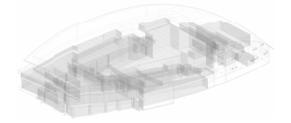
El Microteatro, resurgido en España en 2009 en un antiguo prostíbulo a punto de ser demolido, revolucionó la escena teatral. En este innovador concepto, dramaturgos, artistas y actores presentaban obras en cada habitación del burdel. Las obras se representaban mientras hubiera público, llegando a repetirse entre 15 y 16 veces por noche. Este proyecto, llamado ‘Microteatro por dinero’, tuvo un éxito sin precedentes en Madrid, una ciudad donde el teatro alternativo es escaso. La propuesta era revolucionaria, con entradas a un euro y de carácter eventual. Tras este éxito inicial, se propuso establecer un espacio fijo para continuar con esta idea. (Kong, 2019)

El Microteatro ofrece una experiencia única de entretenimiento exprés, permitiendo disfrutar de una obra teatral corta. Las representaciones se llevan a cabo en salas pequeñas, con capacidad reducida de espectadores. Además, antes o después de la función, los espectadores pueden disfrutar de un momento en el bar. Esta propuesta se adapta a los nuevos hábitos culturales, donde el público tiene el poder de decidir qué ver, por cuánto tiempo y cuánto gastar.

2.7. Software de computación verde y diseño sostenible

Los software de diseño sostenible son esenciales para verificar estrategias y compararlas con construcciones tradicionales. En la etapa de diseño, los arquitectos combinan técnicas pasivas y las analizan en entornos controlados. (Rake, 2021)

En el mercado existen software que ofrecen estas importantes previsiones. Algunos son de alto costo, mientras que otros cumplen con las mismas exigencias, pero en formato de código abierto (open source). Algunos de ellos se detallan en la tabla 6.



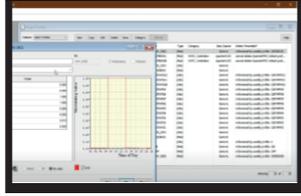
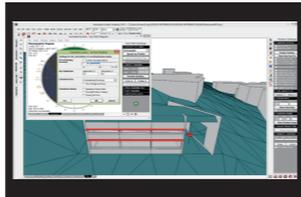
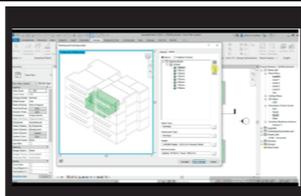
SOFTWARE DE DISEÑO SOSTENIBLE	
ES Virtual Environment	<p>ES Virtual Environment (IES VE) es una ampliamente adoptada suite de software de simulación para evaluación y optimización del rendimiento energético y ambiental en la construcción sostenible. Desarrollado por Integrated Environmental Solutions (IES) Ltd., permite análisis detallados de energía, iluminación, ventilación y otros aspectos cruciales para el diseño y operación sostenible de edificaciones, es un software de pago que posee una prueba gratuita por 30 días (IES VE, 2021-2024).</p> 
EnergyPlus	<p>EnergyPlus, desarrollado por el Departamento de Energía de EE. UU. (DOE), es una herramienta robusta y precisa para la simulación energética de edificios, permitiendo modelar sistemas complejos y evaluar estrategias de eficiencia. Aunque es de código abierto y cuenta con una amplia comunidad de usuarios, su interfaz puede resultar compleja para usuarios no familiarizados, requiriendo sólidos conocimientos técnicos y tiempo para dominar su uso ((Energy plus, 2022).</p> 
AutoDesk EcoTect Analysis	<p>AutoDesk EcoTect Analysis, inicialmente desarrollado por Autodesk, fue un programa para evaluar el impacto ambiental y la eficiencia energética en proyectos de diseño. En respuesta a la demanda de eficiencia en la industria AEC, Autodesk integró EcoTect Analysis en la familia Revit a partir de 2015, centrando sus recursos en BIM y soluciones basadas en la nube para análisis y visualización del rendimiento en la construcción (Autodesk, 2022).</p> 
AutoDesk Revit	<p>Revit®, un software líder en Building Information Modeling (BIM), facilita la creación de edificaciones de alta calidad al permitir a equipos AEC modelar formas, estructuras y sistemas 3D con precisión paramétrica. Además de agilizar la documentación, ofrece un entorno unificado y herramientas especializadas para equipos multidisciplinarios, destacando su papel esencial en el diseño sustentable al posibilitar análisis detallados y evaluación rápida del impacto ambiental, posee software gratuito para estudiantes (Autodesk, 2024).</p> 
Design Builder	<p>DesignBuilder es un software de arquitectura modular de pago con una prueba gratuita de 30 días, compuesto por nueve módulos especializados y un potente modelador 3D central. Su interfaz intuitiva permite la edición y adaptación de datos específicos de ubicación. Esta herramienta completa facilita a profesionales del diseño y construcción evaluar y mejorar el rendimiento energético mediante modelado y simulación de escenarios diversos, cubriendo áreas como visualización, simulación, optimización, iluminación, costo, CFD, HVAC, LEED y programación HTML (DesignBuilder/Lat, 2018).</p> 

Tabla 7. Esta tabla describe los software de diseño sostenible.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

2.8. Tecnología BIM y tecnología BEM

BIM (Building Information Modeling) y BEM (Building Energy Modeling) son tecnologías clave en la construcción moderna. BIM se enfoca en la gestión de información para edificaciones con sus 7 dimensiones, mientras que BEM se centra netamente en el análisis energético de edificios. Juntas, mejoran la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos.

2.8.1. Tecnología BIM

Antes de emprender un proyecto bajo la metodología BIM, resulta crucial contemplar las fases de planificación, diseño, ejecución y control, así como comprender a fondo las múltiples dimensiones inherentes a la construcción. En este contexto, se hace necesario trabajar con las siete dimensiones que abarcan diversos aspectos relacionados con la planificación, diseño, construcción y gestión del proyecto (Gonzales W. Y Lesmes C, 2017).

En el marco de este estudio de investigación, se centrará la atención en una dimensión específica dentro del contexto de las siete dimensiones del enfoque BIM. Se dará especial énfasis a la sexta dimensión, que se enfoca en la sostenibilidad y el consumo energético del proyecto, buscando optimizar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental.



Figura 22. Esta figura muestra las 7 dimensiones BIM
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

2.8.2. Tecnología BEM

La tecnología de Modelado Energético de Edificios (BEM, por sus siglas en inglés, Building Energy Modeling) representa una herramienta sumamente beneficiosa para múltiples actores involucrados en el proceso de diseño y regulación de la edificación. Arquitectos, ingenieros y demás profesionales del sector obtienen ventajas sustanciales gracias a un enfoque computarizado eficiente, en contraposición a los cálculos manuales. Esta metodología les permite evaluar y perfeccionar el desempeño energético de la estructura desde sus etapas iniciales de concepción (Arachchi, 2023).

Además, les brinda la capacidad de tomar decisiones fundamentadas para estimar el consumo energético, evaluar el comportamiento térmico y el confort de los espacios en edificaciones.

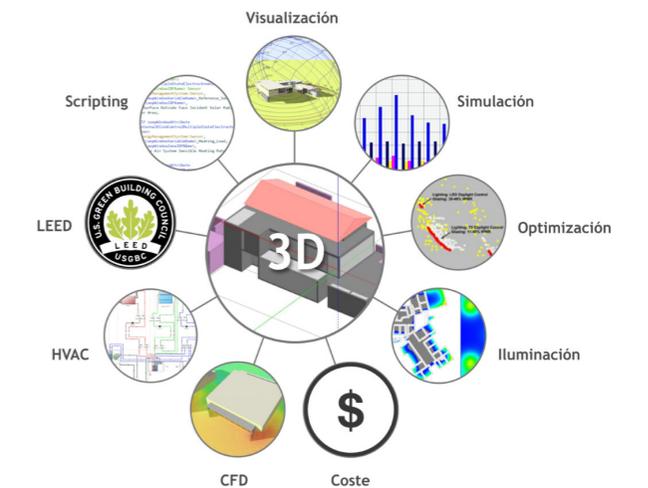
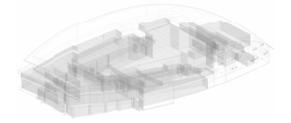


Figura 23. Esta figura muestra los 9 módulos con los que trabaja generalmente la metodología BEM, ejemplo DesignBuilder.
Fuente: (DesignBuilder/Lat, 2018).



2.9. Métodos de evaluación de confort a ser utilizados en el TNBC

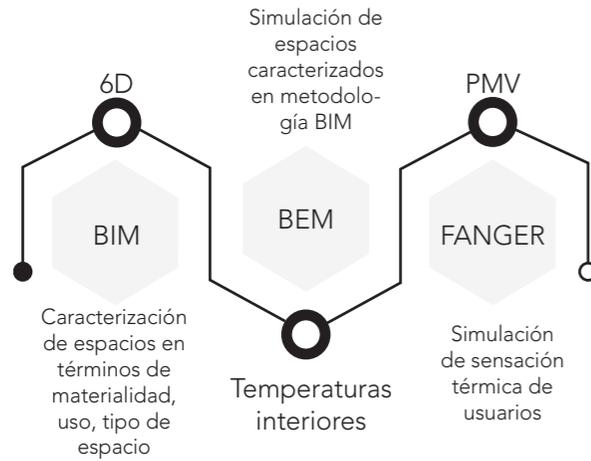


Figura 24. Esta figura muestra el proceso de análisis de confort térmico elegido para el TNBC. Fuente: Elaborado por autor, 2024.

2.9.1. Método tradicional de Fanger

El ingeniero danés Povl Ole Fanger desarrolló un método conocido como el "Método de Fanger", el cual se utiliza para predecir el nivel de comodidad que experimentará una persona en un entorno específico. Este método considera varias variables que afectan el intercambio térmico entre el individuo y su entorno, como el nivel de actividad, las características del vestuario, la temperatura ambiente, la humedad relativa, la temperatura radiante media y la velocidad del aire (Centro de Investigación y Asistencia Técnica - Barcelona, 1983).

El Método de Fanger se basa en la neutralidad térmica, donde una persona se siente cómoda si la temperatura del aire está dentro de un rango cercano a su temperatura corporal.

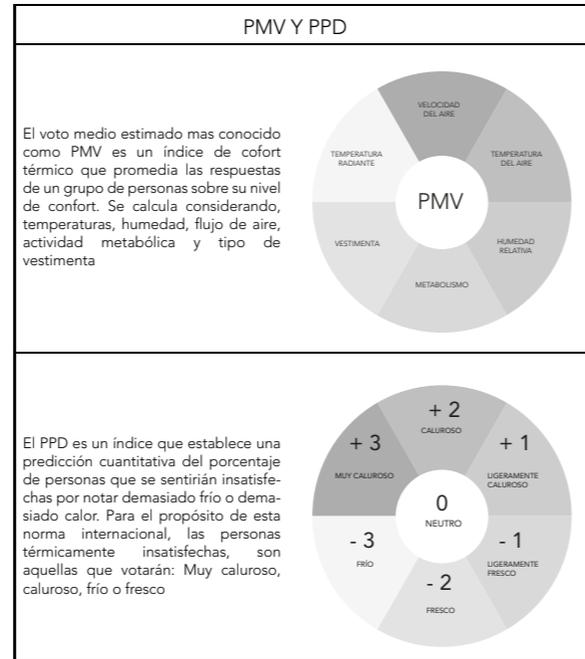


Tabla 8. Esta tabla describe el PMV y PPD usado en el método tradicional de Fanger Fuente: Elaborado por autor, 2024. Con datos de (Comité Técnico AEN/CTN, 2006).

2.9.1.1. Aplicación del método tradicional de Fanger

Considerando que el método de Fanger es relativamente antiguo, en la actualidad se han desarrollado formas más simplificadas y directas de aplicarlo con la ayuda de la tecnología. Sin embargo, es fundamental comprender la esencia de su aplicación, ya que, a pesar de su antigüedad, sigue siendo una metodología ampliamente utilizada en la actualidad, aunque ahora se apoya en software para realizar los cálculos.

1. Recopilación de información

Nivel de actividad o tasa metabólica:

Es necesario obtener datos sobre la tasa metabólica, que es una medida del gasto energético cuando una persona o trabajador realiza una tarea específica.

Características de vestimenta o nivel de clo:

Para aplicar el método es necesario estimar el grado de aislamiento que la ropa habitual o de trabajo proporciona al usuario

Características ambientales del entorno:

Estos datos son obtenidos de manera experimental, es decir, tomando mediciones in situ con la ayuda de instrumentos especializados.

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA	U. DE MEDIDA	INSTRUMENTOS
Temperatura del aire	°C	TERMÓMETRO DE MERCURIO
Humedad relativa	%	HIGÓMETRO
Velocidad relativa del aire	m/s	ANEMÓMETRO
Temperatura radiante media	°C	

2. Cálculo de voto medio estimado (PMV)

Al finalizar la recopilación de información, se calcula el PMV, que es el promedio de las calificaciones de un grupo sobre una situación térmica específica. Se usa una escala de 7 niveles y se basa en el equilibrio térmico del cuerpo humano, calculado con la ecuación de confort de Fanger.

Ecuación de Fanger

$$PMV = [0.303 \cdot e^{-0.036M} + 0.028] \cdot \{(M - V) - 3.05 \cdot 10^{-8} \cdot [5733 - 6.99 \cdot (M - V) - p_a] - 0.42[(M - V) - 58.15] - 1.7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - p_a) - 0.0014 \cdot M \cdot (34 - t_{ra}) - 3.96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_{ra})\}$$

En lo que:

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028 \cdot (M - V) - I_{cl} [3.96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot ((t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4) - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_{ra})]$$

$$h_{cl} = \begin{cases} 2.38 \cdot |t_{cl} - t_{ra}|^{0.25} & \text{si } 2.38 \cdot |t_{cl} - t_{ra}|^{0.25} > 12.1 \sqrt{v_{ar}} \\ 12.1 \sqrt{v_{ar}} & \text{si } 2.38 \cdot |t_{cl} - t_{ra}|^{0.25} < 12.1 \sqrt{v_{ar}} \end{cases}$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1.00 + 1.290 \cdot I_{cl} & \text{si } I_{cl} \leq 0.078 \frac{m^2}{W} \\ 1.05 + 0.645 \cdot I_{cl} & \text{si } I_{cl} > 0.078 \frac{m^2}{W} \end{cases}$$

3. Cálculo de personas insatisfechas (PPD)

una vez que se conoce el Voto Medio Estimado, es factible calcular el Porcentaje de Personas Insatisfechas (PPD) en el entorno térmico evaluado. Este índice determina la dispersión de las calificaciones de las personas en torno al PMV obtenido y representa el porcentaje de personas que considerarían la sensación térmica como desagradable, muy fría o muy calurosa. Para efectuar el cálculo se usa esta ecuación:

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-0.03353 \cdot PMV^4 - 0.2179 \cdot PMV^2}$$

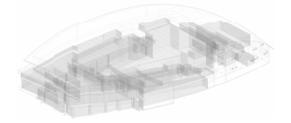
4. Análisis de resultados

Cuando el PMV está entre -0,5 y 0,5, la mayoría se siente cómoda. Fuera de ese rango se considera incómodo y se deben tomar medidas. Un PPD hasta 10% es satisfactorio; más alto, indica incomodidad, siendo el 10% el límite para el PMV (-0,5 a 0,5)

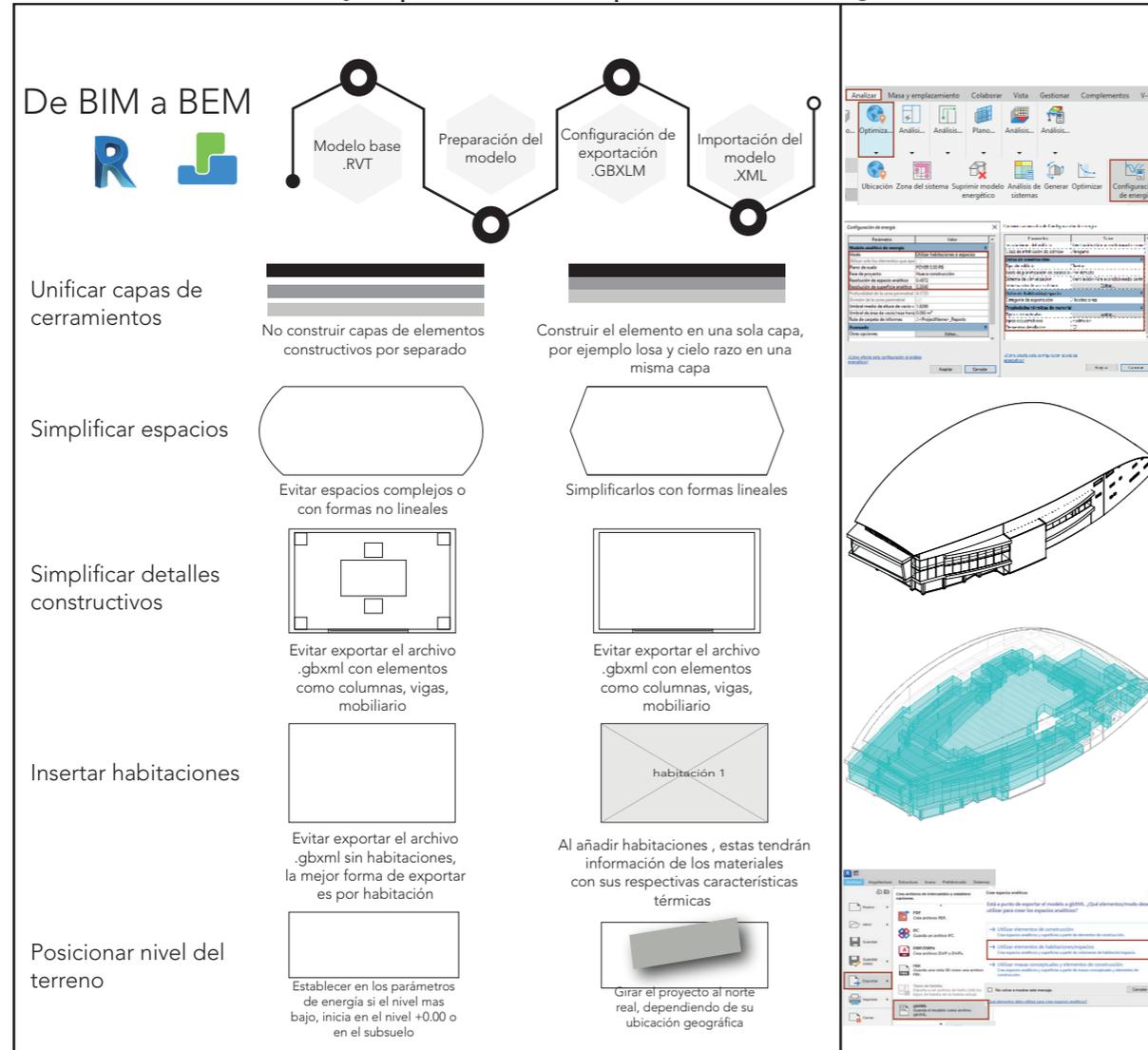
5. Propuesta correctiva

Luego de analizar los resultados, se plantean correctivos de ser el caso y se vuelve a realizar el análisis.

Figura 25. Esta figura describe como aplicar el método tradicional de Fanger. Fuente: Elaborado por autor, 2024. Con datos de (Diego-Mas & Antonio, 2015).



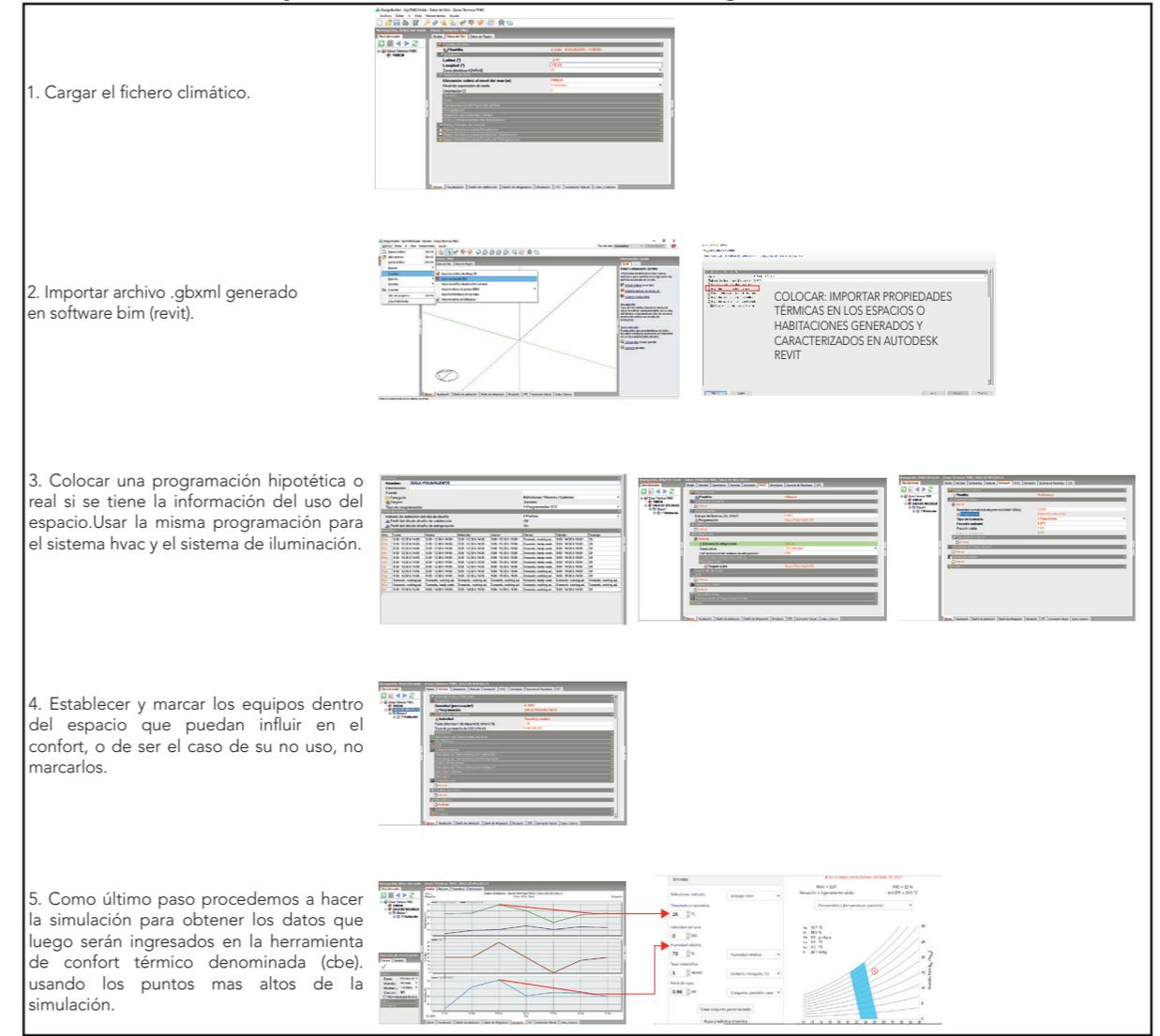
2.9.3.1. Caracterización y exportación de espacios en tecnología BIM



P. 48

Figura 28. Esta figura describe la forma correcta de como exporta de Rvt a Ds. Fuente: Elaborado por autor, 2024.

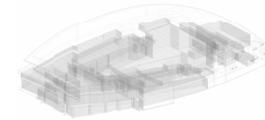
2.9.3.2. Simulación y obtención de datos en tecnología BEM



P. 49

Figura 29. Esta figura describe el método de trabajo en Ds con el archivo Rvt importado. Fuente: Elaborado por autor, 2024.

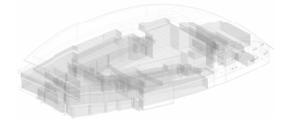
03 FUNDAMENTOS NORMATIVOS



“La belleza perece en la vida, pero es inmortal en el arte ”

Leonardo Da Vinci (1452-1519)





3.1. Normas ASHRAE

Las normas ASHRAE fueron desarrolladas con el objetivo de establecer estándares y guías para la industria de la calefacción, la ventilación, la refrigeración y el aire acondicionado. La Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) es una organización dedicada a la promoción del conocimiento técnico y la mejora de la calidad del ambiente interior.

3.1.1. Norma ASHRAE 55

La norma ASHRAE 55 es un estándar que establece los requisitos para el confort térmico y la calidad del aire en interiores. La norma especifica rangos de temperatura, humedad relativa, velocidad del aire y otros parámetros para mantener la comodidad térmica y la calidad del aire interior aceptables para la mayoría de las personas en un espacio habitable. La norma también proporciona pautas para la medición, evaluación y control de la calidad del aire interior.

La Norma ASHRAE 55 establece límites para diferentes parámetros que afectan el confort térmico en diferentes tipos de espacios. A continuación, se presentan algunos de estos límites:

- La temperatura operativa efectiva en un espacio ocupado por personas sedentarias debe estar entre 20 y 24 °C.
- La temperatura operativa efectiva en un espacio ocupado por personas activas debe estar entre 20 y 26 °C.
- La humedad relativa recomendada para cualquier tipo de espacio es del 30% al 60%.
- La velocidad del aire en el espacio debe ser menor a 0.25 m/s para evitar corrientes de aire molestas.

- La temperatura radiante media del entorno debe estar entre 17 y 25 °C.

- La vestimenta térmica, actividad metabólica y otros factores pueden ser considerados para ajustar estos límites.

- La norma establece que la resistencia térmica de la vestimenta debe ser de al menos 0.5 clo para una persona sedentaria y de al menos 1.0 clo para una persona activa. Estos valores pueden ajustarse según las necesidades específicas del espacio y las preferencias individuales de los ocupantes.

Es importante tener en cuenta que la resistencia térmica de la vestimenta puede variar según las prendas utilizadas, la actividad realizada y otros factores. Por lo tanto, se debe tener en cuenta al evaluar el confort térmico en un espacio ocupado por personas.

3.1.2. Norma ASHRAE 90.1

La norma ASHRAE 90.1, también conocida como Estándar para la Eficiencia Energética en Edificios, es una norma técnica y profesional desarrollada por la Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE). Esta norma establece los requisitos mínimos de eficiencia energética para el diseño y construcción de edificios comerciales e institucionales.

La norma ASHRAE 90.1 aborda varios aspectos relacionados con la eficiencia energética, incluyendo:

- Sistemas de iluminación: Establece requisitos para la eficiencia de los sistemas de iluminación, como el uso de fuentes de luz eficientes, controles de iluminación y límites de consumo energético.
- Sistemas de climatización: Proporciona directrices para el diseño y la selección de sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), incluyendo re-

quisitos de eficiencia para equipos y componentes clave.

- Aislamiento térmico: Establece niveles mínimos de resistencia térmica para los materiales de aislamiento utilizados en la envolvente del edificio, con el objetivo de reducir las pérdidas de calor o ganancias de calor no deseadas.

- Ventilación y calidad del aire interior: Incluye requisitos para la cantidad y la calidad del aire de ventilación en los espacios interiores, con el fin de garantizar un ambiente interior saludable.

- Energía renovable y sistemas de energía: Fomenta el uso de fuentes de energía renovable, como la energía solar o eólica, y proporciona pautas para la eficiencia en la generación, distribución y uso de energía en el edificio.

3.2. Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) incorpora una serie de regulaciones obligatorias a nivel nacional. Estas normativas definen los estándares mínimos de seguridad y calidad que deben cumplir las construcciones en todas las fases del proceso constructivo en el país.

3.2.1. NEC -HS -EE (Eficiencia Energética en la Construcción en Ecuador)

La NEC-11 establece requisitos para la envolvente del edificio, la iluminación, la climatización, la ventilación, el agua caliente sanitaria, el sistema de control y monitoreo, y el uso de energías renovables. Algunos de los requisitos específicos de la norma incluyen:

- Uso de materiales de construcción eficientes energé-

ticamente, incluyendo aislamiento térmico y vidrios con bajo coeficiente de transferencia térmica.

- Uso de equipos y sistemas de iluminación eficientes, como lámparas fluorescentes compactas o LED.

- Diseño y selección de sistemas de climatización y ventilación eficientes, que cumplan con los estándares de eficiencia energética establecidos en la norma.

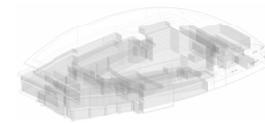
- Instalación de sistemas de agua caliente sanitaria eficientes, incluyendo sistemas de calentamiento solar de agua.

- Implementación de sistemas de control y monitoreo para garantizar el funcionamiento eficiente de los sistemas de energía del edificio.

La NEC-11 también establece requisitos para la certificación de edificios energéticamente eficientes y la realización de auditorías energéticas en edificios existentes.

04

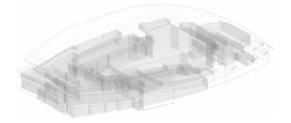
CIUDAD Y CLIMA



“Ver lo que no es efectivo, es efectivo para entender lo que es efectivo ”

Robert Venturi (1925-2018)





4.1. Antecedentes

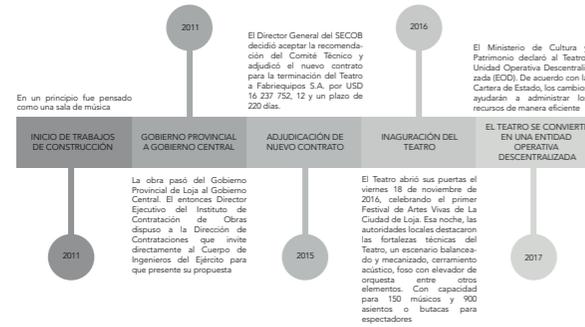


Figura 30. Hechos principales del TNBC. Fuente: Elaborado por autor, 2024. Con datos de (Flores, 2021).

El Teatro Nacional "Benjamín Carrión Mora" se encuentra ubicado en el norte de La Ciudad de Loja, Ecuador, en la intersección de la Av. Salvador Bustamante Celi y Agustín Carrión.

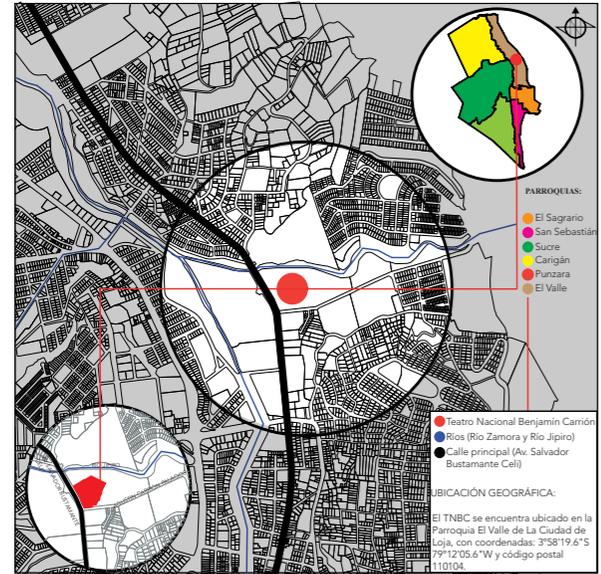


Figura 31. Ubicación geográfica del TNBC. Fuente: Elaborado por autor, 2024.

El Teatro se encuentra rodeado por puntos de referencia destacados, como el Recinto Ferial, el Parque Jipiro, el Hospital de SOLCA, el Colegio de Arquitectos de la ciudad y la Universidad Internacional del Ecuador sede Loja. Su diseño arquitectónico combina líneas rectas y curvas, con una cubierta de forma orgánica. Las fachadas principales están compuestas por muros cortina.

El entorno urbano no interfiere con la circulación natural del viento, y el Parque Jipiro actúa como un "pulmón verde". El edificio consta de cinco plantas, incluyendo una planta de subsuelo y una de tramoya, posee 107 plazas de estacionamiento y un área total de construcción de aproximadamente 13,192.50 m².

El acceso se realiza a través de una plaza pública hacia el vestíbulo principal, de amplias dimensiones, mismo que guía al espectador hacia los diferentes espacios que rodean el auditorio principal que es accesible desde tres niveles diferentes mediante rampas.

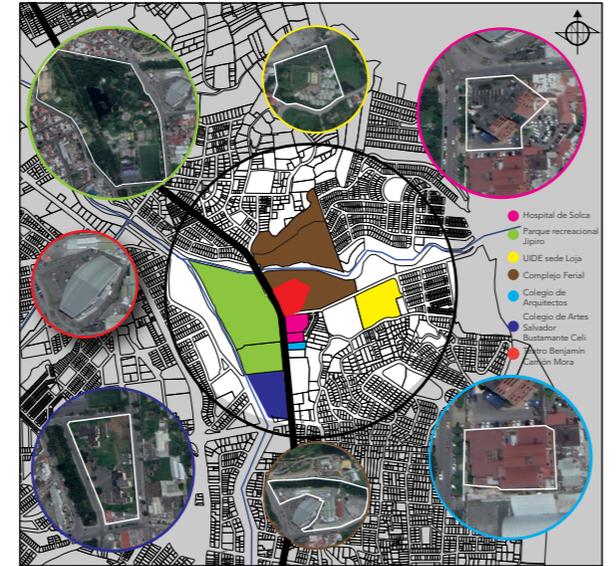
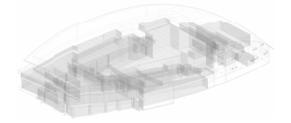


Figura 32. Equipamientos. Fuente: Elaborado por autor, 2024.

4.1.2. Equipamientos culturales



Figura 33. Esta figura muestra los principales espacios donde se realizan eventos culturales en la ciudad de Loja. Fuente: Elaborado por autor, 2024.



Los diseñadores del Teatro tomaron en cuenta diversos factores para garantizar la funcionalidad de la sala de butacas. Estas consideraciones han permitido la ubicación óptima de 900 butacas distribuidas en la platea central y los palcos laterales, asegurando una excelente visibilidad y acústica desde cualquier lugar de la sala (BAQ, 2018).

4.2. Metodología de diagnóstico

Existen 3 formas de realizar un análisis de confort térmico dentro de una edificación, los mismos se detallan a continuación:

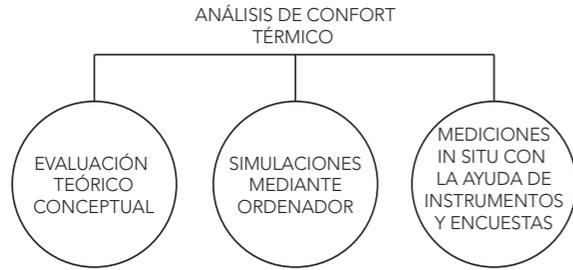


Figura 34. Esta figura muestra los tipos de análisis de confort térmico existentes.
Fuente: Elaborado por autor, 2024. Con datos de (Espejo, 2011).

La metodología de diagnóstico de sitio se fundamenta en la Norma ASHRAE 55 y en el método de Fanger, así como en investigaciones similares.

Para llevar a cabo esta tarea, se recopila información de trabajos de investigación que aborden temas relacionados con el análisis de confort térmico. Estos trabajos proporcionan datos sobre metodologías, resultados y conclusiones obtenidas en diversos casos de estudio.

Este proceso de recopilación y análisis de información de trabajos de investigación permite identificar tendencias, buenas prácticas y posibles áreas de mejora en el

estudio y diagnóstico del confort térmico en diversos contextos.

Los resultados de este análisis pueden ser utilizados para mejorar las metodologías existentes, desarrollar nuevas herramientas de análisis y contribuir al avance del conocimiento en el campo del confort térmico.

Estos procesos se resumen a continuación:

REFERENTES	TEMA DE INVESTIGACIÓN	MÉTODOS DE ANÁLISIS
MICHAEL LEONARDO VILLAVICENCIA ORDOÑEZ	Sistema de medición y valoración de capacidades pasivas en la vivienda rural tradicional del cantón Cuenca, parroquia San Joaquín, para un ambiente interior confortable: Un análisis cualitativo y cuantitativo	-Experimental -Ordenador
JUAN PABLO TOLEDO ESPEJO	Análisis del Confort Térmico en el proceso de diseño arquitectónico. Aplicación ECOTECT	-Teórico conceptual -Ordenador
GILMAR ANDRÉS GUTIERREZ AZAHAR	Aplicación de criterios de arquitectura bioclimática como respuesta al análisis de eficiencia energética del Edificio Funter	-Experimental -Ordenador
OLGA LUCÍA QUIROGA MOLINA	Diagnóstico del funcionamiento bioclimático del Museo de Arquitectura de la Universidad Nacional de Bogotá	-Teórico conceptual -Experimental

Tabla 9. Esta tabla muestra algunos trabajos de investigación y los métodos usados para analizar el confort térmico.

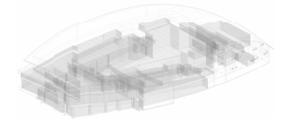
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

4.2.1. Diagrama de diagnóstico de sitio y propuesta

#	METODOLOGÍA - DIAGNÓSTICO DE SITIO		METODOLOGÍA - RESULTADOS Y PROPUESTA	
	FASE I CIUDAD Y CLIMA ANÁLISIS DEL CLIMA DE LA CIUDAD DE LOJA	FASE II ARQUITECTURA ANÁLISIS MORFOLÓGICO Y CONSTRUCTIVO DEL TNBC	FASE III CONFORT Y ESTRATEGIAS CORRECTIVAS ANÁLISIS DE CONFORT TÉRMICO DEL TNBC, Y PROPUESTA CORRECTIVA	FASE IV EPILOGO ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES
FASE I	Obtención de datos climáticos de la ciudad de Loja	Temperatura Humedad relativa Velocidad del viento Radiación Solar	Estos datos revisten importancia para llevar a cabo un análisis climático exhaustivo de la Ciudad de Loja. Este proceso se facilita mediante el empleo de software especializado, y requiere la disponibilidad de un archivo EPW histórico de la localidad	
	Análisis del clima y confort de la ciudad de Loja	Asoleamiento Vientos Carta bioclimática de Givoni		
FASE II	Obtención de planos as built	Emplazamiento Plantas Arquitectónicas Alzados (Fachadas) Secciones (Cortes)	La recopilación de estos datos resulta fundamental para ejecutar un levantamiento preciso en software, lo cual implica la identificación de zonas o áreas térmicas dentro del TNBC a ser analizadas. Este proceso es seguido por la caracterización detallada de dichas áreas en función de su propósito y utilización específica	
	Documentación Experimental	Fotografías Bocetos Referenciales		
	Análisis Morfológico de la Edificación	Áreas por espacio Función por espacio Circulación		
FASE III	Análisis Constructivo de la Edificación	Materialidad, capas que constituyen los elementos del espacio o zona (suelos, paredes, cielo raso)	La ejecución de estas simulaciones tiene como objetivo la obtención de resultados pertinentes a las zonas térmicas previamente definidas en la Fase II del proyecto.	
	Construcción del TNBC en tecnología BIM	Construcción y caracterización de la la materialidad de los espacios en software Revit (BIM), simulación y caracterización de uso de los espacios en software Desing Builder (BEM)		
FASE IV	Propuesta correctiva	Propuesta correctiva en zonas térmicas desfasadas del rango de confort	En esta etapa, se plantean medidas correctivas fundamentadas en los resultados obtenidos. Dichas medidas están centradas en la selección adecuada de materiales y la instalación de equipos de alta eficiencia energética, de ser el caso que un espacio con carencia de confort tenga potencialidad de mejorarlo arquitectónicamente se lo intervendrá. Además, se derivarán conclusiones y recomendaciones pertinentes a partir de los hallazgos de la investigación.	
	Conclusiones y recomendaciones			

Tabla 10. Esta tabla describe las cuatro fases del presente trabajo de investigación.

Fuente: Elaborado por autor, 2024.



4.3. Estudio de vientos en la ciudad de Loja

ENERO - JUNIO

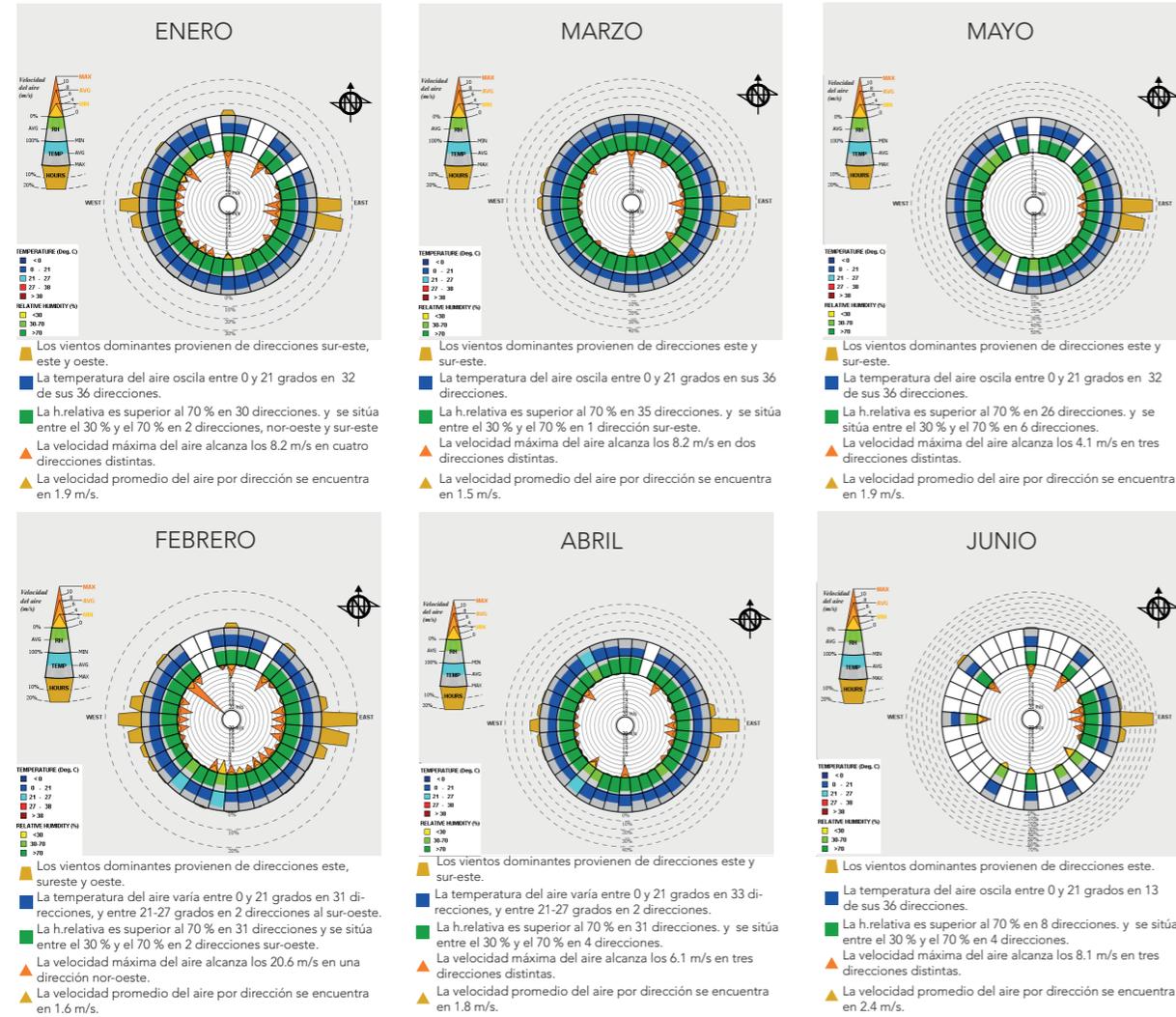


Figura 35. Esta figura muestra el estudio de vientos mensual de enero a junio en la ciudad de Loja.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

JULIO - DICIEMBRE

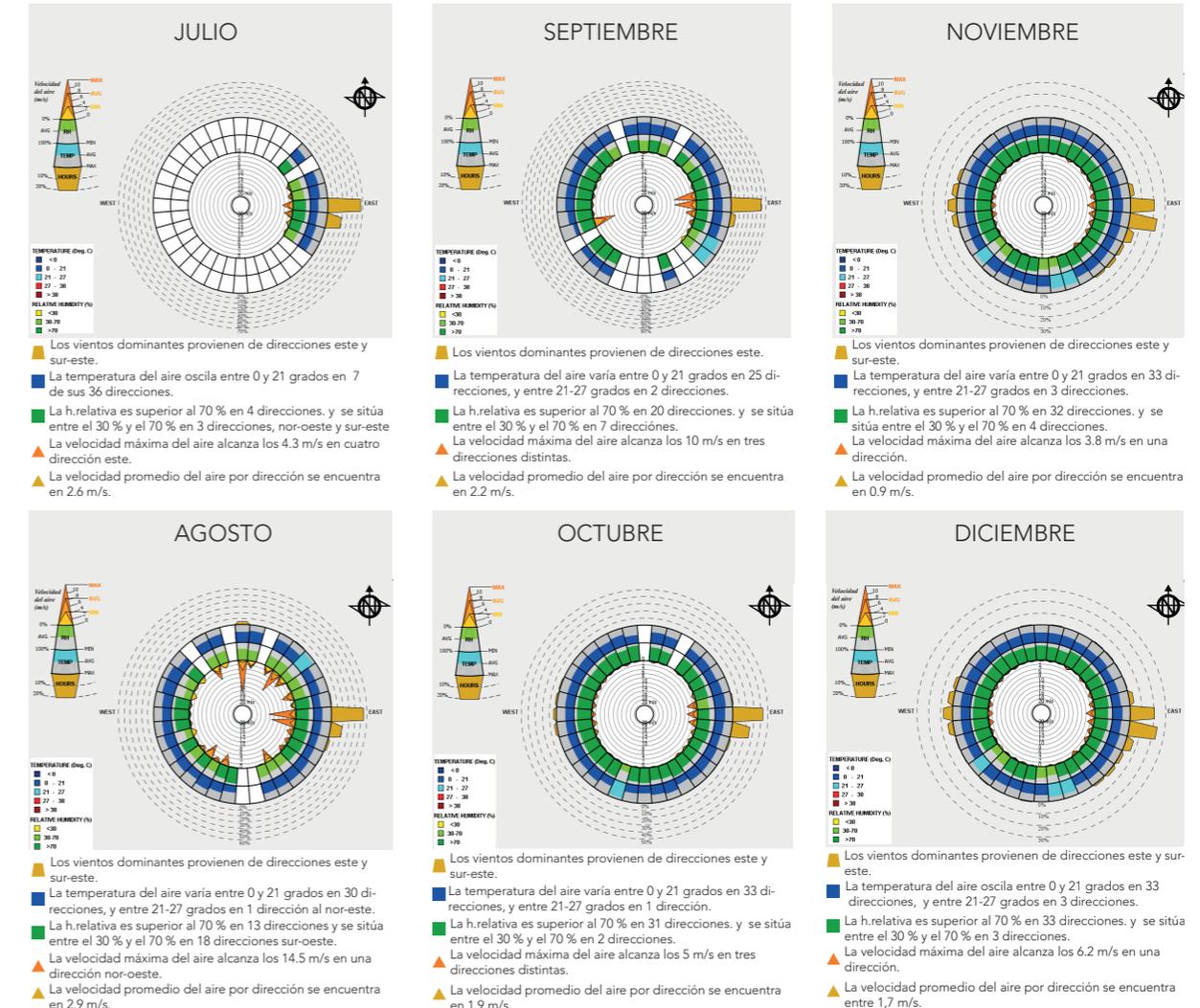
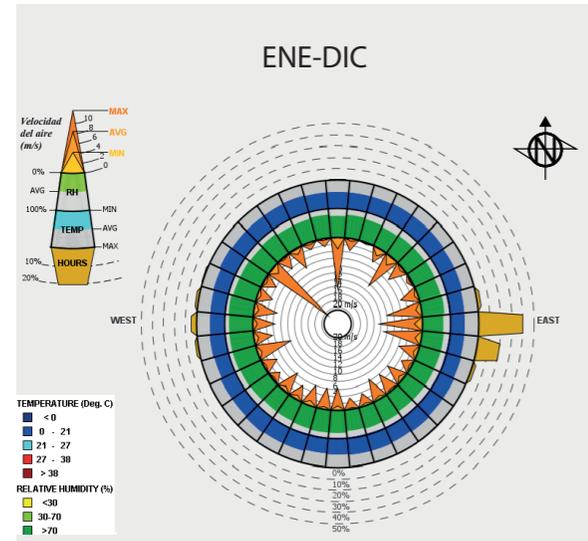


Figura 36. Esta figura muestra el estudio de vientos mensual de julio a diciembre en la ciudad de Loja.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

En el estudio de los vientos dominantes, se empleó la rueda de vientos en lugar de la rosa de vientos. La utilización de esta herramienta presenta ventajas significativas, ya que no solo proporciona información acerca de las direcciones y velocidades del viento, sino que también ofrece datos sobre la temperatura y la humedad asociadas al viento en todas sus direcciones.



- Los vientos dominantes provienen de direcciones este y sur-este.
- La temperatura del aire oscila entre 0 y 21 grados en promedio en todas las direcciones.
- La h.rel. es superior al 70 % en todas sus direcciones.
- La velocidad máxima del aire alcanza los 20.6 m/s en dirección nor-este.
- La velocidad promedio del aire por dirección se encuentra entre 0.9 y 2.9 m/s.

Figura 37. Esta figura muestra los vientos dominantes anuales en la ciudad de Loja.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

En la zona de estudio, la velocidad promedio del viento se encuentra en un rango de 1 a 2.9 m/s, pero se han registrado casos excepcionales de vientos más fuertes, alcanzando velocidades de hasta 20.60 m/s.

Los meses de junio, julio, agosto y septiembre son los

períodos con mayor intensidad de viento, y también es posible experimentar vientos intensos durante algunos días de febrero.

En términos de temperatura, el viento predominante es frío, con variaciones entre los 5 °C y 21 °C, dependiendo del momento del día. Además, la humedad relativa del aire se mantiene generalmente por encima del 70%, lo que indica una saturación de vapor de agua y aumenta la probabilidad de precipitaciones.

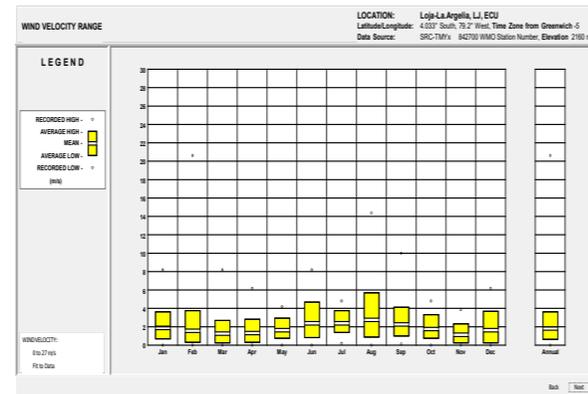


Figura 38. Esta figura muestra el rango de velocidad de viento en la ciudad de Loja.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

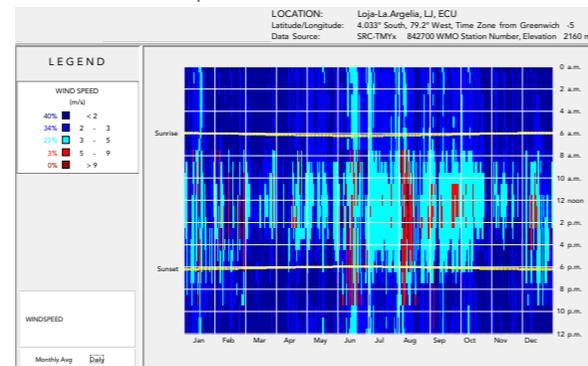


Figura 39. Esta figura muestra la velocidad diaria del viento.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

4.3.1. Síntesis gráfica de vientos en la ciudad de Loja

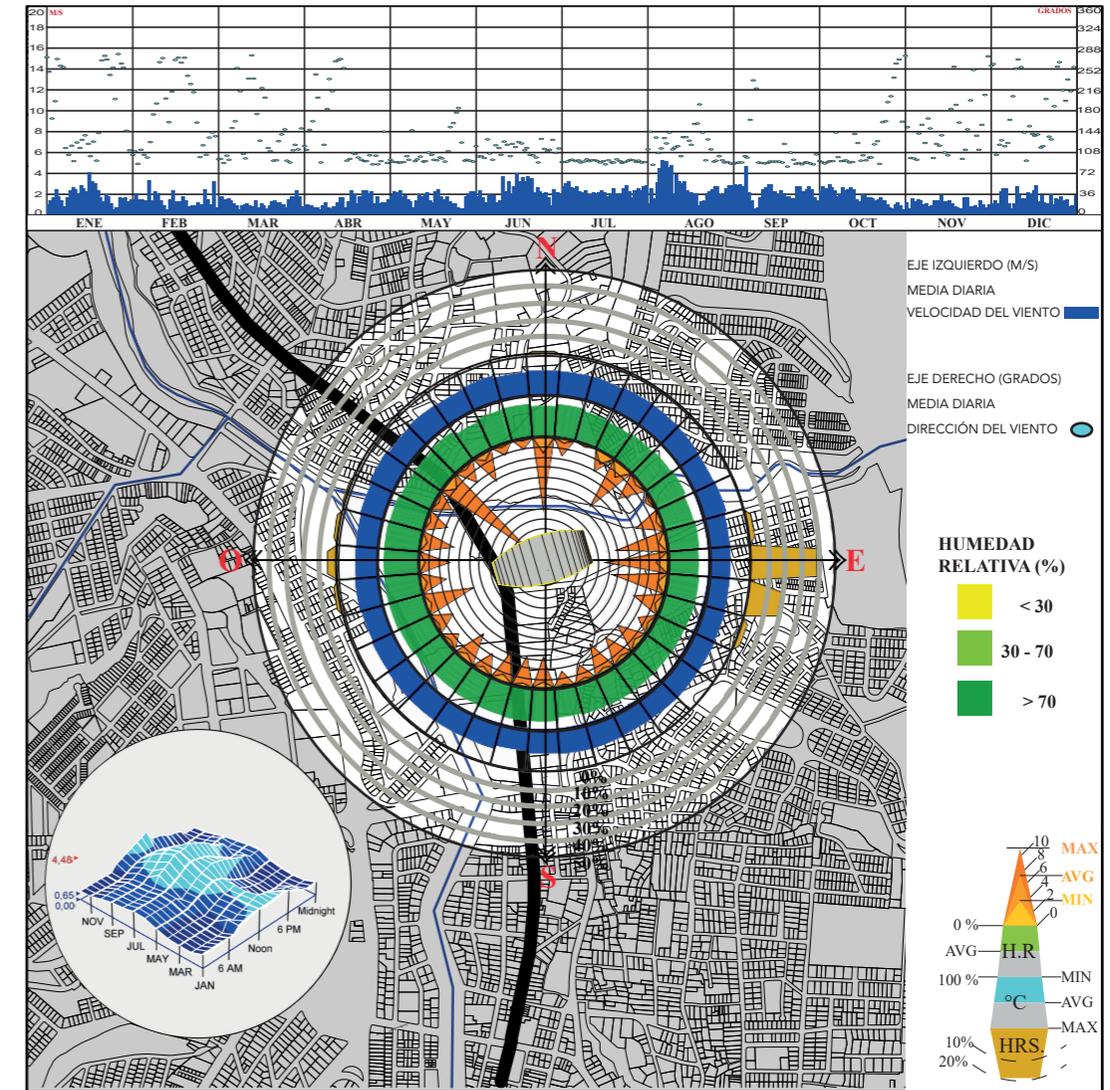
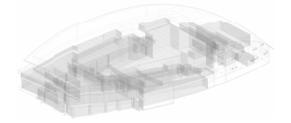


Figura 40. Esta figura muestra la síntesis de vientos dominantes de la ciudad de Loja, adaptados al (TNBC).
Fuente: Elaborado por autor, 2024.



4.4. Estudio solar en la ciudad de Loja

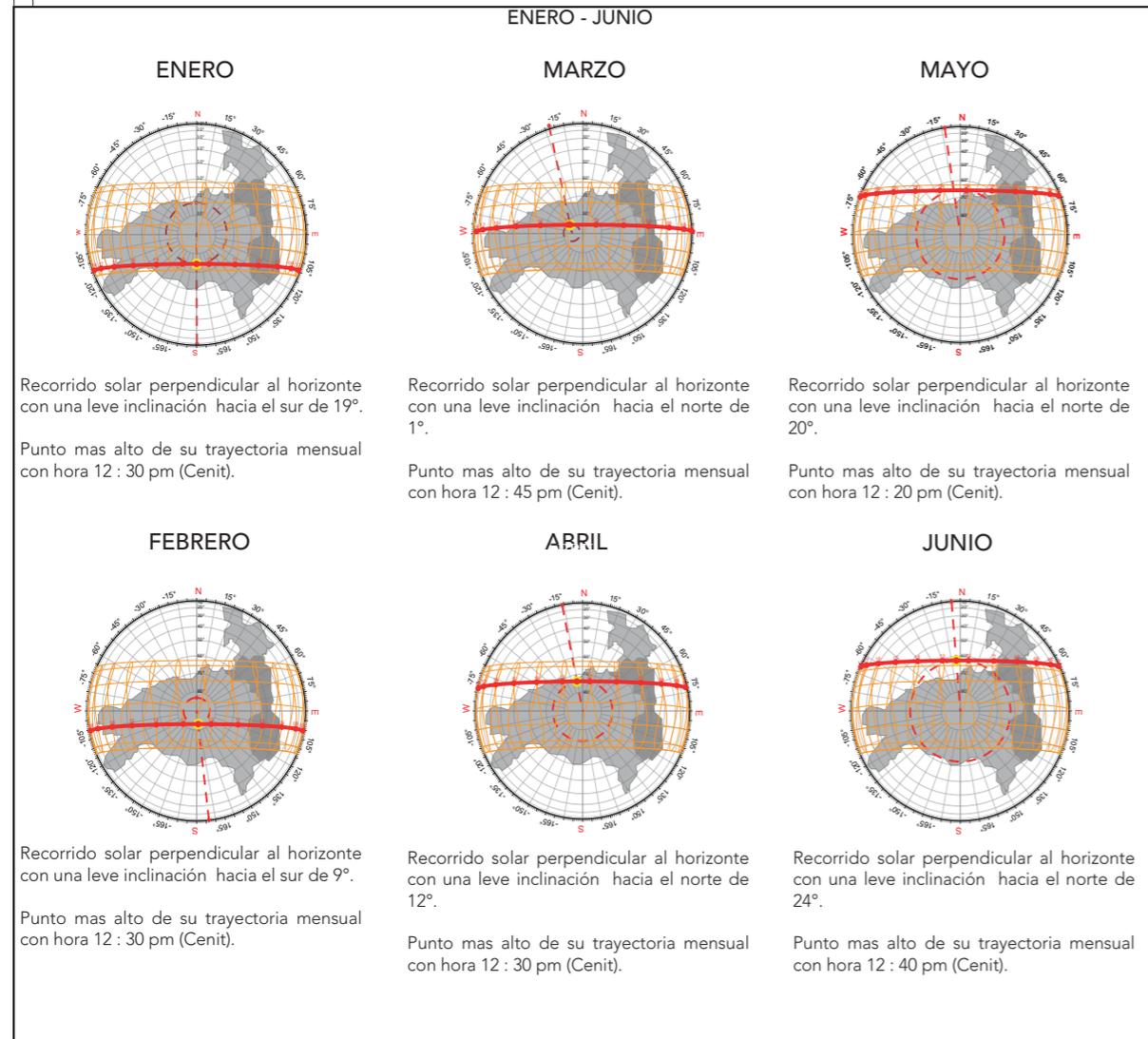


Figura 41. Esta figura muestra el estudio solar mensual de enero a junio de la ciudad de Loja.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

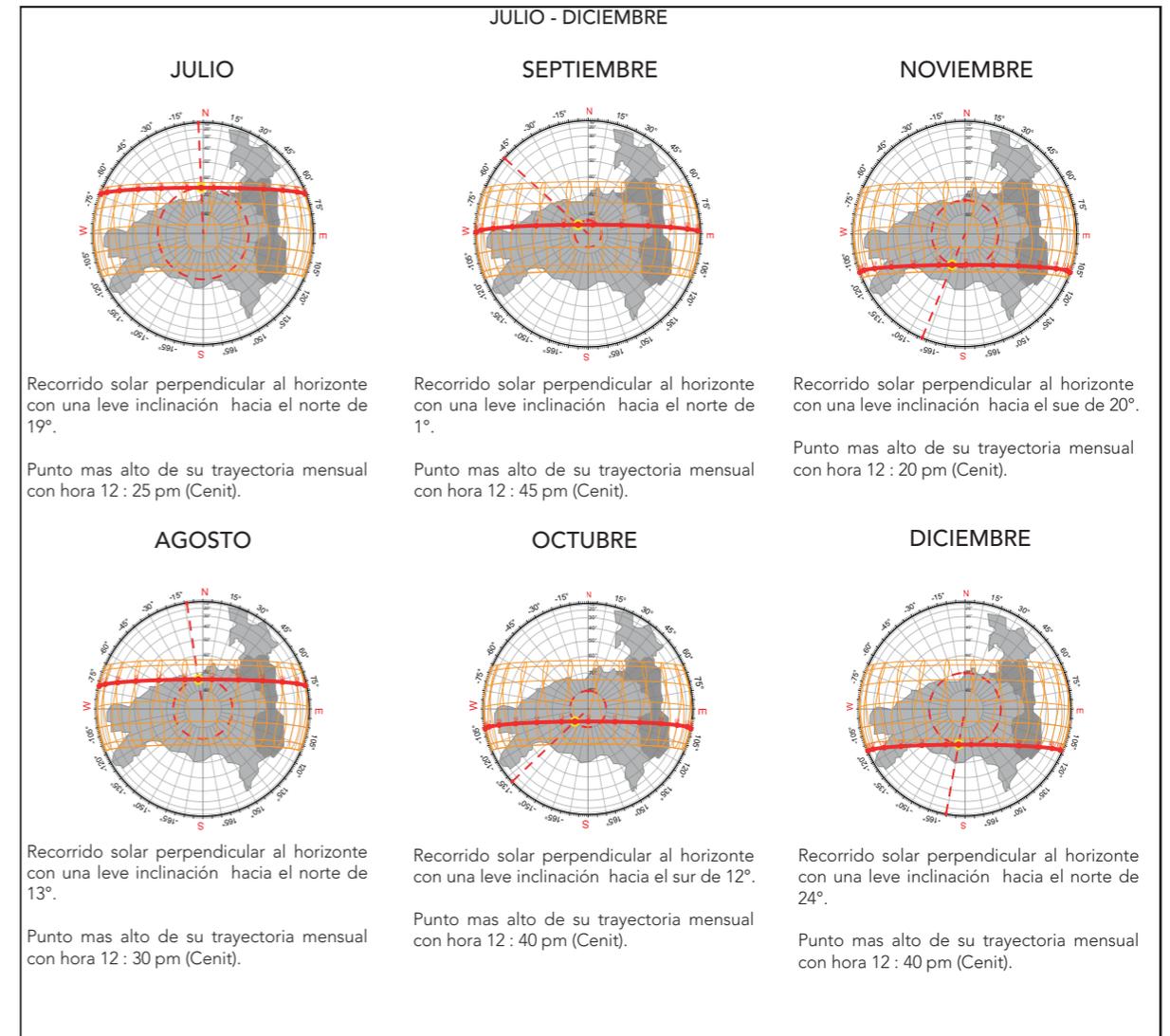
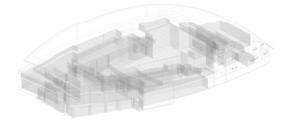


Figura 42. Esta figura muestra el estudio solar mensual de julio a diciembre de la ciudad de Loja.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.



Ecuador, debido a su ubicación cercana al ecuador terrestre, presenta características particulares en cuanto a la incidencia solar. Al estar en el centro de la Tierra, el sol sale y se oculta verticalmente, lo que significa que los rayos solares caen de manera perpendicular con respecto al horizonte. Esta condición se mantiene durante la mayor parte del año.

Sin embargo, existen algunos meses en los que se observa una leve inclinación de los rayos solares. Durante mayo y junio, esta inclinación es hacia el Norte, mientras que en diciembre y enero se inclinan hacia el Sur. Estos cambios estacionales se deben a la inclinación del eje de rotación de la Tierra y su relación con la posición relativa del Sol.

Es importante tener en cuenta estas variaciones en la incidencia solar al diseñar edificaciones y planificar su orientación en Ecuador. La ubicación y el ángulo de los rayos solares afectarán la iluminación natural, el calentamiento de los espacios y la eficiencia energética de los sistemas de climatización.

4.4.1. Solsticios de La Ciudad de Loja

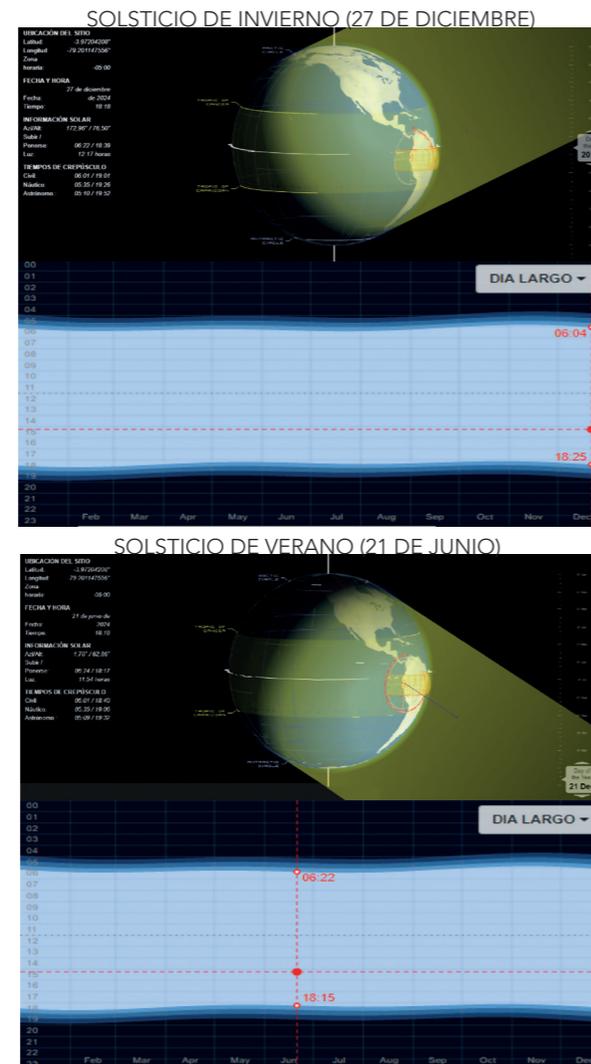


Figura 44. Esta figura muestra los solsticios de invierno y verano de la ciudad de Loja.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

4.4.2. Síntesis gráfica del recorrido solar en la ciudad de Loja

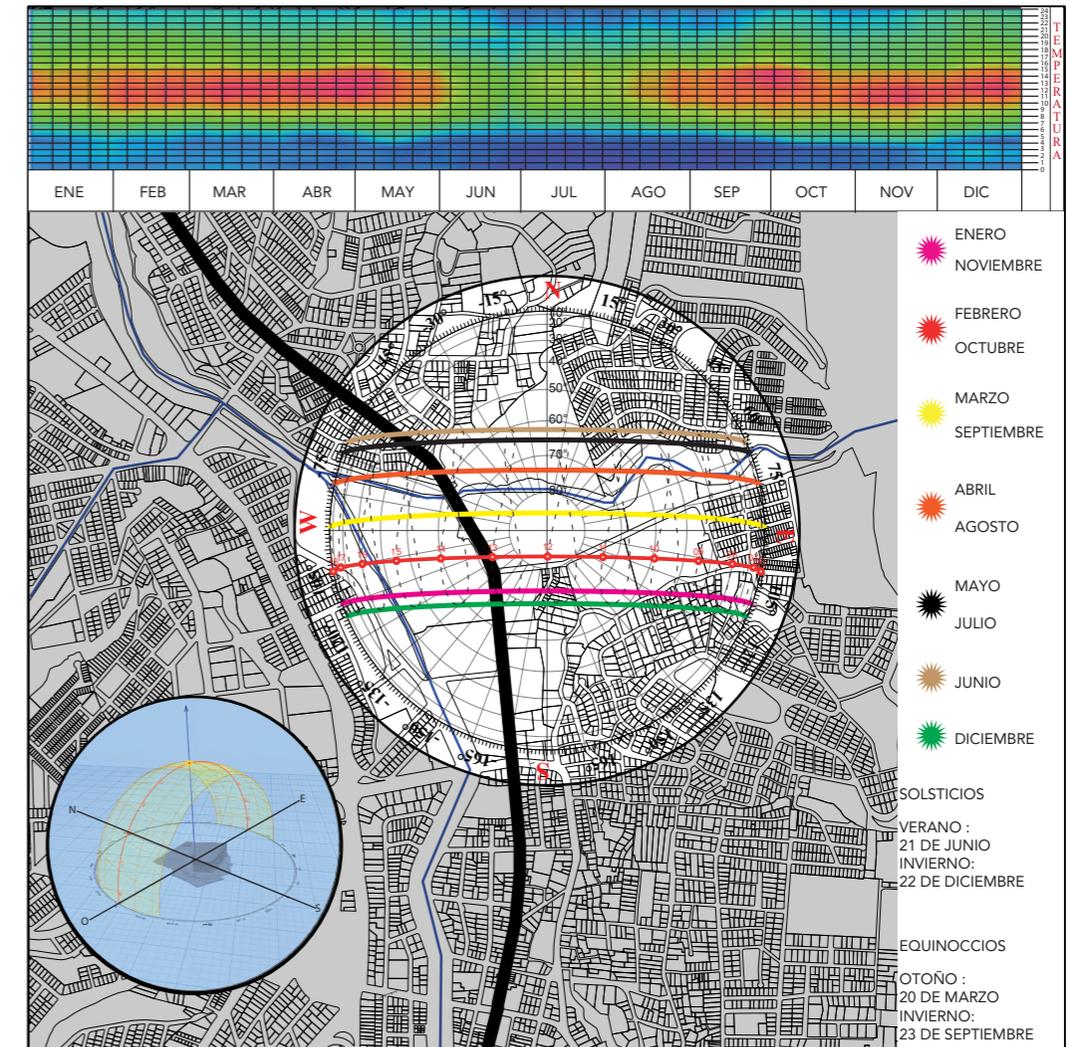


Figura 45. Esta figura muestra la síntesis del recorrido solar en la ciudad de Loja, adaptados al (TNBC).
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

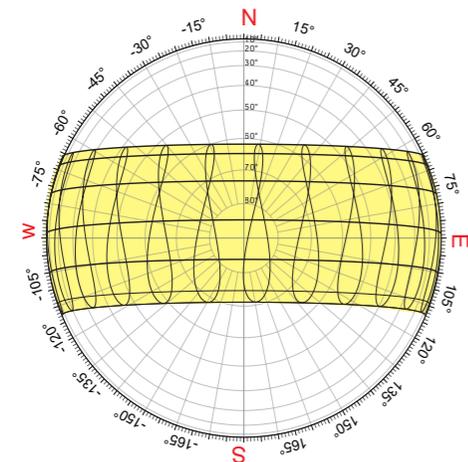
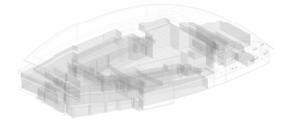


Figura 43. Esta figura muestra el recorrido solar anual en la ciudad de Loja.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.



4.5. Confort térmico en la ciudad de Loja

La Ciudad de Loja-Ecuador, se encuentra en la zona climática 3C, continental lluviosa, con un criterio térmico de $CDD10^{\circ}C \leq 2500$ y $HDD18^{\circ}C \leq 2000$.

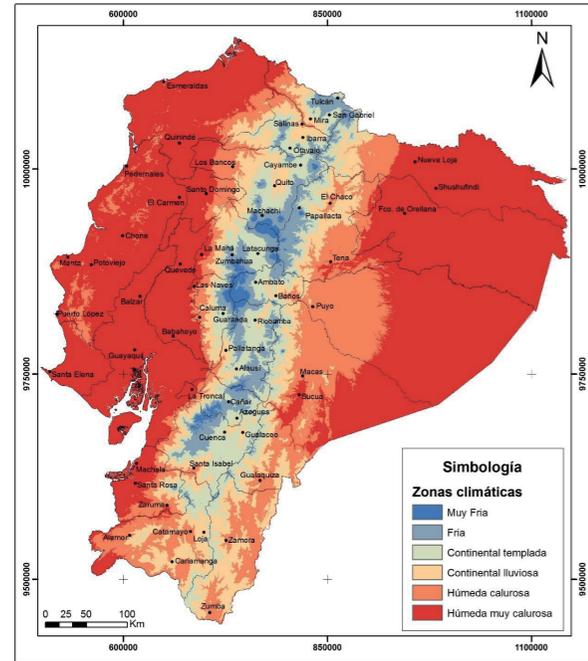


Figura 46. Esta figura muestra el mapa de zonas climáticas del Ecuador Fuente: (MIDUVI, 2018).

Las expresiones “ $CDD10^{\circ}C \leq 2500$ ” y “ $HDD18^{\circ}C \leq 2000$ ” se utilizan para evaluar la demanda de refrigeración y calefacción, respectivamente, en un determinado período de tiempo.

La primera expresión se refiere a la suma acumulativa de los grados de enfriamiento diarios por encima de

$10^{\circ}C$, y establece que esta suma no debe superar los 2500. Mide la necesidad de utilizar sistemas de refrigeración en un área o periodo determinado.

La segunda expresión se refiere a la suma acumulativa de los grados de calefacción diarios por debajo de $18^{\circ}C$, y establece que esta suma no debe superar los 2000. Mide la necesidad de utilizar sistemas de calefacción en un área o período determinado.

Ambas expresiones se utilizan para evaluar la demanda de energía relacionada con la refrigeración y la calefacción, y pueden ser útiles para comparar la eficiencia energética de diferentes regiones o períodos de tiempo.

4.5.1. Climograma de Givoni aplicado a La Ciudad de Loja

Para aplicar el climograma de Givoni en la ciudad de Loja, es fundamental recopilar datos climáticos históricos específicos, tales como las temperaturas medias mensuales, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar.

Estos datos son esenciales para elaborar el diagrama climático de Givoni, el cual visualiza los niveles de confort térmico en distintos meses del año.

4.5.2. Datos climáticos históricos de La Ciudad de Loja

UBICACION:		Loja-La Argelia, Ecu													
RESUMEN DE LOS DATOS DEL CLIMA		Latitud/Longitud		4.033° Sur, 79.2° Oeste, Zona horaria de Greenwich -5											
		Fuente de datos:		SRC-TMYx 842700 WMO Numero de Estacion: Elevacion 2 160 m											
Media Mensual	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic			
Radiacion horizontal global (prom/h)	393	385	385	389	387	390	404	460	473	438	433	402	W/m²		
Radiacion normal directa (prom/h)	354	298	292	331	388	427	434	485	468	404	407	358	W/m²		
Radiacion difusa (prom/h)	137	159	164	148	123	110	117	122	132	145	140	144	W/m²		
Radiacion horizontal global (max/h)	950	864	863	881	844	877	833	967	980	954	1070	898	W/m²		
Radiacion normal directa (max/h)	880	840	821	884	852	891	843	925	912	865	945	856	W/m²		
Radiacion difusa (max/h)	351	364	408	411	296	282	291	263	346	384	352	373	W/m²		
Radiacion horizontal global (prom/diario total)	4809	4676	4636	4632	4581	4595	4767	5467	5677	5299	5284	4925	W/m²		
Radiacion normal directa (prom/diario total)	4331	3618	3514	3942	4587	5026	5128	5765	5611	4890	4959	4388	W/m²		
Radiacion difusa (prom/diario total)	1679	1930	1972	1772	1459	1299	1380	1453	1587	1754	1706	1767	W/m²		
Iluminacion horizontal global (prom/h)	43526	42091	41939	42683	42978	43456	44791	50089	50584	46526	46753	44282	lux		
Iluminacion normal directa (prom/h)	32132	25120	24022	29785	36920	41595	42271	45791	41840	33576	36010	32244	lux		
Temperatura del bulbo seco (prom/mensual)	16	16	16	16	16	15	15	15	16	16	16	16	°C		
Temperatura de punto de rocío (prom mensual)	13	13	13	13	12	12	11	10	11	11	12	13	°C		
Humedad relativa (prom mensual)	84	84	82	82	76	81	76	73	73	74	79	82	%		
Direccion del viento (modo mensual)	100	90	90	90	90	90	90	90	90	90	100	100	grados		
Velocidad del viento (prom mensual)	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	m/s		
Temperatura de suelo (prom mensual de 3 profundidades)	16	16	16	16	16	16	16	15	15	15	15	16	°C		

•La radiación horizontal global promedio anual es de aproximadamente 432 W/m², siendo los meses de julio y agosto los que presentan mayor radiación con 460 W/m² y 473 W/m² respectivamente.
 •La radiación normal directa promedio anual es de aproximadamente 437 W/m², siendo mayo y junio los meses con mayor radiación directa con 388 W/m² y 427 W/m² respectivamente.
 •La radiación difusa promedio anual es de aproximadamente 142 W/m², siendo marzo y octubre los meses con mayor radiación difusa con 164 W/m² y 145 W/m² respectivamente.
 •La temperatura del bulbo seco promedio anual es de 16°C, manteniéndose constante a lo largo del año.
 •La temperatura de punto de rocío promedio anual es de aproximadamente 12°C, con una leve variación a lo largo del año, siendo julio el mes con menor punto de rocío promedio (10°C) y mayo el mes con mayor punto de rocío promedio (12°C).
 •La humedad relativa promedio anual es de aproximadamente 78%, siendo mayo el mes con menor humedad relativa promedio (76%) y enero y febrero los meses con mayor humedad relativa promedio (84%).
 •La iluminación horizontal global promedio anual es de aproximadamente 44,300 lux, siendo julio el mes con mayor iluminación promedio (50,089 lux) y febrero el mes con menor iluminación promedio (42,091 lux).
 •La temperatura de suelo promedio anual es de aproximadamente 15.5°C, con una leve variación a lo largo del año, siendo julio el mes con menor temperatura de suelo promedio (15°C) y noviembre y diciembre los meses con mayor temperatura de suelo promedio (16°C).

Tabla 11. Esta tabla muestra la proyección de datos climáticos de La Ciudad de Loja. Fuente: Elaborado por autor, 2024.

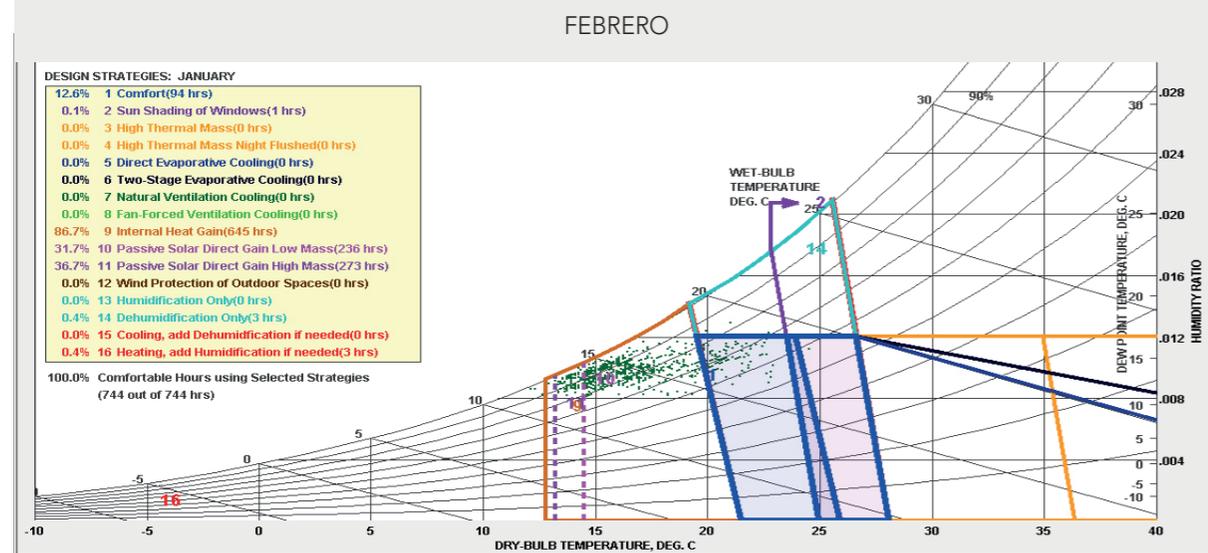
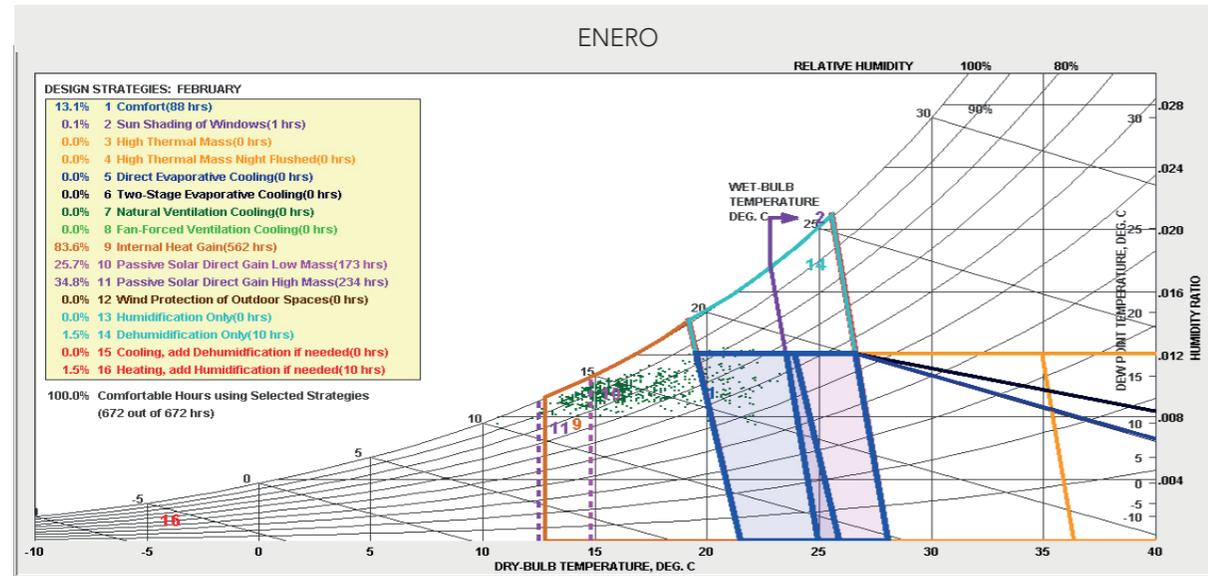
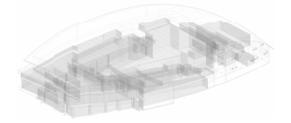


Figura 47. Climograma de Givoni, periodo enero - febrero.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

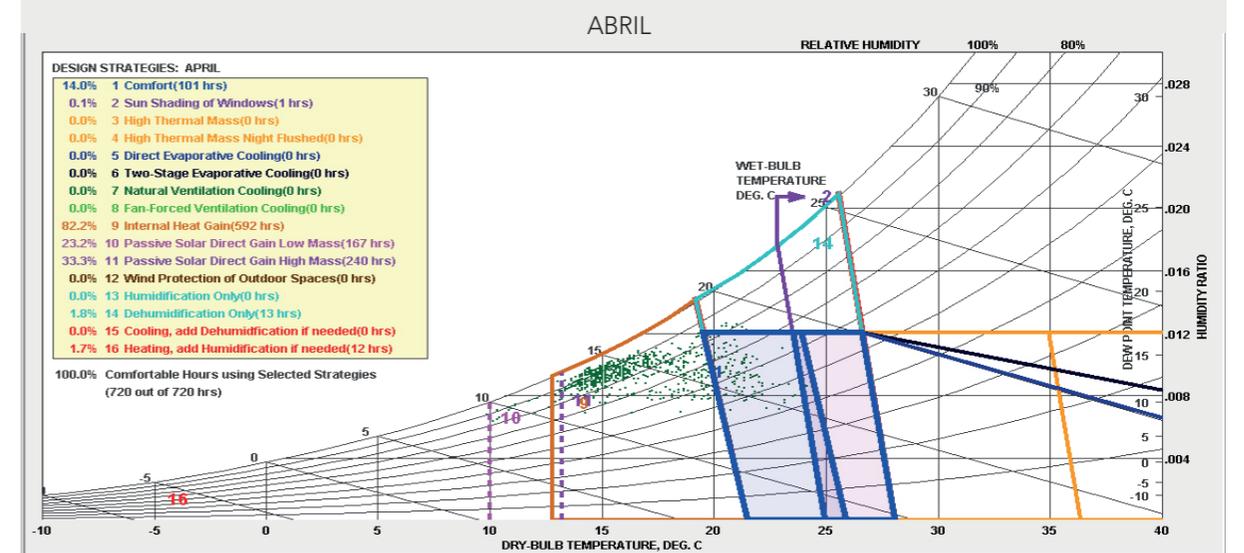
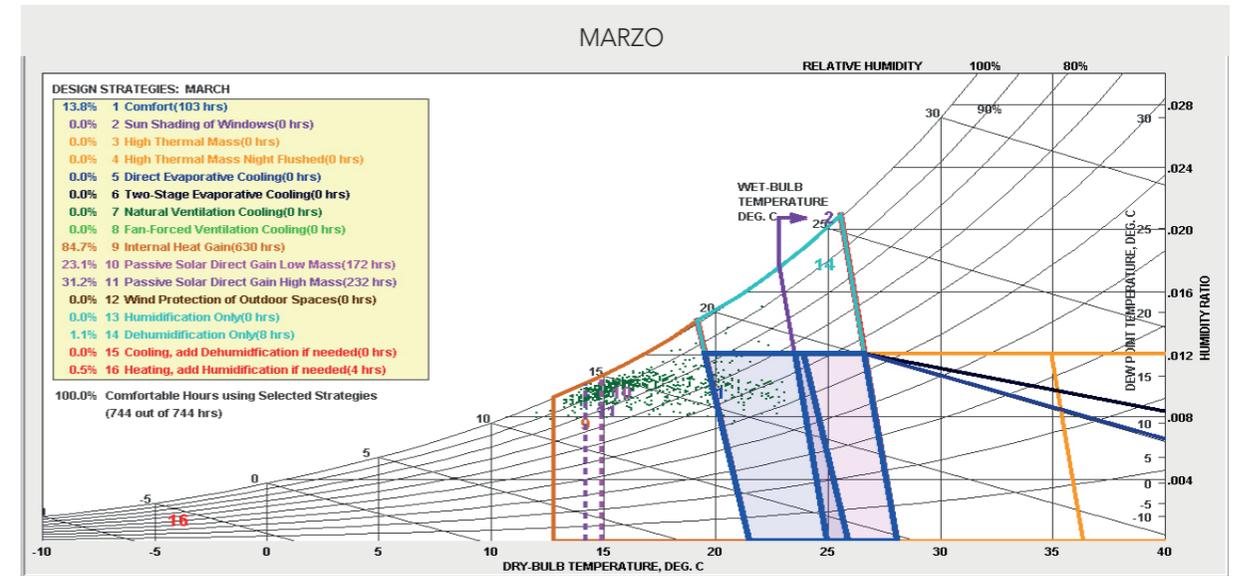


Figura 48. Climograma de Givoni, periodo marzo - abril.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

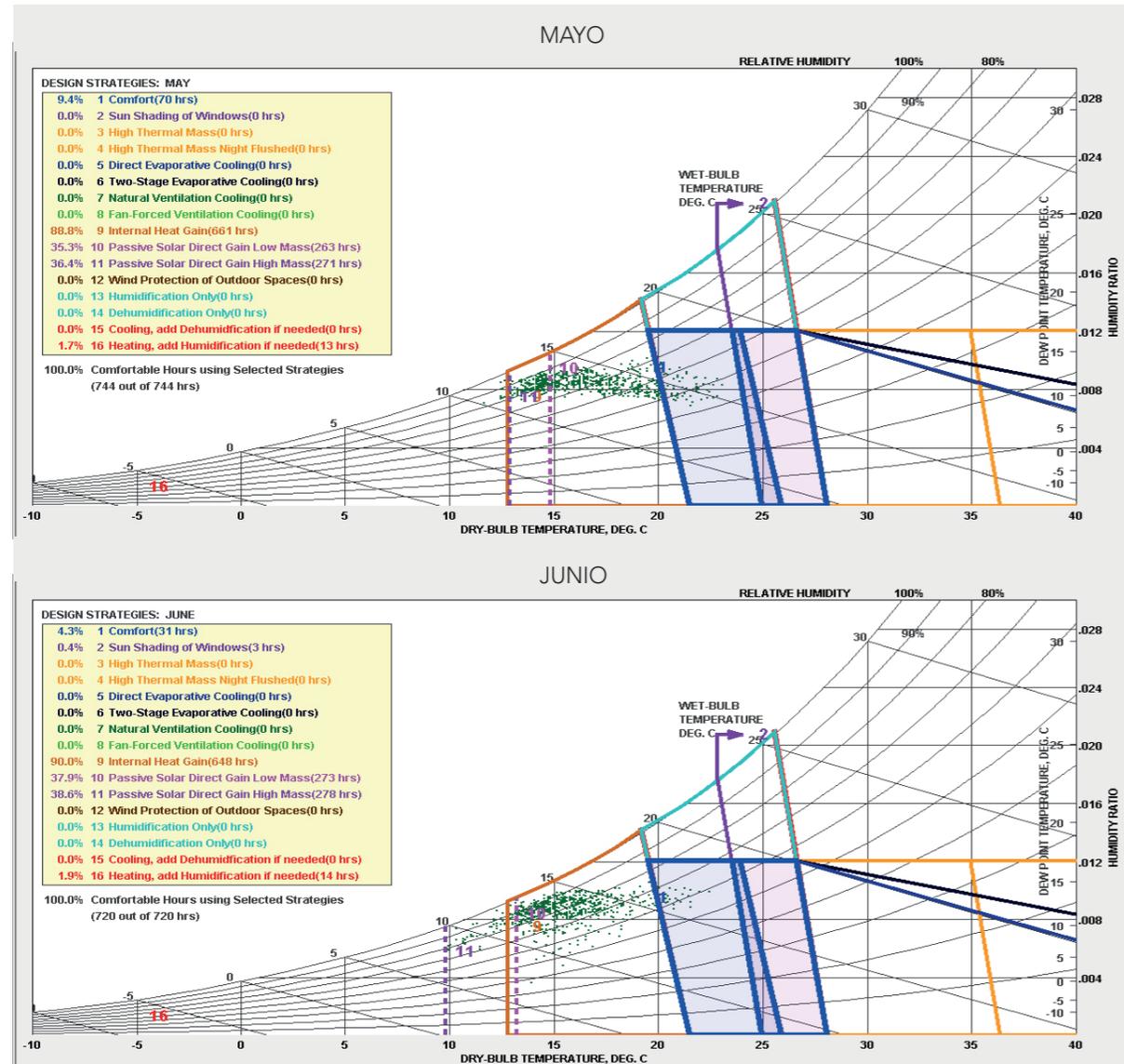
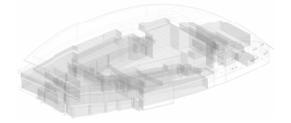


Figura 49. Climograma de Givoni, periodo mayo - junio.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

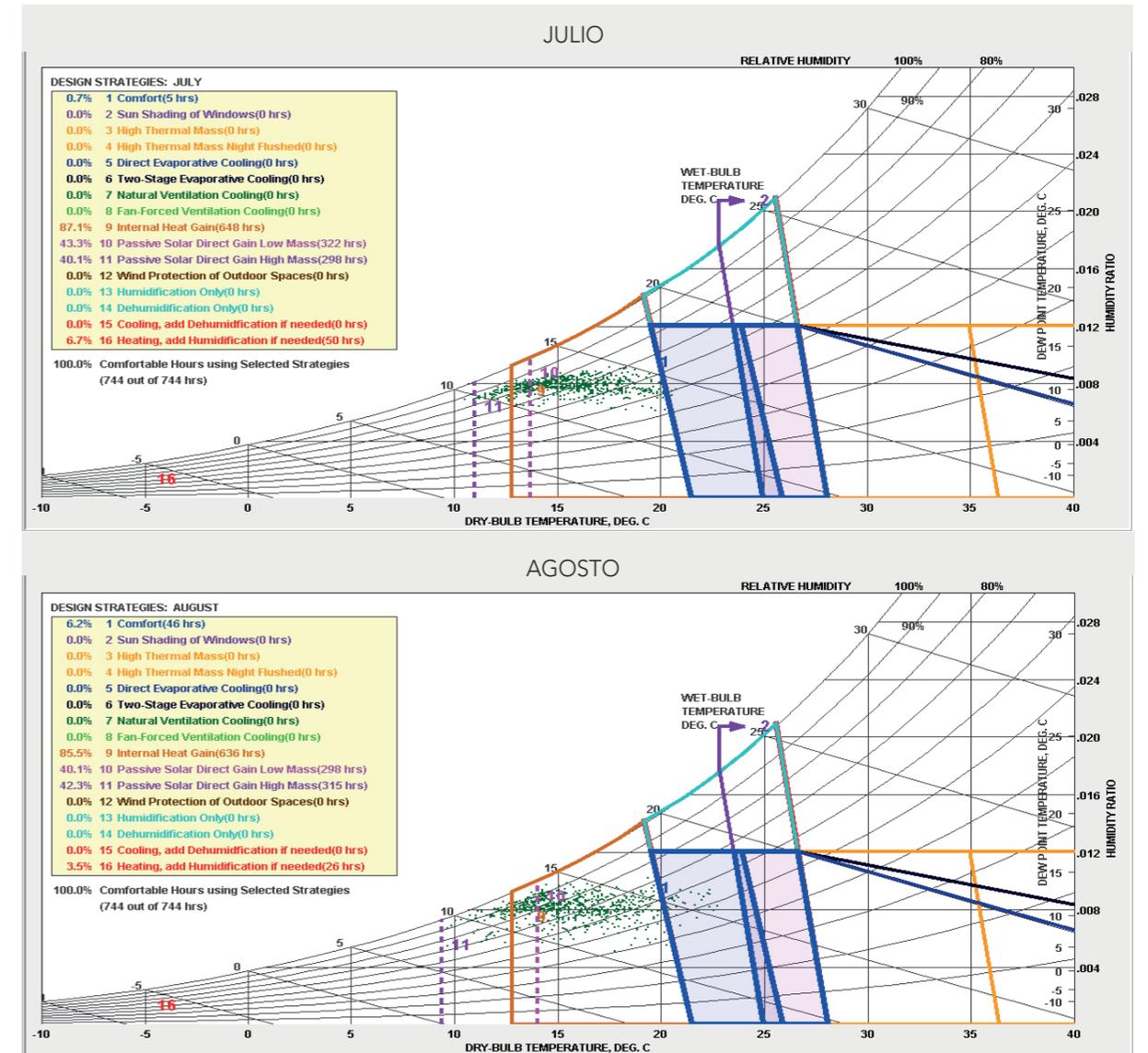


Figura 50. Climograma de Givoni, periodo julio - agosto.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

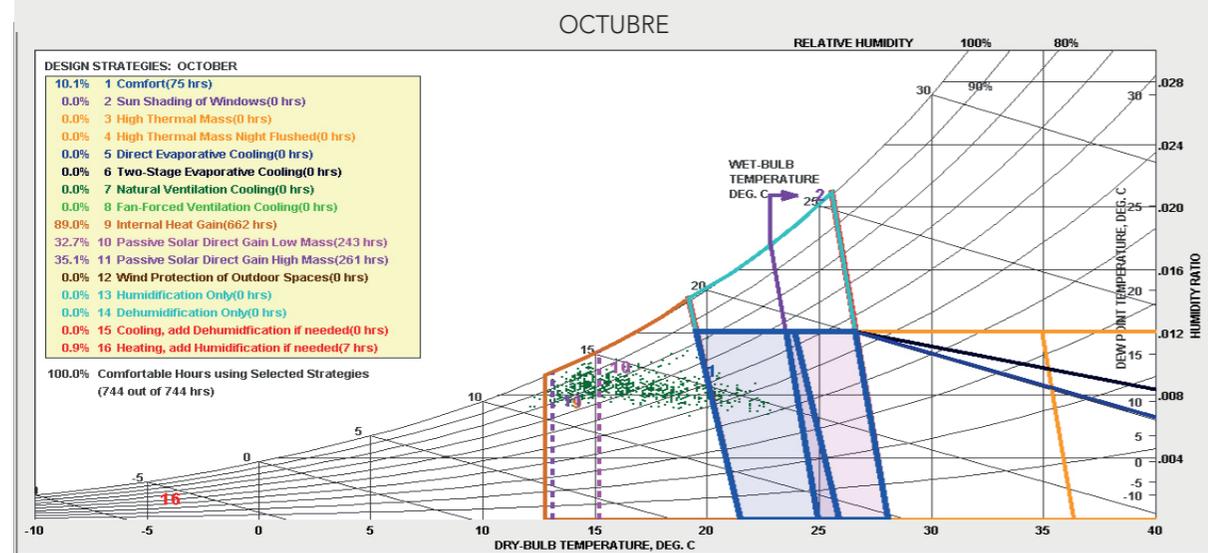
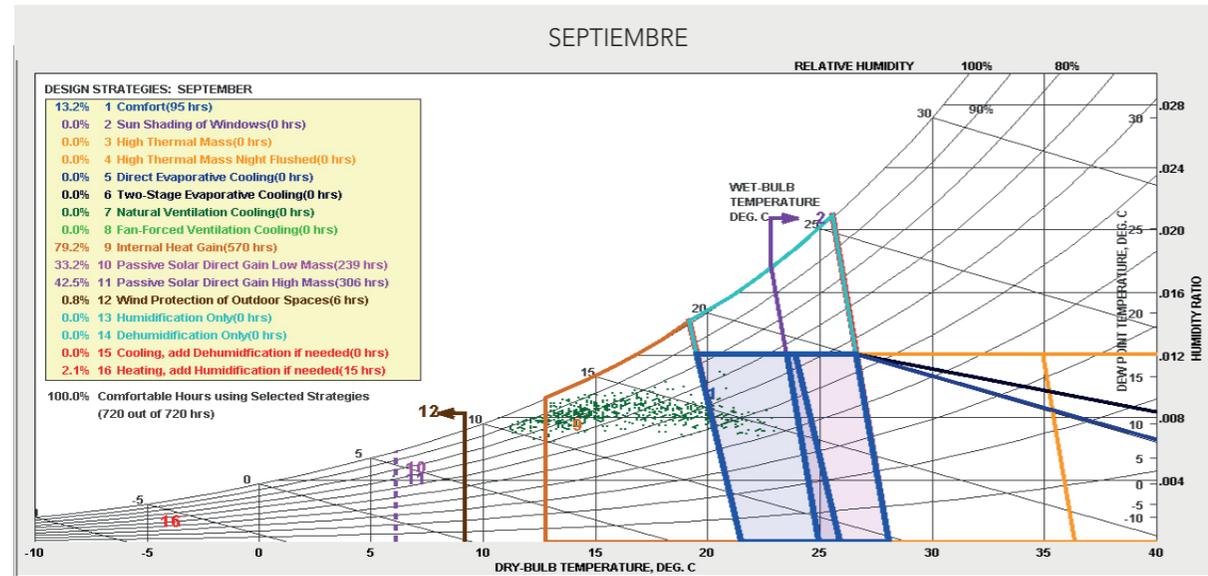
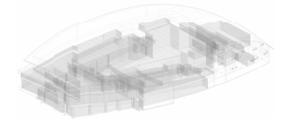


Figura 51. Climograma de Givoni, periodo septiembre - octubre.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

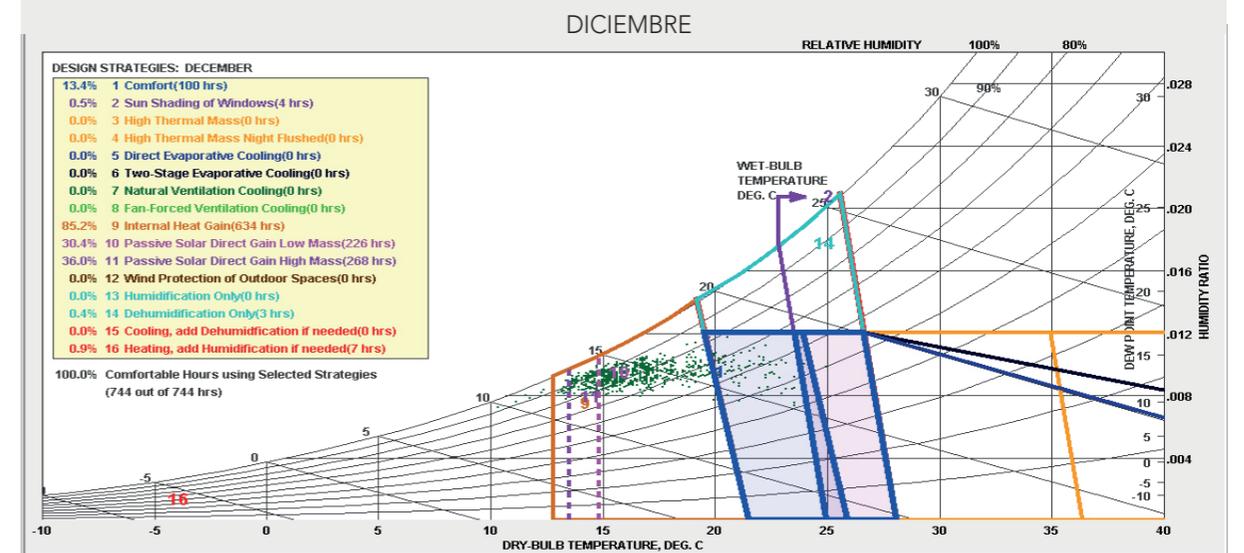
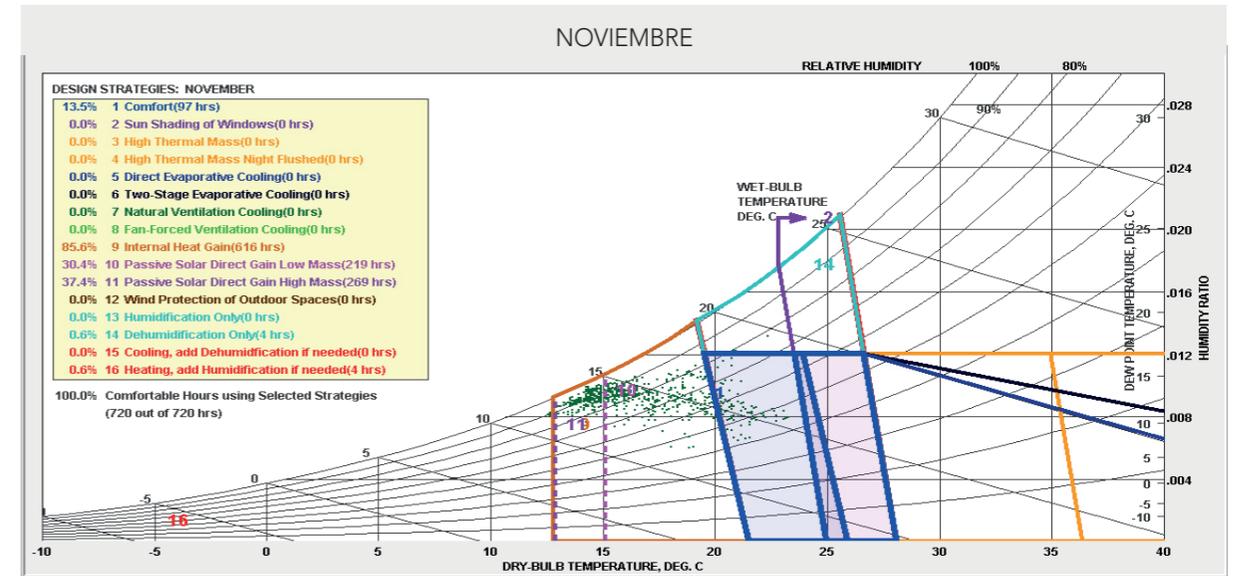
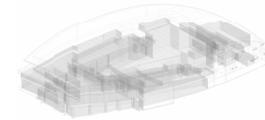


Figura 52. Climograma de Givoni, periodo noviembre - diciembre.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

05

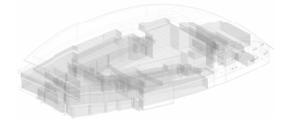
ARQUITECTURA



“Para ser Arquitecto debes ser dos cosas: curioso
y optimista ”

Norman Foster





5.1. Análisis arquitectónico del TNBC

5.1.1. Emplazamiento

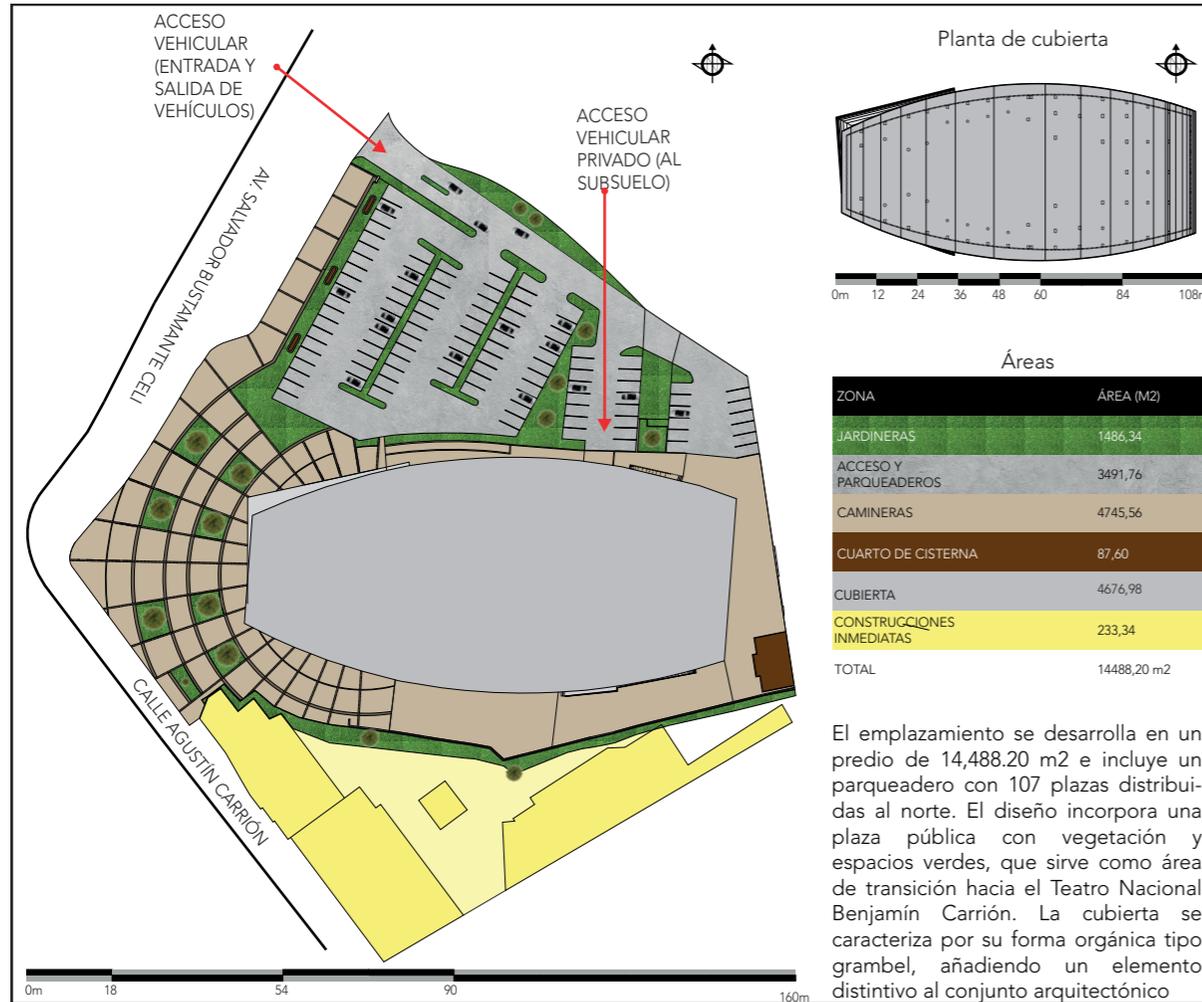


Figura 53. Esta figura muestra el emplazamiento y la planta de cubierta por zonas de colores y cuadro de áreas del TNBC. Fuente: Elaborado por autor, 2024.

5.1.2. Planta de subsuelo

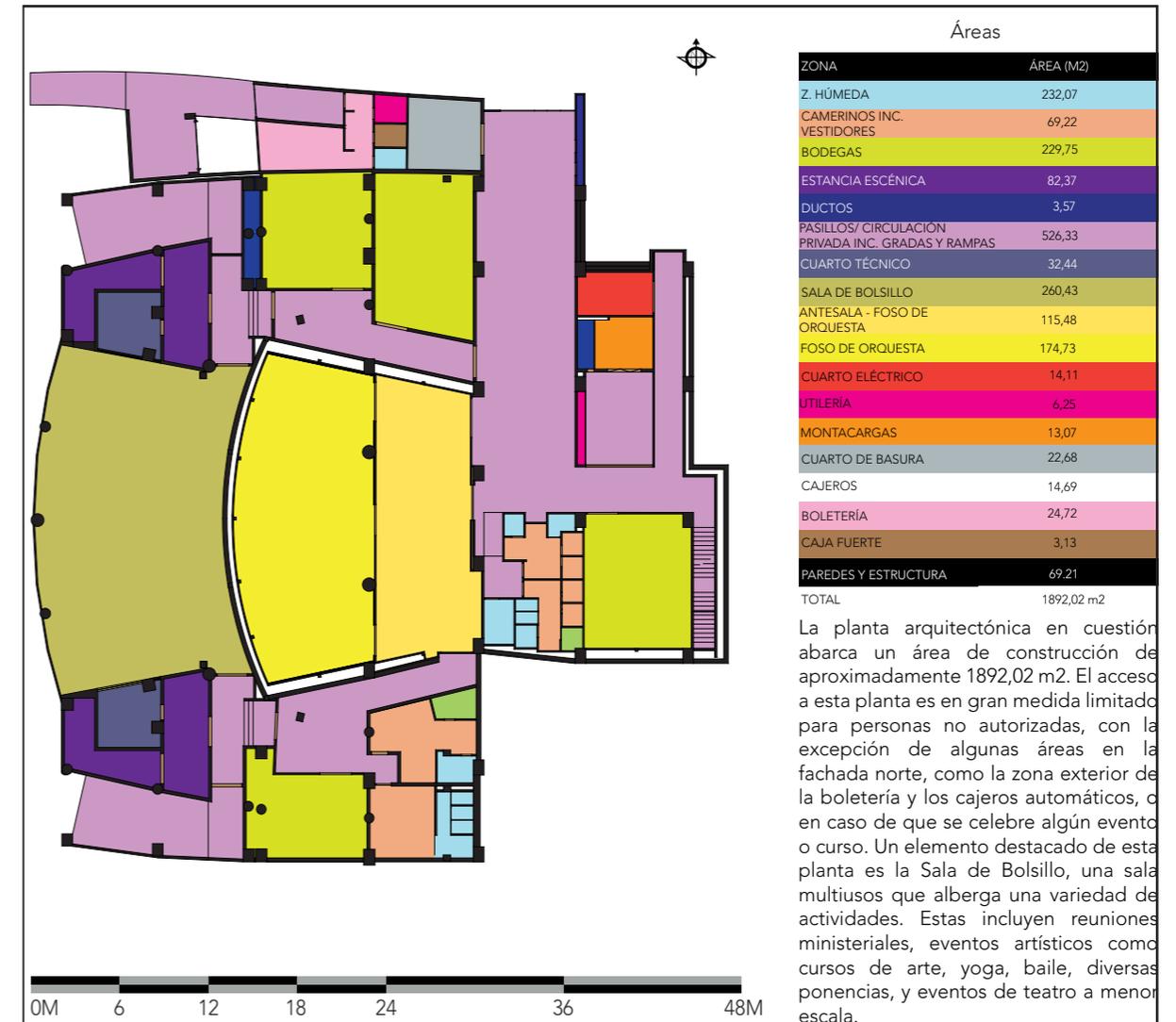
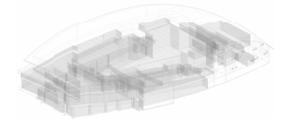
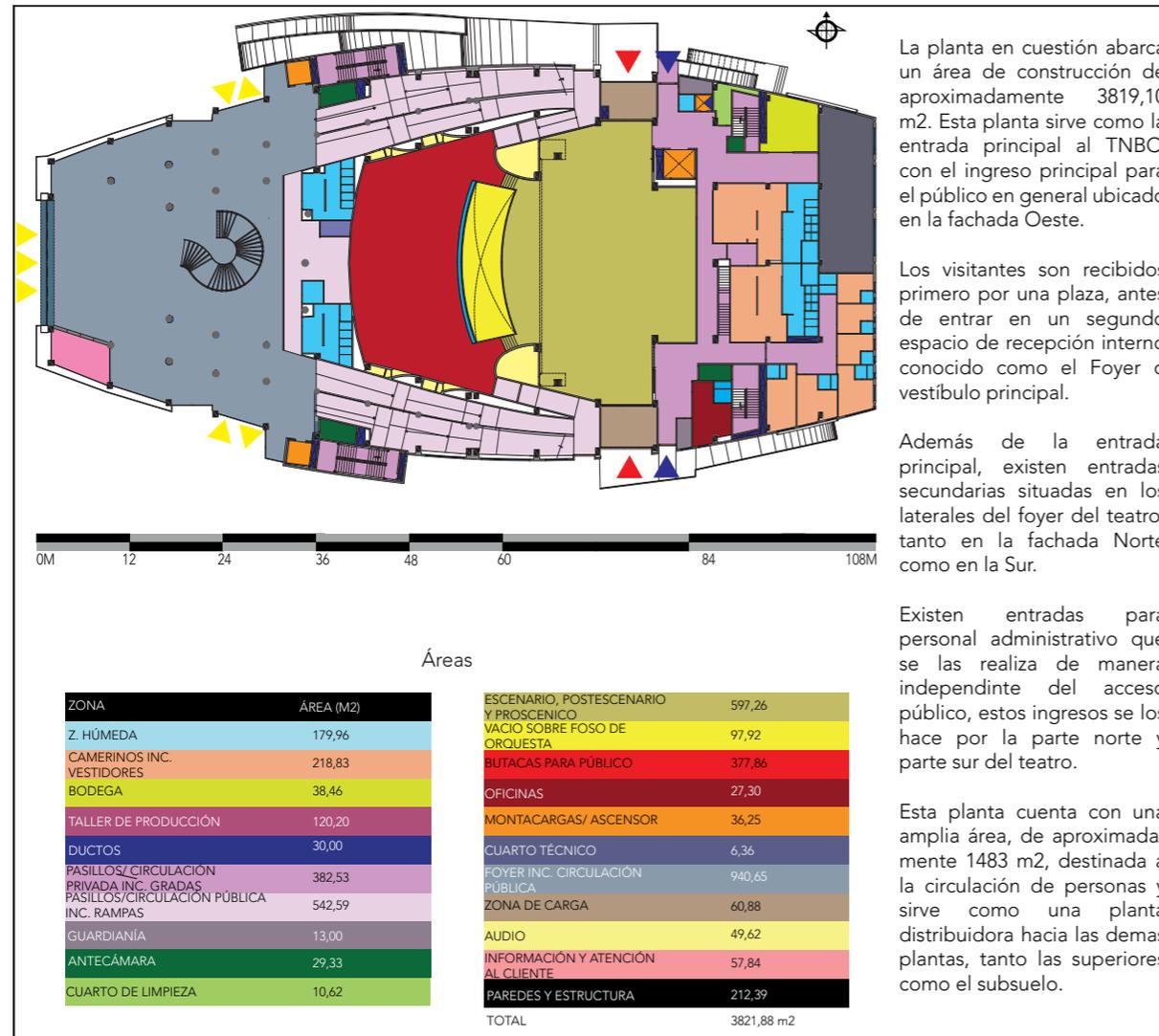


Figura 54. Esta figura muestra la planta de subsuelo por zonas de colores y cuadro de áreas del TNBC. Fuente: Elaborado por autor, 2024.



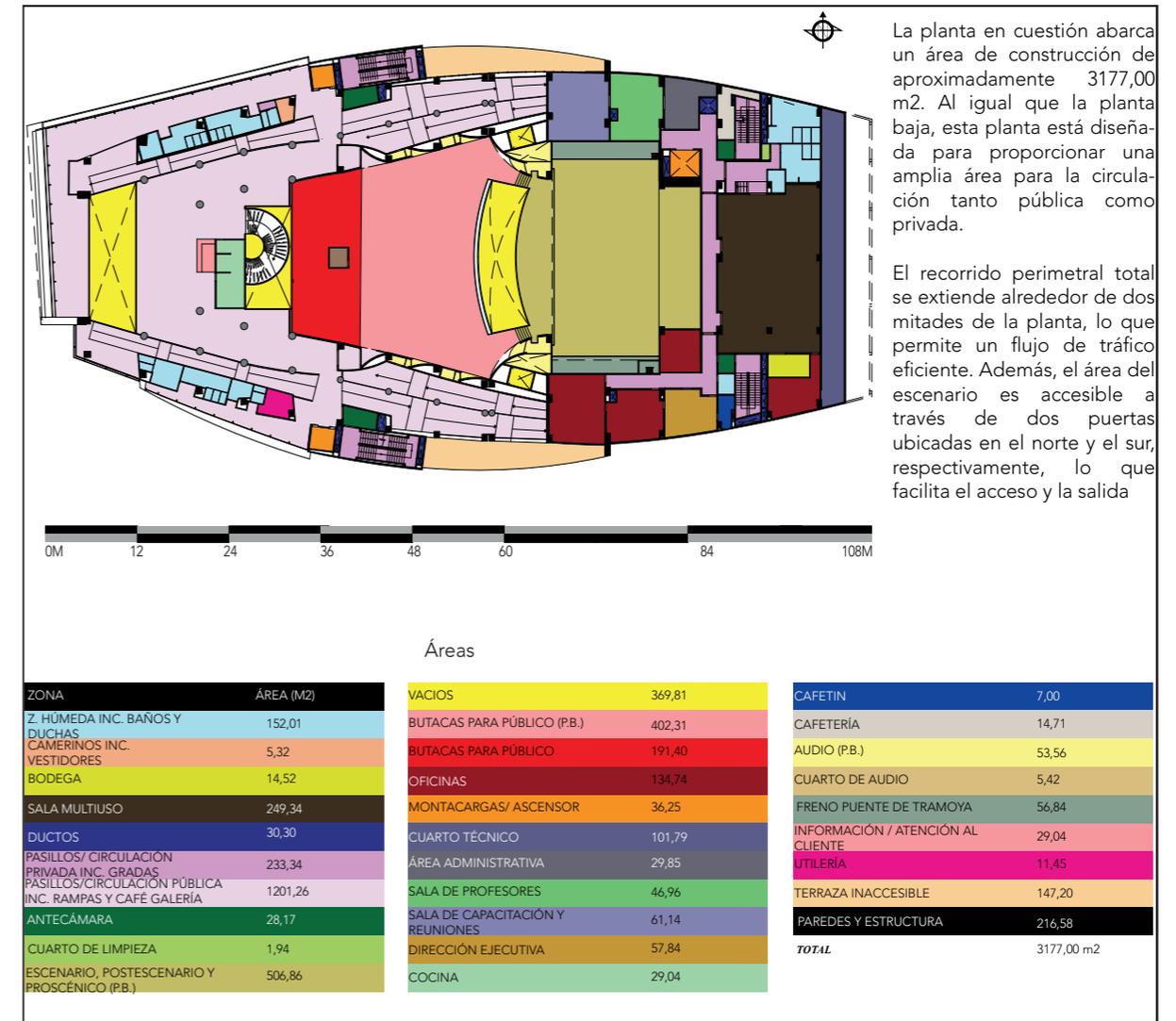
5.1.3. Planta baja



P. 86

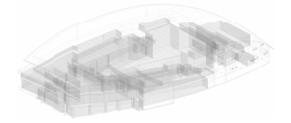
Figura 55. Esta figura muestra la planta baja por zonas de colores y cuadro de áreas del TNBC. Fuente: Elaborado por autor, 2024.

5.1.4. Primera planta alta

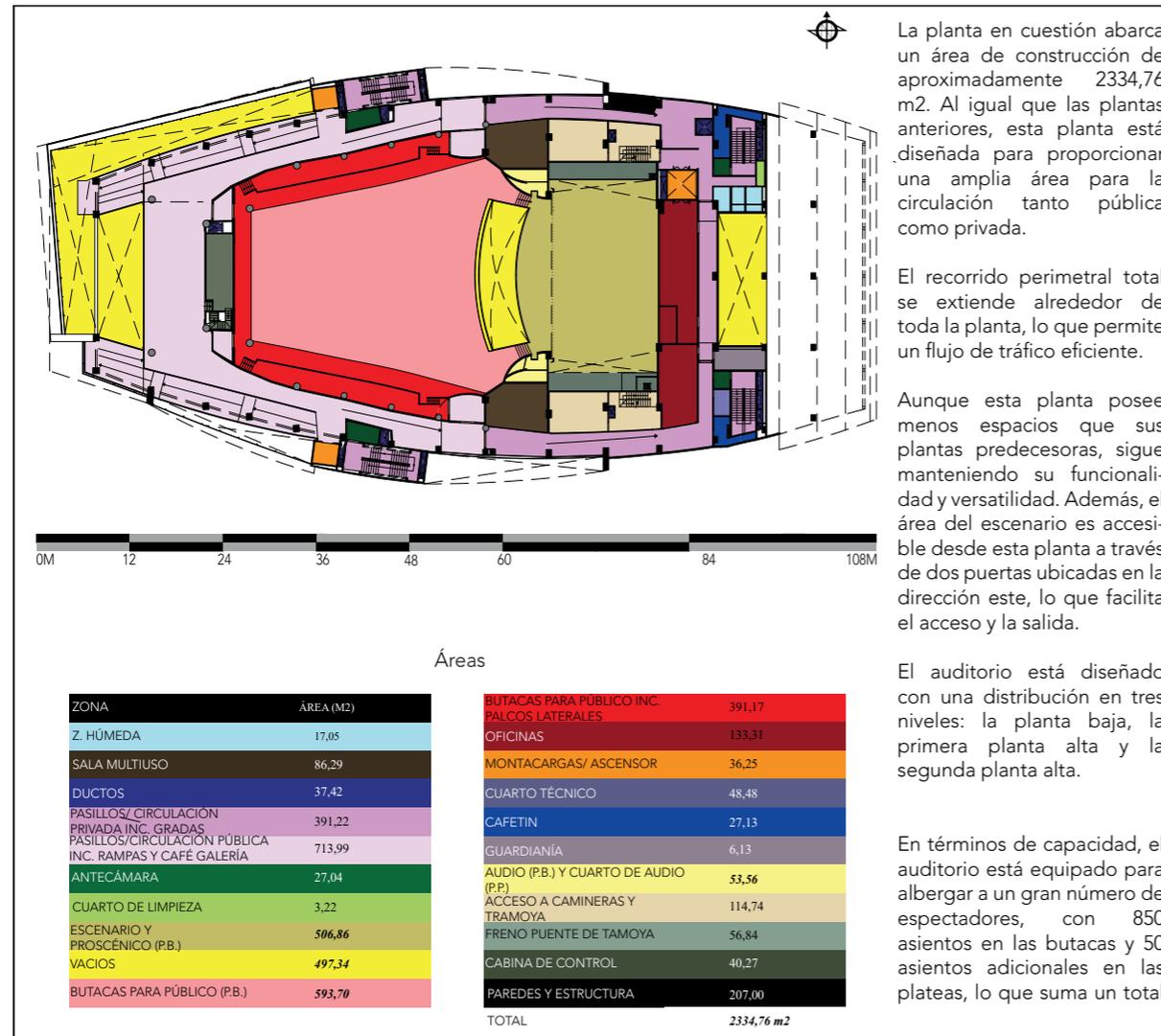


P. 87

Figura 56. Esta figura muestra la primera planta alta por zonas de colores y cuadro de áreas del TNBC. Fuente: Elaborado por autor, 2024.



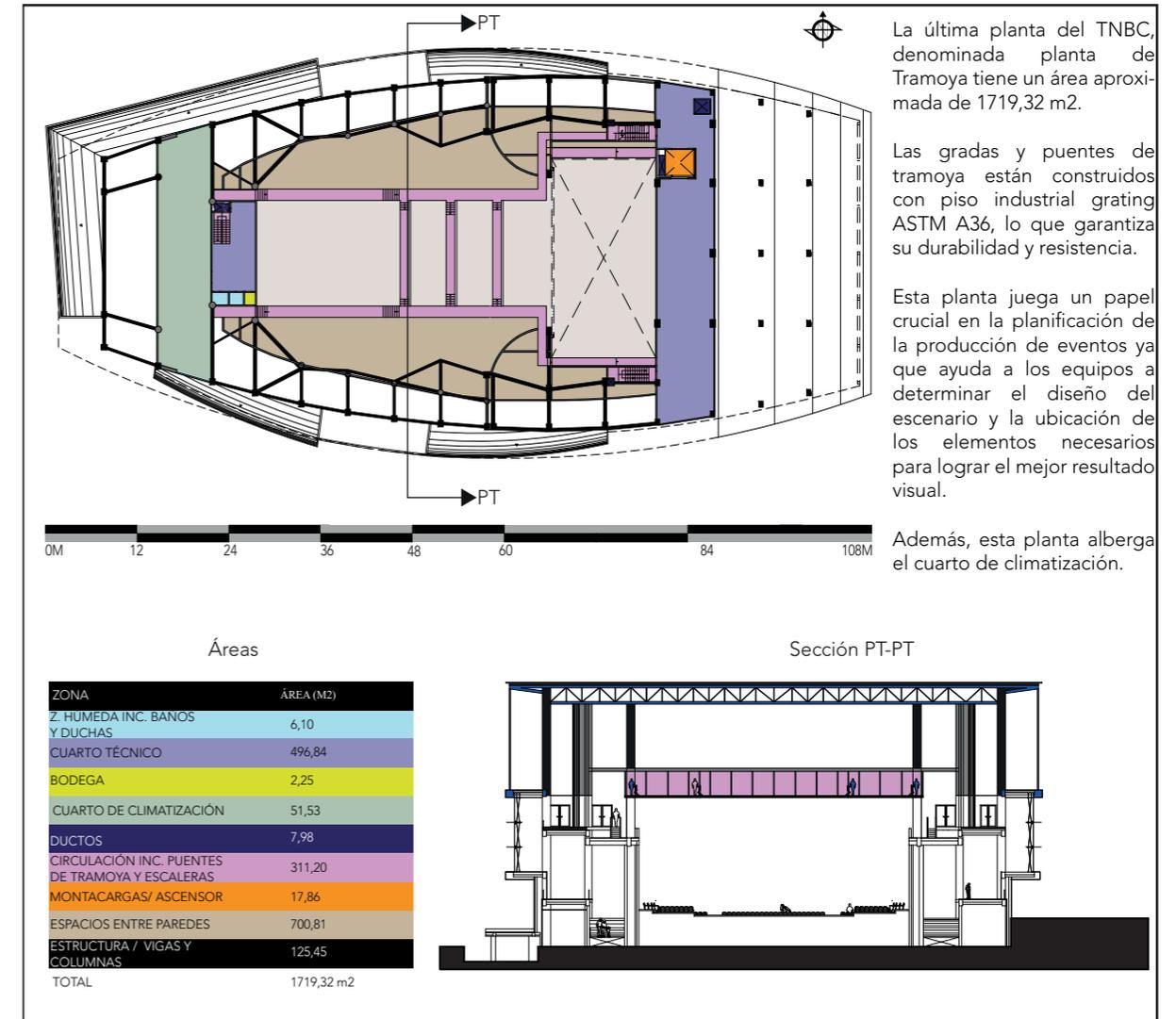
5.1.5. Segunda planta alta



P. 88

Figura 57. Esta figura muestra la segunda planta alta por zonas de colores y cuadro de áreas del TNBC. Fuente: Elaborado por autor, 2024.

5.1.6. Planta de tramoya



P. 89

Figura 58. Esta figura muestra la planta de tramoya por zonas de colores y cuadro de áreas del TNBC. Fuente: Elaborado por autor, 2024.

5.2. Síntesis de análisis arquitectónico del TNBC

En el proceso de determinar las zonas a ser evaluadas para un proyecto, es importante dividirlos en zonas térmicas y zonas no térmicas. Las zonas térmicas se refieren a aquellas áreas donde se llevan a cabo actividades o donde hay presencia de personas. Estas zonas pueden subdividirse aún más en zonas de frecuencia de uso y zonas de intensidad de uso.

Las zonas de frecuencia de uso corresponden a espacios donde se realizan actividades de forma constante, como oficinas o áreas de trabajo habituales. Por otro lado, las zonas de intensidad se refieren a espacios donde se generan eventos de gran envergadura o donde hay una afluencia significativa de personas. Ejemplos de estas zonas pueden ser salones de eventos, auditorios.

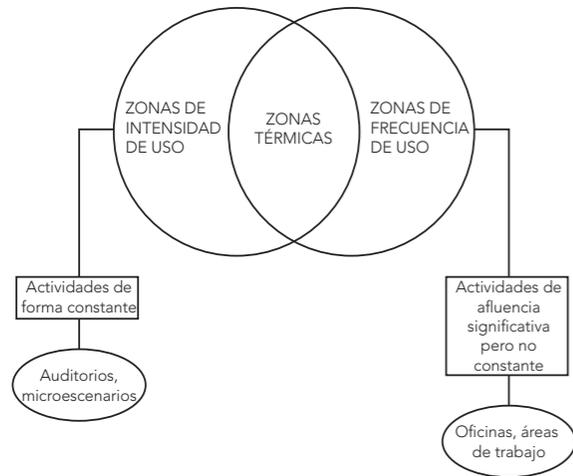


Figura 59. Esta figura muestra el tipo de actividades que se realizan dentro de las zonas de intensidad de uso y de las zonas de frecuencia de uso.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

5.2.1. Síntesis - Sala de bolsillo

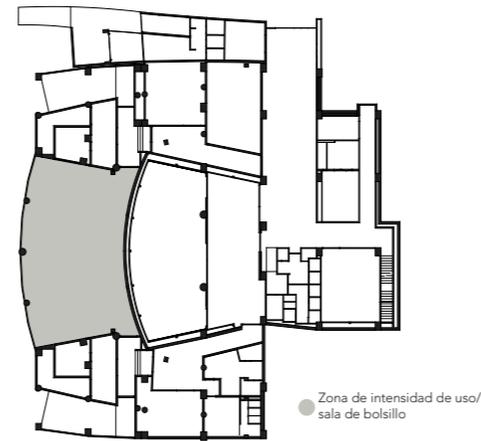


Figura 60. Esta figura muestra la zona de intensidad de uso a ser evaluada en términos de confort térmico/Sala de bolsillo
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

5.2.2. Síntesis - Planta baja

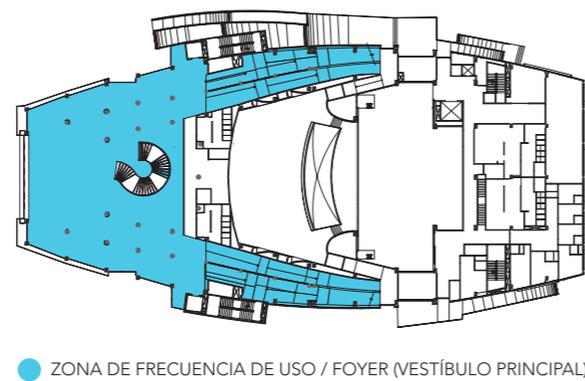
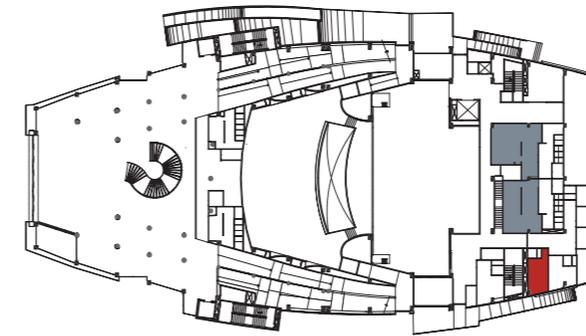


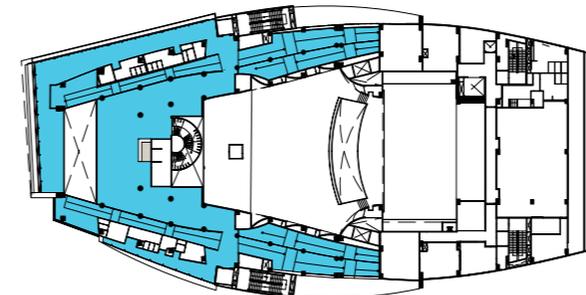
Figura 61. Esta figura muestra la zona de frecuencia de uso a ser evaluada en términos de confort térmico/ Vestíbulo principal
Fuente: Elaborado por autor, 2024.



- ZONA DE INTENSIDAD DE USO / CAMERINOS COLECTIVOS
- ZONA DE INTENSIDAD DE USO / CAMERINO VIP 3

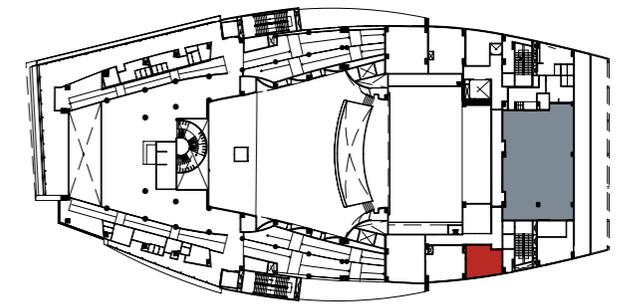
Figura 62. Esta figura muestra la zona de frecuencia de uso a ser evaluada en términos de confort térmico/ Camerinos colectivos/ camerino VIP 3.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

5.2.3. Síntesis - Primera planta alta



- ZONA DE FRECUENCIA DE USO / VESTÍBULO (GALERÍA)

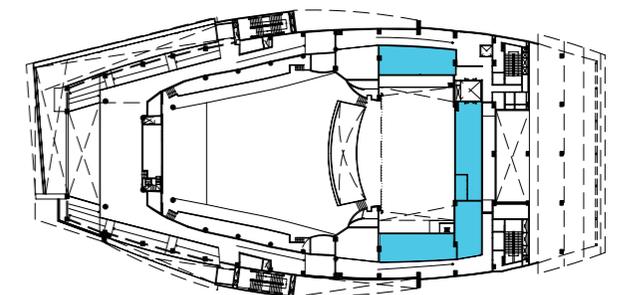
Figura 63. Esta figura muestra la zona de intensidad de uso a ser evaluada en términos de confort térmico/ Vestíbulo (galería).
Fuente: Elaborado por autor, 2024.



- ZONA DE INTENSIDAD DE USO / SALA MULTIUSOS (ORQUESTA SINFÓNICA)
- ZONA DE INTENSIDAD DE USO / OFICINA 2

Figura 64. Esta figura muestra la zona de frecuencia de uso a ser evaluada en términos de confort térmico/ Sala multiusos (Orquesta sinfónica) / Oficina 2.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

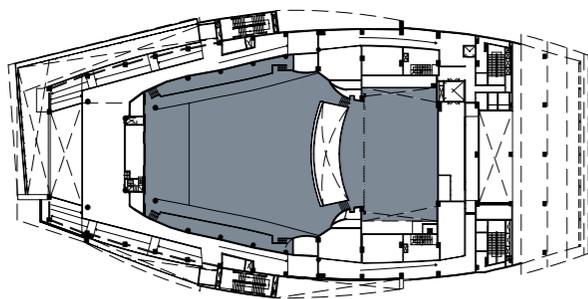
5.2.3. Síntesis - Segunda planta alta



- ZONA DE FRECUENCIA DE USO / OFICINA 8/9/10/11.

Figura 65. Esta figura muestra la zona de frecuencia de uso a ser evaluada en términos de confort térmico/ Oficina 8/ Oficina 9/ Oficina 10/ Oficina 11.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

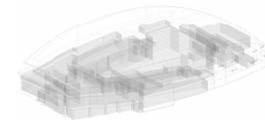
Evaluación de confort Térmico del TNBC



● ZONA DE INTENSIDAD DE USO / AUDITORIO

Figura 66. Esta figura muestra la zona de intensidad de uso a ser evaluada en términos de confort térmico / Auditorio
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

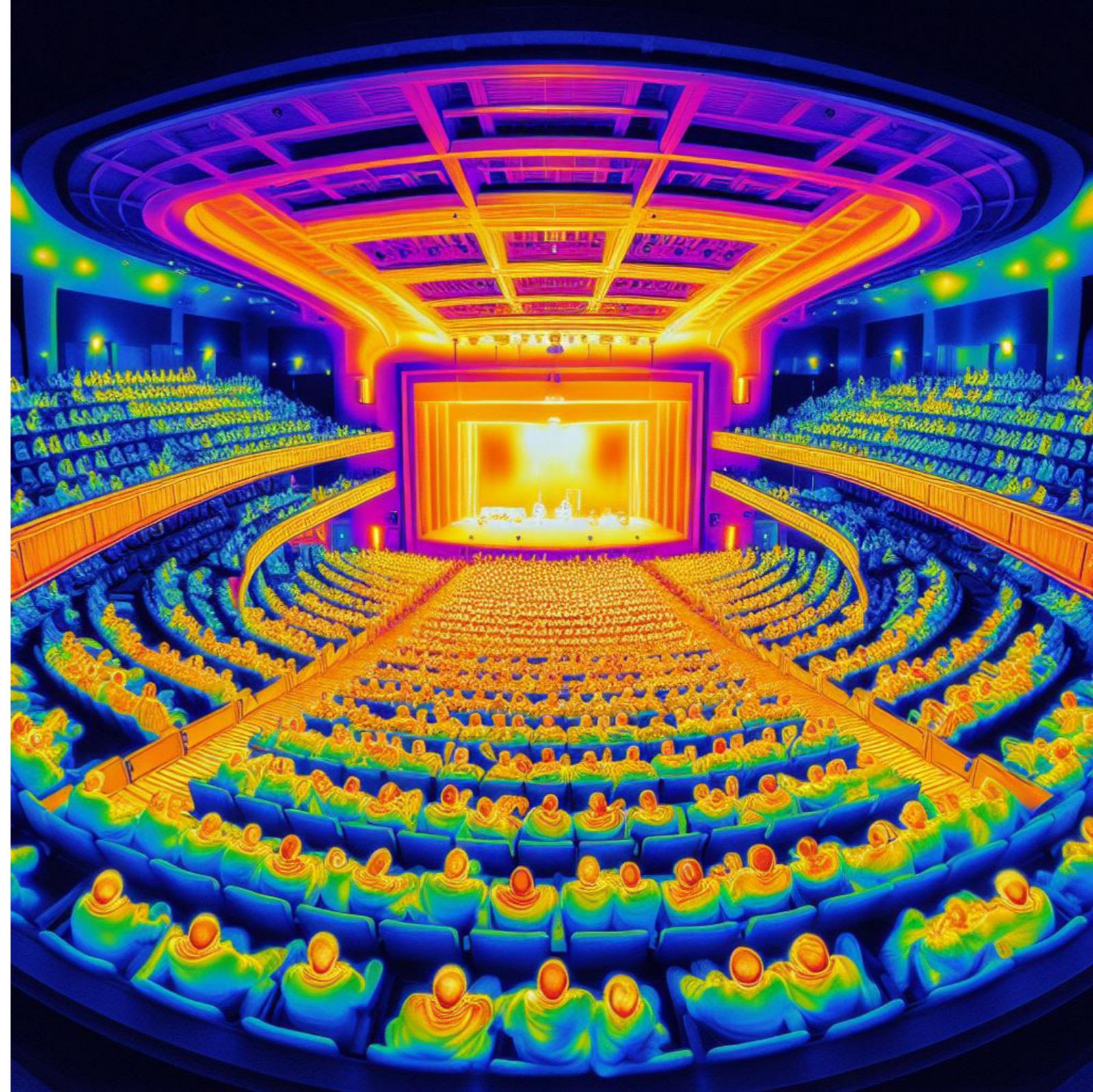


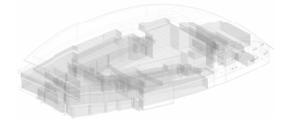


06 EVALUACIÓN TÉRMICA

“La arquitectura es un componente más para producir cambios relevantes en la sociedad.”

Michel Rojkind





6.1. Insolación anual

La insolación que recibe el Teatro Nacional Benjamín Carrión es adecuada, dado que la cubierta actúa como protección contra los rayos solares, salvaguardando las paredes y la envolvente del teatro de manera efectiva. El Teatro, al estar ubicado en Ecuador, donde el sol incide de manera perpendicular al horizonte debido a su proximidad a la línea ecuatorial, la disposición de la cubierta resulta especialmente beneficiosa para mitigar el impacto directo de la radiación solar.

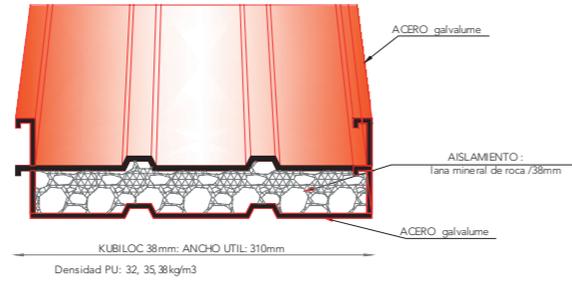


Figura 67. Esta figura muestra el detalle de cubierta el TNBC/ Kubiloc total 38.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

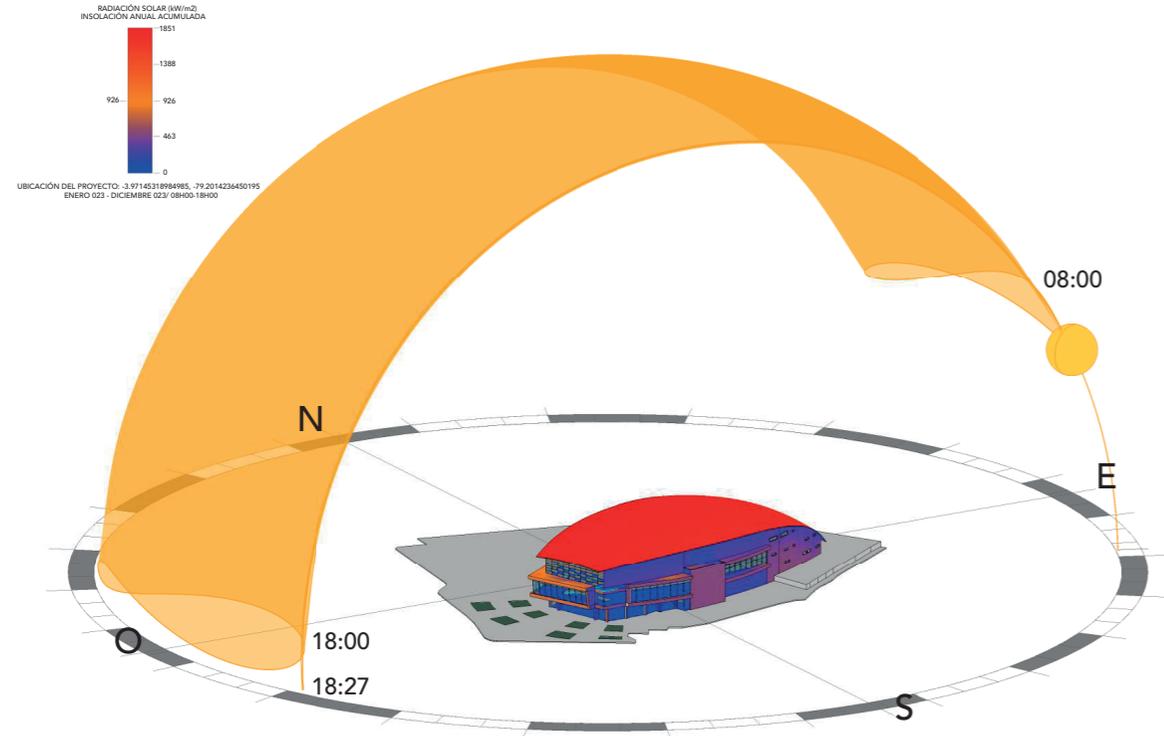


Figura 68. Esta figura muestra la insolación anual de la envolvente sur y oeste del TNBC.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

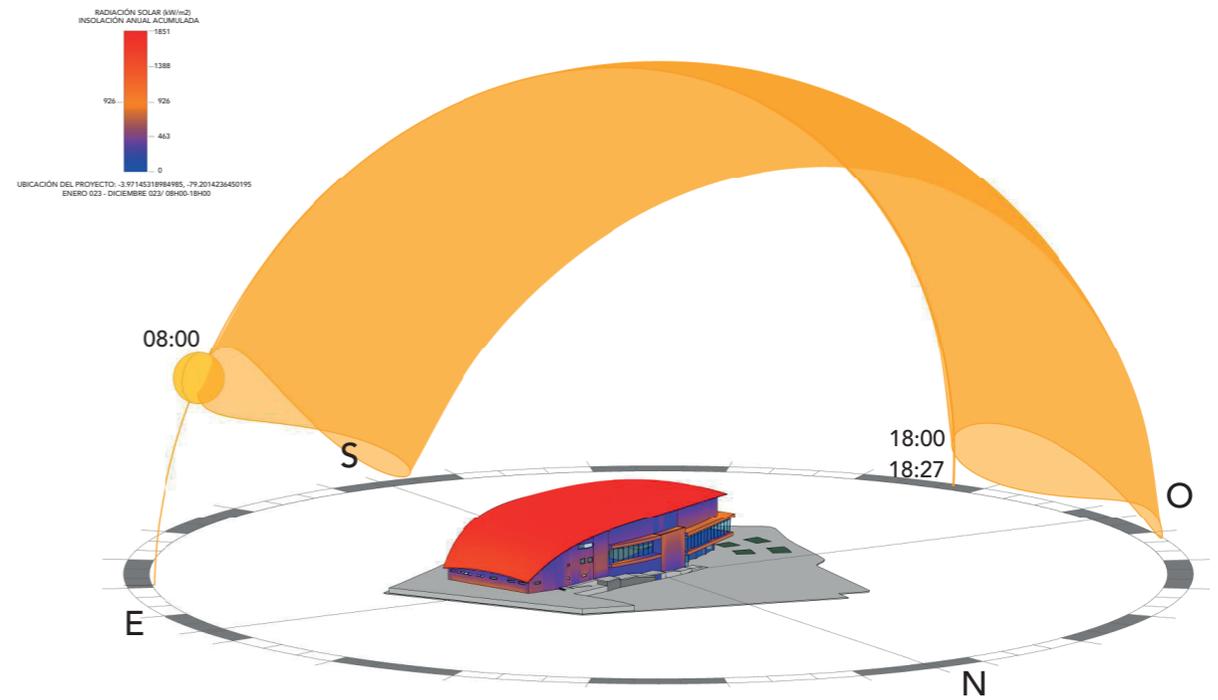


Figura 69. Esta figura muestra la insolación anual de la envolvente norte y este del TNBC.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

6.2. Iluminación natural vestíbulos principales

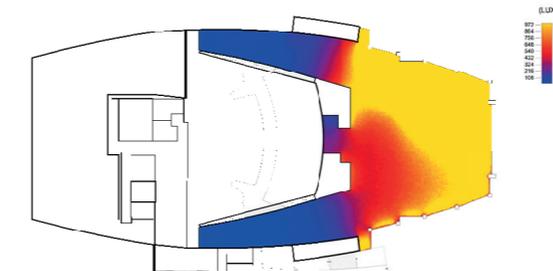


Figura 70. Luxes de iluminación natural / Foyer
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

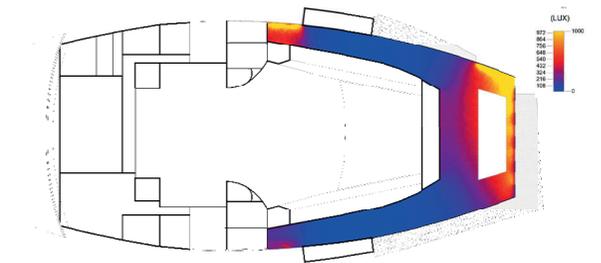
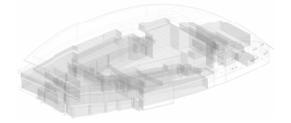
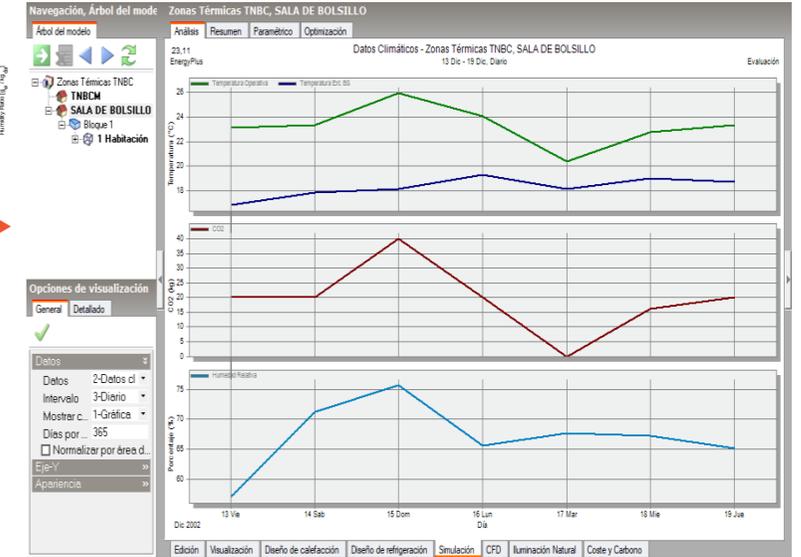
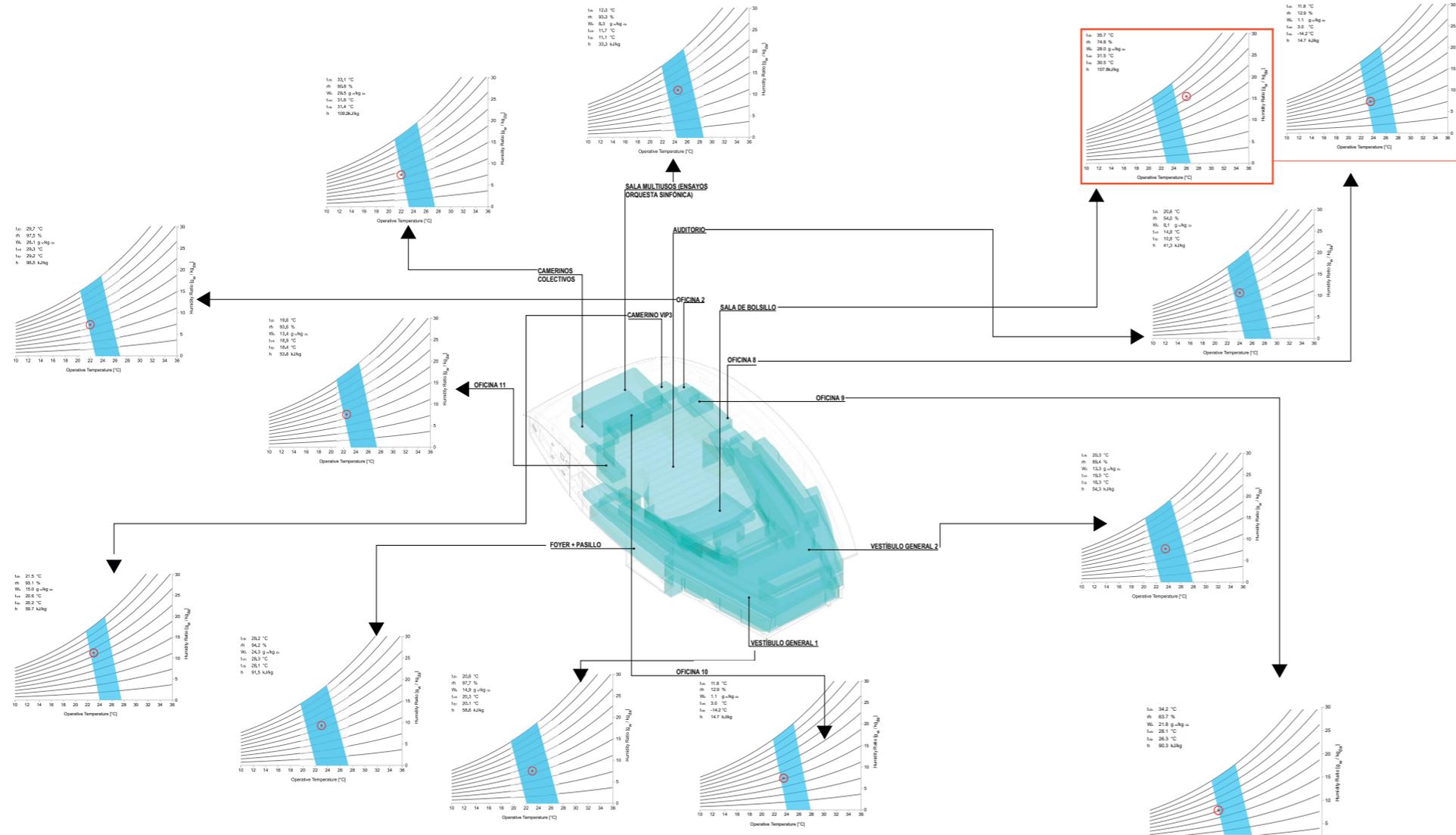


Figura 71. Luxes de iluminación natural / Vestíbulo Galería
Fuente: Elaborado por autor, 2024.



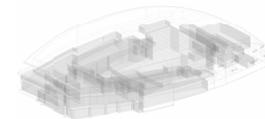
6.3. Diagrama psicrométrico del estudio de confort térmico del TNBC



ANÁLISIS DE ZONAS TÉRMICAS DESIGNADAS PARA LA EVALUACIÓN EN TÉRMINOS DE CONFORT TÉRMICO							
	Nombre	Planta	Temperatura Operativa	Humedad Relativa	Tasa Metabólica	Nivel de Ropa	Norma ASHRAE 55-2023
1	Sala de Bolsillo	Subsuelo	26°C	75%	1	0.96 clo	No cumple
2	Foyer + Pasillo	Planta Baja	23°C	53%	1.2	0.96 clo	Si cumple
3	Camerinos Vip	Planta Baja	23°C	64%	1.1	0.7 clo	Si cumple
4	Camerinos Colectivos	Planta Baja	22°C	45%	1.2	0.67 clo	Si cumple
5	Vestibulo General 1	Primera Planta Alta	23°C	43%	1.2	0.96 clo	Si cumple
6	Sala Multitulos (Ensayos Orquesta Sinfónica)	Primera Planta Alta	24,5°C	57%	1.2	0.67 clo	Si cumple
7	Oficina 2	Primera Planta Alta	22°C	44%	1	0.96 clo	Si cumple
8	Vestibulo General 2	Segunda Planta Alta	23,5°C	43%	1.2	0.96 clo	Si cumple
9	Oficina 8	Segunda Planta Alta	23,5°C	41%	1.2	0.57 clo	Si cumple
10	Oficina 9	Segunda Planta Alta	20,5°C	51%	1.1	0.96 clo	Si cumple
11	Oficina 10	Segunda Planta Alta	23,5°C	41%	1.2	0.57 clo	Si cumple
12	Oficina 11	Segunda Planta Alta	22,5°C	45%	1.2	0.67 clo	Si cumple
13	Auditorio	PB+PPA+SPA	24°C	57%	1	0.96 clo	Si cumple

Nota: Para los cálculos se tomo el momento máximo ambiental, y de usuario.

Figura 72. Esta figura muestra el estudio en términos de confort térmico de las zonas térmicas elegidas para el análisis. Fuente: Elaborado por autor, 2024.

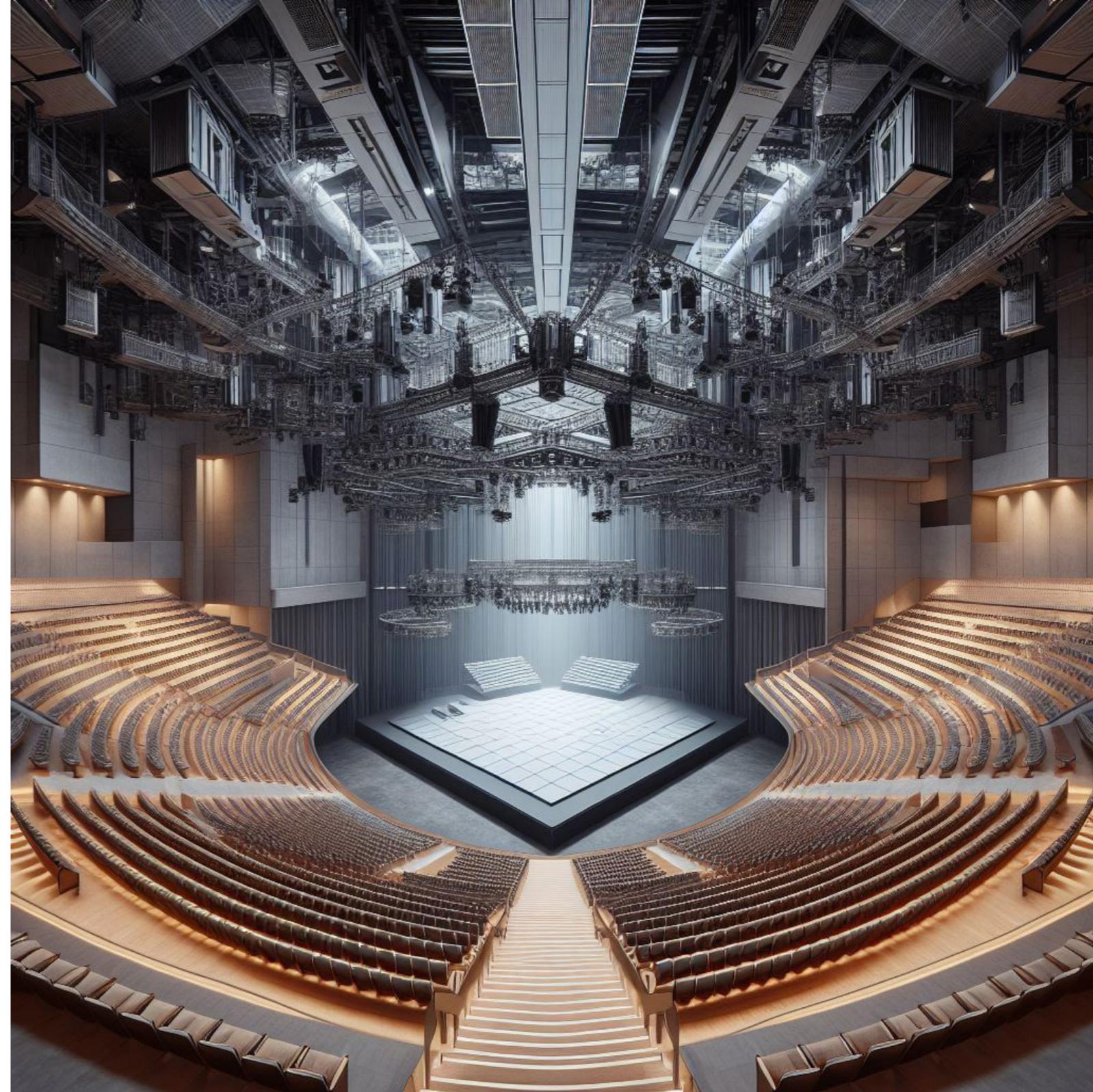


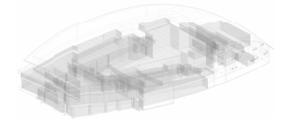
07

CONCEPTUALIZACIÓN

“La finalidad de una casa es la de proporcionar una vida buena y cómoda, y sería un error valorar demasiado un resultado exclusivamente decorativo.”

Lina Bo Bardi





7.1. Concepto

La sala multisusos del Teatro Nacional Benjamín Carrión Mora de La Ciudad de Loja denominada "Sala de Bolsillo", tiene una superficie de 260m² y una capacidad máxima de 100 espectadores, se configura como un espacio versátil y dinámico, incorporando estrategias que permitan ajustar la disposición y configuración del espacio que está destinado a brindar una experiencia inmersiva y adaptable para diversos eventos artísticos y culturales para público variado, manteniendo siempre una proximidad directa y significativa entre artistas y espectadores. La atención se concentra en asegurar el confort ambiental, superando los desafíos identificados en el análisis previo.

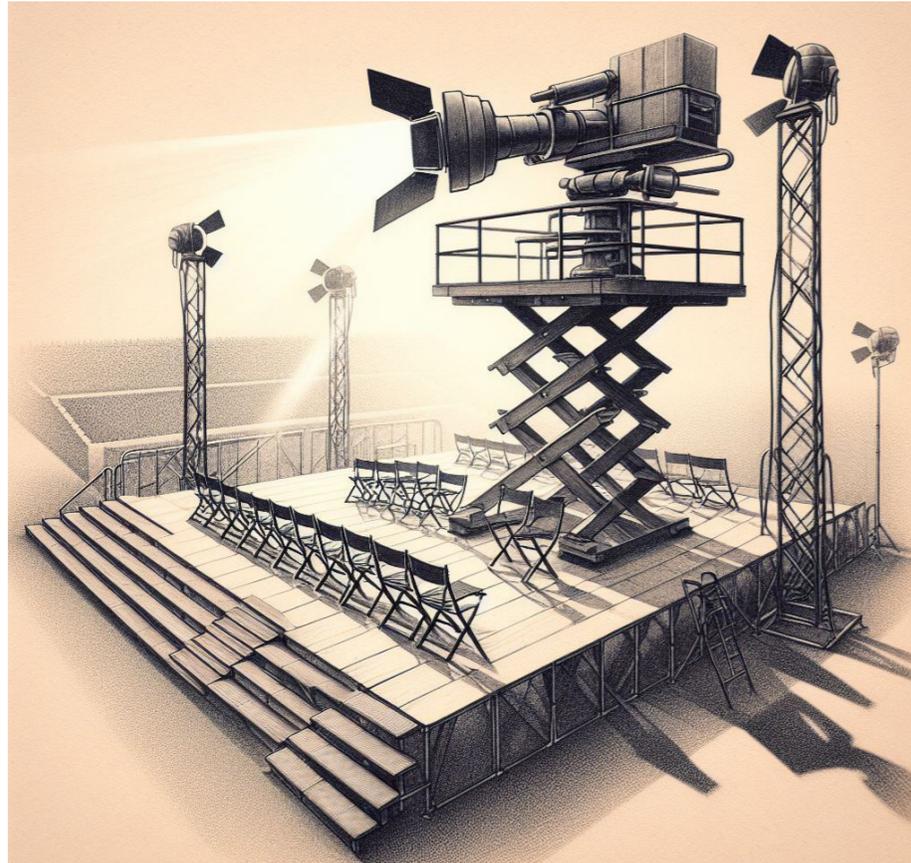


Figura 73. Esta figura muestra una analogía del concepto.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

7.2. Referentes

Sala Polivalente 1+2 Rioja Forum

Las Salas Polivalentes 1 y 2, con capacidad individual para 150 personas cada una, ofrecen la posibilidad de fusionarse en una única sala con capacidad para 330 personas, proporcionando soluciones versátiles para congresos, convenciones, reuniones o exposiciones.

Equipadas con tecnología audiovisual de vanguardia, cuentan con un sistema de traducción simultánea inalámbrico por infrarrojos con 5 cabinas, intercomunicación, infraestructura para videoproyección, sistema de megafonía general, proyector para vídeo, datos y gráficos, pantalla de gran formato, reproducción de vídeo desde diversos formatos y circuito cerrado de televisión. Además, se complementan con equipos como monitores de mesa, videopresentadores, sistema de videoconferencia portátil, reproductores de DVD, VHS, MP3, y una red integral de voz, datos, RDSI, ADSL y vídeo streaming.

La sonorización se logra mediante un grabador reproductor CD y MD digital, microfónica alámbrica e inalámbrica, así como sistemas de captación y fuentes de vídeo. Este conjunto de recursos audiovisuales ofrece una experiencia completa y eficiente para eventos de diversas índoles

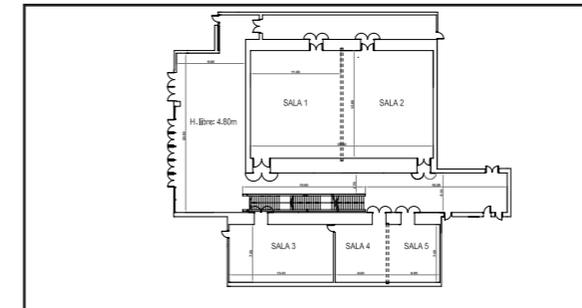
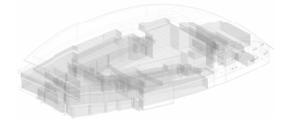


Tabla 12. Síntesis del proyecto Sala Polivalente 1+2 Rioja Forum
Fuente: Elaborado por autor, 2024. Con datos de RiojaForum.



Sala Multiusos Parque industrial Sauce Viejo

El SUM y el IFP, ubicados en el acceso del Parque Industrial Sauce Viejo en Santa Fe, Argentina, representan la primera fase del Área de Servicios Comunes. Diseñados de manera conjunta alrededor de una Plaza de Acceso con una destacada escultura metálica, ambos edificios adoptan una estrategia de proyecto que busca unificar sus variadas características bajo un único criterio material, de forma y organización interna. Exteriormente, se destacan volúmenes prismáticos irregulares en tonos oscuros, contrastando con interiores luminosos y coloridos. La planta se organiza en torno a un núcleo exento que facilita la circulación y subdivisión de espacios.

La construcción se llevó a cabo íntegramente en seco para optimizar costos y plazos, con una estructura metálica, revestimientos exteriores de chapa pre-pintada gris oscuro y paños de doble vidrioado hermético. Las particiones internas se componen de placas de cartón yeso. En términos de eficiencia energética, se emplearon 10 cm de aislamiento en cerramientos, cristales dobles, un análisis detallado de asoleamiento y ventilación cruzada. La Sala de Usos Múltiples (SUM) se diseñó para óptimas condiciones de iluminación y acústica, utilizando elementos acústicos móviles colgantes para la adecuación sonora.



Tabla 13. Síntesis del proyecto Sala Multiusos Parque industrial Sauce Viejo. Candidata a obra del año 2024. Fuente: Elaborado por autor, 2024. Con datos de Archdaily.

Sala multiuso del liceo François Truffaut

La escuela secundaria F. Truffaut en Challans, Francia, requería una nueva sala multiusos compartida con la ciudad y otra secundaria. El nuevo edificio, con una capacidad dos veces mayor que el programa inicial (435 m2 frente a 245 m2), alberga teatro, cine, música, deportes y aulas de examen. La flexibilidad es clave, con mobiliario móvil y gradas telescópicas.

El diseño interior adaptable va desde total oscuridad hasta luz diurna. El volumen de madera, orientado de este a oeste, incluye una estructura de absorción acústica estratégicamente ubicada bajo el techo para lograr claridad y sencillez. Una galería circundante conecta diversas funciones, también sirviendo como soporte dinámico para el control térmico.

El estado de bajo consumo energético se logra mediante una envoltura bioclimática con ventilación e iluminación natural, vegetación que cubre el edificio y un techo extendido. El contrachapado barnizado da un aspecto abstracto al volumen rojo, destacándolo como una señal en el entorno boscoso, marcando la entrada a la ciudad.

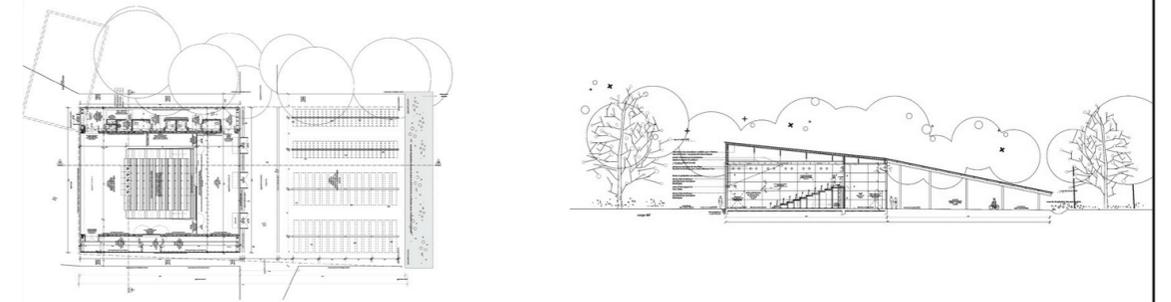
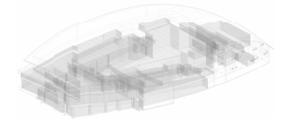


Tabla 14. Síntesis den proyecto Sala multiuso del liceo François Truffaut. Fuente: Elaborado por autor, 2024. Con datos de Archdaily.



7.3 Estrategias

<p>Flexibilidad y adaptabilidad</p> <p>La Sala de Bolsillo, se erige como un espacio multifuncional, capaz de albergar presentaciones teatrales, exposiciones, cursos, conversatorios y reuniones ministeriales. Para ello, se incorpora un mobiliario modular que permite una fácil reconfiguración y almacenamiento, así como graderío telescópico y escenario de las mismas características, adaptándose a las necesidades cambiantes de cada evento. La versatilidad es la clave, permitiendo una rápida transformación del entorno según la naturaleza de la actividad.</p>	
<p>Proximidad artista–espectador</p> <p>El diseño de la sala busca trascender las convenciones tradicionales, eliminando barreras entre el público y los artistas. La disposición del espacio facilita una conexión íntima y directa, permitiendo a los espectadores vivir una experiencia única y cercana. El graderío telescópico, diseñado con precisión isóptica, garantiza una visión óptima desde cualquier ubicación, fomentando la interacción directa y ofreciendo una inmersión total en cada actuación o presentación.</p>	
<p>Confort ambiental</p> <p>Se implementan estrategias arquitectónicas activas y pasivas, así como el uso de materiales especializados para garantizar un equilibrio óptimo entre confort térmico y acústico. La sala multiusos contará con un sistema de iluminación versátil, que incluirá diversos tipos de luminarias ajustables según las necesidades de cada evento. La introducción de esta variedad de luminarias, permitirá una adaptación eficiente y cómoda, asegurando un ambiente adecuado para cualquier ocasión.</p>	
<p>Zonas complementarias</p> <p>La inclusión de una zona de café no solo complementa la funcionalidad de la sala, sino que también enriquece la experiencia global del espectador. Esta área se integra de manera armoniosa, sirviendo como punto de encuentro y contribuyendo a la dinámica social del espacio.</p>	

Tabla 15. Estrategias arquitectónicas basadas en confort ambiental y elementos telescópicos.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

7.4. Materialidad

<p>Bambú</p> <p>El bambú destaca por su capacidad térmica y su eficacia como aislante acústico, gracias a la presencia de espacios de aire dentro de sus cañas. Estos espacios regulan la temperatura del material y del entorno, al mismo tiempo que actúan como una barrera contra el sonido, proporcionando un aislamiento efectivo, además de ser un material de alta resistencia.</p> <p>El rápido crecimiento del bambú lo convierte en una alternativa sostenible, ya que no requiere reforestación y se propaga naturalmente en diversos entornos, continuando su crecimiento incluso después de ser talado (Peciña, 2023).</p>	
<p>Lana de roca</p> <p>La Lana de Roca, obtenida de roca basáltica, se utiliza ampliamente como aislante térmico en construcción e industria. Su producción sostenible y reciclable, junto con su baja conductividad térmica de aproximadamente 0.037 W/mk, la convierten en una opción eficaz para el aislamiento. Además, su naturaleza no hidrófila y permeable al vapor de agua previene problemas de condensación y moho en las estructuras donde se aplica (AISLAHOME, 2018).</p>	
<p>Polímeros</p> <p>Polietileno y poliuretano como impermeabilizantes y protectores base del piso flotante</p>	

Tabla 16. Materiales principales a ser utilizados en el proyecto.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

7.5. Cálculos de confort ambiental

7.5.1. Isóptica

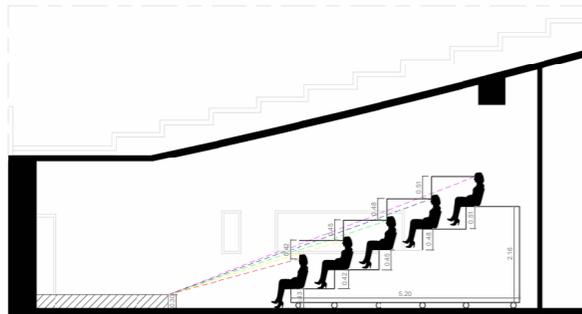


Figura 74. Esta figura muestra en cálculo geométrico para obtener la altura de cada nivel del graderío telescópico. Fuente: Elaborado por autor, 2024.

7.5.2. Acústica

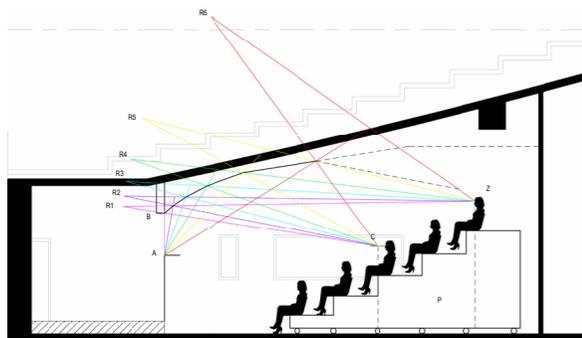


Figura 75. Esta figura muestra en cálculo geométrico para obtener la concha acústica. Fuente: Elaborado por autor, 2024.

7.5.3. Iluminación

7.5.3.1. Cálculo de número de luminarias en sala multiusos

CÁLCULO ALUMBRADO INTERIOR			
LOCAL/RECINTO:	SALA DE BOLSILLO		
DATOS:			
DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL LOCAL			
NIVEL DE ILUMINACION	300 Lux		
DIMENSIONES			
LONGITUD	8,61 m	SUPERFICIE LOCAL (m2)	186,5787
ANCHO	21,67 m		
ALTURA	3,8 m		
ALTURA DE TRABAJO	1 m		
ALTURA UTIL	0,85 m		
FACTORES DE REFLEXION			
	TECHO	PARED	SUELO
	0,25	0,3	0,5
TIPO DE LAMPARA: LAMPARA DE TECHO			
MODELO	JUPITER G2		
POTENCIA	4 X 75	W	
FLUJO LUMINOSO	3000	Lm	
COEFICIENTE DE CONSERVACION (Cd):	0,80		
CALCULOS:			
INDICE DEL LOCAL/RECINTO (K)	7,25 [K = L.a/[h.u.(L+a)]]		
COEFICIENTE UTILIZACION (Cu)	0,70 según fabricante		
FLUJO NECESARIO (flujo total)	99952,88	Lm	Flujo = Emed.S/Cd.Cu
NUMERO DE LAMPARAS (N)	33,32	LAMPARAS	

Tabla 17. Esta tabla muestra en cálculo del número de luminarias necesaria. teniendo en cuenta que se necesita un espacio de 300 lux. Fuente: Elaborado por autor, 2024.

CÁLCULO ALUMBRADO INTERIOR			
LOCAL/RECINTO:	SALA DE BOLSILLO		
DATOS:			
DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL LOCAL			
NIVEL DE ILUMINACION	300 Lux		
DIMENSIONES			
LONGITUD	3,67 m	SUPERFICIE LOCAL (m2)	24,956
ANCHO	6,8 m		
ALTURA	2,9 m		
ALTURA DE TRABAJO	1 m		
ALTURA UTIL	0,85 m		
FACTORES DE REFLEXION			
	TECHO	PARED	SUELO
	0,25	0,3	0,5
TIPO DE LAMPARA: LAMPARA DE TECHO			
MODELO	JUPITER G2		
POTENCIA	4 X 75	W	
FLUJO LUMINOSO	3000	Lm	
COEFICIENTE DE CONSERVACION (Cd):	0,80		
CALCULOS:			
INDICE DEL LOCAL/RECINTO (K)	2,80 [K = L.a/[h.u.(L+a)]]		
COEFICIENTE UTILIZACION (Cu)	0,70 según fabricante		
FLUJO NECESARIO (flujo total)	13369,29	Lm	Flujo = Emed.S/Cd.Cu
NUMERO DE LAMPARAS (N)	4,46	LAMPARAS	

Tabla 18. Esta tabla muestra en cálculo del número de luminarias necesaria. teniendo en cuenta que se necesita un espacio de 300 lux. Fuente: Elaborado por autor, 2024.

Nota. Esta tabla se multiplica por 2, para obtener el resultado de el número total de luminarias necesarias, sumado al calculo de la tabla 24. Esto se realizo en vista de que la forma de la sala es poligonal y no se requería este tipo de iluminación en toda la sala.

7.5.3.2. Colocación de luminarias

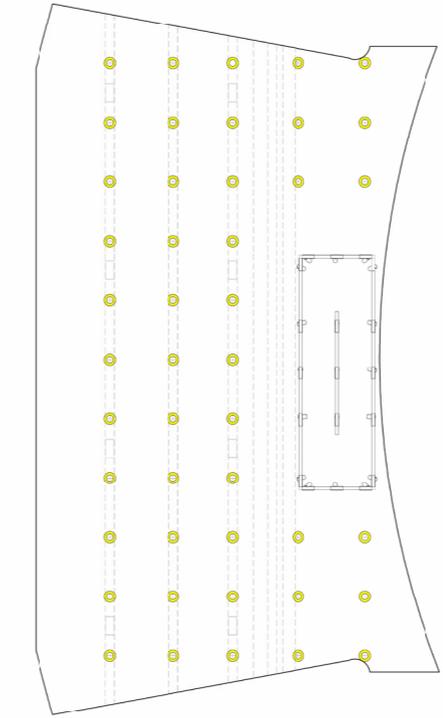


Figura 76. Esta figura muestra la posición o colocación de las luminarias. Fuente: Elaborado por autor, 2024.

7.5.3.3. Colocación de luminarias de micro-escenario

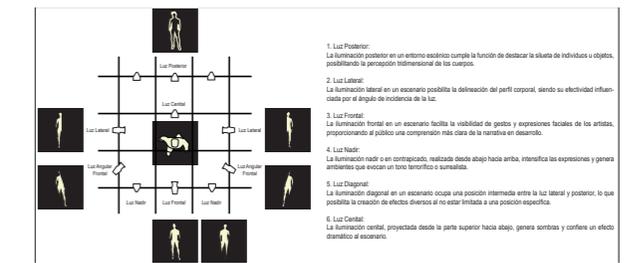


Figura 77. Esta figura muestra el tipo de iluminación de micro-escenarios establecida para el proyecto. Fuente: Elaborado por autor, 2024.

7.5.4. Audio

7.5.4.1. Cálculo de número de parlantes enrasados

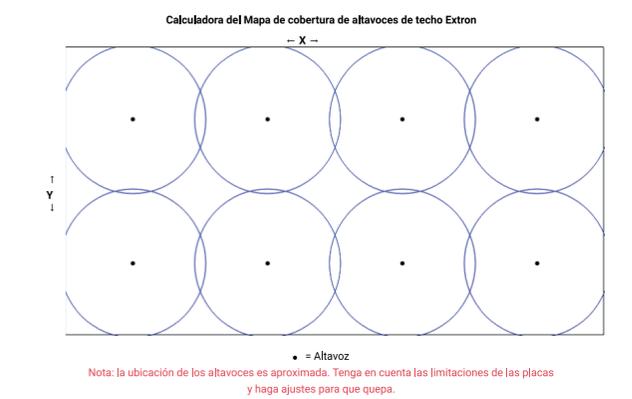
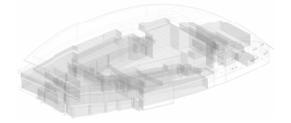
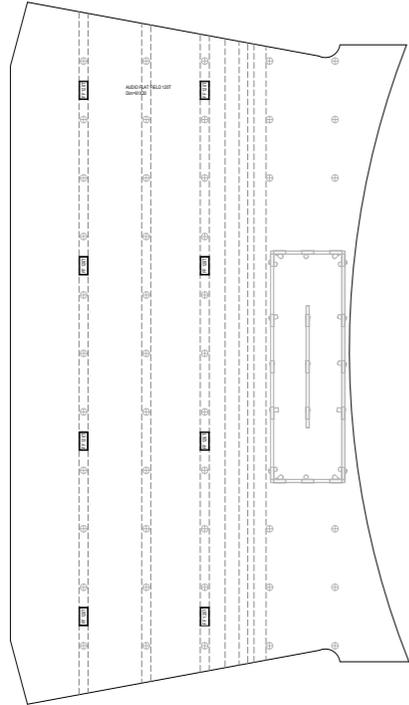


Figura 78. Esta figura muestra el cálculo del número de altavoces necesarios en el proyecto. Fuente: Elaborado por autor, 2024. En calculadora on-line de altavoces de techo EXTRON.



7.5.4.2. Colocación de altavoces enrasados



P. 114

Figura 79. Esta figura muestra la ubicación de los altavoces enrasados a ser implementados en el proyecto.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

7.5.5. Cargas térmicas y sistema HVAC

7.5.5.1. Cargas térmicas

El cálculo de cargas térmicas indica que se requiere un equipo HVAC de al menos 2000 CFM.

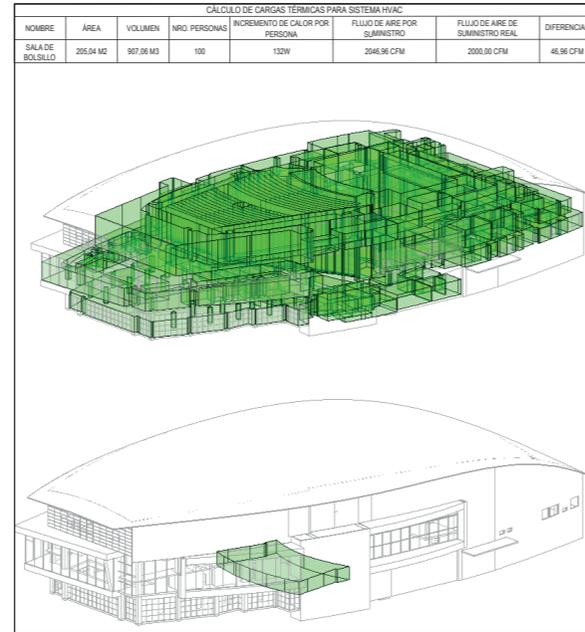


Figura 80. Esta figura muestra el modelo energético y el cálculo de cargas térmicas del espacio en su momento máximo.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

7.5.5.2. Sistema HVAC

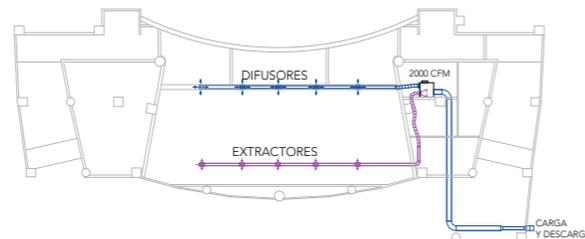


Figura 81. Esta figura muestra el sistema HVAC para el split de 2000 CFM.
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

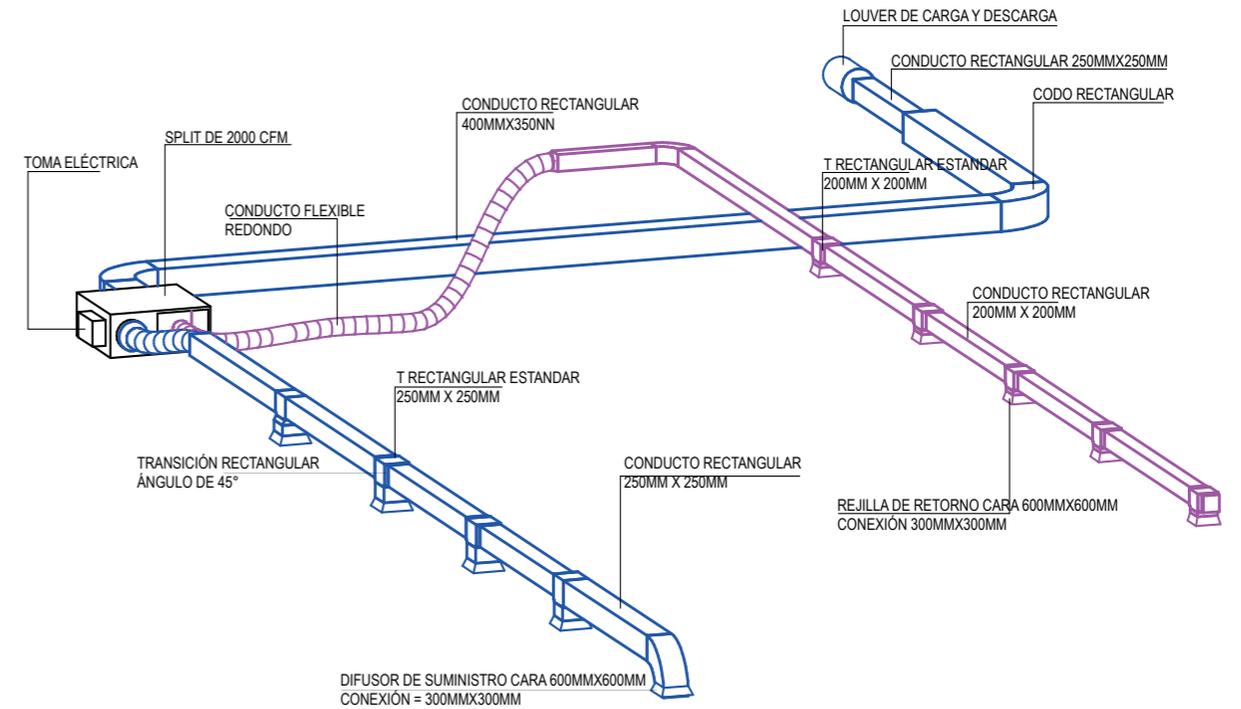
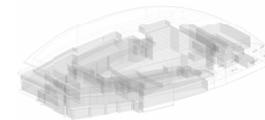


Figura 82. Axonometría del sistema HVAC
Fuente: Elaborado por autor, 2024.

P. 115



08

REPRESENTACIÓN

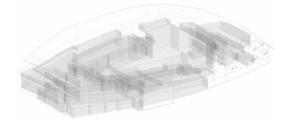
P. 116

P. 117

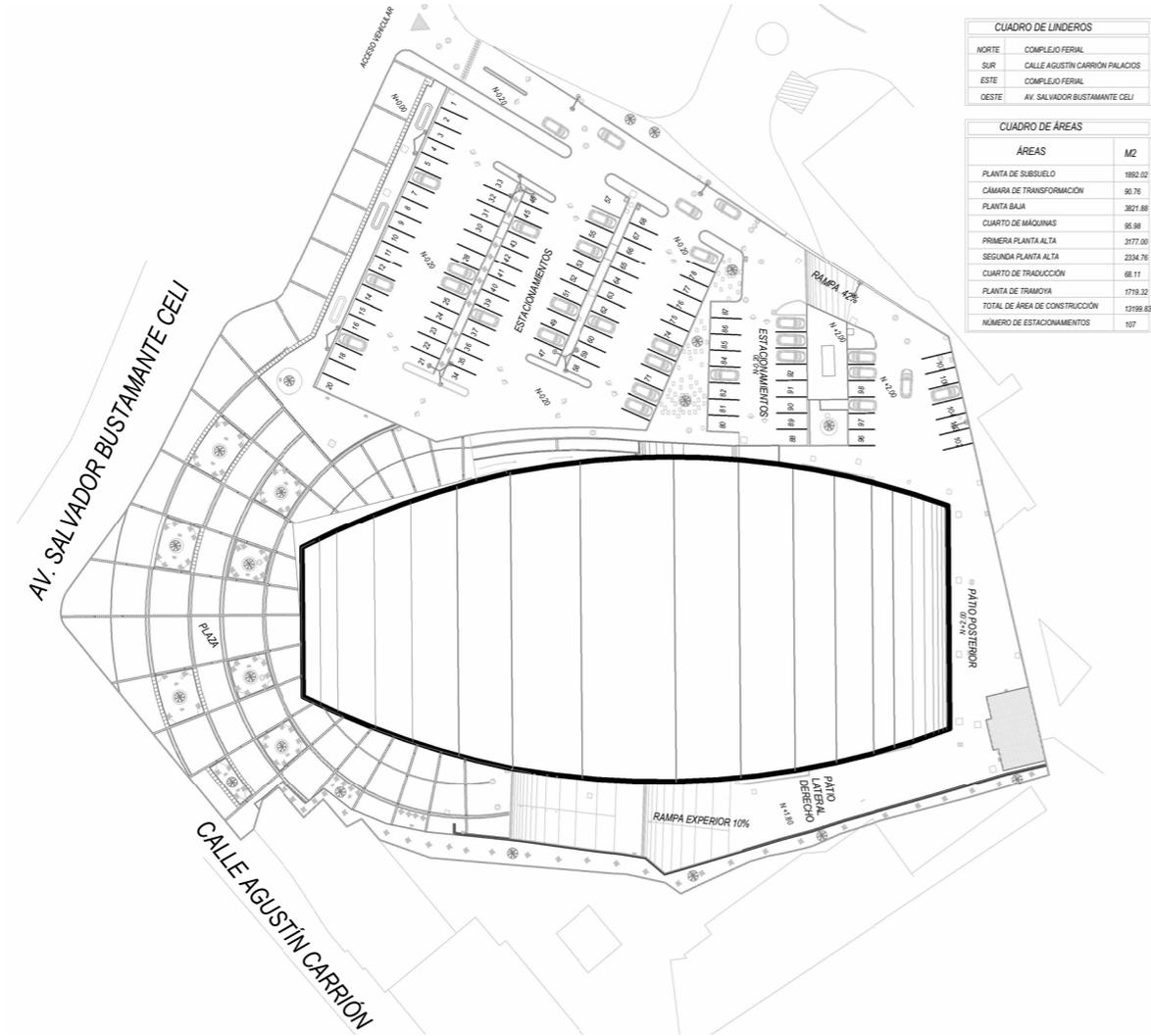
“El espacio no tiene sentido sin luz. Un edificio habla a través del silencio de la percepción orquestada por la luz.”

Steven Holl



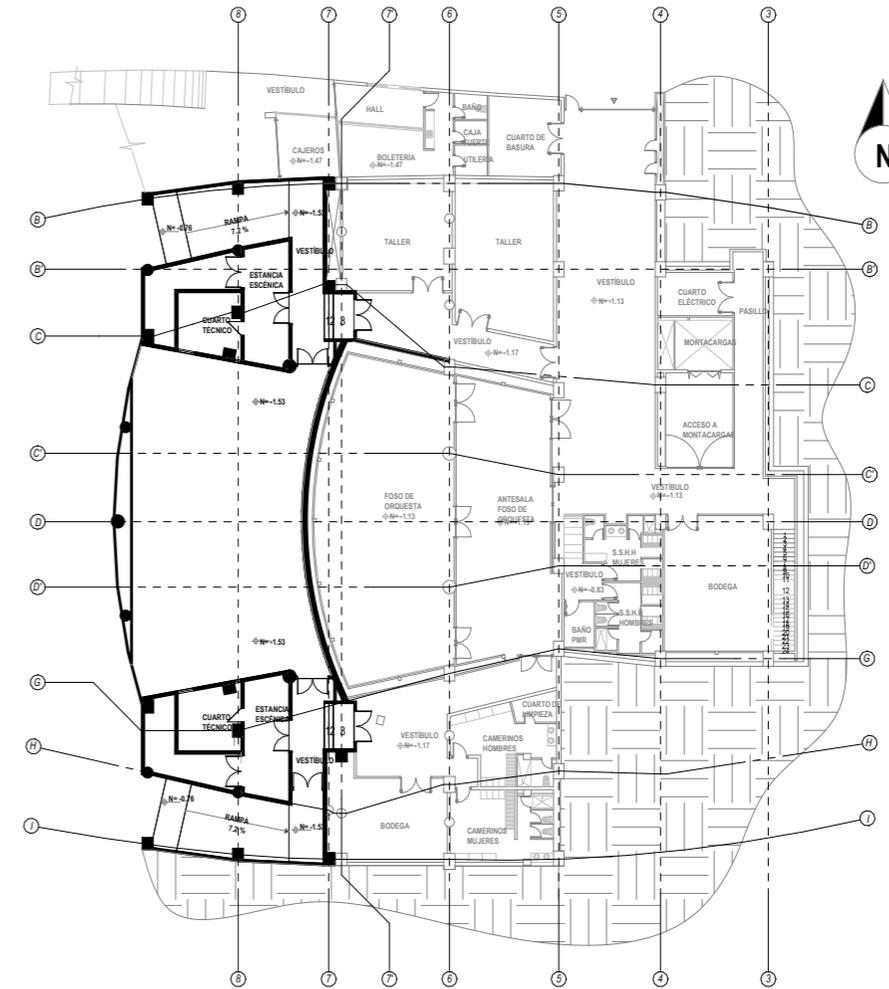


8.1. Emplazamiento

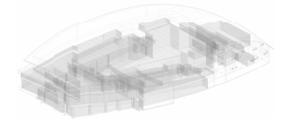


ESC: 1.1200

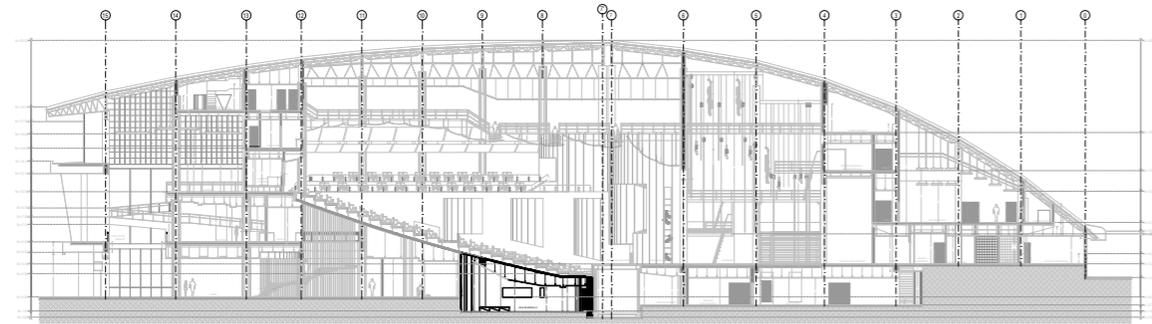
8.2. Planta - Estado actual



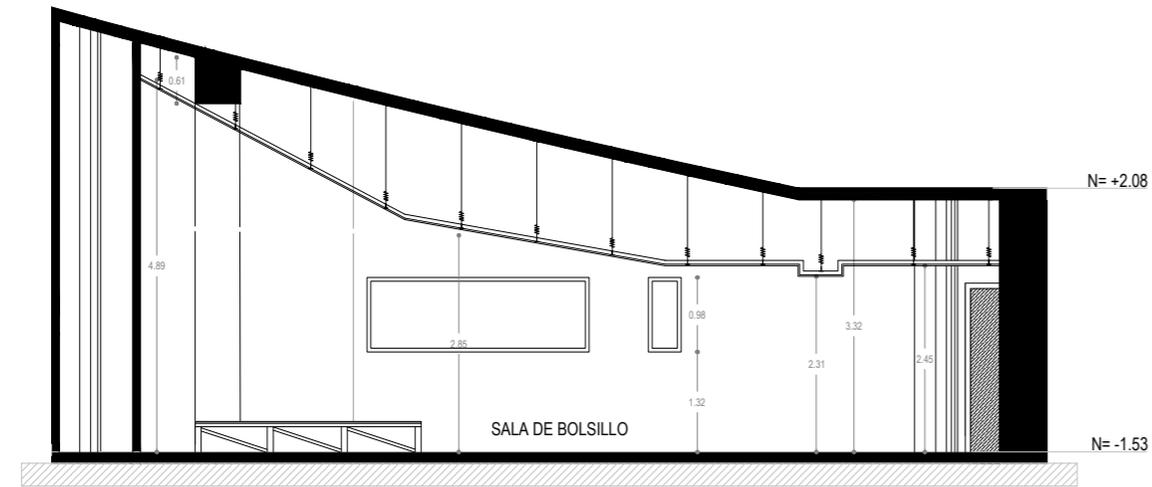
ESC: 1.500



8.3. Sección A/A -Estado actual



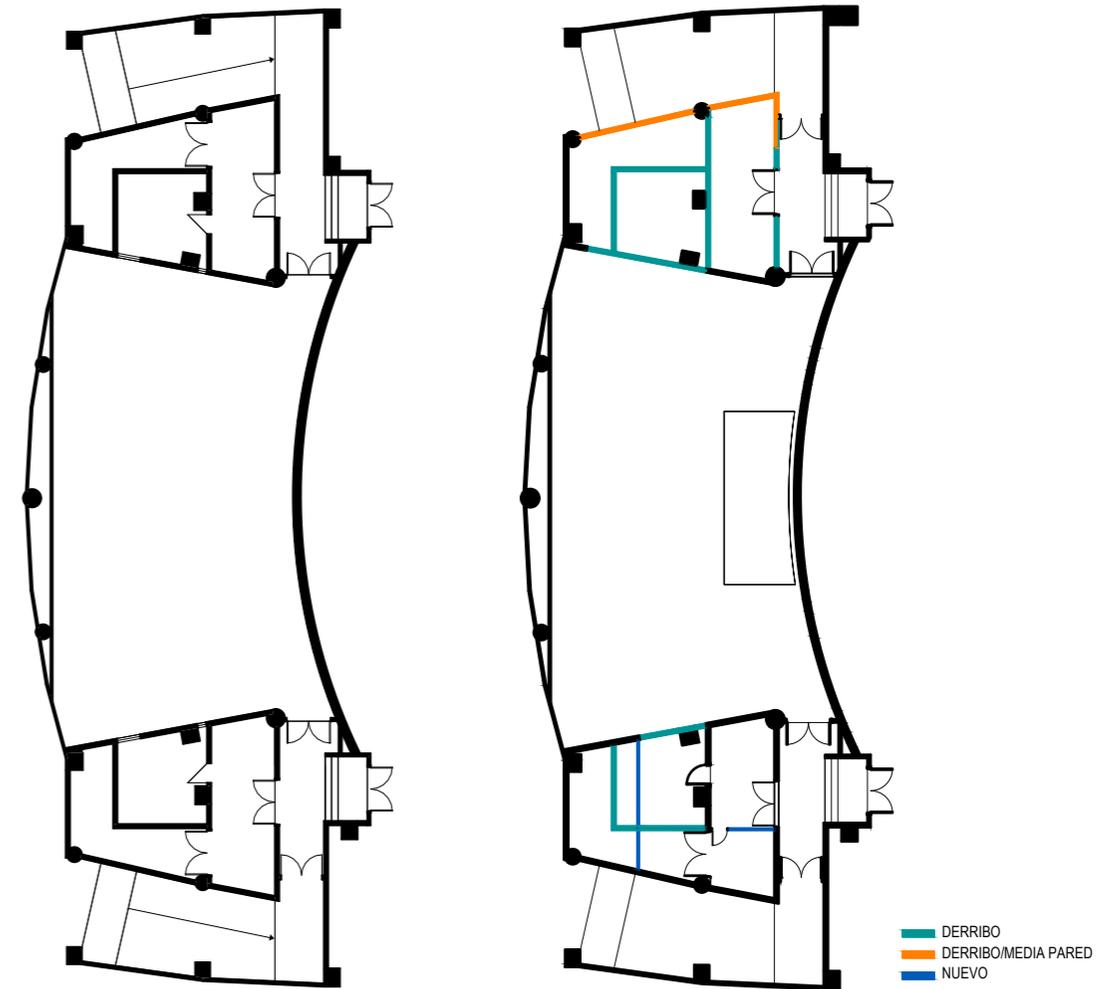
ESC: 1.750



ESC: 1.100

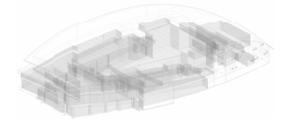
P. 122

8.4. Planta de estado actual vs plano de intervención selectiva

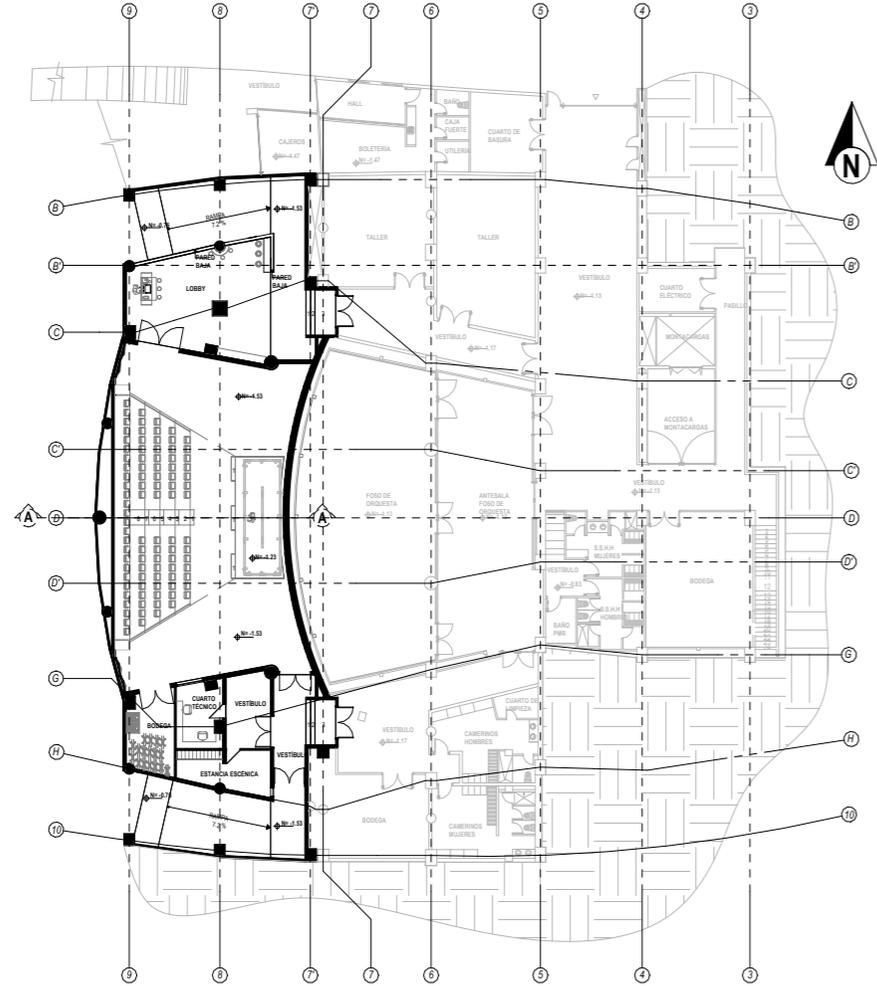


ESC: 1.350

P. 123

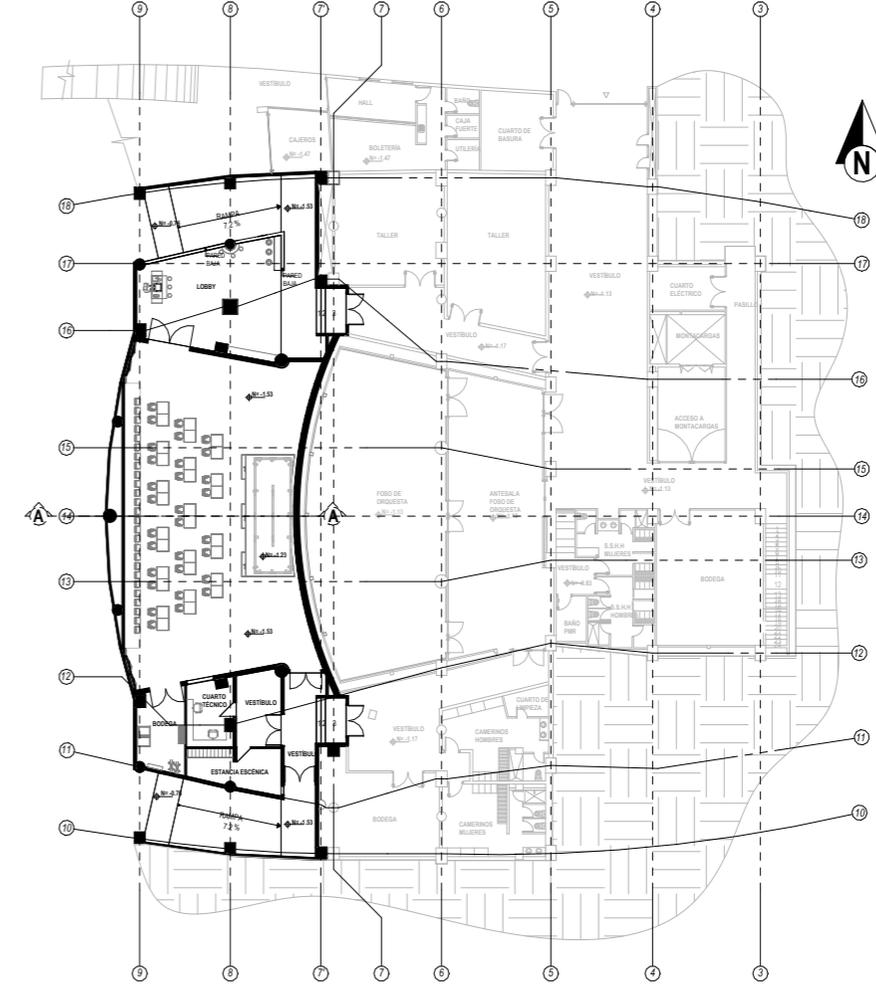


8.5. Planta única - Configuración 1 / Micro teatro

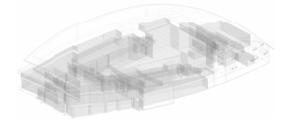


ESC: 1.500

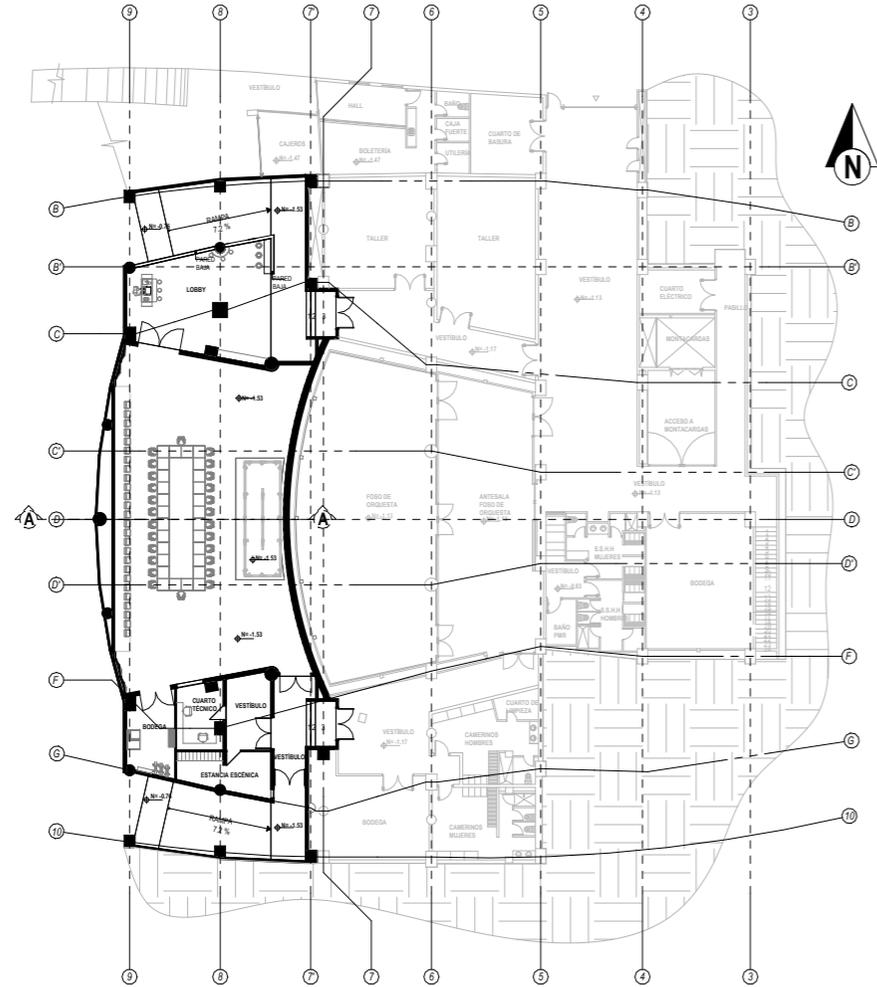
8.6. Planta única - Configuración 2 / Aula



ESC: 1.500



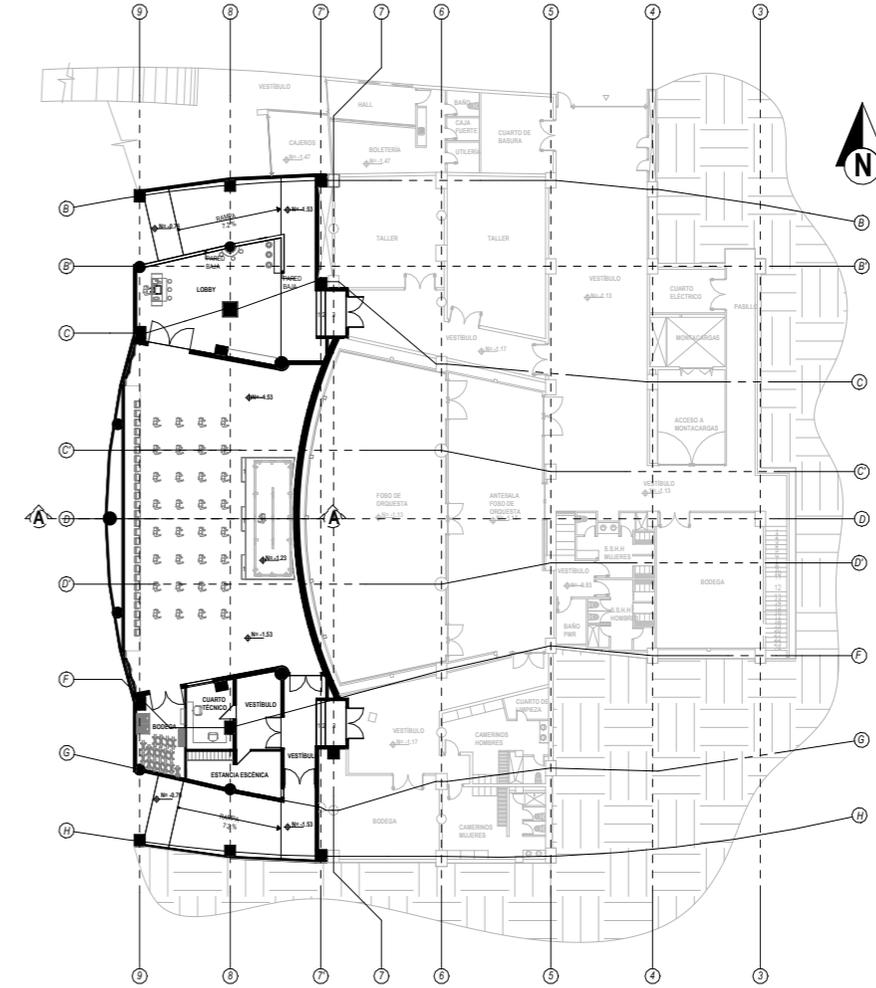
8.7. Planta única - Configuración 3 / Sala de reuniones



P. 126

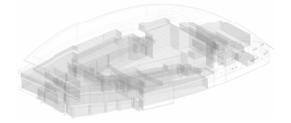
ESC: 1.500

8.8. Planta única - Configuración 4 / Talleres



P. 127

ESC: 1.500

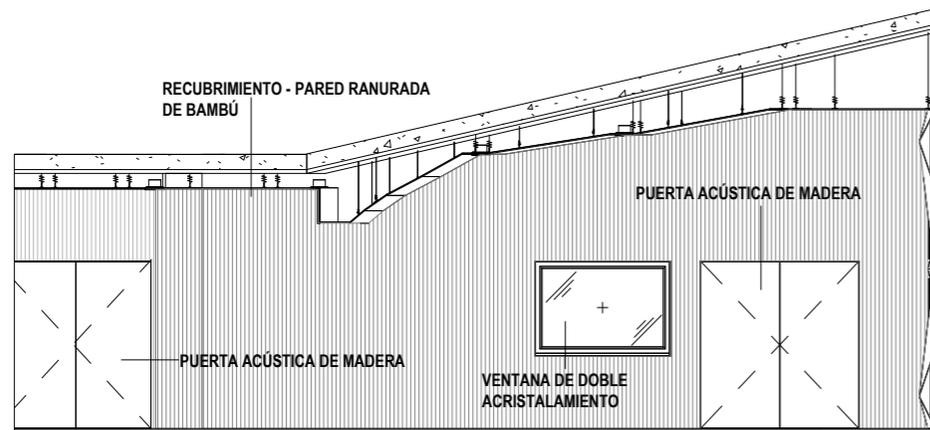


8.9. Alzados de pared interior

P. 128



Alzado Norte



Alzado Sur

ESC: 1.100

P. 129

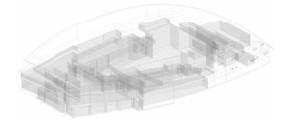


Alzado Este



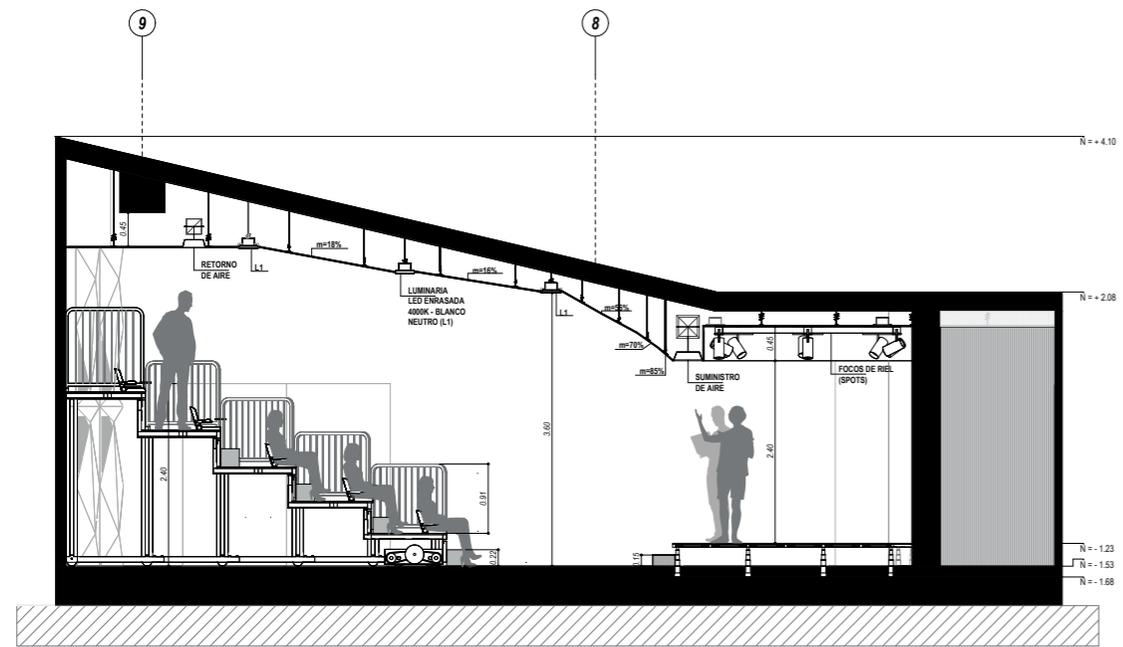
Alzado Oeste

ESC: 1.150



8.10. Secciones

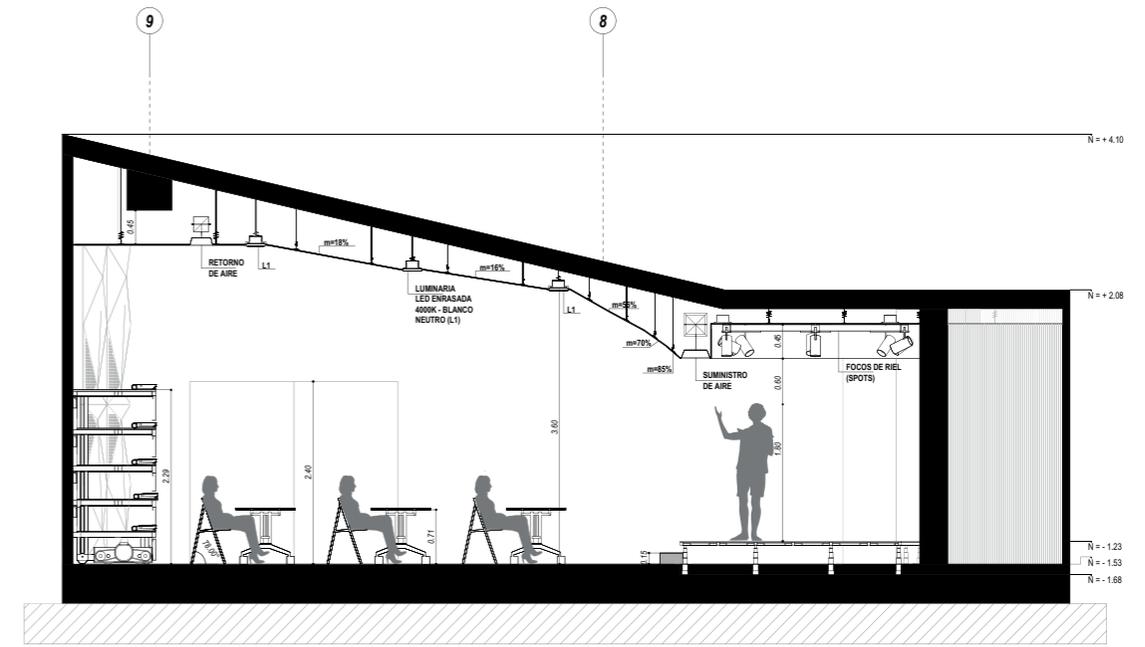
P. 130



Configuración 1 - Micro teatro

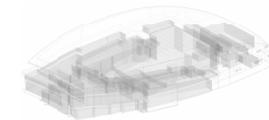
ESC: 1.100

P. 131

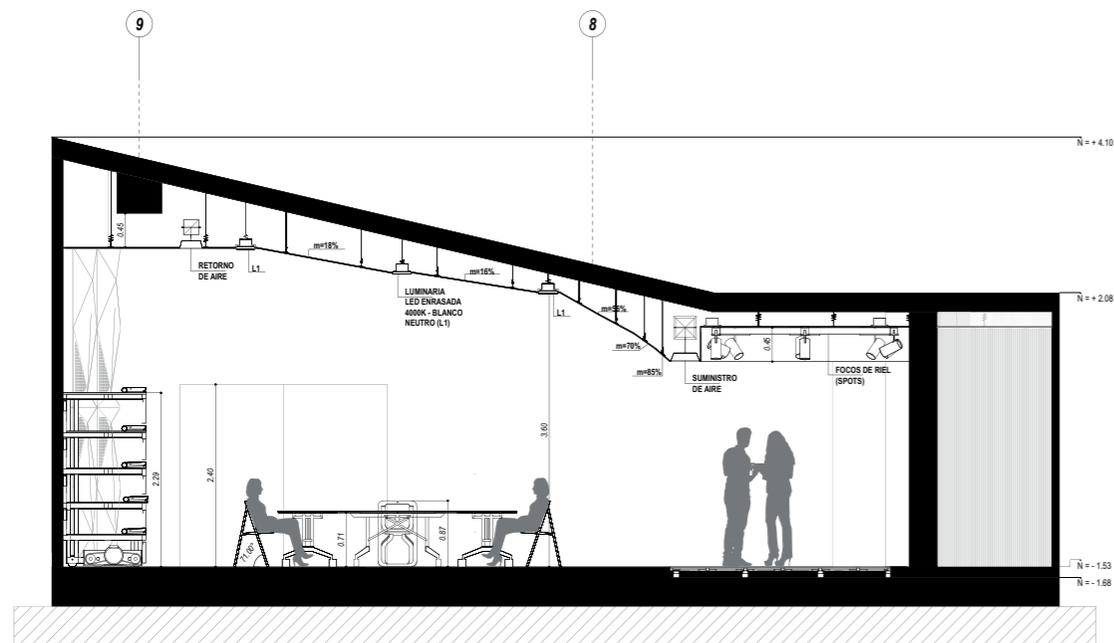


Configuración 2 - Aula

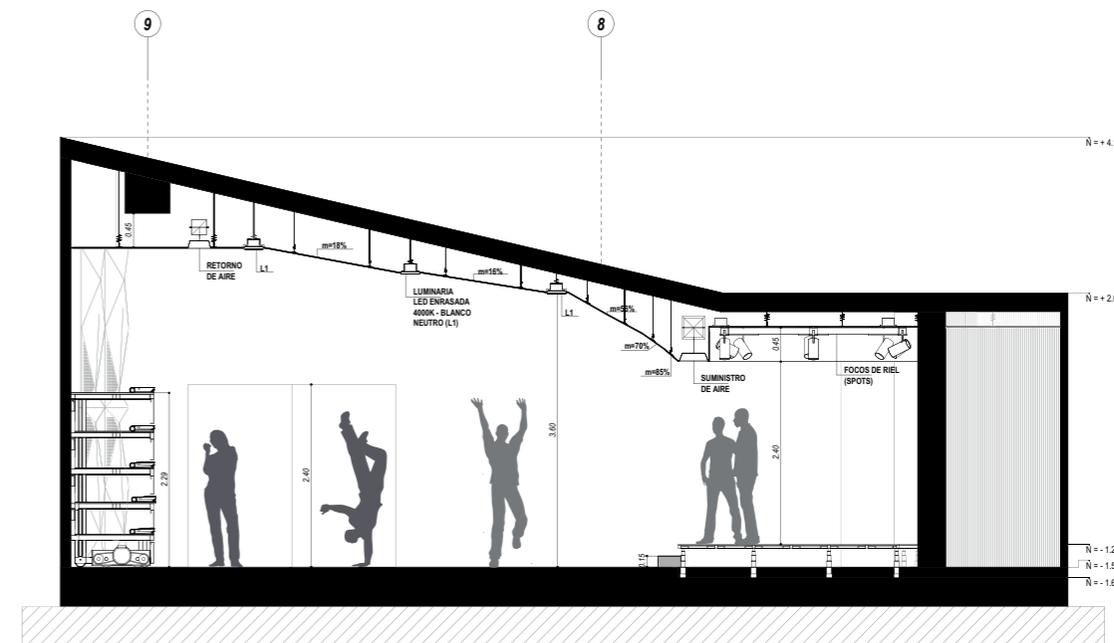
ESC: 1.100



P. 132



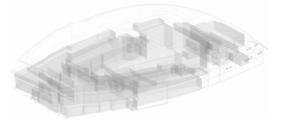
Configuración 3 - Sala de reuniones



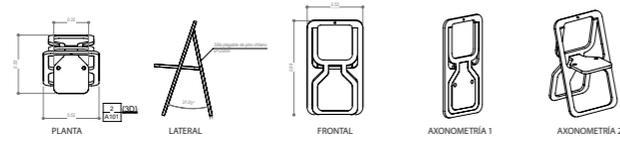
Configuración 4 - Talleres

P. 133

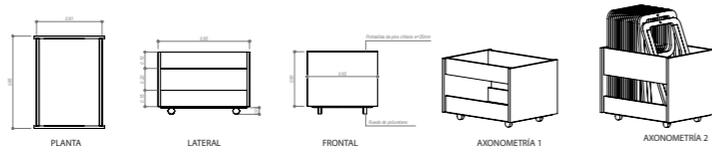
ESC: 1.100



8.11. Mobiliario



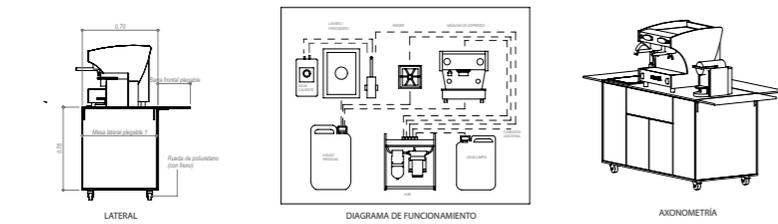
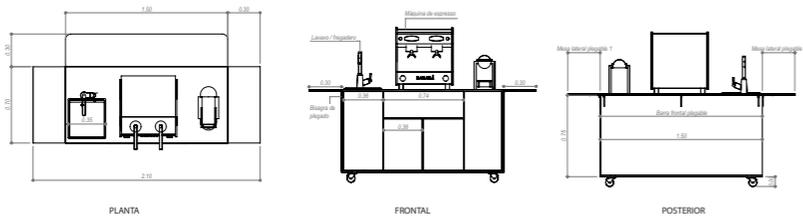
Silla plegable



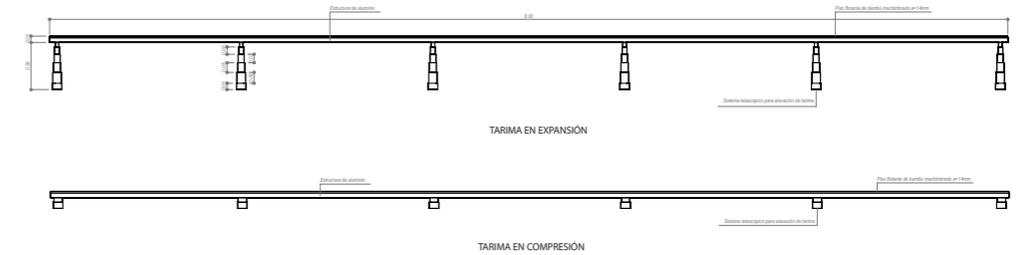
Porta sillas



Mesa plegable con ruedas

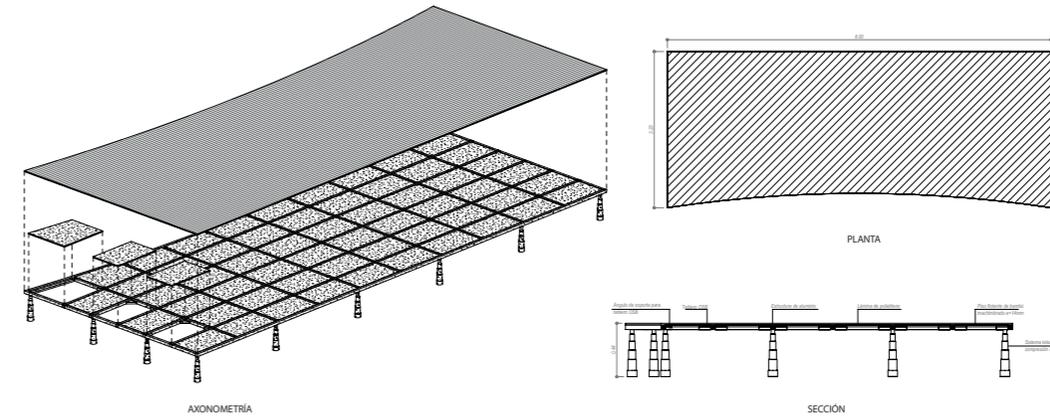


Estación móvil de café



TARIMA EN EXPANSIÓN

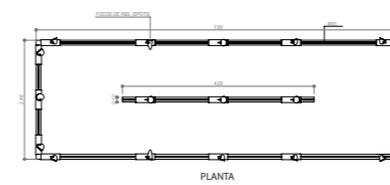
TARIMA EN COMPRESIÓN



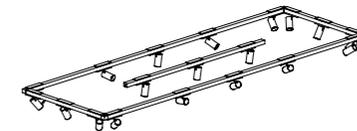
AXONOMETRÍA

SECCIÓN

Tarima telescópica



PLANTA



AXONOMETRÍA

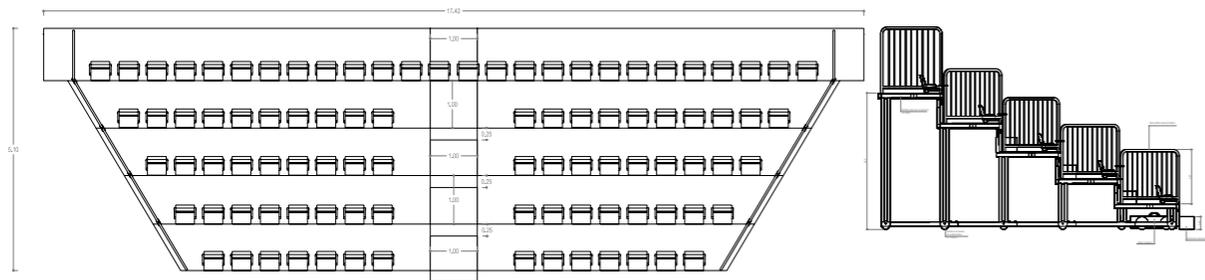
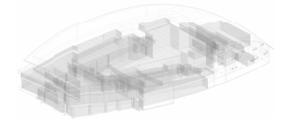


FRONTAL

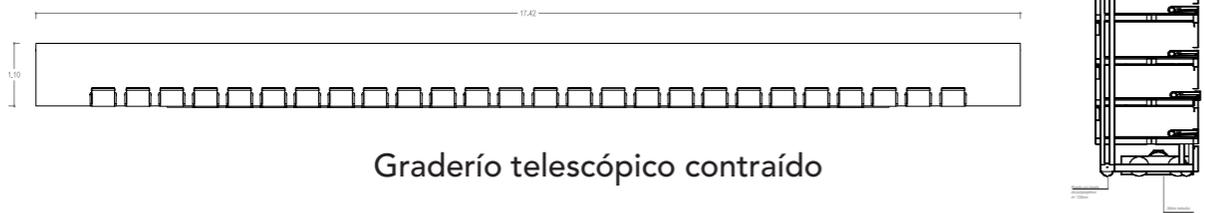


LATERAL

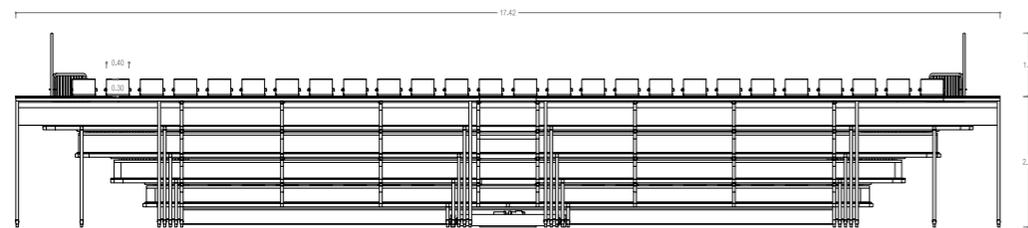
Focos de riel (spots)



Graderío telescópico extendido

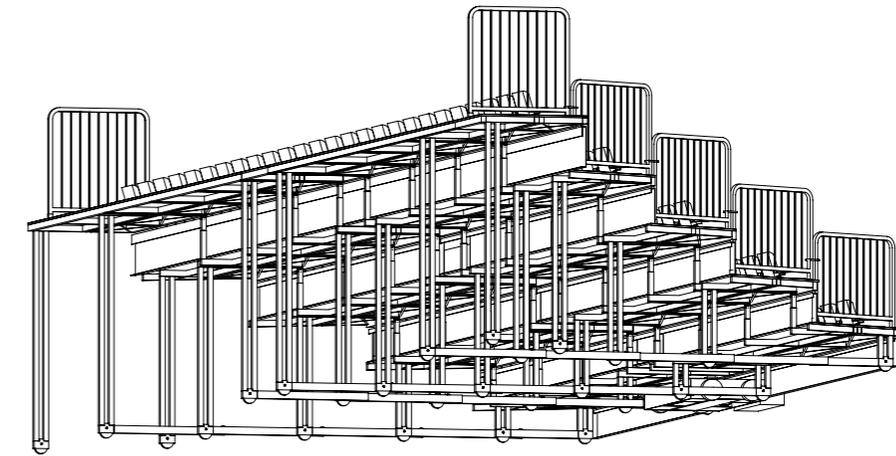


Graderío telescópico contraído

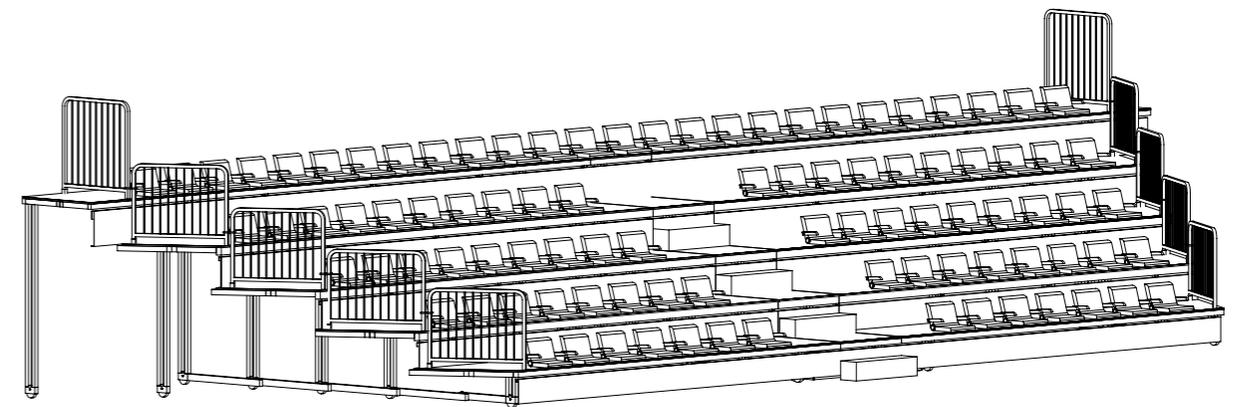


Alzado posterior

P. 136

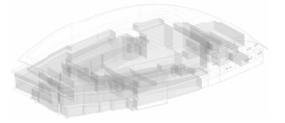


Axonometría 1- Estructura

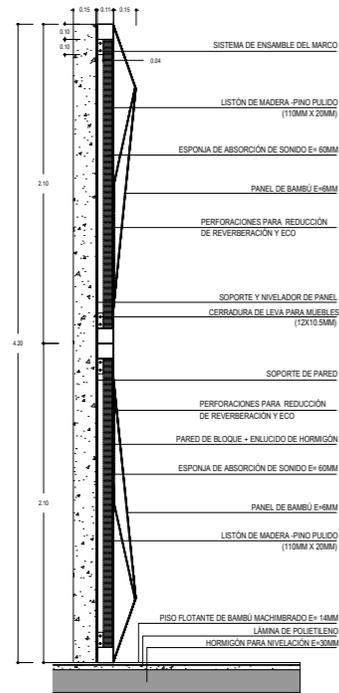
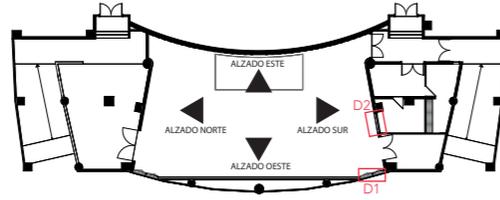


Axonometría 1- Vista frontal

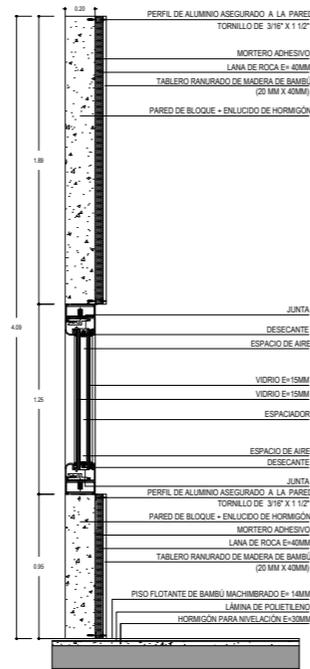
P. 137



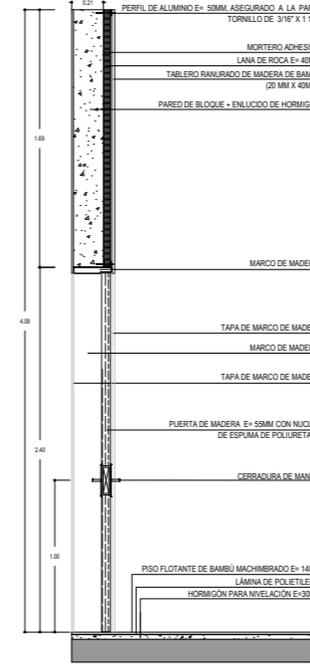
8.12. Detalles constructivos



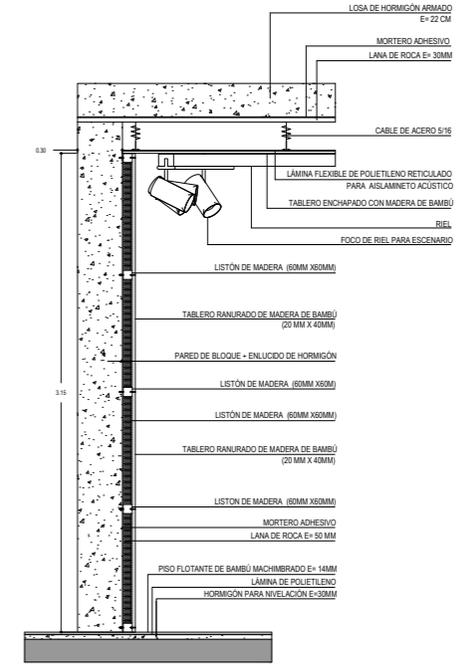
D1 -Pared de Reverberación



D2- Pared Sur



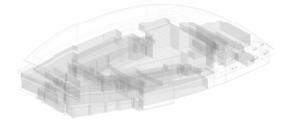
D3-Pared Norte



D4-Pared Oeste

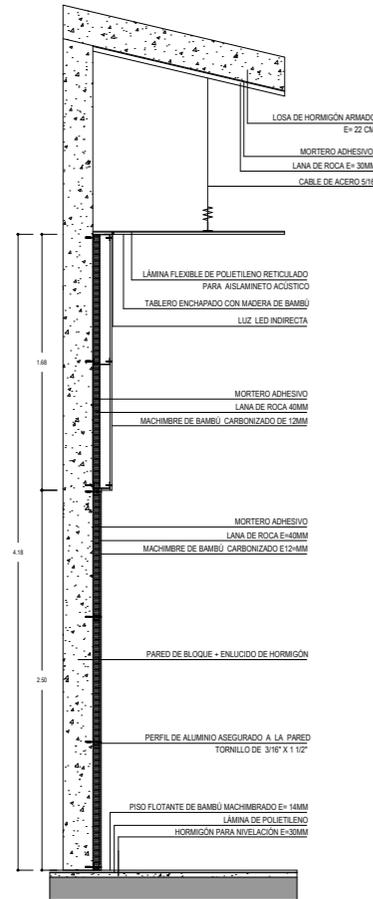
ESC: 1.50

ESC: 1.50

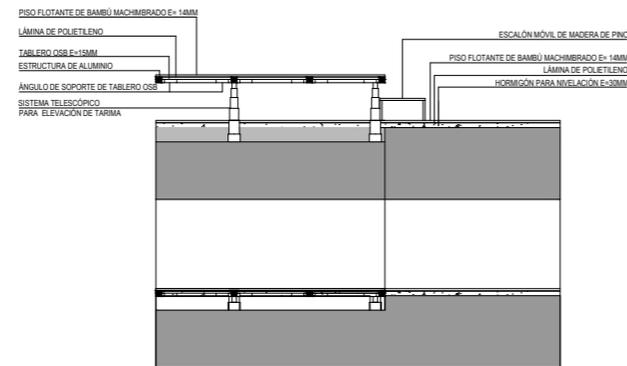
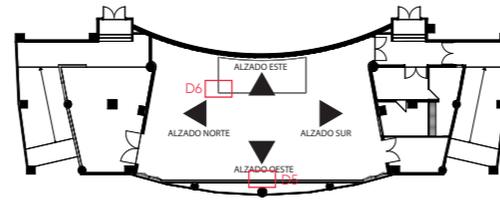


8.13. Perspectivas

P. 140



D5-Pared Oeste

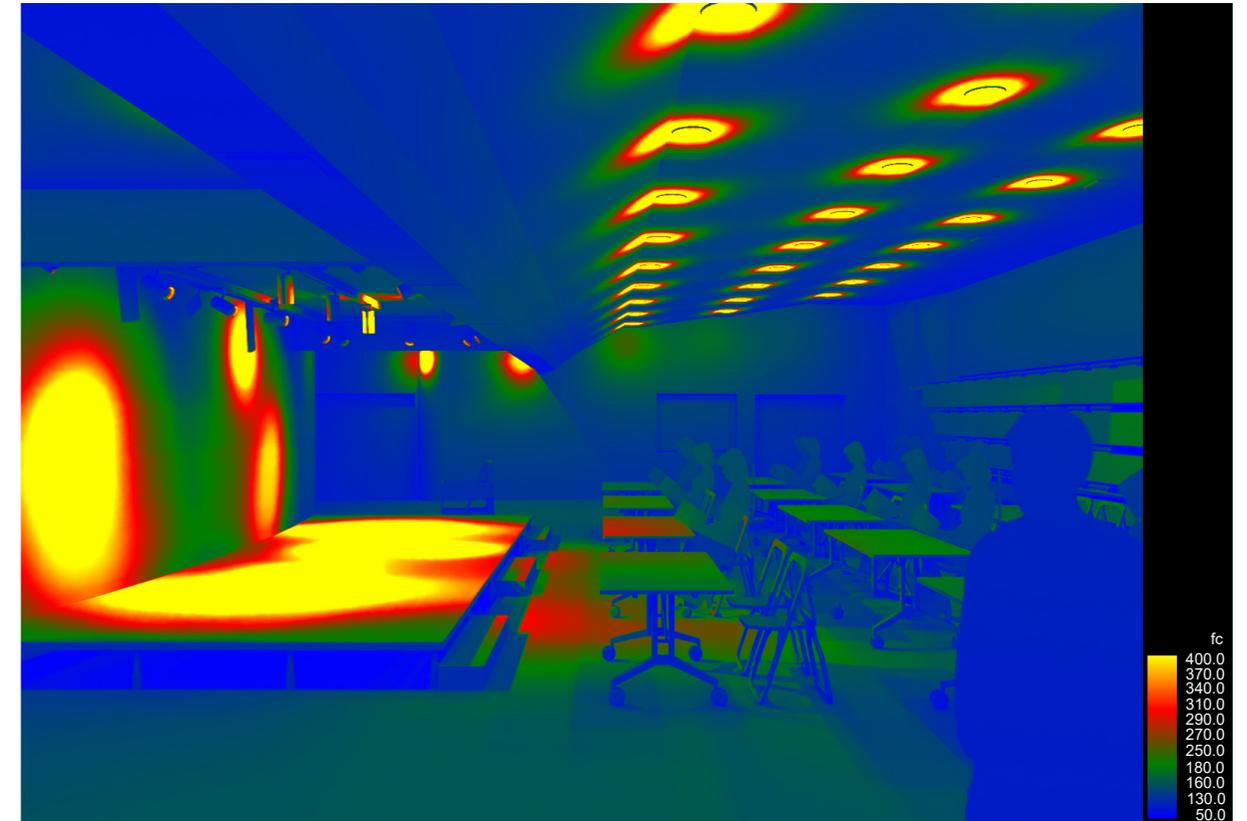


D6-Piso - tarima telescópica

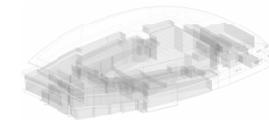
ESC: 1.50

P. 141

AULA



Perspectiva 1
PRUEBA DE ILUMINACIÓN



MICRO - TEATRO



Perspectiva 2
CONFIGURACIÓN 1

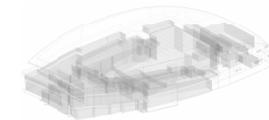
P. 142

AULA



Perspectiva 2
CONFIGURACIÓN 2

P. 143



AULA



Perspectiva 3
CONFIGURACIÓN 2

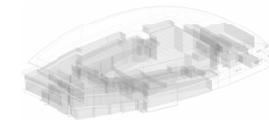
P. 144

AULA



Perspectiva 4
CONFIGURACIÓN 2

P. 145



SALA DE REUNIONES



P. 146

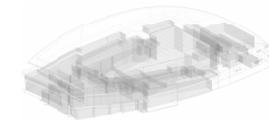
Perspectiva 5
CONFIGURACIÓN 4

TALLERES



P. 147

Perspectiva 6
CONFIGURACIÓN 4



MOBILIARIO



P. 148

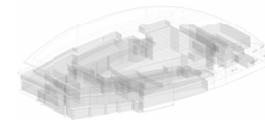
Perspectiva 5
MOBILIARIO PLEGABLE

ESTACIÓN MÓVIL DE CAFÉ



P. 149

Perspectiva 6
ESTACIÓN DE CAFÉ MÓVIL Y PLEGABLE



09 EPÍLOGO

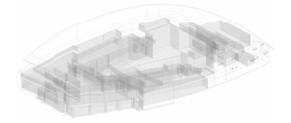
P. 150

P. 151

“La diferencia entre buena y mala arquitectura es el tiempo que pasas en ella”

David Chipperfield

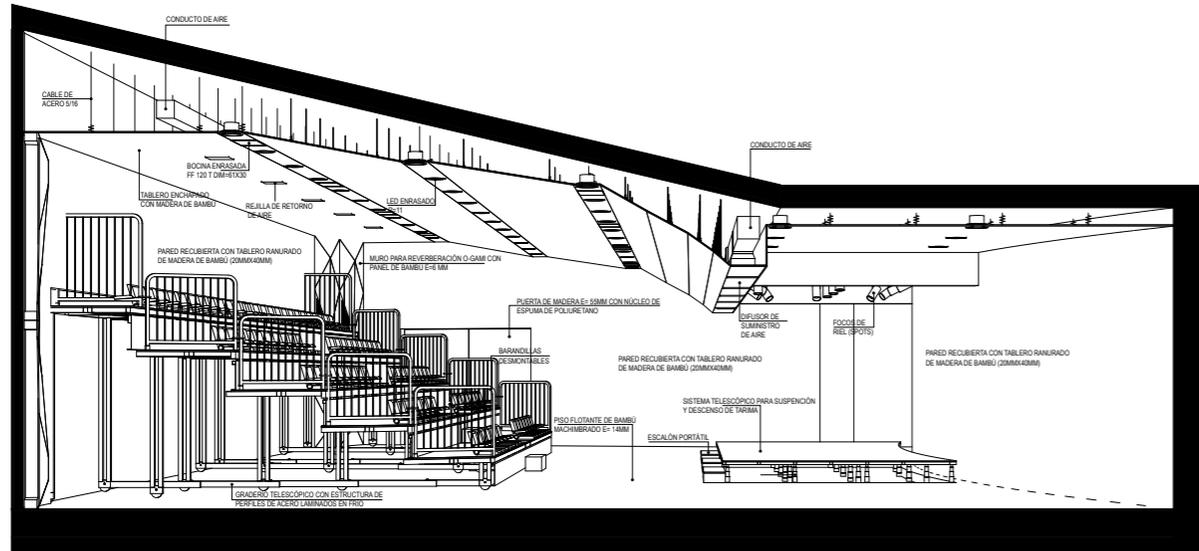




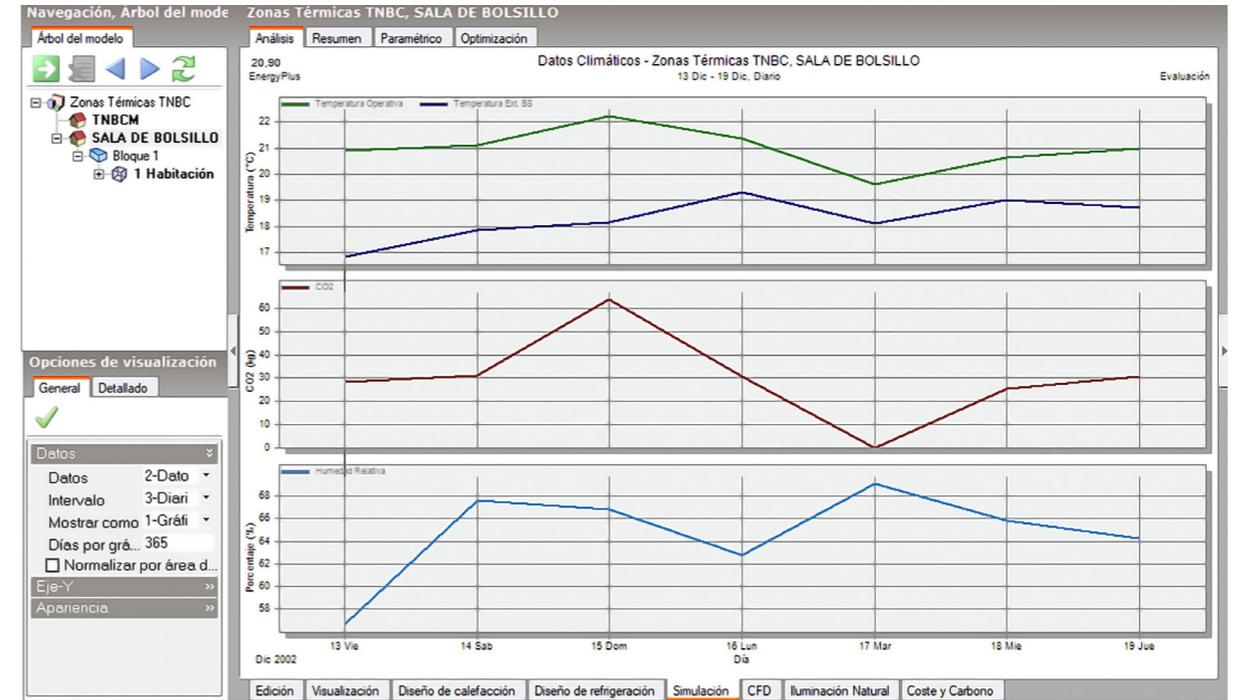
9.1. Conclusiones

- La investigación logró comprender los fundamentos teóricos del confort térmico, analizando sus metodologías de evaluación y los estándares locales e internacionales aplicables. Estos hallazgos son fundamentales para el diseño de espacios habitables y sostenibles, mejorando así la calidad de vida de las personas.
- La investigación ha contribuido a identificar herramientas tecnológicas clave para la evaluación del confort térmico y a fortalecer la metodología de análisis mediante ordenador, lo que puede ser de gran utilidad para profesionales del sector de la construcción y la arquitectura.
- La simulación de confort térmico realizada con tecnología BIM y BEM ha proporcionado información valiosa sobre el comportamiento térmico del Teatro Nacional Benjamín Carrión Mora, permitiendo identificar que la sala multiusos conocida como la sala de bolsillo, tiene potencial de mejora en términos de confort ambiental.
- Intervención correctiva de diseño en base de criterios y estrategias confort ambiental:

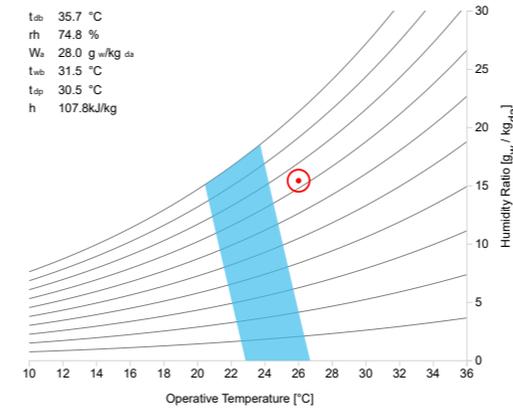
P. 154



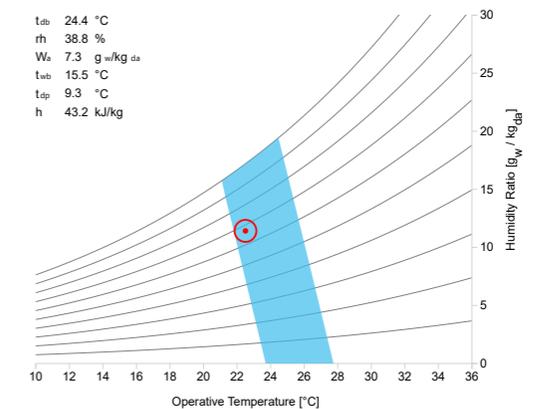
UIDE



P. 155

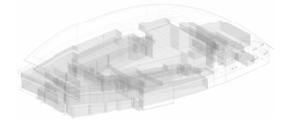


Sin intervención



Con intervención

Alvaro Eugenio Mora Castro



9.2 Índice de figuras

Figura 01. Diagrama de la metodología de la investigación a ser usada en el presente trabajo de titulación	22
Figura 02. Sostenible = Sustentable, terminología correcta	29
Figura 03. Las tres Perspectivas del Desarrollo Sostenible	29
Figura 04. Los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible	30
Figura 05. Principios de diseño para confort de usuario	31
Figura 06. Climograma de los hermanos Olgyay	32
Figura 07. Climograma de Givoni	33
Figura 08. Triangulo de confort	33
Figura 09. Triangulo de Estrategias bioclimáticas	33
Figura 10. Diagrama de Isopetas	34
Figura 11. Tablas establecidas por Carl Mahoney y John Evans	34
Figura 12. Indicadores de humedad y sequedad establecidos por Carl Mahoney y John Evans	34
Figura 13. Criterios que definen el confort ambiental en la arquitectura	35
Figura 14. Definiciones adoptadas para el confort térmico	35
Figura 15. Factores ambientales que influyen en el confort térmico	36
Figura 16. Factores de usuario que influyen en el confort térmico	36
Figura 17. Fórmula matemática para el cálculo manual de isoptica vertical	38
Figura 18. Variables a tener en cuenta previo al cálculo de la isoptica	38
Figura 19. Modelo energético dimensionado en Autodesk Revit para realizar el cálculo de cargas térmicas.....	39
Figura 20. Ejemplo de un sistema HVAC	39
Figura 21. Partes de un teatro moderno	40
Figura 22. Siete dimensiones BIM	43
Figura 23. Nueve módulos con los que trabaja generalmente la metodología BEM, ejemplo DesignBuilder	43
Figura 24. Proceso de análisis del confort térmico elegido para el TNBC	44
Figura 25. Descripción de cómo aplicar el método tradicional de Fanger	45
Figura 26. Captura de pantalla de la interfaz de la herramienta online gratuita CBE.....	46
Figura 27. BIM contiene a BEM	46
Figura 28. Descripción de la forma correcta de cómo exporta de Rvt. a DS.....	48
Figura 29. Descripción del método de trabajo en Ds con el archivo Rvt importado.....	49
Figura 30. Hechos principales del TNBC	60
Figura 31. Ubicación geográfica del TNBC	60
Figura 32. Equipamientos	60
Figura 33. Principales espacios donde se realizan eventos culturales en la ciudad de Loja.....	61
Figura 34. Tipos de análisis de confort térmico existente	62
Figura 35. Estudio de vientos mensual de enero a junio en la ciudad de Loja.....	64
Figura 36. Estudio de vientos mensual de julio a diciembre en la ciudad de Loja.....	65
Figura 37. Vientos dominantes anuales en la ciudad de Loja	66
Figura 38. Rango de velocidad de viento en la ciudad de Loja	66
Figura 39. Velocidad diaria del viento	66

Figura 40. Síntesis de vientos dominantes en la ciudad de Loja	67
Figura 41. Estudio solar mensual de enero a junio de la ciudad de Loja	68
Figura 42. Estudio solar mensual de julio a diciembre de la ciudad de Loja	69
Figura 43. Recorrido solar anual en la ciudad de Loja	70
Figura 44. Solsticios de invierno y verano en la ciudad de Loja	70
Figura 45. Síntesis de recorrido solar en la ciudad de Loja, adaptados al TNBC	71
Figura 46. Mapa de Zonas climáticas del Ecuador	72
Figura 47. Climograma de Givoni, periodo enero-febrero	74
Figura 48. Climograma de Givoni, periodo marzo-abril	75
Figura 49. Climograma de Givoni, periodo mayo-junio	76
Figura 50. Climograma de Givoni, periodo julio-agosto	77
Figura 51. Climograma de Givoni, periodo septiembre-octubre	78
Figura 52. Climograma de Givoni, periodo noviembre-diciembre	79
Figura 53. Emplazamiento y planta de cubierta por zonas de colores y cuadro de áreas del TNBC	84
Figura 54. Planta de subsuelo por zonas de colores y cuadro de áreas del TNBC	85
Figura 55. Planta baja por zonas de colores y cuadro de áreas del TNBC	86
Figura 56. Primera planta por zonas de colores y cuadro de áreas del TNBC	87
Figura 57. Segunda planta alta por zonas de colores y cuadro de áreas del TNBC	88
Figura 58. Planta de tramoya por zonas de colores y cuadro de áreas del TNBC	89
Figura 59. Actividades que se realizan en las zonas de intensidad de uso y de las zonas de frecuencia de uso	90
Figura 60. Zona de intensidad de uso a ser evaluada en términos de confort térmico/Sala de bolsillo	90
Figura 61. Zona de frecuencia de uso a ser evaluada en términos de confort térmico/ Vestíbulo Principal.....	90
Figura 62. ZF a ser evaluada en términos de confort térmico/ Camerinos colectivos /camerino vip.....	91
Figura 63. Zona de intensidad de uso a ser evaluada en términos de confort térmico/Vestíbulo (galería).....	91
Figura 64. Zona de frecuencia de uso a ser evaluada en términos de confort térmico/Sala multiusos/Oficina 2.....	91
Figura 65. Zona de frecuencia de uso a ser evaluada en términos de confort térmico/ Oficinas 8,9,10 y 11.....	91
Figura 66. Zona de intensidad de uso a ser evaluada en términos de confort térmico/ Auditorio	92
Figura 67. Detalle de cubierta del TNBC/ Kubiloc total	98
Figura 68. Insolación anual de la envolvente sur y oeste del TNBC	98
Figura 69. Insolación anual de la envolvente norte y este del TNBC	99
Figura 70. Luxes de iluminación natural/ Foyer	99
Figura 71. Luxes de iluminación natural/ Vestíbulo Galería.....	99
Figura 72. Estudio en términos de confort térmico de las zonas térmicas elegidas para el análisis.....	100
Figura 73. Analogía del concepto	106
Figura 74. Cálculo geométrico para obtener la altura de cada nivel del graderío telescópico.....	112
Figura 75. Cálculo geométrico para obtener la concha acústica	112
Figura 76. Posición o colocación de las luminarias	113
Figura 77. Tipo de iluminación de micro escenarios establecida para el proyecto	113
Figura 78. Cálculo del número de altavoces necesarios para el proyecto	113
Figura 79. Ubicación de los altavoces enrasados a ser implementados en el proyecto	114
Figura 80. Modelo energético y cálculo de cargas térmicas del espacio en su momento máximo	114

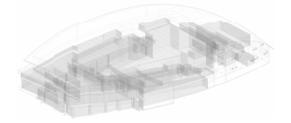
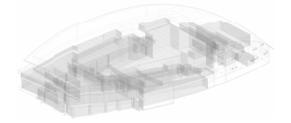


Figura 81. Sistema HVAC para el Split de 2000 CFM114
Figura 82. Axonometría del Sistema HVAC115

9.3 Índice de Tablas

Tabla 01. Estrategias bioclimáticas aplicadas en la arquitectura.....31
Tabla 02. Tasas metabólicas de tareas típicas36
Tabla 03. Aislamiento térmico de ropa/nivel de clo.....37
Tabla 04. Iluminación recomendada para actividades interiores38
Tabla 05. Descripción de las partes de un teatro40
Tabla 06. Descripción de las partes complementarias de un teatro41
Tabla 07. Software de diseño sostenible42
Tabla 08. PMV y PPD usando el método tradicional de Fanger.....44
Tabla 09. Trabajos de investigación y los métodos usados para analizar en confort térmico62
Tabla 10. Diagrama de diagnóstico de sitio y propuesta.....63
Tabla 11. Proyección de los datos climáticos de la ciudad de Loja.....73
Tabla 12. Síntesis del proyecto Sala Polivalente 1+2 Rioja Forum107
Tabla 13. Síntesis del proyecto Sala Multiusos Parque Industrial Sauce Viejo108
Tabla 14. Síntesis del proyecto Sala Multiusos del Liceo François Truffaut109
Tabla 15. Estrategias arquitectónicas basadas en el confort ambiental y elementos telescópicos110
Tabla 16. Materiales principales a ser utilizados en el proyecto111
Tabla 17. Cálculo del número de luminarias 1.....112
Tabla 18. Cálculo del número de luminarias 2112



9.4. Bibliografía

ACHEE. (2012). issuu. Obtenido de https://issuu.com/guias-agencia-ee/docs/gui__a_geeeduc_-_baja

AISLAHOME. (20 de Diciembre de 2018). Obtenido de AISLAHOME: <https://aislahome.es/lana-de-roca/>

Andrades. M & Munez. C. (2012). Fundamentos de Climatología. Rioja: Universidad de Rioja.

Arachchi, V. (02 de Septiembre de 2023). ALPIN. Obtenido de <https://www.alpinme.com/what-is-building-energy-modelling/>

ASHRAE. (2017). Térmica Ambiental, Condiciones para ocupación humana. ISSN 1041-2336.

Autodesk. (07 de noviembre de 2022). autodesk. Obtenido de https://knowledge.autodesk.com/search-result/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/Ecotect-Analysis-Discontinuation-FAQ.html?us_oa=dotcom-us&us_si=a1f0b84f-6efa-4752-bf7b-8e497fd14e7e&us_st=ECOTECT

Autodesk. (2024). autodesk. Obtenido de <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/revit-vs-autocad>

Bablet, D. (1914). Esthétique générale du décor de théâtre. Paris: CNRS.

BAQ. (2018). Obtenido de ARCHIVO DIGITAL DE ARQUITECTURA PANAMERICANA: <https://arquitecturapanamericana.com/>

Baruch, G. (1969). Climate and architecture. New York: Elsevier.

Centro de Investigación y Asistencia Técnica - Barcelona. (1983). Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación. Barcelona.

Clements-Croome, D. (2001). CREATING THE PRODUCTIVE WORKPLACE. LONDRES: E & FN SPON.

Colmenero, E. (2016). Sostenibilidad y Arquitectura. Barcelona: Gustavo Gili.

Comité Técnico AEN/CTN. (2006). Ergonomía del ambiente térmico. Madrid: AENOR.

DesignBuilder/Lat. (2018). Obtenido de desingbuilder-lat.com: <https://www.designbuilder-lat.com/caracteristicas/descripcion-general>

Diego-Mas, & Antonio, J. (2015). Ergonautas. Obtenido de Evaluación Del Confort Térmico Con El Método De Fanger: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php>

Encyclopedia of Occupational Health & Safety. (16 de febrero de 2011). iloencyclopedia.org. Obtenido de iloencyclopedia.org: <https://www.iloencyclopaedia.org/es/part-vi-16255/lighting/item/284-conditions-required-for-visual-comfort>

Energy plus. (30 de sept de 2022). Energy Plus. Obtenido de Energy Plus: <https://energyplus.net/>

Erik Gomez Baggethun, D. López Soriano. (2015). A multiscale analysis of the drivers og ecosystem services changes: the case of

land abandonment in Central Spain.

Espejo, J. P. (2011). Análisis del confort térmico en el proceso de diseño arquitectónico. Aplicación ECOTECT. Loja.

Flores, G. (2021 de Enero de 2021). El Teatro Benjamín Carrión de Loja todavía no pasa al Ministerio de Cultura y Patrimonio. Diario El Comercio.

García, F. F. (1994). CLIMA Y CONFORTABILIDAD HUMANA. ASPECTOS METODOLÓGICOS. En Serie Geográfica, Vol.4 (págs. 109-125). Madrid: Univdersidad Autónoma de Madrid.

Garzón, B. (2007). Arquitectura Bioclimatica. Buenos Aires: Nobuko.

Gonzales, J. (19 de Febrero de 2020). AIROVAC. Obtenido de <https://www.airovac.com/hvac-que-es-y-para-que-sirve/>

Gutierrez, C. (12 de diciembre de 2010). <https://www.archdaily.cl/cl/02-62481/ecotect-software-de-diseno-de-construccion-sustentable>. Obtenido de Archdaily: <https://www.archdaily.cl/cl/02-62481/ecotect-software-de-diseno-de-construccion-sustentable>

Hernández, P. (03 de marzo de 2014). pedrojherandez.com. Obtenido de Arquitectura Eficiente: <https://pedrojherandez.com/2014/03/03/diagrama-bioclimatico-de-olgyay/>

IES VE. (2021-2024). VE. Obtenido de <https://www.iesve.com/software/virtual-environment>.

INTEC. (2016). Iluminación de los lugares de trabajo. Parte I. Interiores. Costa Rica: @INTECO.

Iñiguez, A. (2021). ¿Cómo se calcula la isóptica? Arch daily.

Kibert, C. J. (2005). Sustainable Building: Green Building Desing And Delivery.

Kong, C. (19 de Septiembre de 2019). El desafío de contar una historia en 15 minutos: cómo funciona Microteatro, un fenómeno cultural y exprés. Teleshov.

Larsson, N. (2007). Bioclimatic Housing. Routledge.

Lesmes, W. G. (2017). Siete Dimensiones de un Proyecto de Construcción Con La Metodología Building Information Modeling. Revista L Esprit Ingenieux 8, 20.

Long, M. (2005). Architectural Acoustics. Burlington, Estados Unidos: Elsevier Academic Press.

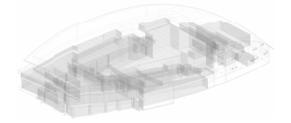
Martinez, R. C. (1996). Edificios de alta calidad ambiental. Ibérica, Alta Tecnología ISSN 0211-0776.

MIDUVI. (2018). Norma Ecuatoriana de Construcción. En MIDUVI, EFICIENCIA ENERGÉTICA en Edificaciones Residenciales (pág. 48). Quito.

MINEDU. (2021). Guía de Estrategias de diseño Bioclimático para el Confort Térmico. Lima.

Moran, L. (10 de 04 de 2015). Estrategias sostenibles en tiempos de crisis. Eco-nomic Architecture.

Olgyay, V. (1998). Aqruitecura y Clima. Barcelona: Gustavo Gili, S.A.



ONU. (2018). La agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile: LC/G.2681-P/Rev.3.

Peciña, D. (5 de 6 de 2023). BAMBÚ:El acero vegetal para las construcciones del siglo XXI.

Pittman, S. (Productor), & Pittman, S. (Dirección). (2020). Carta Bioclimática de Givoni (Procedimiento) + Descarga [Película]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=ybnkbiO3rSU>

Rake, Z. (15 de Junio de 2021). SEED. Obtenido de <https://www.studioseed.net/blog/el-software-en-el-diseno-sustentable/>

RIBA. (2016). Building Knowledge: Pathways to Post Occupancy Evaluation. Londres: University of Reading.

S&P. (20 de ENERO de 2020). El Blog de la ventilación eficiente. Obtenido de <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/calculo-cargas-termicas/#:~:text=Entenderemos%20carga%20t%C3%A9rmica%20como%20la,propia%20de%20una%20actividad%20concreta.>

Sadurní, J. (10 de Julio de 2023). HISTOTIA NATIONAL GEOGRAPHIC. Obtenido de https://historia.nationalgeographic.com.es/a/aire-acondicionado-origen-invento-crucial-verano_17227

samiadmin. (9 de Septiembre de 2022). Validaciones e Ingeniería. Obtenido de <https://validacioneseingenieria.co/analisis-avanzados/>

Secretaría Nacional de Planificación. (2021). Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025. Quito.

Serra, F & Coch. H. (1995). ARQUITECTURA Y ENERGÍA NAATURAL. Barcelona: Servei de Publicacions de la UPC.

Tartarini, F., Schiavon, S., Cheung, T., & Hoyt, T. (2020 de Julio de 2020). CBE Thermal Comfort Tool: Online tool for thermal comfort calculations and visualizations.

Theatre Projects Consultants. (2023). Partes de un Teatro. s/n: s/n.

Toro, E. M. (05 de 12 de 2018). Los diagramas bioclimáticos. Sustentable & Sostenible.

Wieser, M. (2014). ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE. CIUDADES SOSTENIBLES Y CAMBIO CLIMÁTICO - CONVERSATORIO - SEMINARIO INTERNACIONAL, (pág. 15). Lima.

“Un día será palpable lo absurdo de la creencia humana, casi universal, en esclavizar otros animales. Habremos entonces descubierto nuestra alma y seremos dignos de compartir este planeta con ellos”.

**Martin Luther King
(1929-1968)**