



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR- EXTENSIÓN LOJA
FACULTAD PARA LA CIUDAD, EL PAISAJE Y LA ARQUITECTURA

TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ARQUITECTO

Architectural geometry: Exploración y experimentación en el diseño de un pabellón

Autor

Jeshua Michael Sotomayor Burneo

Directora

Arq., Verónica Muñoz, MSc.

Loja, Ecuador

Febrero 2020

Yo, Jeshua Michael Sotomayor Burneo, 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 encuentra respaldado con la respectiva bibliografía.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador para que el presente trabajo sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual y demás disposiciones legales.

Jeshua Michael Sotomayor Burneo

Yo, Verónica Muñoz Sotomayor, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad, autenticidad, como de su contenido.

Arq. Verónica Muñoz Sotomayor, Mg. Sc.
Directora de Tesis

A mi querida madre Alexandra Burneo

por siempre confiar en mí.

A mi querida tía Fanny Sotomayor

por ser una mujer excepcional y fundamental en mi vida.

Ellas lo son todo para mí.

Un especial agradecimiento a la Arq. Verónica Muñoz

por compartirme sus conocimientos

y guiarme para realizar el presente trabajo.

A mis asesores de tesis, Arq. Vanessa Vélez

y en especial al Ing. Wilson Jaramillo.

Jeshua Michael Sotomayor Burneo

Resumen

El desarrollo de geometrías complejas en *architectural geometry* representa el avance tecnológico al que ha llegado la humanidad. Sin embargo, en el contexto académico ecuatoriano a nivel de pregrado no se ha tomado en cuenta y por consiguiente no se imparten las herramientas computacionales para generar este tipo de geometrías. Por ello, se toma la iniciativa de desarrollar esta investigación exploratoria y experimental, lo que llevó a proponer el diseño de un pabellón, modelando su geometría compleja con herramientas paramétricas de programación visual; estas herramientas permitieron generar varias propuestas, tanto en cuestiones de forma para adaptarse al contexto, como para encontrar la constructividad mediante el análisis estructural. Esta metodología de diseño se apoyó en los siguientes *software*: Dynamo (programación), Revit, AutoCAD y SAP 2000 (análisis estructural). Consecuentemente, se puede aseverar que la ayuda de un *software* computacional algorítmico permite la automatización de procesos, creando una gran cantidad de elementos que conforman una geometría no convencional en un tiempo muy corto. Adicionalmente, esta forma de proyectar facilita la experimentación, ya que se coloca al objeto en diversos entornos de simulación para posteriormente alterar sus parámetros con el fin de alcanzar la solución de un problema específico.

Palabra claves: Diseño paramétrico, *architectural geometry*, comportamiento estructural, programación visual.

Abstract

The development of complex geometries in architectural geometry represents the development the technological advance that humanity has reached. However, since in the Ecuadorian academic context, at the undergraduate level, it has not been taken into account, the computational tools to generate this type of geometry are not taught. For this reason, I developed this exploratory and experimental research. The propose of this research is the design of a pavilion by modeling its complex geometry with parametric tools of visual programming. These tools allowed generating several proposals, both in matters of form to adapt to the context, and to find constructivity through structural analysis. This design methodology was supported by the following software: Dynamo (programming), Revit, AutoCAD and SAP 2000 (structural analysis). Consequently, it should be emphasized that the help of algorithmic computational software allows the automation of processes, creating a large number of elements that make up an unconventional geometry, in a very short time. Additionally, this projecting way facilitates experimentation, since the object can be placed in various simulation environments, and subsequently its parameters can be altered to reach a solution to any specific problem.

Keywords: parametric design, architectural geometry, structural behavior, visual programming.

Índice de contenidos

| | |
|---|--------------------------------------|
| Resumen..... | 5 |
| Abstract..... | 6 |
| Índice de Planos | ¡Error! Marcador no definido. |
| Problemática | 13 |
| Justificación | 15 |
| Objetivo General..... | 16 |
| Objetivos Específicos..... | 16 |
| Metodología | 8 |
| Capítulo I | 10 |
| 1. Geometría y arquitectura..... | 10 |
| 1.1. Arquitectura y tecnología..... | 10 |
| 1.2. <i>Architectural geometry</i> | 11 |
| 1.2.1. Conceptualización y métodos de creación | 13 |
| 2. Diseño paramétrico | 15 |
| 2.1. Conceptualización..... | 15 |
| 2.2. Aplicaciones..... | 16 |
| 2.3. Diseño paramétrico, algoritmo y programación..... | 16 |
| 2.4. Software de programación visual..... | 17 |
| 2.4.1. Dynamo Studio y su aplicación | 18 |
| 3. El pabellón | 20 |
| 3.1. El pabellón como tipología arquitectónica..... | 20 |
| 3.2. El pabellón como tipología no efímera | 20 |
| 3.3. El pabellón como tipología experimental | 22 |
| 3.4. Pabellón Bend9 | 24 |
| 4. Pabellón Loja, implantación y análisis de contexto | 28 |
| 4.1. Topografía, contexto urbano y conectividad..... | 29 |
| 4.2. Emplazamiento | 32 |
| 4.3. Soleamiento, vientos, temperatura y precipitaciones | 33 |
| 4.3.1. Soleamiento y vientos | 33 |
| 4.4. Temperatura | 36 |
| 4.5. Área de intervención | 37 |
| 4.6. Colores, texturas y edificaciones existentes..... | 40 |
| 4.7. Síntesis | 42 |
| Capítulo II..... | 44 |
| 5. Caso de aplicación Pabellón Loja | 44 |
| 5.1. Programa arquitectónico y demanda de espacios culturales en la ciudad de Loja..... | 44 |
| 5.2. Espacio polivalente y servicios del equipamiento | 48 |
| 5.3. Estudio de formalidad y parametrización geométrica..... | 51 |
| 5.3.1. Estudio de formalidad | 52 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 5.4. | Parametrización geométrica..... | 57 |
| 5.5. | Modificación del contexto | 60 |
| 5.6. | Esquema de organización y zonificación..... | 62 |
| 5.7. | Diseño de la estructura..... | 63 |
| 5.8. | Componentes adaptativos | 66 |
| 6. | Estudio solar y análisis estructural..... | 67 |
| 6.1. | Estudio solar por simulación..... | 67 |
| 6.1.1. | Configuración inicial..... | 67 |
| 6.1.2. | Simulación de trayectoria solar..... | 69 |
| 6.1.3. | Solución por modificación geométrica | 74 |
| 6.2. | Análisis estructural..... | 79 |
| 6.2.1. | Configuraciones iniciales | 79 |
| 6.2.2. | Definición de cargas..... | 80 |
| 6.2.3. | Análisis de diseño estructural | 82 |
| 6.2.4. | Fase de evaluación | 85 |
| 6.2.5. | Fase de dimensionamiento..... | 90 |
| 6.2.6. | Nodo adaptativo | 93 |
| 7. | Sistema paramétrico..... | 94 |
| 8. | Pabellón Loja | 96 |
| 8.1. | Descripción Formal..... | 96 |
| 8.2. | Descripción Funcional | 96 |
| 8.3. | Descripción estructural | 97 |
| 8.4. | Planta baja..... | 97 |
| 8.5. | Subsuelo..... | 98 |
| | Conclusiones | 103 |
| | Recomendaciones | 105 |
| | Bibliografía | 106 |
| | Anexo 1..... | 108 |
| | Anexo 2..... | 115 |

Índice de ilustraciones

| | |
|---|----|
| Ilustración 1. Estructura de investigación _____ | 9 |
| Ilustración 2. Interpretación del proceso de diseño de geometrías complejas aplicando architectural geometry _____ | 14 |
| Ilustración 3. Ejemplos de programación visual y textual _____ | 17 |
| Ilustración 4. Ejemplos de nodos en Dynamo Studio _____ | 18 |
| Ilustración 5. Proyecto Teatro de Verano Szczecin, diseñado por los arquitectos Flanagan Lawrence _____ | 19 |
| Ilustración 6. Implantación y fotografías del pabellón “El Amor de Chile”, a la izquierda en Italia y a la derecha en Chile _____ | 21 |
| Ilustración 7. Recopilación cronológica de los pabellones diseñados por Alvar Aalto _____ | 22 |
| Ilustración 8. Pabellones de los AAG (Advances in Architectural Geometry): a. Bend9, b. Underwood Pavilion, c. hammock-structure pavilion, d. Archimedean Pavilion _____ | 23 |
| Ilustración 9. Proceso de resolución a través de conceptos de estructuras de flexión activa (el ejemplo toma una esfera únicamente con fines didácticos, pero se aplica en las formas libres) _____ | 24 |
| Ilustración 10. Detalle de los elementos que conforman el pabellón (a la izquierda se puede observar la membrana exterior y a la derecha la unión de estas dos membranas) _____ | 25 |
| Ilustración 11. Pasos para resolver superficies de forma libre con Bending-Active Plates _____ | 26 |
| Ilustración 12. Ubicación del Parque Jipiro dentro del perímetro urbano _____ | 30 |
| Ilustración 13. Contexto urbano del Parque Jipiro _____ | 31 |
| Ilustración 14. Corte A-A', bidimensional y tridimensional _____ | 32 |
| Ilustración 15. Emplazamiento del área a intervenir _____ | 33 |
| Ilustración 16. Solar colocada sobre el área de intervención y la dirección predominante de los vientos _____ | 34 |
| Ilustración 17. Carta solar del área de intervención _____ | 35 |
| Ilustración 18. Rosa de vientos _____ | 36 |
| Ilustración 19. Precipitación y temperatura diurna y nocturna de todo el año _____ | 37 |
| Ilustración 20. Área de intervención _____ | 38 |
| Ilustración 21. Posicionamiento de la vegetación alta por triangulación _____ | 39 |
| Ilustración 22. Simbología por especies de vegetación alta _____ | 40 |

| | |
|---|-----------|
| Ilustración 23. Colores y texturas predominantes | 41 |
| Ilustración 24. Elementos construidos | 42 |
| Ilustración 25. Espacios de museo y galería | 46 |
| Ilustración 26. Isóptica óptima para observar un lienzo con un bastidor de formato número 120 | 49 |
| Ilustración 27. Opciones de distribución en el espacio flexible propuesto, sección detalle de OA | 50 |
| Ilustración 28. Proceso de creación seleccionado | 51 |
| Ilustración 29. Concepto uno, dos y tres | 54 |
| Ilustración 30. Esquemas en corte y axonometría del cuarto concepto | 56 |
| Ilustración 31. Geometría base, partes y variables | 57 |
| Ilustración 32. Geometría base, en forma algorítmica y geometría digital | 58 |
| Ilustración 33. Creación y modificación del sólido | 59 |
| Ilustración 34. Modificaciones del contexto | 61 |
| Ilustración 35. Esquema de organización y zonificación | 62 |
| Ilustración 36. La estructura y sus componentes | 64 |
| Ilustración 37. Sistema paramétrico en su fase inicial y el producto del mismo | 65 |
| Ilustración 38. Estructura y elementos adaptativos | 66 |
| Ilustración 39. Modelo y entorno virtual | 67 |
| Ilustración 40. Configuraciones iniciales en Revit | 68 |
| Ilustración 41. Simulación de trayectoria solar vista desde SE | 70 |
| Ilustración 42. Simulación de trayectoria solar vista desde SO | 71 |
| Ilustración 43. Simulación de trayectoria solar vista desde NE | 72 |
| Ilustración 44. Simulación de trayectoria solar vista desde NO | 73 |
| Ilustración 45. Sección longitudinal, sección transversal y axonometría de la geometría inicial | 75 |
| Ilustración 46. Sección longitudinal, sección transversal y axonometría de la primera propuesta | 76 |
| Ilustración 47. Sección longitudinal, sección transversal y axonometría de la segunda propuesta | 77 |
| Ilustración 48. Sección longitudinal, sección transversal y axonometría de la tercera propuesta | 78 |
| Ilustración 49. Configuración de materiales según la norma de calidad | 79 |
| Ilustración 50. Apoyo de tipo empotrado | 80 |
| Ilustración 51. Axonometría explotada, descripción y detalle de cada configuración geométrica | 83 |

| | |
|--|-----------|
| Ilustración 52. Fase de experimentación y evaluación | 84 |
| Ilustración 53. Análisis estructural de la configuración geométrica inicial | 86 |
| Ilustración 54. Análisis estructural de la configuración geométrica 01 | 87 |
| Ilustración 55. Análisis estructural de la configuración geométrica 02 | 88 |
| Ilustración 56. Análisis estructural de la configuración geométrica 03 | 89 |
| Ilustración 57. Fase de dimensionamiento | 92 |
| Ilustración 58. Nodo adaptativo | 93 |
| Ilustración 59. Sistema paramétrico completo en su última configuración | 95 |

Índice de planos

| | |
|--|-----|
| Plano 1. Emplazamiento..... | 99 |
| Plano 2. Plantas arquitectónicas..... | 100 |
| Plano 3. Fachadas y cortes..... | 101 |
| Plano 4. Estructura explotada, detalles y perspectivas..... | 102 |

Problemática

Architectural geometry (geometría arquitectónica) es una rama investigativa relativamente nueva, la cual responde a los avances tecnológicos computacionales de la presente época utilizando las capacidades avanzadas de las computadoras para la construcción digital y el estudio de las formas geométricas complejas. Los avances investigativos son desarrollados por estudios arquitectónicos, empresas o las universidades más prestigiosas del mundo, lo que ha llevado a explotar la belleza de las formas complejas, así como a entenderlas constructivamente. Si bien es cierto que en el contexto ecuatoriano no se ha llegado a una profundización sobre esta área investigativa, sí se hace un acercamiento a las formas complejas a través del diseño paramétrico.

La parametrización computacional enfocada en la creación de formas geométricas complejas, llega a ser una herramienta que se puede utilizar para realizar un estudio geométrico. A este proceso investigativo, resolutivo y de entendimiento formal, se le denomina *architectural geometry*, mediante el cual se desarrolla un análisis geométrico a profundidad de formas libres.

Navarrete afirma que: “La arquitectura paramétrica se puede definir de manera sencilla como una nueva forma de entender el proyecto y el diseño de arquitectura, que se beneficia con las nuevas tecnologías informáticas de diseño automático” (2014, pp.67-68). En el contexto académico ecuatoriano, a nivel de pregrado no se profundiza en la arquitectura paramétrica, sino, solo se imparte el uso de la tecnología como medio de representación de un diseño preconcebido y no como una herramienta que forme parte del método proyectual. Esto se evidencia al observar los planes de estudios de las tres facultades de arquitectura que se encuentran acreditadas dentro de la categoría “A” otorgada por el CACES, en donde se puede

apreciar que hay una deficiencia en las competencias relacionadas con la ciencia y la tecnología. En Ecuador no existen asignaturas relacionadas con resolución de problemas utilizando métodos o herramientas computacionales de programación algorítmica, lo que contrasta con las universidades chilenas en donde sí existen este tipo de asignaturas, lo cual es de vital importancia para el análisis geométrico de las formas complejas.

Ignorar a las nuevas herramientas computacionales que permiten entrar en novedosas formas de proyectar, es limitarse en el papel y negar la representación digital. Un arquitecto necesita experimentar con las más recientes ideas de interpretación arquitectónica, es decir, ir más allá del papel y el lápiz. Para la exploración y experimentación en arquitectura, históricamente se ha utilizado a la tipología del pabellón como medio para utilizar nuevas metodologías de diseño, que, gracias a “su flexibilidad y carácter efímero permitieron dar rienda suelta a la imaginación de arquitectos dispuestos a romper con los cánones establecidos” (Etulain, 2019). Por consiguiente, el diseño de un pabellón es idóneo para esta actividad experimental como exploratoria del estudio de las formas geométricas complejas. Y no solo eso, sino que también se convierte en un reto para la creatividad constructiva del diseñador, ya que tiene que tomar en cuenta las limitaciones que posee el medio local, así como identificar la demanda de espacios culturales para satisfacer las necesidades del contexto urbano.

Justificación

Debido a que no se imparten en el contexto local las herramientas que permitan el estudio de formas geométricas complejas, resulta fundamental explorar esta área. Por ello, se propone realizar un ejercicio experimental que lleve hacia los conocimientos de la geometría aplicada en la arquitectura, diseño computacional, matemáticas, procesos de fabricación y nuevas herramientas de diseño como la arquitectura paramétrica.

Integrar conocimientos de herramientas tecnológicas en la formación de los profesionales de arquitectura, contribuye al desarrollo de su creatividad y criterio. Por ejemplo, en la Universidad Técnica Federico Santa María en Chile, se modificó el plan de estudios de la carrera de arquitectura y se introdujo en la formación de arquitectos competencias en ciencia y tecnología (incluyendo el diseño algorítmico), a partir de lo cual se observaron “cambios positivos respecto de su autonomía, determinación, compromiso académico, curiosidad científica, creatividad tecnológica, puntualidad y vocabulario. Respecto al empleo de conceptos científicos, hoy se muestran más cautelosos y motivados por querer saber su significado original” (González Böhme, Calvo Barentin, y Chiarella, 2013, p. 5). Por tanto, es evidente que los sistemas de ideación digitales “potencian las capacidades de pensamiento de los estudiantes hacia una dirección que los obliga a forzar muchas veces los sistemas constructivos tradicionales o a modificar los resultados gráficos para lograr una correcta materialización del proyecto arquitectónico” (Chiarella, 2014, p. 395).

Por otra parte, como afirma Arellano (2019) “los pabellones son elementos importantes para hablar de un momento específico de la arquitectura y de las manifestaciones sociales de una forma casi inmediata”, lo cual, sería el objeto arquitectónico idóneo para realizar una propuesta desarrollada con herramientas computacionales de programación.

Objetivo General

- Realizar una propuesta de un pabellón aplicando el diseño paramétrico como herramienta de composición de *architectural geometry*.

Objetivos Específicos

- Definir el proceso de diseño de la rama investigativa *architectural geometry* a partir de la bibliografía especializada.
- Plantear el diseño de un pabellón que presente una forma geométrica compleja realizada por un *software* computacional algorítmico (diseño paramétrico).
- Determinar la función que tendrá el pabellón como respuesta a una necesidad real dentro del contexto de estudio.
- Construir una representación digital del pabellón que permita verificar las ventajas constructivas que proceden del *software* computacional.

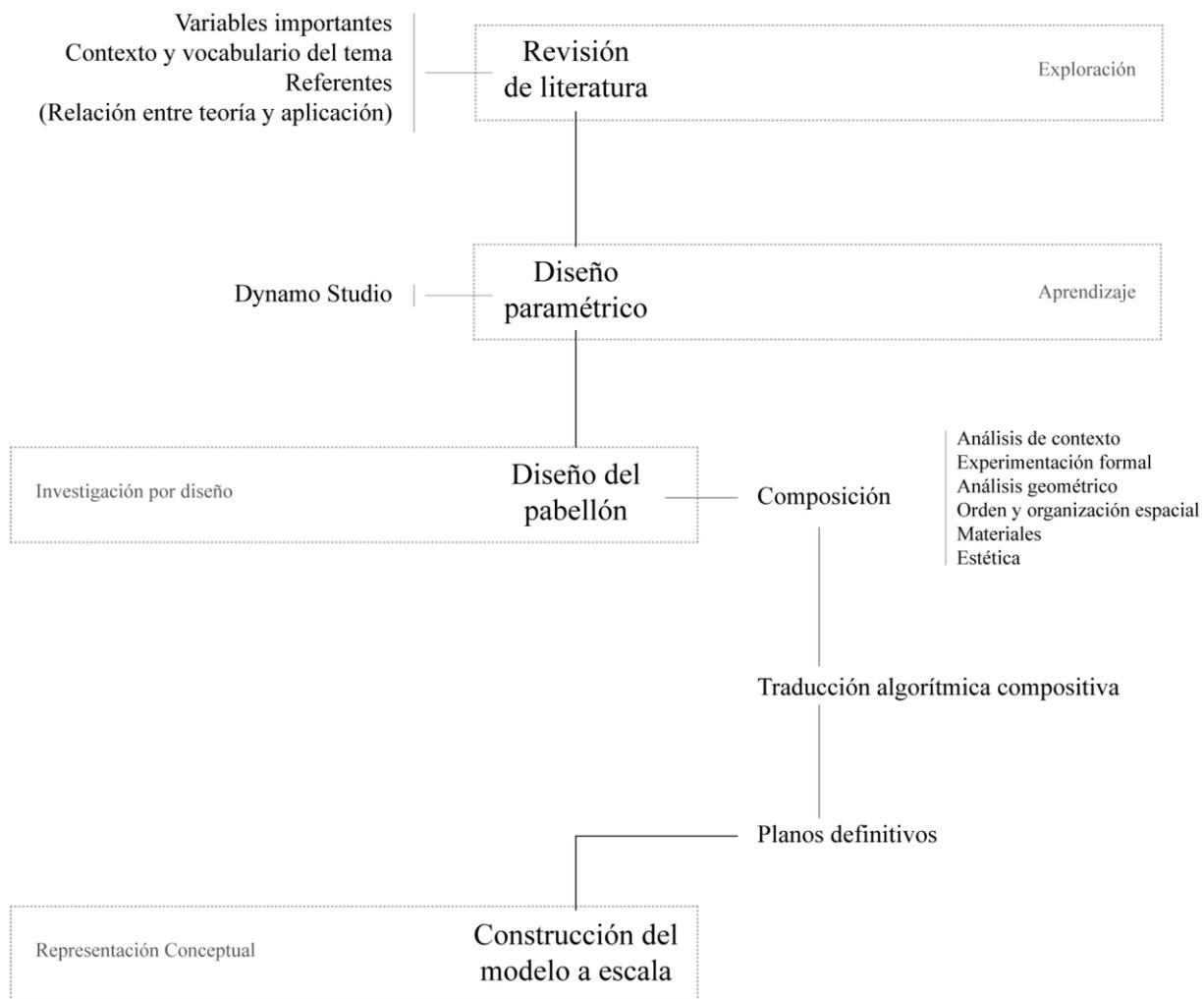
Metodología

Se toma la metodología de la investigación por diseño, la cual “se refiere a determinados objetos diseñados dentro de determinados contextos históricos” (de Jong y Van der Voordt, 2002, p. 453). Dentro de este tipo de investigación, el objeto a diseñar estaría dentro de la categoría de creación de arquitectura no ortogonal.

“Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, y Baptista Lucio, 2014, p. 91), concepto este que coincide con el objetivo de la rama investigativa *architectural geometry*. Por ende, se decide tomar este enfoque en la investigación, en la que también se utilizará la entrevista no estructurada como técnica investigativa.

Para resolver el diseño del pabellón se propone la estructura investigativa que se muestra en la Ilustración 1.

Ilustración 1. Estructura de la investigación



Elaborado por: El Autor

Capítulo I

1. Geometría y arquitectura

Si la arquitectura es el arte de modificar el espacio y la geometría estudia las propiedades de las figuras en el espacio, se podría decir entonces que la geometría en la arquitectura es omnipresente ya que se encuentra en todas las etapas de creación de un objeto arquitectónico. Por ejemplo, para calcular un volumen de un material determinado o simplemente para realizar un dibujo se necesita una comprensión geométrica.

1.1. Arquitectura y tecnología

Durante la primera mitad del siglo XX, los métodos tradicionales de representación del objeto arquitectónico que se realizaban en la clásica mesa de dibujo estaban limitados para representar la arquitectura de la época en cuanto a escala y tecnología, ya que exigían al arquitecto mayor precisión, detalle y volumen en la documentación de los proyectos (Cardoso Llach y Capdevila Werning, 2008). A partir del desarrollo de los sistemas CAD (*computer-aided design*, que en español sería: diseño asistido por computadora) se pudo observar que estos poseían un potencial muy grande, pero inicialmente eran herramientas muy costosas.

La evolución de las tecnologías digitales y la producción masiva de las herramientas CAD, permitió a los arquitectos acceder a estas nuevas tecnologías de representación, principalmente para remplazar a la mesa de dibujo tradicional, lo cual superó con creces las limitaciones que se confrontaban al trabajar en ellas. Las ventajas eran evidentes, ya que se podía almacenar los datos en plataformas o sistemas digitales. Al mismo tiempo, se pudieron desarrollar nuevos artefactos que respondían a la fabricación asistida por computadora (Cardoso Llach y Capdevila Werning, 2008), lo cual permitió elaborar elementos o piezas constructivas con una precisión milimétrica.

El surgimiento de estas nuevas tecnologías revolucionó la forma de estudiar la geometría, la representación gráfica se volvía cada vez más fácil y práctica (no estaba limitada dentro de un papel); los modelos 3D digitales ya no tenían las restricciones de una maqueta, la escala del modelo ya no era un problema y se podía diseñar con una cantidad de detalle asombrosa; el estudio de la geometría ya no se circunscribía al papel, la automatización de los procesos permitieron generar las vistas que se deseen en una cantidad de tiempo insignificante, todo lo cual si se compara con el proceso de geometría descriptiva es una diferencia sin precedentes, ya que se estaría hablando de fracciones de segundos (proceso automatizado computacional) y de minutos u horas (geometría descriptiva). Por ejemplo, si se realiza un proyecto arquitectónico en un *software* paramétrico como Revit, se modela la planta arquitectónica y los planos de fachadas o cortes se realizan automáticamente; a diferencia de realizar el mismo proyecto con procedimientos de geometría descriptiva en AutoCAD, es decir, dibujar en 2D los planos de planta, corte, fachadas, etc. La diferencia es muy considerable, sin embargo, es importante señalar que estas solo son herramientas de representación.

Actualmente, las herramientas tecnológicas han superado a los métodos y procesos tradicionales de estudio geométrico como la geometría descriptiva. Y no solo eso, sino que se han implementado nuevas formas de diseño que hacen uso de las actuales capacidades computacionales más sofisticadas, como es el caso del diseño paramétrico.

1.2. *Architectural geometry*

La geometría de formas complejas y las superficies libres han estado presentes en todas las etapas de la historia humana, encontrándose desde las primeras herramientas utilizadas para la construcción de los refugios conocidos con forma de cúpula hechos de madera (hace 400 000 años), igualmente, se le encuentra en los ornamentos escultóricos de los edificios a través de

los siglos (Pottman, Asperl, Hofer, y Kilian, 2007), pero principalmente se aprecia en la naturaleza, por lo que en resumen se podría decir que estamos rodeados de geometría compleja.

Actualmente, el estudio, comprensión, diseño, o representación de las formas geométricas complejas, es posible gracias a técnicas sofisticadas de descripción geométrica de carácter computacional, las que aparecieron con los avances tecnológicos que se han dado en muchos campos en donde la geometría toma un papel protagonista, de lo que constituyen ejemplos: la industria aeronáutica, la industria automotriz, la industria de la animación, etc. Los conocimientos que desarrollaron estas industrias con tecnología computacional en el siglo XX, no eran apreciados por toda la comunidad de procesamiento de geometría, porque no existía una unificación de métodos de resolución geométrica u optimización de los mismos. Esta dispersión del conocimiento también se veía reflejado en la arquitectura, lo que generaba vacíos en el desarrollo de formas libres y que limitaba mucho a los diseñadores, llevando a que se desarrollen pocos ejemplos arquitectónicos con formas geométricas complejas.

Según los autores Pottmann, Eigensatz, Vaxman, y Wallner: "...alrededor de 2005, se hizo evidente en la comunidad de procesamiento de geometría que la arquitectura de forma libre contiene muchos problemas de naturaleza geométrica por resolver y muchas oportunidades de optimización que, sin embargo, requieren una comprensión geométrica" (s.f.). Para resolver estos problemas de carácter geométrico, surgió un proyecto investigativo que terminaría con la publicación de un libro llamado *Architectural geometry*, este proyecto fue financiado por Bentley Institute Press y apoyado por subvenciones del Fondo de Ciencia de Austria y que además recibió muchas colaboraciones individuales de la comunidad científica y de grupos de investigación de la Universidad Tecnológica de Viena. El libro contiene métodos de construcción geométrica de CAD, y también está destinado para la enseñanza y la comprensión geométrica. En este libro se propone una nueva área investigativa la cual tomaría el mismo nombre del libro a partir del cual se publica cada dos años los avances e investigaciones dentro

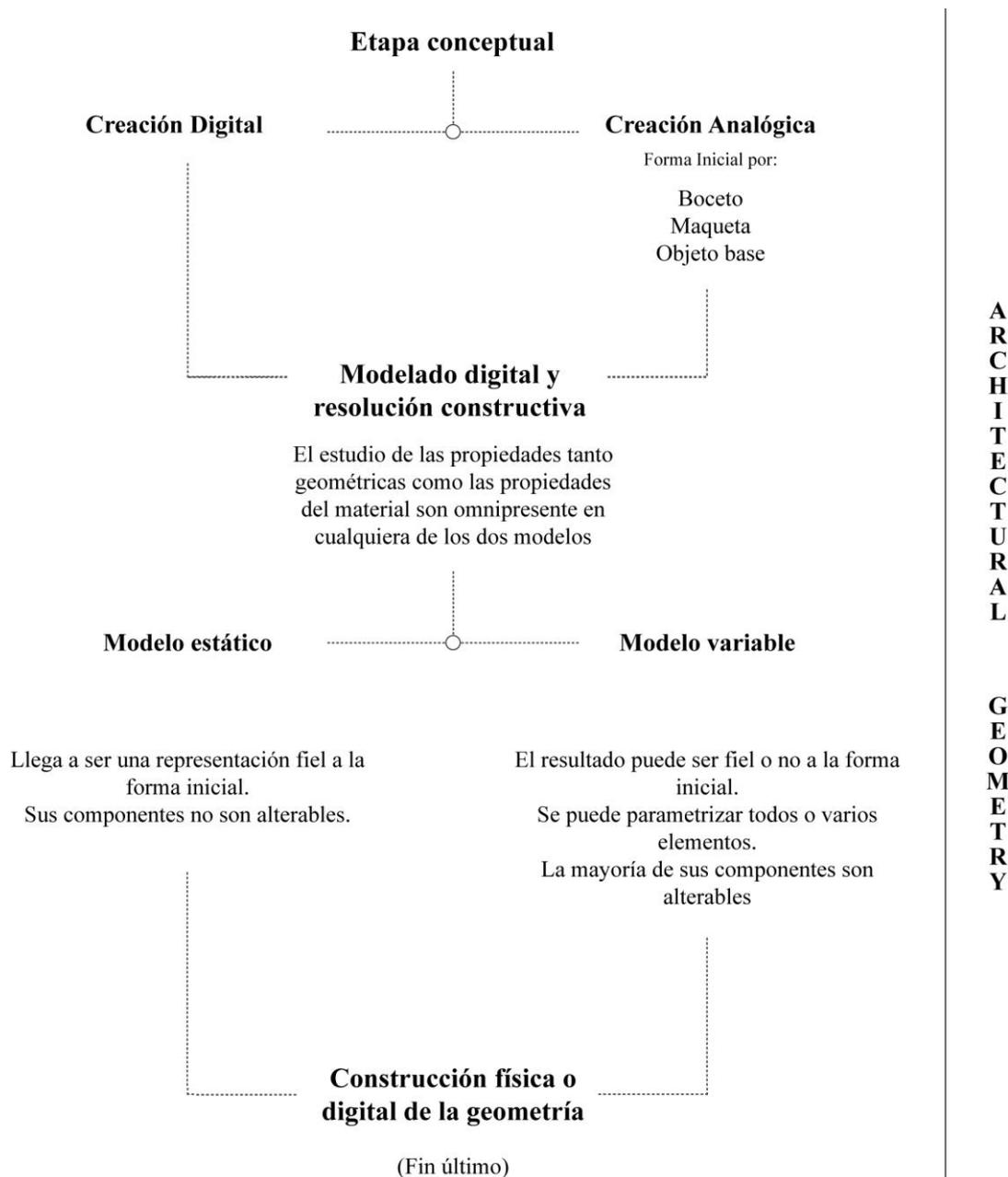
de esta área en un documento en formato digital denominado *Advances in architectural geometry*.

En cada artículo relacionado con esta área investigativa se encuentra un trabajo multidisciplinar basado en la experimentación o creación de métodos para la resolución de formas complejas, ya sea con un fin de construcción física o digital. Independientemente de la disciplina a la que pertenezca o la metodología utilizada, el propósito final siempre será resolver y entender la geometría, sin embargo, hay que tomar en cuenta que esta área es relativamente nueva y que no existe un método definido para alcanzar su fin último. Es por este motivo que existen muchas formas de llegar a una representación o para crear un modelo. Y si a todo esto se le añade que es fundamental el uso de un *software* para la construcción digital (para realizar simulaciones, modelado, escaneado, etc.), se podría decir entonces que se habla de un campo de conocimiento muy amplio y que debido a su carácter experimental no se ha desarrollado teóricamente, lo cual ha llevado a la inexistencia de una terminología propia o conceptualización en el idioma español.

1.2.1. Conceptualización y métodos de creación

Architectural geometry es un área de investigación que tiene como propósito estudiar las formas geométricas complejas a través del apoyo de las nuevas herramientas computacionales. Constituyendo además, todo el proceso que existe para llegar a construir de manera física o digital un objeto, tanto desde su etapa conceptual hasta su fin último (ver Ilustración 2). Esta área busca tener una comprensión geométrica y poder utilizar herramientas computacionales para hacer posible diseñar elementos con formas no convencionales, de tal manera que se pueda entender y expresar la constructividad de un objeto.

Ilustración 2. Interpretación del proceso de diseño de geometrías complejas aplicando *architectural geometry*



Elaborado por: El Autor (en base a Pottmann et al., 2007)

En la Ilustración 2 se muestra el proceso para llegar a la construcción física o digital de una determinada geometría, el cual comprende los siguientes pasos: primero, se empieza por la etapa conceptual en donde nacen las ideas iniciales o bases de la geometría, es la parte de la creación análoga o digital (si se toma la digital se pasa directamente al siguiente nodo); luego,

se pasa a un punto de resolución constructiva a través del modelado digital, en donde se puede optar por un modelo estático o un modelo variable (con estructura paramétrica).

Cabe recalcar que cuando se menciona un modelo estático o variable, se refiere a un conjunto de características que han sido o pueden ser imitadas (un esquema teórico). Sin embargo, esta terminología también es utilizada en el campo de la creación digital de objetos, y en este contexto se hace referencia a la representación tanto 3D como 2D de un objeto. Por consiguiente, cuando se está en el punto de “modelado digital y resolución constructiva”, se refiere a la creación digital del objeto siguiendo un esquema teórico, ya sea estático o variable.

Para llegar a una sólida comprensión geométrica se han desarrollado métodos que ayudan a construir o resolver tanto digitalmente como físicamente objetos con geometría compleja. Entre ellos se tiene los siguientes: superficies de forma libre; movimientos, barridos y evolución de formas; deformación; visualización y análisis de formas (Pottman et al. 2007); o, el diseño paramétrico como proceso de método de creación. Este último llama particularmente la atención debido a que permite la creación de formas geométricas complejas (Cardoso Llach y Capdevila Werning, 2008), lo cual llega a ser una herramienta de generación y análisis de las mismas; por consiguiente, se puede decir que en *architectural geometry* el diseño paramétrico puede llegar a ser una herramienta de los métodos, o un método individual para la construcción física o digital de formas geométricas complejas.

2. Diseño paramétrico

2.1. Conceptualización

Para comprender qué es el diseño paramétrico primero hay que entender el concepto de parámetro que según la RAE (2018): es una “variante que, en una familia de elementos, sirve para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico”. Pero el concepto de diseño paramétrico es más complejo. Se puede asociar con un método matemático, en donde se crea

un sistema de relaciones en el cual cada entidad posee parámetros asociados que permiten alterar determinadas características del modelo (Fraile, 2012). El diseño paramétrico se convierte en un recurso innovador, ya que posibilita modificar variables y reproducir un gran número de variaciones (Navarrete, 2014).

Se puede entender como un nuevo modo de realizar un proyecto de diseño que hace uso de los avances tecnológicos para facilitar el análisis, automatizar procesos, y no solo eso, sino también evaluar en tiempo real un sinnúmero de alternativas de proyectos con tan solo cambiar un parámetro (Fraile, 2012).

2.2. Aplicaciones

La cantidad de aplicaciones que se le puede dar a esta forma de diseño es ilimitada, lo único que se necesita es crear un sistema de relación entre valores que reaccione a los parámetros que se quiera introducir, lo cual permite generar un elemento o un modelo diferente con tan solo cambiar un número (Ballesteros, 2013). Por ejemplo, se podría parametrizar un sistema constructivo, la morfología del edificio, la eficiencia energética, la orientación, la circulación, la organización espacial, etc., en fin, todo está en las capacidades de parametrización y el límite lo impone el diseñador.

2.3. Diseño paramétrico, algoritmo y programación

El diseño paramétrico funciona básicamente con algoritmos, por lo que resulta fundamental conocer qué es. Según la RAE (2018) un algoritmo es un “conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema”. También se puede describir como una idea de carácter conceptual que describe una secuencia de pasos a seguir para resolver un problema (Wikiversity, 2017). Estas operaciones pueden ser representadas de diferente manera: usando el lenguaje natural, diagramas de flujo (representación gráfica) o pseudocódigo.

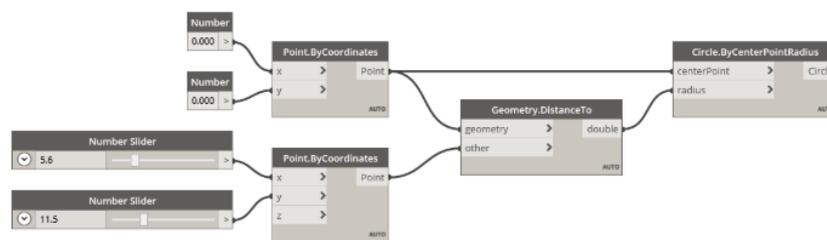
Con un algoritmo se puede representar una idea, un proceso o crear una geometría, pero, este es el primer paso para crear un sistema paramétrico, el segundo es traducir este algoritmo a un lenguaje de programación para que la computadora comprenda lo que tiene que hacer. Una vez que se ha finalizado los dos primeros pasos ya se puede decir que se ha creado un sistema paramétrico computarizado, lo cual facilitará la automatización de procesos y todo esto permitirá generar diversas propuestas simplemente alterando los parámetros del sistema. Básicamente, la parametría es una estructura sistematizada que responde a uno o varios estímulos.

2.4. Software de programación visual

Se llama software al conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas escritos para una computadora, con la finalidad de que ella ejecute ciertas tareas (Joyanes Aguilar, 2008). Actualmente, se puede dar instrucciones a una computadora de dos formas, gráfica (o “visual”) y textual.

Ilustración 3. Ejemplos de programación visual y textual

Programa Visual:



Programa Textual:

```
myPoint = Point.ByCoordinates(0.0,0.0,0.0);
x = 5.6;
y = 11.5;
attractorPoint = Point.ByCoordinates(x,y,0.0);
dist = myPoint.DistanceTo(attractorPoint);
myCircle = Circle.ByCenterPointRadius(myPoint,dist);
```

Fuente: DynamoBIM, s.f.

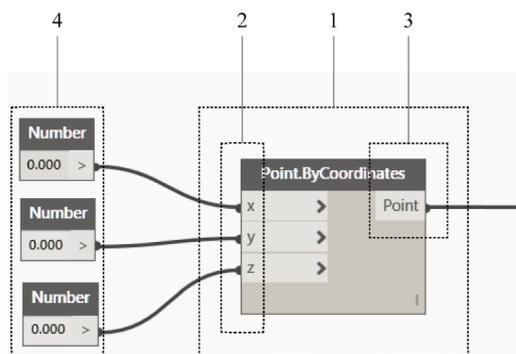
La programación visual ofrece al usuario una interfaz gráfica a diferencia de la programación textual en la que se tiene que introducir un texto entrelazado por sintaxis (Dynamo BIM, s.f.). De cierta manera la programación visual trabaja más con la intuición debido a que en ella se establecen conexiones entre las instrucciones que conforman un algoritmo.

2.4.1. Dynamo Studio y su aplicación

Dynamo Studio es un *software* de programación visual que permite construir algoritmos personalizados (conectando elementos o “nodos” que definen las secuencias y relaciones de su composición), pero es también una herramienta que gracias a su interfaz gráfica permite generar código sin necesidad de tener conocimientos de codificación, sin embargo, el programa permite utilizar la programación textual dentro de interfaz. Este *software* tiene una gran variedad de aplicaciones, desde el procesamiento de datos hasta la generación de geometrías (Dynamo BIM, s.f.).

La anatomía de este sistema de creación algorítmica es idónea para llegar a un sistema paramétrico, ya que en cada parte del sistema se puede modificar los parámetros de entrada que se requiera. Por ejemplo, en la Ilustración 4 se puede observar un nodo simple para crear un número (4) y otro para crear un punto por coordenadas (1), el cual posee un puerto de entrada (2) y su puerto de salida (3).

Ilustración 4. Ejemplos de nodos en Dinamo Studio



Fuente: Dynamo 2.1

Dynamo Studio se ha convertido en una herramienta muy importante en el diseño computacional, esto se debe a que en ella se pueden crear elementos paramétricos personalizados que ayudan a resolver o facilitar el diseño de proyectos arquitectónicos. Es posible usar Dynamo Studio para realizar las siguientes tareas: modelado de formas geométricas complejas, generar diversas alternativas (ya sean formales o de organización espacial), automatización de procesos, evaluación de diseño y extracción de datos, etc. (Domina Dynamo, 2017).

Uno de los muchos ejemplos es el Teatro de Verano Szczecin que se muestra en la Ilustración 5, el que fue diseñado por los arquitectos Flanagan-Lawrence y en el cual el uso del programa fue fundamental para el proceso de diseño. Gracias al entorno de programación de Dyanmo, se pudo explorar mediante varios diseños conceptuales la relación entre forma y sonido, tomando en cuenta una gran variedad de alternativas de uso del espacio como: los instrumentos utilizados (individualmente o en conjunto), el estilo musical, la geometría del espacio, la cantidad de público, etc. Esto permitió explicar el comportamiento acústico de los diseños y con ello aislar las mejores opciones, para finalmente escoger la propuesta que posea la mejor experiencia auditiva (Dynamo BIM, 2016).

Ilustración 5. Proyecto del Teatro de Verano Szczecin, diseñado por los arquitectos Flanagan-Lawrence



Elaborado por: El Autor (basado en Dynamo BIM, 2016)

3. El pabellón

El presente proyecto de fin de carrera tiene como objetivo el diseño de un pabellón, ya que históricamente esta tipología le ha otorgado al diseñador una libertad muy amplia, permitiéndole la experimentación tanto con sistemas constructivos como con las formas geométricas complejas, debido a que se tiene una menor cantidad de limitaciones y condicionantes. En este capítulo se define al pabellón y se mencionan las variantes por su carácter no efímero o por su valor experimental. En esta última categoría de variantes se analizará un caso de estudio que se encuentra dentro de *architectural geometry* (Bend9).

3.1. El pabellón como tipología arquitectónica

A este término se le atribuyen varias definiciones, en un principio se relaciona con una tienda de campaña o como un elemento arquitectónico aislado que sirve para refugiarse de la intemperie (Marti Arís, 2008). En 1851 se realizó la primera exposición universal y a partir de este momento se toma el término para nombrar un equipamiento cultural en el cual se desarrollan eventos tanto comerciales como culturales (Zayas Fernández, 2012). De igual forma, se suele asociar a esta tipología arquitectónica con una construcción de carácter efímero de rápido montaje, y principalmente como una tipología en la cual se puede experimentar nuevas formas de interpretación arquitectónica (Domínguez, 2003). A pesar de ser considerados como una edificación temporal, los pabellones poseen una flexibilidad de usos muy amplia, por ello, en muchos casos se suele omitir esta propiedad efímera para posteriormente otorgarles una función definitiva.

3.2. El pabellón como tipología no efímera

El pabellón como tipología no efímera se puede encontrar en el proyecto chileno para la “Expo Milán 2015” de Undurraga Devés Arquitectos. Inicialmente el pabellón de Chile surge como un medio para exponer al país como una potencia alimentaria, pero no solo eso, sino también para mostrar la riqueza cultural que lleva detrás este sector. Para expresar todo este contenido

se generaron espacios con dispositivos audiovisuales y escenográficos y se creó un área denominada “La gran mesa de Chile” para degustar y adquirir productos del país (Equipo Editorial, 2015). Una vez que cumplió su objetivo en Milán empezó su segundo ciclo de vida, lo que fue posible gracias a su sistema constructivo que permitió tanto un rápido montaje en Italia como su desmontaje para ser reconstruido en Chile. El reciclaje de este pabellón no solo se da gracias al sistema constructivo, sino también por el diseño de espacios neutros y flexibles, lo cual fue fundamental para adaptarse a diferentes usos (Santibañez, 2018). Actualmente, es un centro cultural denominado pabellón “El Amor de Chile” ubicado al sur del país en la comunidad de Temuco (ver Ilustración 6).

Ilustración 6. Implantación y fotografías del pabellón “El Amor de Chile” (a la izquierda en Italia y a la derecha en Chile)



Pabellón Chile - Milán, Italia



Pabellón Chile - Temuco, Chile

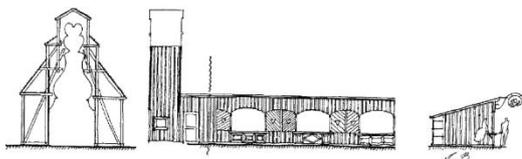


Fuente: Plataforma Arquitectura
Elaborado por: El Autor

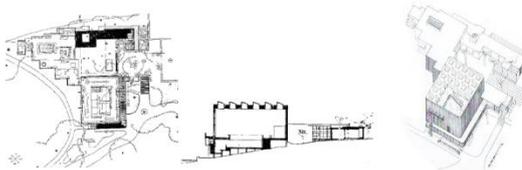
3.3. El pabellón como tipología experimental

El pabellón como tipología experimental se ve reflejado en la obra de Alvar Aalto que realiza una recopilación cronológica poniendo en evidencia la evolución de su vida profesional (ver Ilustración 7). Para Aalto, cada proyecto se convierte tanto en un experimento como en un elemento enriquecedor y fundamental para futuras creaciones, donde en cada edificación se puede observar a un erudito que plasma su capacidad de vincular el paisaje, la historia y la arquitectura finlandesa, sin excluir las vanguardias de su tiempo (Domínguez, 2003). Prácticamente, estos elementos arquitectónicos diseñados por el arquitecto se convertían en un laboratorio escala 1:1.

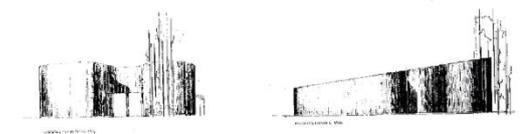
Ilustración 7. Recopilación cronológica de los pabellones diseñados por Alvar Aalto



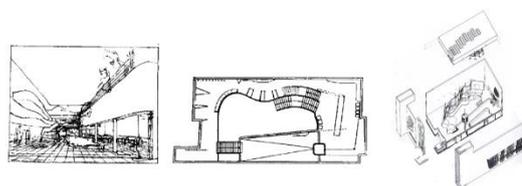
Pabellón para la Feria de Muestras
Helsinki, 1921



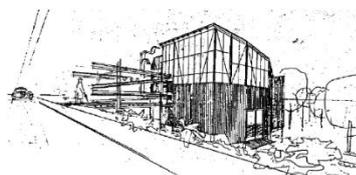
Pabellón Finlandés para la Exposición
Universal de París
París, 1937



Pabellón de Economía Forestal
Lapua, 1938



Pabellón Finlandés para la Exposición
Universal de Nueva York
Nueva York, 1939



Pabellón para la empresa Artek
Hedemora, 1946

Elaborado por: El Autor (en base a Domínguez, 2003)

Para la experimentación o exploración de formas complejas es muy común que se acuda a la tipología del pabellón. Todo esto resulta natural, ya que es una tipología en la que el diseñador cuenta con una gran libertad creativa. En los Advances in architectural geometry (ver Ilustración 8) se pueden encontrar varios ejemplos de pabellones con formas complejas.

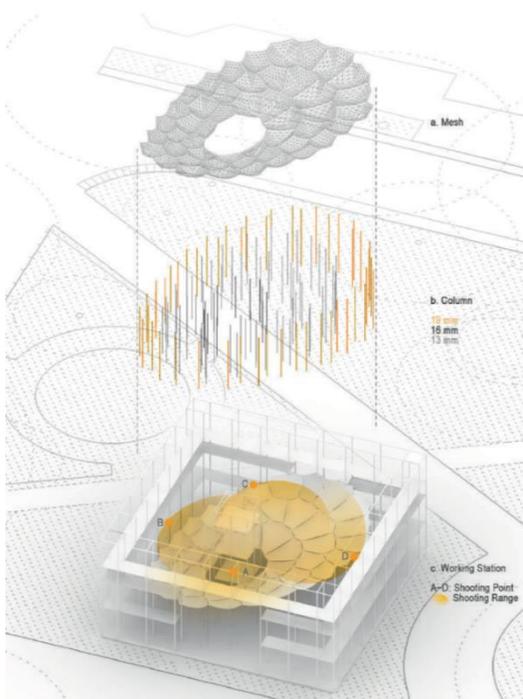
Ilustración 8. Pabellones de los AAG (Advances in architectural geometry): a. Bend9, b. Underwood Pavilion, c. hammock-structure pavilion, d. Archimedean Pavilion)



(a)



(b)



(c)



(d)

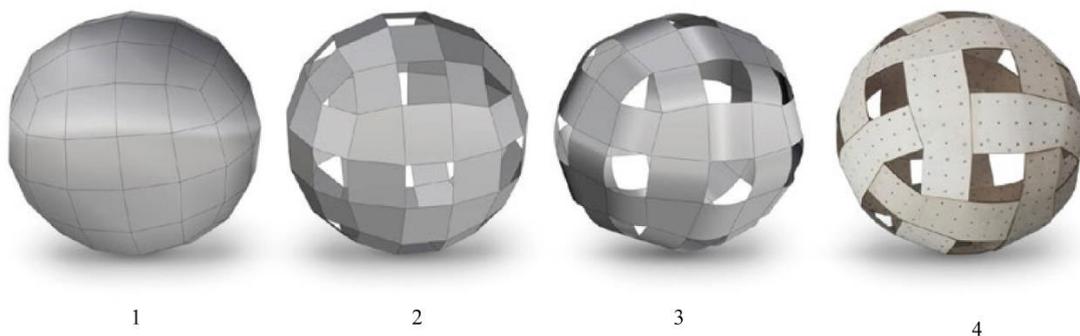
Elaborado por: El Autor (en base a los Advances in architectural geometry 2016)

3.4. Pabellón Bend9

El Pabellón Bend9 es un trabajo que tuvo la colaboración del Departamento de Geociencias de la Universidad de Tübingen (IPPK), el Centro de Investigación TRR 141 “Diseño Biológico y Estructuras Integrativas”, un grupo de estudiantes del programa de maestría ITECH y varias colaboraciones individuales que aportaron a los estudios de diseño y la fabricación de este elemento. Se toma como referente de estudio porque es un buen ejemplo de *architectural geometry* aplicada en el diseño de un pabellón.

El diseño parte de un concepto de constructividad de *bending-active structures* (estructuras de flexión activa), el cual fue estudiado y analizado para encontrar un sistema constructivo que pudiese responder a geometrías complejas, por lo que se llegó a desarrollar un proceso con base en este nuevo sistema constructivo para resolver superficies de forma libre según el siguiente orden (ver Ilustración 9): 1. Se crea una malla en la superficie; 2. Se realiza un desfase (*offset*) para cada cara de la malla de superficie, este procedimiento provocará que las caras se desunen y estas serán conectadas por un elemento puente si inicialmente compartían un borde; 3. Se doblan los elementos del puente tomando en cuenta la flexión para producir la estabilidad de la estructura; 4. Se genera el modelo de fabricación.

Ilustración 9. Proceso de resolución a través de conceptos de estructuras de flexión activa (el ejemplo toma una esfera únicamente con fines didácticos, pero se aplica en las formas libres)



Fuente: Advances in architectural geometry 2016

El desarrollo de este pabellón llega a ser un medio de experimentación para crear una geometría no convencional a través de *bending-active structures* (estructuras de flexión activa). Estas estructuras usan los esfuerzos de flexión para crear los elementos de la geometría y a la vez controlar su comportamiento estructural. Este concepto conlleva a utilizar procesos de simulación que también induce al diseñador a entender las limitaciones que se pueden dar en la fabricación y el ensamblaje analizando siempre el comportamiento en flexión del material a utilizar, ya que nunca se debe olvidar que las características geométricas están intrínsecamente vinculadas con las propiedades del material (La Magna, Schleicher, y Knippers, 2016).

El pabellón Bend9 está conformado por 196 placas de contrachapado de abedul de 3 mm, estas se unirán para conformar las dos membranas principales, las cuales estarán conectadas por 76 perfiles cuadrados de madera de 4cm x 4cm (ver Ilustración 10). Para el diseño de las 196 placas se pensó estratégicamente en las deformaciones que se dan por flexión, para posteriormente poder recurrir a que estos elementos sean exclusivamente planos en su forma base, lo cual facilitaría su fabricación.

Ilustración 10. Detalle de los elementos que conforman el pabellón (a la izquierda se puede observar la membrana exterior y a la derecha la unión de estas dos membranas)



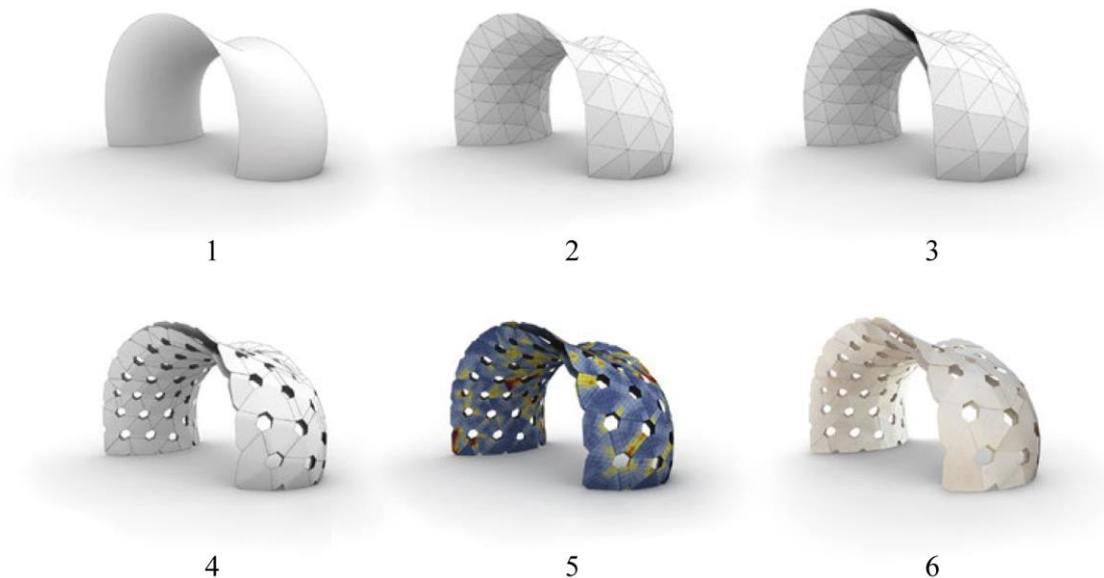
Fuente: Advances in architectural geometry 2016

El proceso de diseño para la resolución de este elemento es el siguiente (ver Ilustración 11):

1. Geometría base (superficie de doble curvatura)

2. Convertir la superficie en un patrón de malla
3. Análisis de la estructura (creación de la doble membrana)
4. Generar vacíos estratégicamente
5. Análisis de elementos finitos (lograr una rigidez al ensamblar virtualmente las partes)
6. Generar un modelo de fabricación

Ilustración 11. Pasos para resolver superficies de forma libre con *bending-active plates*



Fuente: Advances in architectural geometry 2016

Aunque en el artículo no se menciona al diseño paramétrico dentro del proceso creativo, este es fundamental para crear geometrías no convencionales, ya que permite también alterar y modificar las superficies de manera muy fácil o se encuentra dentro de los programas de simulación (el cual sí es utilizado en el proceso de diseño del pabellón).

Resulta fascinante cómo este elemento cubre una luz de 5.2m y una altura de 3.5m utilizando principalmente dos membranas de 3mm cada una (separadas con una distancia de 4cm), lo que constituye una clara demostración de la eficiencia del sistema de conexión cruzada de capas (utilizando principios de flexión), y de una buena lógica constructiva para desarrollar

construcciones livianas, además de significar una manifestación de la importancia que tiene la comprensión geométrica y el conocimiento del material para entrar en el campo experimental, lo que lleva al desarrollo e invención de nuevos sistemas constructivos. Todo lo anteriormente planteado, evidencia que la tipología del pabellón es idónea para realizar ejercicios de experimentación.

4. Pabellón Loja, implantación y análisis de contexto

Se seleccionó la ubicación del proyecto en el Parque Jipirio bajo los siguientes criterios: la proximidad a un equipamiento cultural de importancia urbana que en este caso es el Teatro Nacional Benjamín Carrión, la amplia superficie disponible y las condiciones naturales que presenta el parque como la topografía y la vegetación.

El polígono de intervención se definió luego de estudiar diversas opciones dentro del parque, llegándose a su localización definitiva en la parte este del mismo. Esta ubicación se encuentra a 50m del Teatro Nacional Benjamín Carrión y presenta una conexión directa con la vía arterial denominada Av. Salvador Bustamante Celi; estos parámetros son fundamentales para el acoplamiento y por ende la conectividad de este nuevo equipamiento con la urbe. El área escogida presenta características que son favorables para la libertad creativa del diseñador, de tal manera que encaja con la idea inicial de composición que consiste en proteger con una barrera vegetal a la geometría principal.

Los puntos para analizar el lugar en donde se realizará la intervención es una recopilación de factores extraídos de la metodología creada por la Dr. Laura Gallardo Frías¹. Esta metodología pretende comprender el entorno en el que se desarrollarán los proyectos arquitectónicos para que la intervención encaje tanto en la ciudad como en sus habitantes (Gallardo Frías, 2015).

Puntos de la metodología de análisis de contexto de Laura Gallardo Frías (2015):

1. Genius loci
2. Movimiento-quietud
3. Análisis sensorial
4. Elementos construidos existentes
5. Zonas verdes

¹ Doctora en Arquitectura y Urbanismo (Docente de la Universidad de Chile)

6. Estudio etnográfico

7. Síntesis

Para el siguiente análisis de contexto se tomaron varios puntos de la metodología elaborada por Laura Gallardo Frías y se adaptaron los puntos propuestos para que encajen en el área de intervención, realizándose a tales efectos los siguientes estudios:

1. Estudio de topografía, contexto urbano y conectividad, este segmento estaría relacionado con los puntos de Genius Loci y movimiento-quietud.
2. Luego se reduce el análisis a una escala menor, en donde se puede apreciar el contexto del área a intervenir, en esta parte se observará el emplazamiento, el cual se relaciona con el punto de Genius Loci.
3. Consecuente con este parámetro se realiza el estudio de soleamiento, vientos y temperatura, el que se relacionará con el punto de análisis sensorial.
4. Posteriormente se realiza un estudio a detalle del área de intervención, en la que se podrá observar la vegetación existente, los colores y los elementos construidos. Esta información está relacionada con los puntos: elementos construidos existentes, análisis sensorial y zonas verdes.
5. Finalmente, se hace una síntesis de todos los datos levantados y analizados.

4.1. Topografía, contexto urbano y conectividad

El área de intervención se inserta en el Parque Recreacional Jipiro de la ciudad de Loja en la provincia de igual nombre, el que se encuentra en la intersección de dos fuentes hídricas que son el río Jipiro y el río Zamora. Para describir la ubicación del parque dentro del perímetro urbano, primero se divide la ciudad en tres secciones: norte, centro y sur (ver Ilustración 12), pudiéndose establecer en consecuencia que el mismo se encuentra en la sección central de la ciudad (específicamente en la posición noreste).

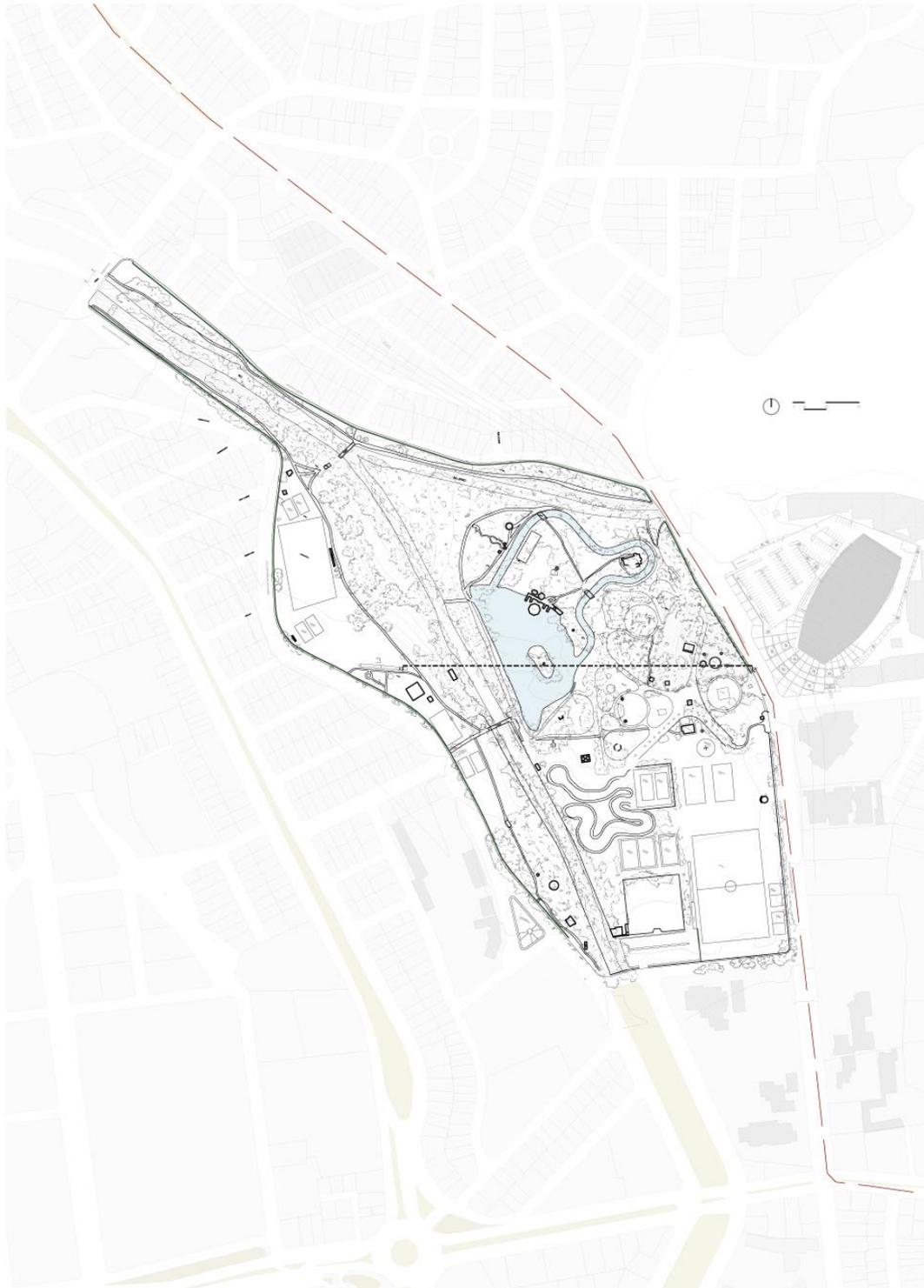
Ilustración 12. Ubicación del Parque Jipiro dentro del perímetro urbano



Elaborado por: El Autor (en base a la cartografía del Municipio de Loja)

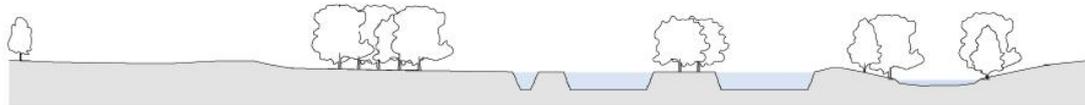
En la Ilustración 13 se muestra el contexto urbano y los elementos del Parque Jipiro donde se puede observar la trayectoria de una vía de carácter arterial, la cual se encuentra representada por una línea entrecortada de color vino tangente al área de intervención. También se aprecia la línea del corte A – A' que aparece en la Ilustración 14.

Ilustración 13. Contexto urbano del Parque Jipiro



Elaborado por: El Autor (en base a la cartografía del Municipio de Loja)

Ilustración 14. Corte A-A', bidimensional y tridimensional



CORTE A-A'
REVIT + ILUSTRADOR



PLANO DE SUPERFICIE 3D Y CORTE A-A' PROLONGADO
3DsMax + V-Ray + Photoshop

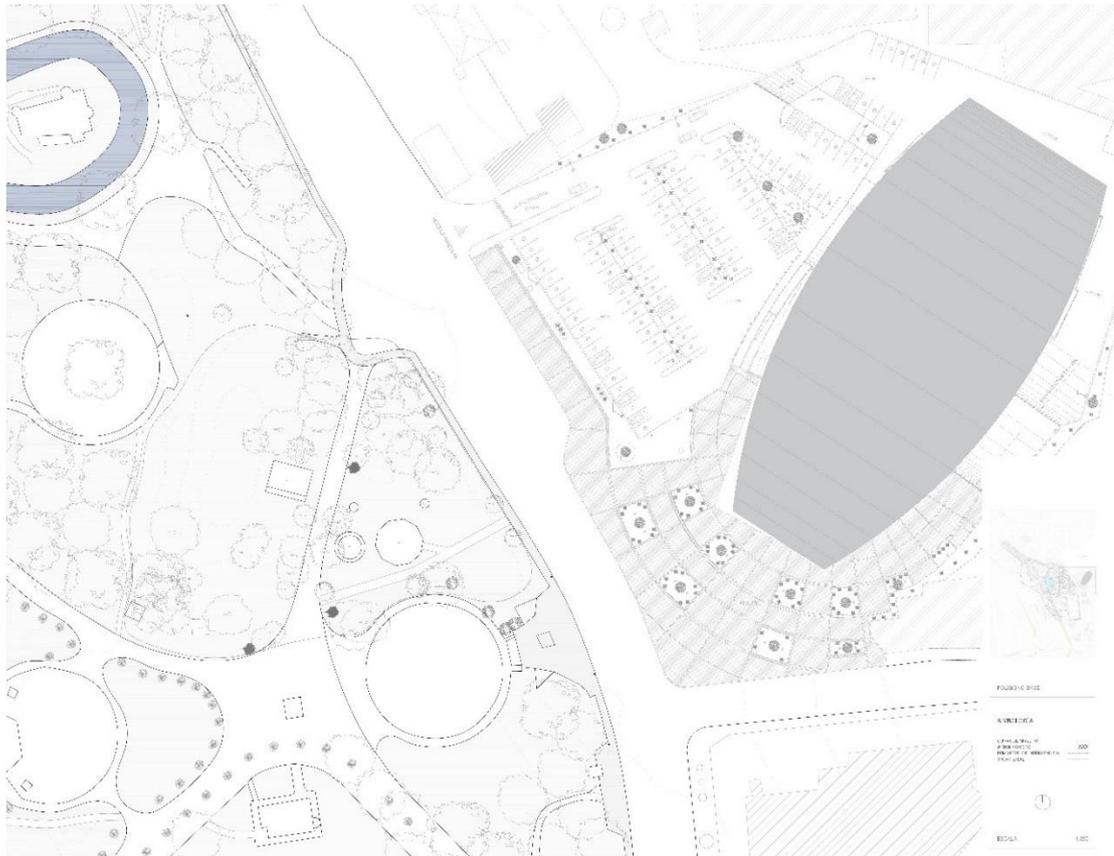
Elaborado por: El Autor (en base a la cartografía del software Global Mapper e imágenes satelitales Google Earth PRO, realizado en 3DsMax + V-ray + Photoshop)

4.2. Emplazamiento

Para determinar el emplazamiento que se aprecia en la Ilustración 15 se acudió a diversas fuentes como el departamento de planificación del Municipio de Loja y al Ministerio de

Cultura, con la finalidad de recopilar información cartográfica para realizar de manera precisa la referida ilustración. Aquí se encuentra de forma detallada el producto final de la cartografía recopilada, la cual fue editada y complementada con información levantada en campo, como el levantamiento de posición de árboles dentro del área a intervenir.

Ilustración 15. Emplazamiento del área a intervenir



Elaborado por: El Autor (en base a la cartografía del Municipio de Loja e información levantada en campo)

4.3. Soleamiento, vientos, temperatura y precipitaciones

4.3.1. Soleamiento y vientos

Para explicar el soleamiento y los vientos se realizó la Ilustración 16, en donde se inserta una carta solar sobre el área de intervención. Al mismo tiempo se hace una representación sencilla de la dirección predominante del viento. También se coloca la posición del centro geométrico

del polígono de intervención en el sistema de coordenadas universal transversal de Mercator (UTM).

Ilustración 16. Solar colocada sobre el área de intervención y la dirección predominante de los vientos

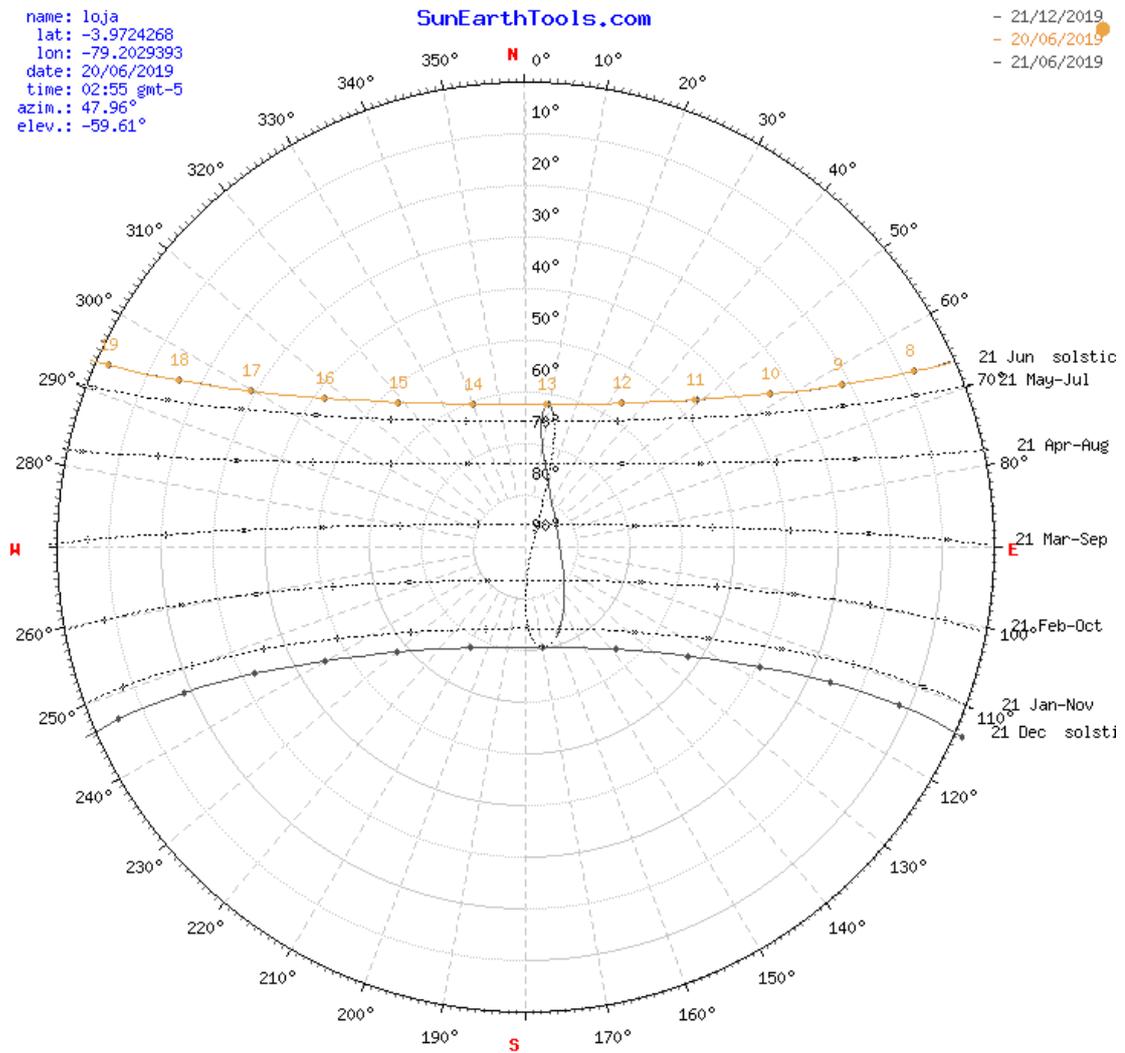


Elaborado por: El Autor (en base al cálculo de posición en la tierra de SunEarthTools, imágenes satelitales Google Earth, y dirección predominante extraída de Meteoblue)

La siguiente carta solar que se muestra en la Ilustración 17, muestra el recorrido solar de todos los días del año sobre el área de análisis. Conocer el recorrido solar es de vital importancia para el diseño arquitectónico. La latitud en la que se encuentra la ciudad de Loja no genera un recorrido con una curvatura muy pronunciada y tanto en el solsticio de invierno como en el de verano las curvaturas son similares, pero en sentido contrario. De igual forma, la Ilustración 17 muestra la carta solar del área de intervención apreciándose en ella las curvaturas de referencia del día 21 en diferentes meses, lo que ayudará a tener una referencia de la posición solar en cada época del año. A pesar de esto, los *software* como Revit cuentan con herramientas de

simulación que permiten interactuar en tiempo real la luz proyectada por el sol en la geometría con respecto a la posición solar.

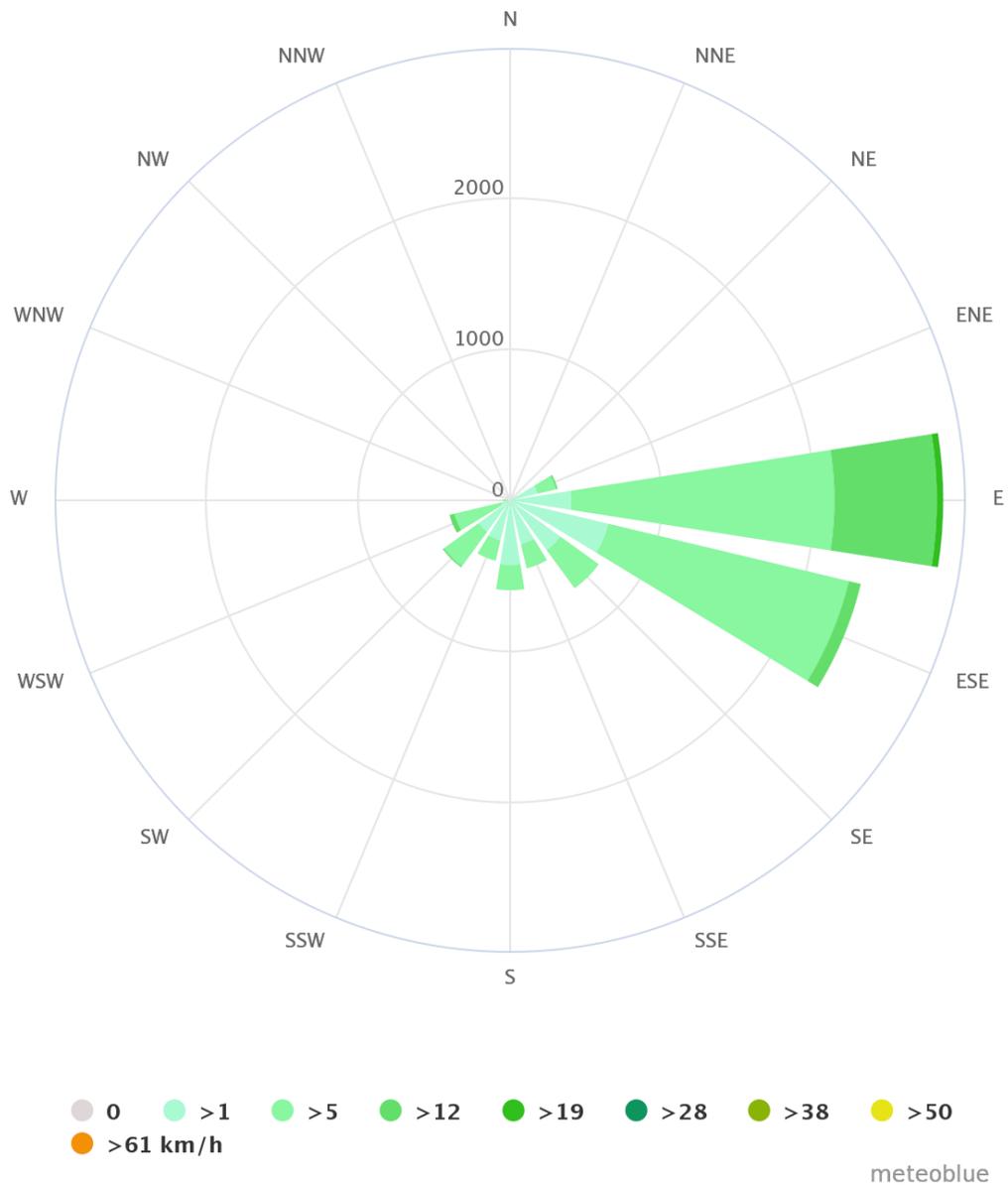
Ilustración 17. Carta solar del área de intervención



Fuente: SunEarthTools.com

Los vientos en la ciudad de Loja, como se muestra en la Ilustración 18, son predominantes principalmente hacia el este y luego hacia al sur, aunque también en una importante proporción hacia el este (SSE, SE, ESE). Lo que resulta prácticamente inexistente son los vientos con dirección hacia el norte y encontrándose en una mínima proporción hacia el ENE.

Ilustración 18. Rosa de vientos



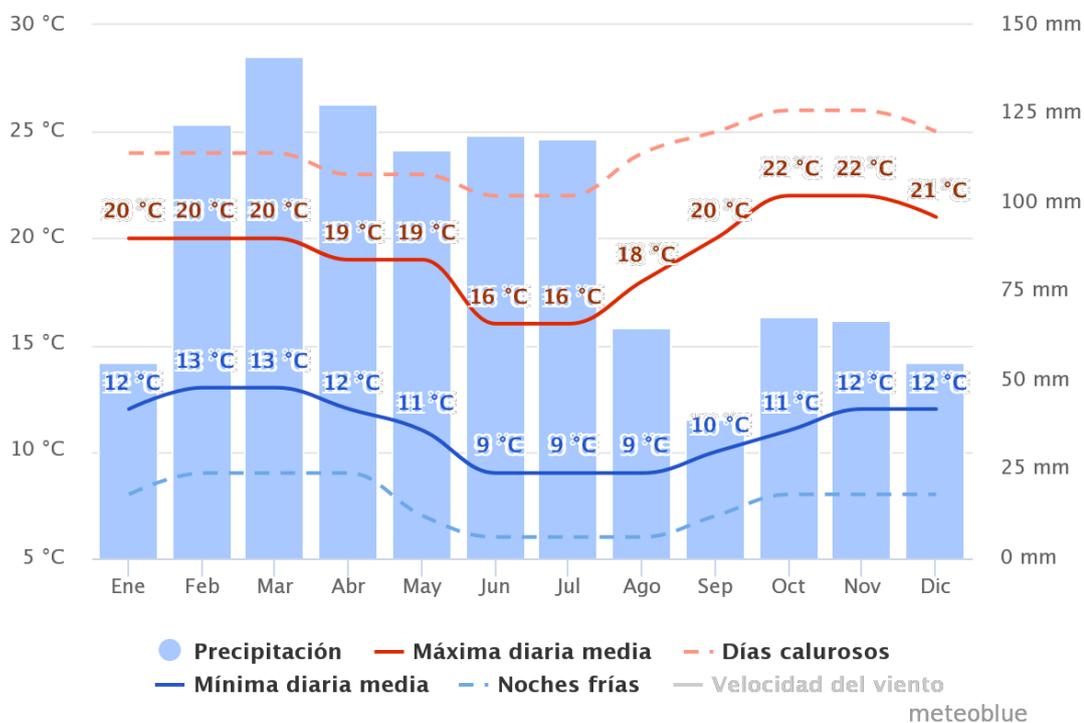
Fuente: Servicio meteorológico Meteoblue

4.4. Temperatura

En la Ilustración 19 se muestra la información detallada de las temperaturas medias y precipitaciones a lo largo de año. El clima de Loja es muy variado, existiendo meses en donde

las cantidades de lluvia son muy altos y otros en donde es muy baja. La temperatura varía en el año sin cambiar drásticamente, manteniéndose en el día entre los 16 y 22 grados.

Ilustración 19. Precipitación y temperatura diurna y nocturna de todo el año

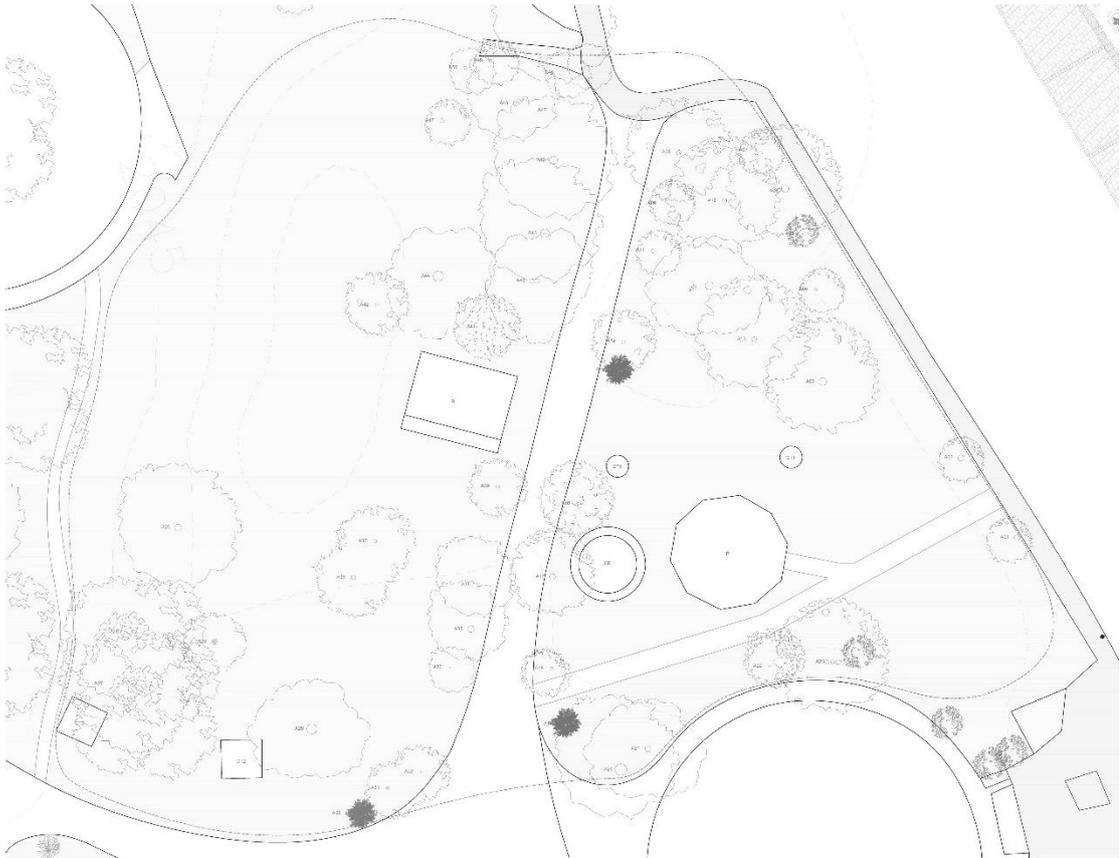


Fuente: Servicio meteorológico Meteoblue

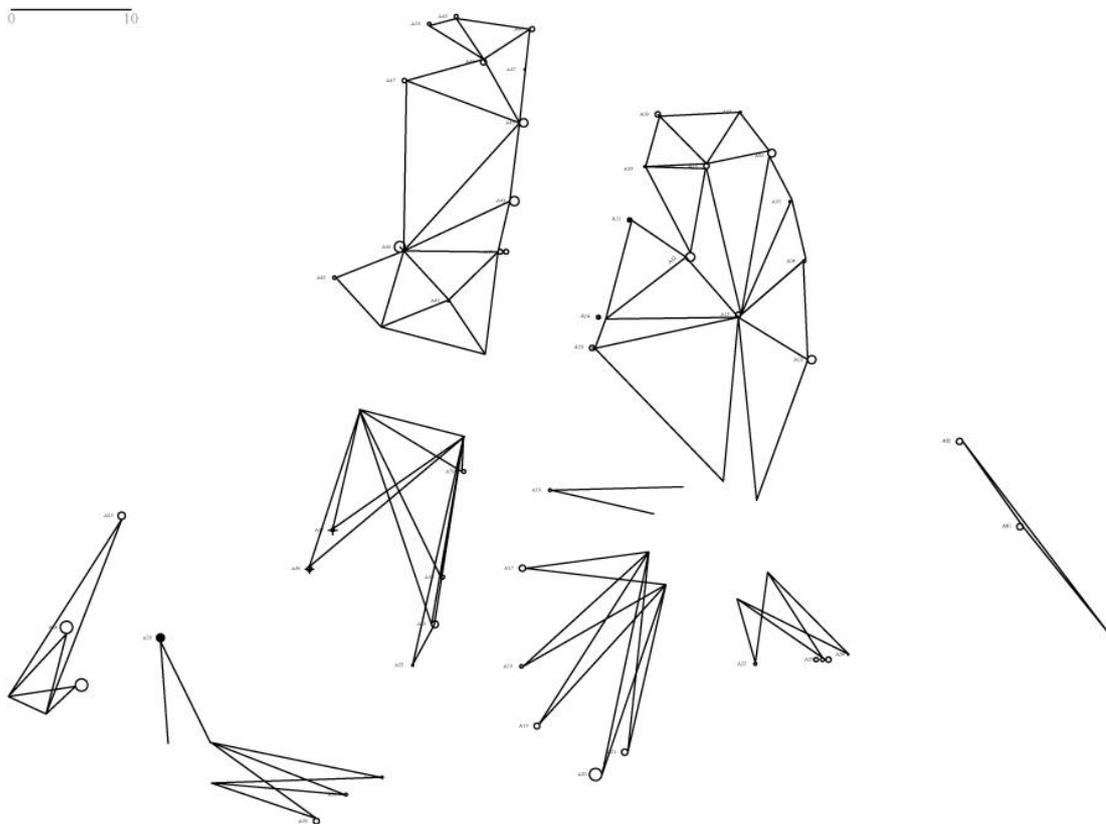
4.5. Área de intervención

El área de intervención se encuentra dentro de una línea entrecortada según se aprecia en la Ilustración 20. Esta información gráfica se desarrolló gracias a un levantamiento realizado por el Municipio de Loja (el cual ayudaría a ubicar las edificaciones existentes) y a un levantamiento de campo realizado por el autor basado en la triangulación de la posición de los árboles (ver Ilustración 21). La vegetación alta se catalogó por especies y se les dotó de una simbología para poder distinguirla conforme se podrá observar en la Ilustración 22.

Ilustración 20. Área de intervención



Elaborado por: El Autor (en base a la cartografía del Municipio de Loja e información levantada en campo)

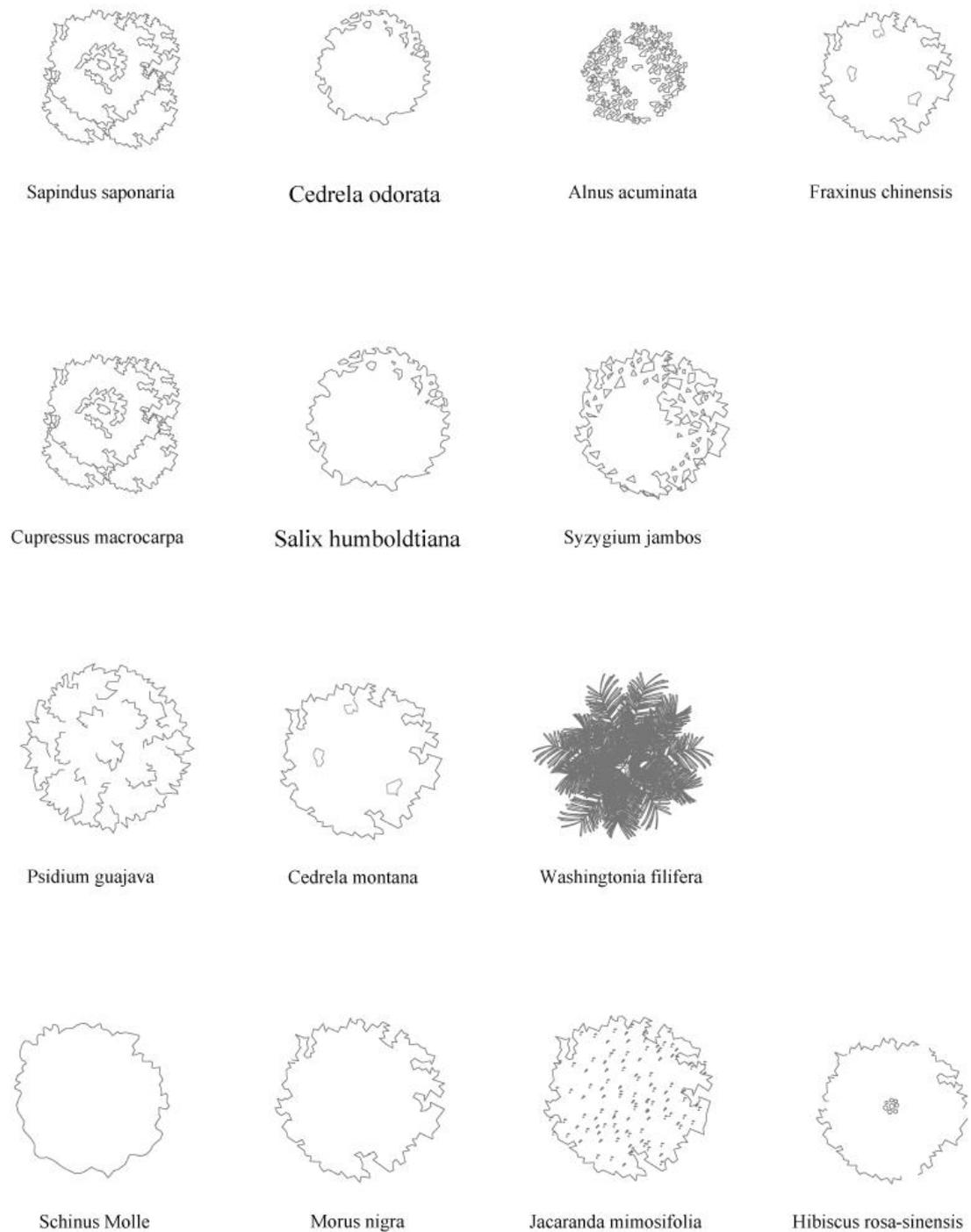
Ilustración 21. Posicionamiento de la vegetación alta por triangulación

TRIANGULACIÓN DE ÁRBOLES

E = GRÁFICA

Elaborado por: El Autor

Ilustración 22. Simbología por especies de vegetación alta



Elaborado por: El Autor (en base a bloques de AutoCAD)

4.6. Colores, texturas y edificaciones existentes

En el estudio se encontró como color dominante el verde debido a la gran cantidad de vegetación que posee el área; luego se encontraron más tonalidades que tienen como base el

color café que se encuentra tanto en la vegetación como en el suelo (ver Ilustración 23). Las texturas vegetales son predominantes en el área a intervenir.

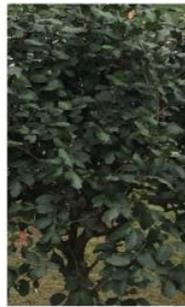
Ilustración 23. Colores y texturas predominantes



Imagen desde la zona de intervención



Imagen hacia la zona de intervención



Colores

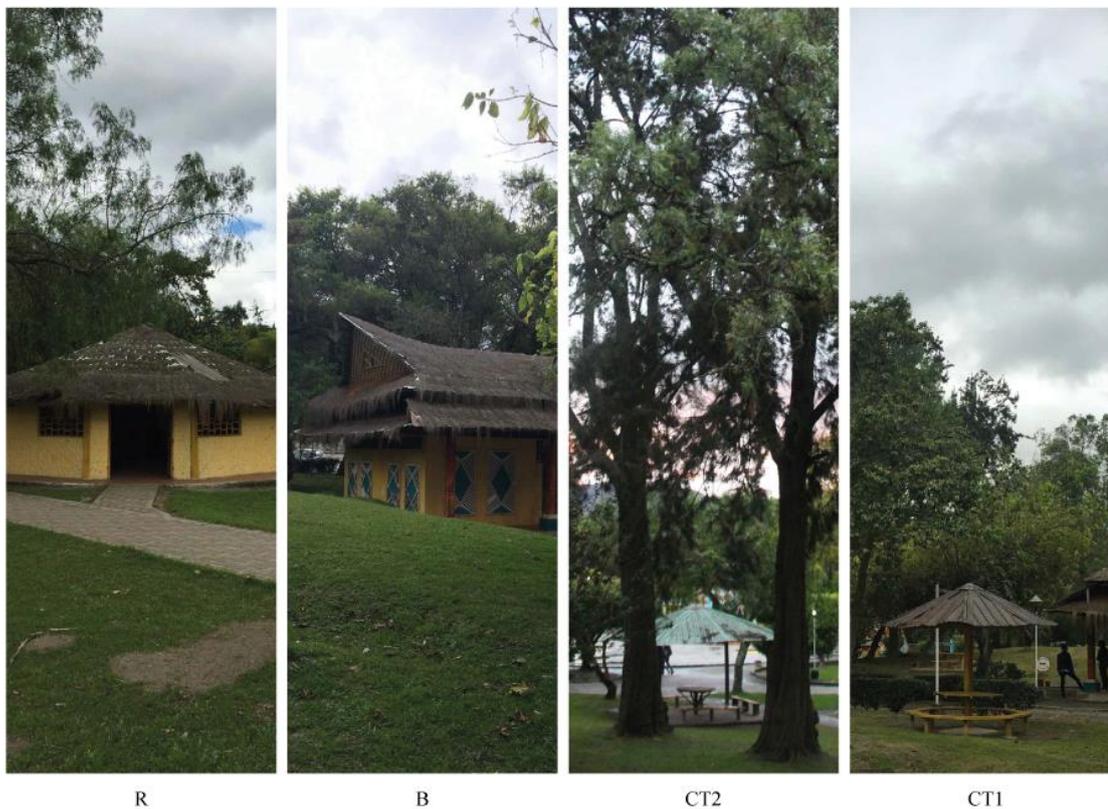
Texturas

Elaborado por: El Autor (en base a Gallardo, 2015)

Para finalizar, se hace un registro de las edificaciones existentes tal y como se muestra en la Ilustración 24, en la cual se aprecia que estas no son una fiel representación de los valores

arquitectónicos de las culturas que pretenden imitar y que las proporciones que utilizan no son correspondientes en todos los casos.

Ilustración 24. Elementos construidos



SIMBOLOGÍA

| | |
|-----|------------------------|
| R | Restaurante |
| CR | Chozón del Restaurante |
| B | Baño |
| CT1 | Chozón Tipo 01 |
| CT2 | Chozón Topo 02 |

Elaborado por: El Autor (en base a Gallardo, 2015)

4.7. Síntesis

Luego de haber analizado los puntos anteriores se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- El relieve topográfico del área de análisis es muy privilegiado ya que en su mayor parte se encuentra en un mismo nivel y la superficie restante no cambia de nivel de forma tan pronunciada, pudiéndose aprovechar esta característica para generar accesibilidad universal sin tener que modificar de manera significativa el terreno.

- La ubicación del área de intervención es un espacio que le favorece la conectividad y cercanía a equipamientos, lo cual resulta vital para que el proyecto se acople de manera más fácil con la urbe.
- Las precipitaciones es un factor que se destaca entre los elementos climáticos a tomar en cuenta, debido a que la temporada de lluvia dura 9,8 meses y durante la misma se llega a niveles de acumulación muy altos en ciertas épocas del año (Weather Spark, s.f.).
- Una de las fortalezas del área a intervenir es su vegetación porque en ella existe una gran variedad de especies tanto dentro del propio Parque Jipiro como en sus alrededores. En el área de estudio se encontró un alto número de especies nativas, dentro de las que predominan el *Schinus molle* L. (molle) y el *Salix Humboltiana* Willd. (sauce común), aunque también existen especies introducidas que provocan un ruido en la continuidad de la textura vegetal, como es el caso de la *Washintonia Robusta* H. Wendl.
- Los elementos construidos son un intento de imitación de arquitectura foránea que no responden a la cultura originaria de sus pueblos, proponiéndose su reubicación en otra sección del parque.
- Luego de analizar los diversos aspectos enunciados anteriormente se puede concluir que el área de intervención provee de muchas posibilidades que favorecerán al diseñador al momento de realizar este ejercicio de diseño académico.

Capítulo II

5. Caso de aplicación: Pabellón Loja

5.1. Programa arquitectónico y demanda de espacios culturales en la ciudad de Loja

Para proponer los espacios arquitectónicos es fundamental entender las características funcionales de las áreas destinadas a exposición de artes plásticas, así como apreciar las experiencias en el contexto local, tanto desde el punto de vista de la organización de eventos artísticos, como desde la perspectiva del artista. Por consiguiente, la construcción del programa arquitectónico es el resultado de lo relacionado seguidamente:

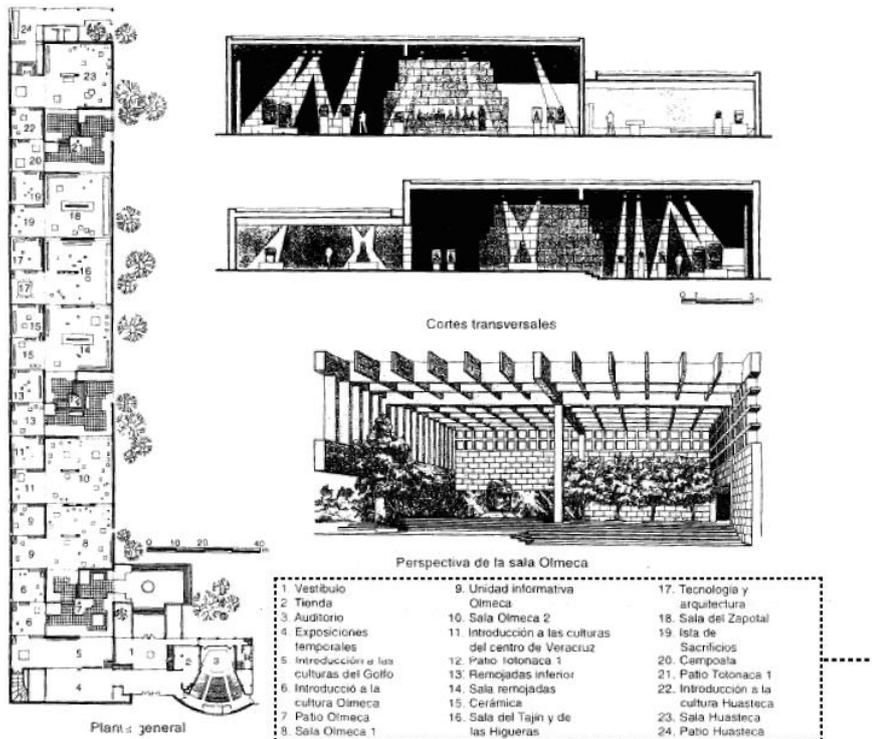
- Un análisis de espacios utilizados en tipologías arquitectónicas destinadas a exposición de obras de arte
- Necesidades particulares del contexto local a través de entrevistas a especialistas de arte y gestores culturales

Como primer punto, se parte de un análisis de los espacios utilizados en las tipologías arquitectónicas destinadas a exposición, las cuales son museo y galería. El estudio de programas arquitectónicos utilizado de este tipo de edificaciones, se extrae del volumen 8 de la *Enciclopedia de arquitectura* del autor Plazola (1997), el cual posee una descripción y definición que sirven como guía para proyectar este tipo de espacios; al mismo tiempo, posee una breve descripción de una gran cantidad de proyectos arquitectónicos de diferentes escalas o impacto urbano. En este punto, se llega a entender cómo se define cada espacio, qué características debe poseer, qué disciplinas deben intervenir y cómo vincular los espacios adyacentes.

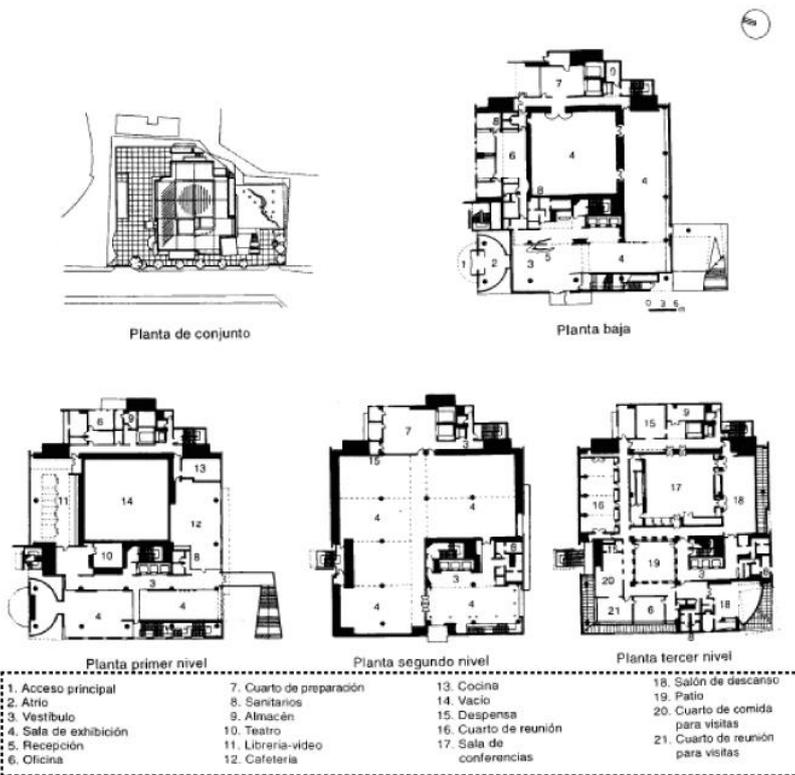
Por ejemplo, en la Ilustración 25 se observan y analizan los espacios que conforman el Museo de Antropología de Xlapa, Veracruz, México, y los que conforman la Galería de Tepia, Tokyo, Japón. Cada uno de esos equipamientos posee características peculiares, sin embargo,

para el desarrollo del pabellón solo se toman en cuenta los espacios vinculados con la exhibición entre estos y otros referentes.

Ilustración 25. Espacios de museo y galería



Museo de Antropología de Xalapa. Edward Durrel Stone y Asociados; Museográfica, S.C.: Jorge Agostoni, Iker Larrauri. Xalapa, Veracruz, México. 1984-1986.



Galería Tepia. Maki and Associates: Fumihiko Maki. Aoyama, Tokyo, Japón. 1989.

Elaborado por: El Autor
Fuente: Plazola, 1997

Como segundo punto, están las entrevistas, las cuales buscan poner de relieve las actividades y necesidades artísticas de la ciudad, específicamente para la exposición de artes plásticas.

Uno de los entrevistados fue Santiago Carpio, quien tuvo el cargo de director de la programación “off” del festival Internacional de Artes Vivas Loja en las ediciones 2016, 2017 y 2018. Durante la entrevista, Santiago Carpio se refirió a las actividades que se realizaron en el transcurso del festival, así como de los problemas y deficiencias de los espacios disponibles. En este punto se pudo extraer información proveniente de comentarios como “lo que más nos hacía falta en general, eran espacios para exposiciones de artes plásticas” (ver Anexo 1), o cuando se menciona que “no existen espacios especializados para exposición” y que los ambientes disponibles cuentan con varias limitaciones, lo cual no permite exponer todo tipo de obras de arte. Para ejemplificar este tipo de limitaciones, refirió que en ciertos casos las protecciones de las edificaciones inventariadas tienen varias restricciones al momento de hacer un montaje de una exposición al no poder colgar elementos desde la parte superior, o simplemente no permitirse realizar perforaciones en las paredes para colocar un clavo.

La segunda entrevista se realizó al artista Diego González Ojeda, quien es docente e investigador en la Facultad de Arte y Diseño de la Universidad Técnica Particular de Loja y que además cuenta con una rica actividad artística, tanto de forma colectiva como en exposiciones individuales a nivel local e internacional. En la entrevista se trataron temas como la experiencia local en el montaje de una exposición y las características de una galería, poniéndose en evidencia una vez más la deficiencia existente en la ciudad por la necesidad de un espacio de exposición especializado (ver Anexo 2), así como las limitaciones que presentan los actuales espacios para exposición. Se mencionó también la experiencia en otros equipamientos de exposición, qué características presentaban y qué espacios eran necesarios para los equipamientos.

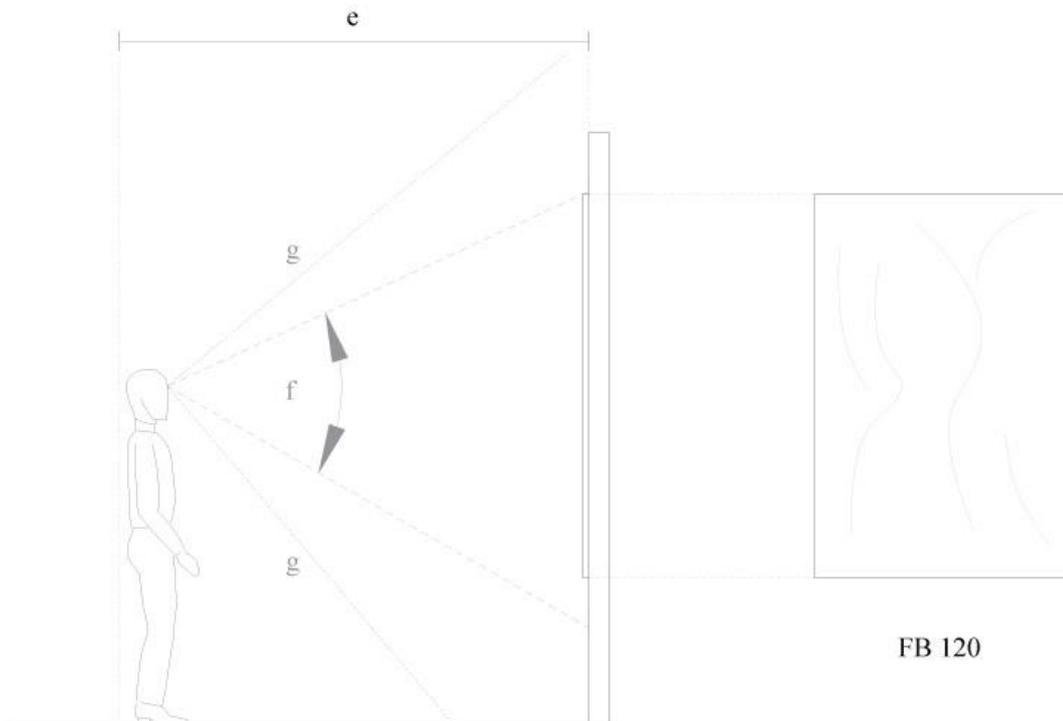
Finalmente, la definición del programa parte de la información recolectada, en donde claramente se muestra que no existe un espacio especializado para realizar exposiciones de artes plásticas en la ciudad de Loja, por lo que una vez estudiadas las características de la tipología de galería y museos, se sintetiza el programa para adaptarlo a las necesidades locales y concretar la escala, simplificándose la construcción del programa del pabellón en los siguientes espacios:

- Área administrativa: dirección, secretaría, gestión
- Recepción
- Área de máquinas
- Área de almacenamiento
- Área de exposición
- Servicios higiénicos
- Cocineta

5.2. Espacio polivalente y servicios del equipamiento

Para generar el espacio polivalente se parte de un análisis de isóptica entre el usuario y el formato máximo de un bastidor tal y como se muestra en la Ilustración 26, por lo que se concluye que las dimensiones necesarias son las siguientes: 2.4m representa el valor óptimo para observar el formato máximo (FB 120), 0.3m representa al espacio que ocuparía otra fila de observadores, 0.1m de pared, y 1.5m de circulación. La sumatoria de estas dimensiones nos permite generar un módulo cuadrado de 4.5m, por lo que si se reproduce hasta obtener un rectángulo de 4 columnas y 6 filas, se obtiene un espacio para exposición de 486m².

Ilustración 26. Isóptica óptima para observar un lienzo con un bastidor de formato número 120



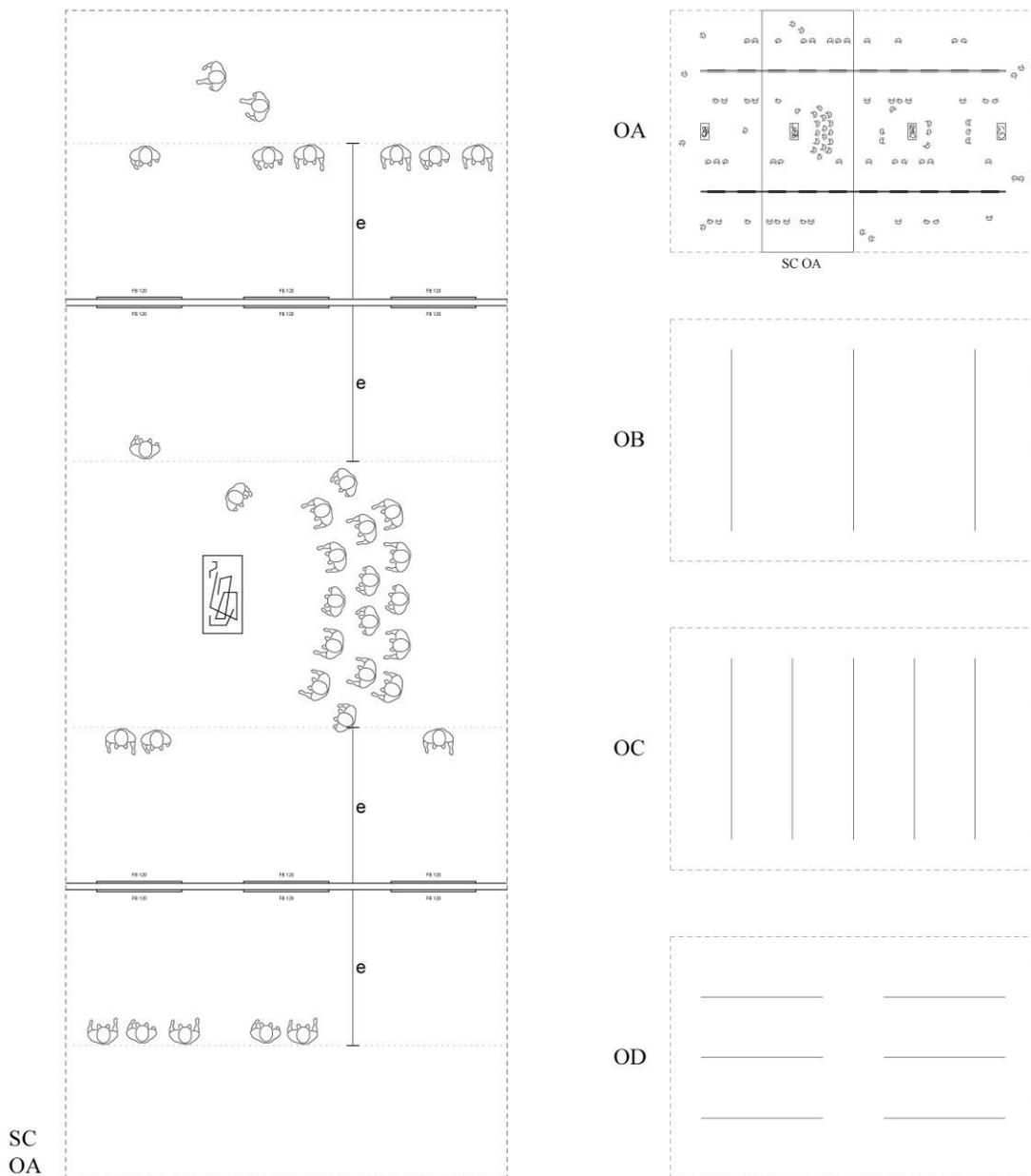
- e: Espacio necesario para observar un FB120 con el campo visual óptimo (2.4m)
 f: ángulo de 55°, campo visual del plano sagital, obtenido por los ángulos de rotación óptima del ojo
 g: Límite del campo visual
 FB 120 : Formato de bastidor numero 120 - (195x130)cm

Elaborado por: El Autor (en base a antropometría aplicada al diseño de producto, Vergara, M., y Agost, M. J., 2015)

En este espacio modulado de 486m² podría generarse un sinnúmero de opciones de distribución, y si no existe ningún obstáculo físico dentro de esa área se genera un espacio con una capacidad de flexibilidad muy alta que conllevaría como resultado un espacio polivalente. Esto se podrá observar en la Ilustración 27, en donde se proponen 4 opciones de distribución y únicamente se desarrolla la OA a un nivel de detalle más alto. Sin embargo, se estima que el espacio sea utilizado principalmente como área de exposiciones itinerantes, por lo que será necesario tener un área de almacenamiento en caso de no ser utilizado como tal y se tendrá que definir la capacidad de almacenamiento y exposición. Como se muestra en la Ilustración 26 se

desarrolló en detalle una opción de distribución OA, la cual representaría a una colección de 40 obras del máximo formato (FB 120) y 4 esculturas, cantidad esta que llegaría a representar a una colección.

Ilustración 27. Opciones de distribución en el espacio flexible propuesto, sección detalle de OA



- SC OA Sección de la Opción de distribución A
- OA Opción de distribución A
- OB Opción de distribución B
- OC Opción de distribución C
- OD Opción de distribución D

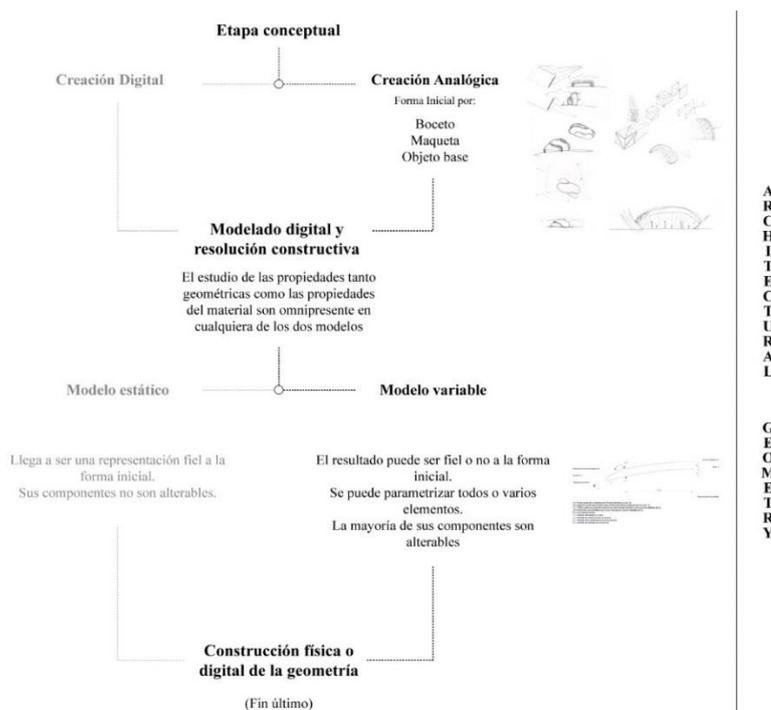
Elaborado por: El Autor

La capacidad del área de almacenamiento que se propone sugiere que se tengan 4 colecciones de acervo permanente para las exposiciones temporales, lo cual con la opción de distribución A (OA) permitiría el almacenamiento de un total de 160 obras pictóricas y 16 esculturas, además de un espacio disponible para 40 obras pictóricas de acervo de tránsito dedicado a las exposiciones itinerantes. Como resultado, el área de almacenamiento tendría capacidad para 200 obras pictóricas y 20 esculturas de (80x80) cm.

5.3. Estudio de formalidad y parametrización geométrica

Para evitar la arbitrariedad formal, el diseño busca responder a las condicionantes del contexto establecidas previamente. Cabe recalcar que la funcionalidad del espacio y de la experiencia sensible de las formas orgánicas son fundamentales para el desarrollo del objeto arquitectónico. Estos aspectos de formalidad y parametrización están directamente relacionados con el proceso de creación de una geometría compleja de *architectural geometry*. Para el presente trabajo investigativo se tomó la creación analógica por boceto en la etapa conceptual y se decidió crear un modelo variable en el modelado y resolución constructiva (ver Ilustración 28).

Ilustración 28. Proceso de creación seleccionado



Elaborado por: El Autor (en base a Pottmann et al., 2007)

5.3.1. Estudio de formalidad

Para entrar a la fase de propuesta primero se transitó por una fase de diseño conceptual, en donde se desarrollaron esquemas de posibles estrategias de diseño. Al mismo tiempo, se juega con las variables que definirán al objeto arquitectónico, las cuales son las siguientes:

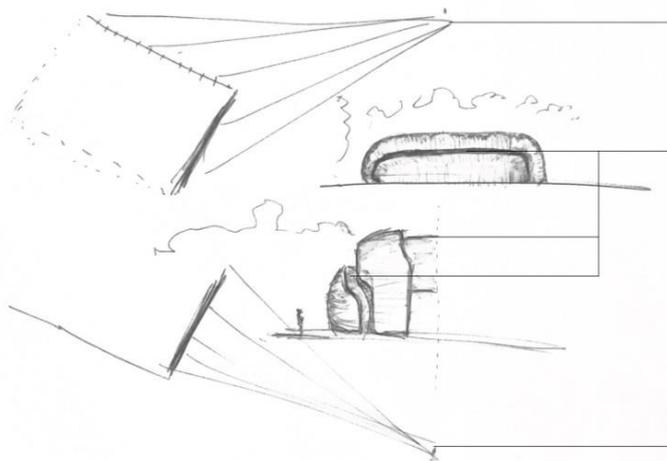
- Iluminación: este factor define el comportamiento de la luz, así como los tipos y requerimientos de iluminación de los espacios a proyectar.
- Estructuración y constructividad: esta variable se define por la forma de resolver constructivamente con su lógica estructural la geometría a diseñar.
- Comportamiento con fluidos: se hace referencia al comportamiento con diversas superficies que en este caso busca superficies curvas para evitar pérdidas de energía en la circulación del aire, debido a que las superficies planas al encontrarse con un flujo perpendicular provocan este fenómeno generando pérdidas. Por su geometría, las superficies curvas conducen de mejor manera los fluidos evitando los cambios bruscos de dirección.
- Programa arquitectónico: en esta variable se toma en consideración la organización y relación entre los espacios que se proyectan, los cuales se definieron en el apartado 5.1.
- Funcionalidad: esta variable busca las características óptimas para desarrollar adecuadamente las actividades dentro del espacio. Se conjugan varios aspectos como los tipos de iluminación necesarios, control de humedad, tamaños de circulación, etc.
- Cualidades estéticas: en esta variable se toma en consideración principios de diseño básicos que generan la percepción de la forma entre los que se atenderá a: simetría, asimetría, equilibrio, sustracción, etc.

Una vez definidas estas variables se procede a bocetar conceptos considerando ciertas variables para dar lugar a las primeras ideas formales; luego, el concepto final integra todas las

consideraciones realizadas en sus predecesores y se complementa añadiendo las variables restantes. Por consiguiente, tenemos los tres conceptos iniciales:

- El **concepto uno**, toma como referencia los puntos máximos de la curvatura de la trayectoria solar tanto en el solsticio de invierno como de verano, realizándose dos esquemas tomando en cuenta una posible inclinación del volumen para poder encontrar las caras con mayor incidencia solar durante todo el año. En el mismo concepto se pueden apreciar pequeñas aperturas en la geometría para obtener iluminación natural de tipo cenital y se toma en cuenta la simetría al momento de proyectar la vista en alzado (ver Ilustración 29).
- El **segundo concepto** rompe la simetría en todo el volumen y se realizan aperturas en diversas partes del volumen para obtener diferentes tipos de iluminación. En este punto el concepto está más inclinado a una propuesta formal basada en la estética, que será una respuesta del contexto (ver Ilustración 29).
- El **tercer concepto** surge de una separación de volúmenes en donde se intenta dividir geoméricamente las diferentes áreas que contienen el programa arquitectónico. Esta división se hace tomando como referencia las curvaturas de trayectoria del sol, tanto en el solsticio de verano como en el de invierno; en este punto la justificación de la forma se da por la adaptación al contexto, específicamente desde la iluminación natural (ver Ilustración 29).

Ilustración 29. Concepto uno, dos y tres

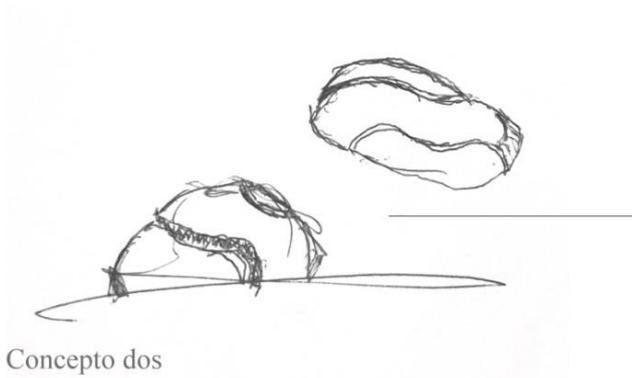


Esquema de proyección solar en el solsticio de verano

Aperturas para obtener iluminación cenital natural

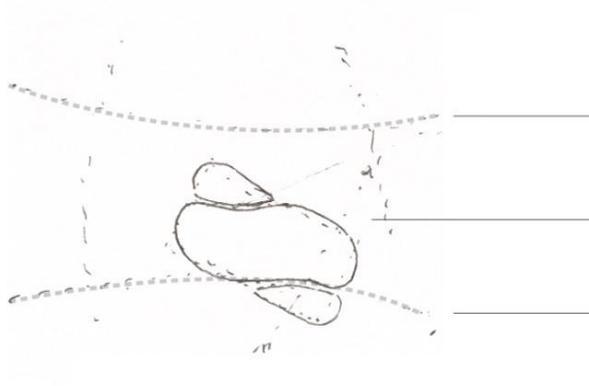
Esquema de proyección solar en el solsticio de invierno

a. Concepto uno



Geometría con aperturas que proveen varios tipos de iluminación

a. Concepto dos



Trayectoria solar en el solsticio de verano

Separación de espacios por volúmenes

Trayectoria solar en el solsticio de invierno



Apertura en intersección de volúmenes

a. Concepto tres

Elaborado por: El Autor

El **cuarto concepto** se genera pensando en incluir todas las variables que no fueron consideradas previamente, así como en proponer una resolución geométrica y cómo esta se puede parametrizar (ver Ilustración 30). En esta última propuesta se destacan los siguientes puntos:

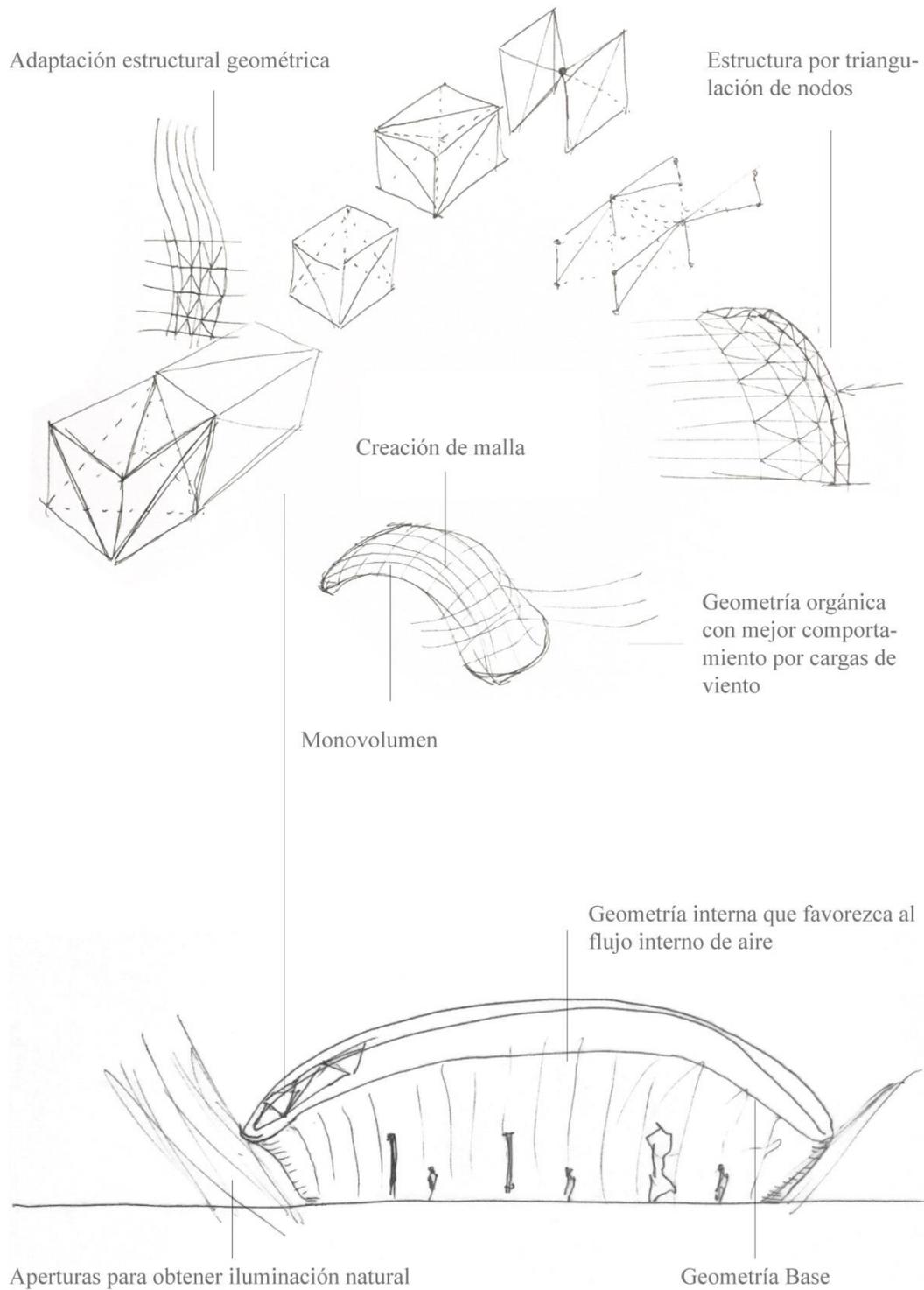
- Primero, las aperturas de iluminación toman una mayor dimensión, las cuales estarán parametrizadas para recoger la mayor cantidad de iluminación natural posible.
- Segundo, la geometría se crea a través de la resolución por una malla cuadrilátera, se crea una geometría base y se define la creación de un solo volumen.
- Tercero, la estructura parte de la resolución geométrica determinada por la malla y se toma como nodos cada intersección de los diferentes lados. Al mismo tiempo se realizan esquemas para triangular los nodos entre sí y generar una estructura que se adapte a la forma (se toma el triángulo como distribuidor de cargas dentro de la estructura).
- Cuarto, se parte del comportamiento de los fluidos como es el aire, tanto dentro como fuera del espacio arquitectónico, teniendo como idea principal obtener la mayor cantidad de ventilación natural y disminuir las cargas por viento en la estructura.
- Quinto, simetría y ritmo, con el objetivo de generar un espacio homogéneo e inducir al usuario la sensación de estar en un ambiente armónico.

La geometría del cuarto concepto busca adaptarse al contexto de tal manera que este le dote tanto de iluminación como de ventilación natural. De igual manera, la forma se compone de forma simultánea con la dirección de los vientos, curvaturas de trayectoria solar, geometrías que permitan el flujo interno del aire, funcionalidad de la organización interna del programa y el sistema estructural.

Como se menciona en el punto tres de la descripción del cuarto concepto, el sistema estructural que se empleará estará conformado por una red de nodos conectados por

triangulación, de tal forma que esta solución permita una distribución de cargas similar a la de una cercha, homogeneizando y distribuyendo de mejor manera las fuerzas en todo el cuerpo estructural.

Ilustración 30. Esquemas en corte y axonometría del cuarto concepto

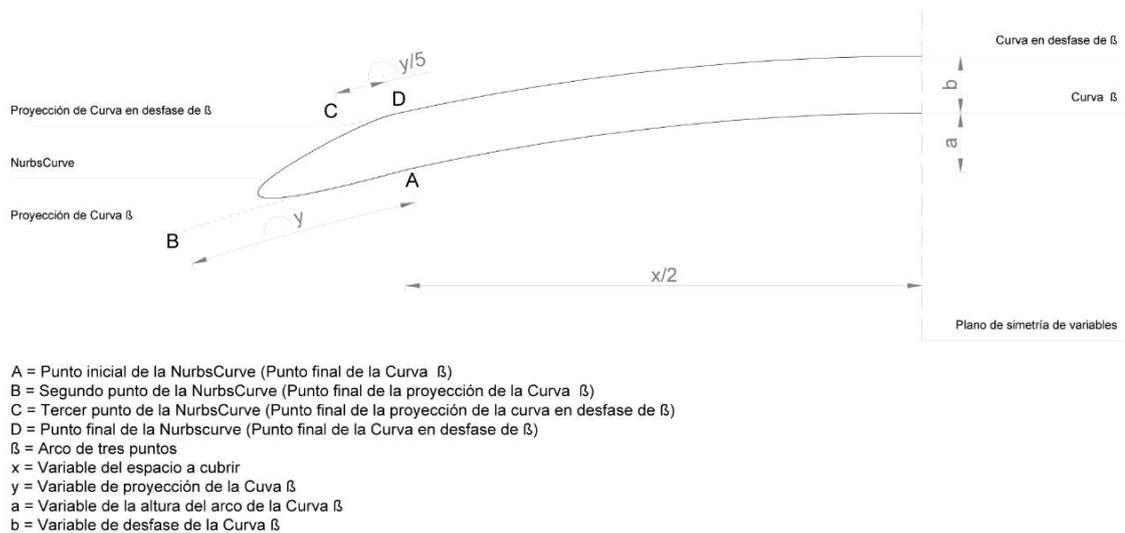


Elaborado por: El Autor

5.4. Parametrización geométrica

Para resolver toda la forma se parte de un módulo de geometría base, el cual fue pensado y construido en su totalidad para responder a todas las variables obtenidas en el proceso de conceptualización tales como: iluminación, estructuración y constructividad, comportamiento con fluidos, programa arquitectónico, funcionalidad y cualidades estéticas. Por consiguiente, se obtiene como resultado una geometría completamente parametrizada, es decir, un conjunto de líneas que interactúa con todas las alteraciones que puedan exigir sus variables. En la Ilustración 31 se describe gráficamente la geometría base con sus variables y partes; de igual forma la ilustración muestra un plano de simetría de variables, debido a que cada ala se puede modificar de manera independiente y en este caso estaríamos viendo el ala izquierda.

Ilustración 31. Geometría base, partes y variables

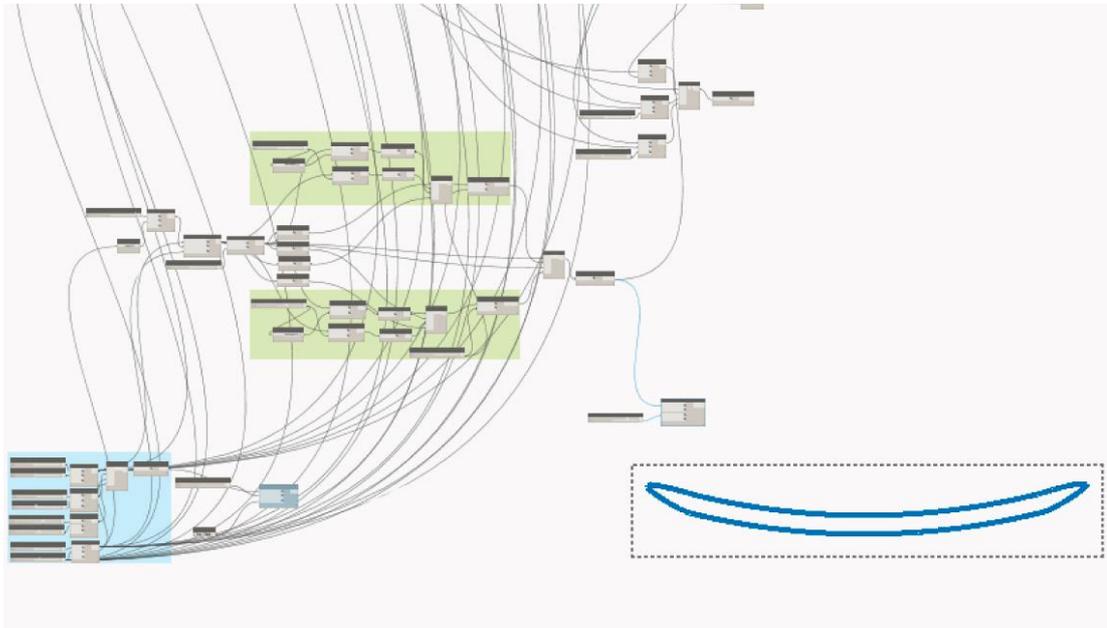


Elaborado por: El Autor

Una vez que se ha definido la geometría base y se han parametrizados todas sus partes, se procede a su traducción algorítmica en el *software* Dyanamo, en el cual se utilizan algoritmos visuales para la construcción de la forma (ver Ilustración 32). Este proceso es fundamental para

realizar simulaciones de la iluminación natural y definir las características geométricas de la estructura a diseñar.

Ilustración 32. Geometría base en forma algorítmica y geometría digital

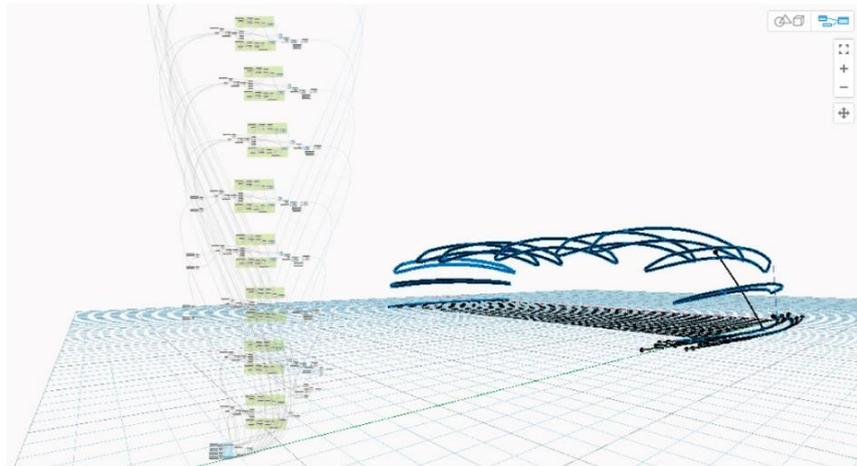


Elaborado por: El Autor (interfaz de Dynamo)

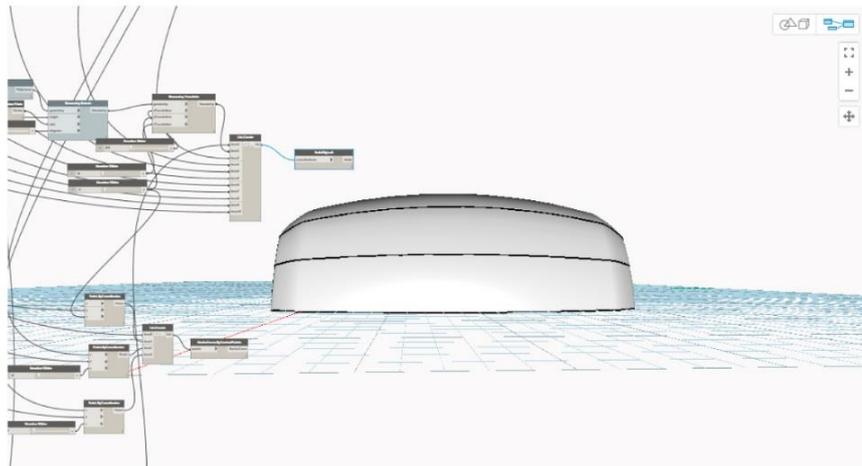
Luego de haber traducido en algoritmos visuales la geometría base, ya se puede hacer una sucesión de este elemento para posteriormente generar un volumen y poder controlar la forma en distintas partes de la misma (ver Ilustración 33), con lo que se obtiene un mayor control de la proporción, ya que al alterar sus parámetros se sigue manteniendo la forma base.

Ilustración 33. Creación y modificación del sólido

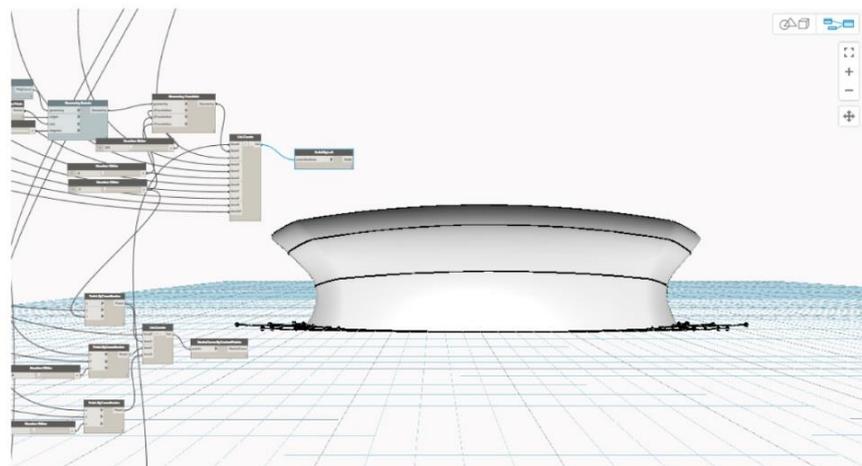
Sucesión de la geometría base para generar el sólido



Alzado del sólido sin modificaciones en su geometría base



Alzado del sólido modificando parámetros de la geometría base



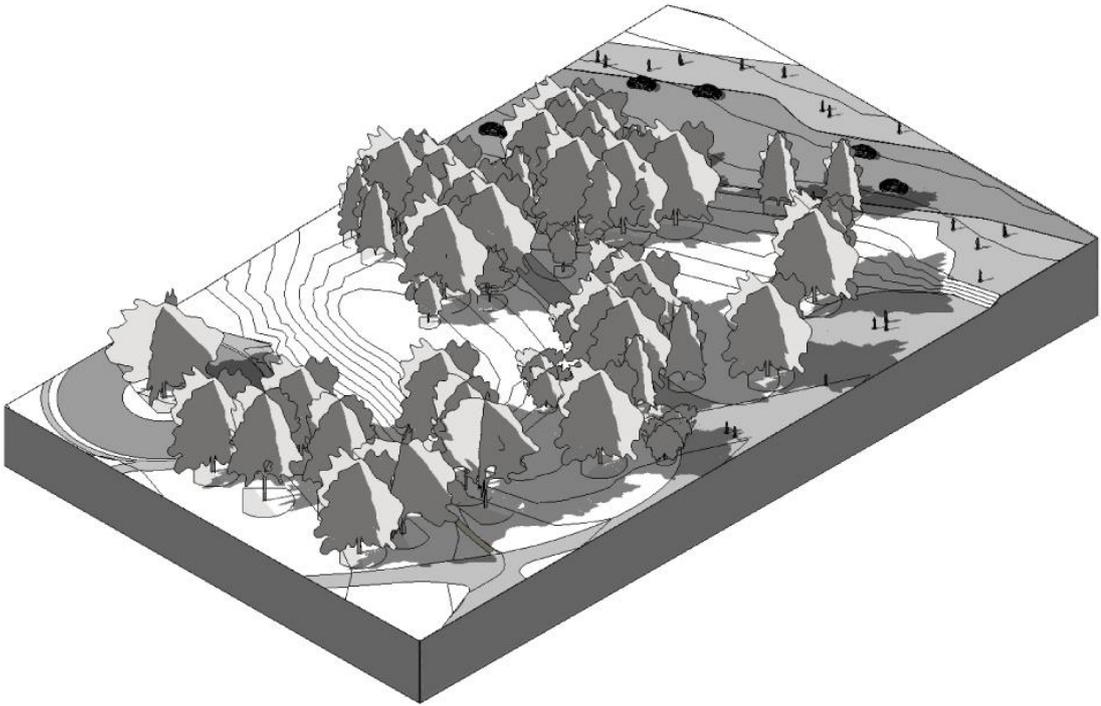
Elaborado por: El Autor

5.5. Modificación del contexto

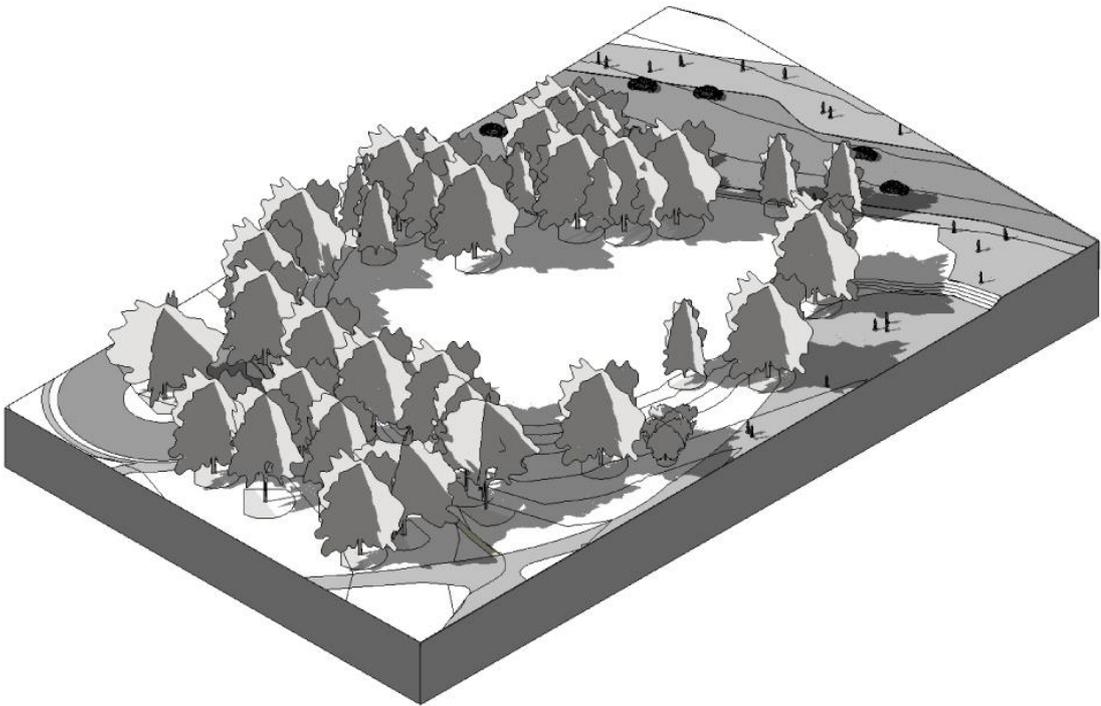
Una de las decisiones iniciales que se realizan en la intervención es la leve modificación del contexto según se muestra gráficamente en la Ilustración 34 siguiendo el siguiente orden: se extraen 11 árboles de los cuales 5 no son especies nativas, todo ello con el propósito de poder obtener una superficie amplia para el espacio de exposición, sin embargo, se reforestará el área más próxima con la misma cantidad de árboles que se extrajo y únicamente con especies nativas. Otra modificación es la topografía, la cual se nivela de tal manera que toda la superficie a intervenir esté en un solo nivel, promoviendo con ello una mayor área con accesibilidad universal. Cabe recalcar que se altera levemente la superficie topográfica debido a que la misma no posee irregularidades muy pronunciadas.

Para realizar el 3D del contexto y vegetación se recurre al posicionamiento por triangulación y catalogación por especies de la vegetación alta (árboles), el cual se realizó en la etapa de diagnóstico. Esta información resulta fundamental para modificar la forma del follaje y la altura de la representación en 3D según su especie. Con ello se podrá hacer un mejor acercamiento a la morfología de los árboles que forman parte del proceso de reforestación y las especies existentes, es decir, una proyección del futuro paisaje. Como resultado de todo lo anteriormente mencionado se obtiene un recurso al cual se le llamará entorno virtual el que será fundamental en la etapa del estudio solar por simulación.

Ilustración 34. Modificaciones del contexto



Topografía y vegetación sin modificar



Topografía y vegetación modificadas

Elaborado por: El Autor

5.6. Esquema de organización y zonificación

Luego de modificar la topografía y la vegetación se juega con las variables en el sistema paramétrico pero no de forma arbitraria, sino respondiendo a la zonificación, lo que produce el ensanchamiento de la parte frontal de la geometría. Este cambio está definido por la superficie necesaria para introducir los espacios de: *lobby* (recibidor), servicios higiénicos, cocineta, área de almacenamiento y área administrativa. Es decir, en este punto las características de la forma se componen en base a la zonificación, la cual proviene del esquema de organización. En la Ilustración 35 se podrá observar tanto el esquema de organización como la zonificación, también se muestra en la parte inferior derecha y cómo estos influyen en el ensanchamiento de la parte frontal.

Ilustración 35. Esquema de organización y zonificación



Elaborado por: El Autor

5.7. Diseño de la estructura

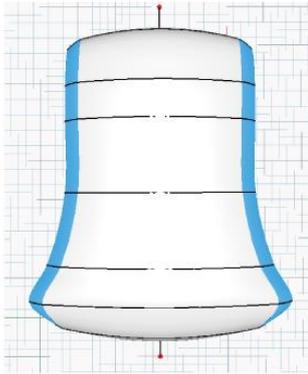
El diseño de la estructura se inicia tomando como referencia la superficie del volumen creado por la sucesión de geometrías base. Se subdivide la geometría en tres partes: la primera y la principal serán las superficies centrales y las otras dos partes serán las superficies de los extremos que llegarían a ser una estructura secundaria (ver Ilustración 36). Se toma la decisión de dividir en estructura principal y estructuras secundarias debido a que la superficie central no solo soportará su propio peso, sino se prevé que de esta estructura se puedan colgar elementos, lo cual no sucede con las estructuras laterales que solo soportarán su propio peso.

Cada superficie tendrá subdivisiones en dos sentidos: longitudinal y transversal, que serán los parámetros “v” y “u” respectivamente. Sin embargo, para que las uniones entre estas dos estructuras compartan nodos, deberán tener la misma cantidad de subdivisiones en “v”, formando no solo una unión de nodos, sino una armonía geométrica de la estructura.

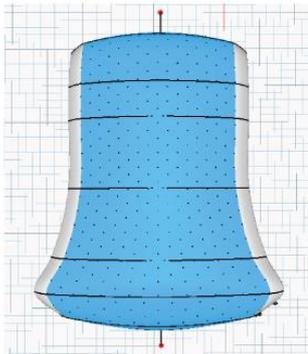
La estructura principal parte de las dos superficies centrales y se subdivide en “v” y “u” para posteriormente pasar a un proceso de triangulación (ver Ilustración 34). Una vez trianguladas las dos superficies con la misma cantidad de elementos, se procede a colocar un componente adaptativo de tres nodos. Posteriormente, las dos estructuras centrales se convierten en una sola al unir todos los puntos base. Con ello, se logra plasmar la idea que se tenía en la fase de concepto, triangulando los nodos para obtener una estructura con una lógica estructural estable.

Para crear las estructuras laterales no se necesita unir dos superficies porque su geometría es continua y llega a tocar las dos partes de la estructura central. Por consiguiente, una vez que finaliza el proceso de triangulación, se procede a colocar los elementos adaptativos.

Ilustración 36. La estructura y sus componentes

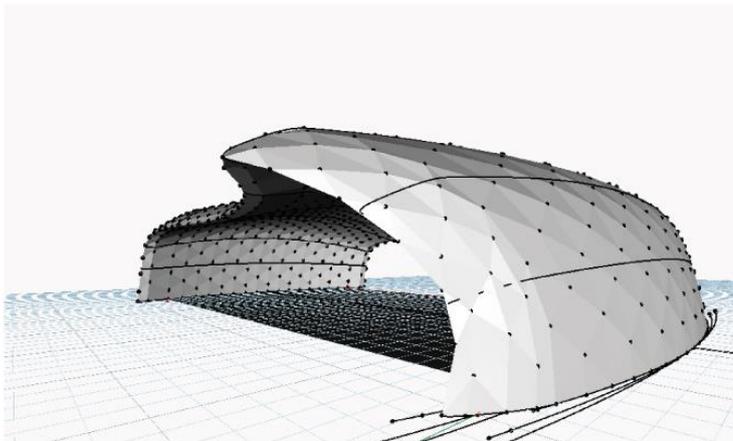


Subdivisión de la superficie en tres partes

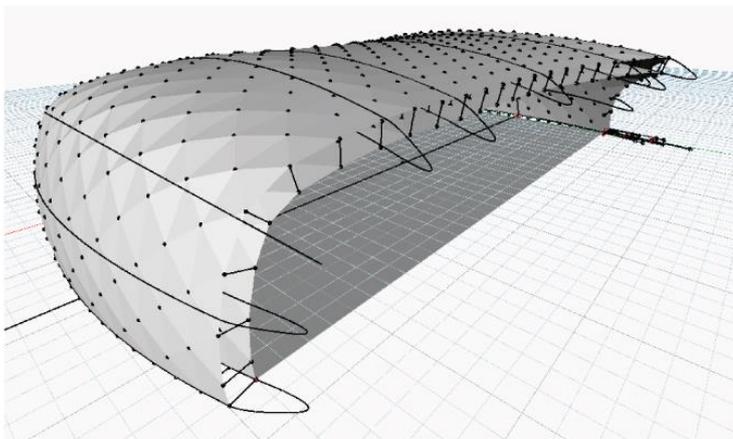


Dividir la superficie longitudinal y transversalmente, para que cada punto de intersección conforme los puntos base para triangular.

Creación de puntos en cada superficie



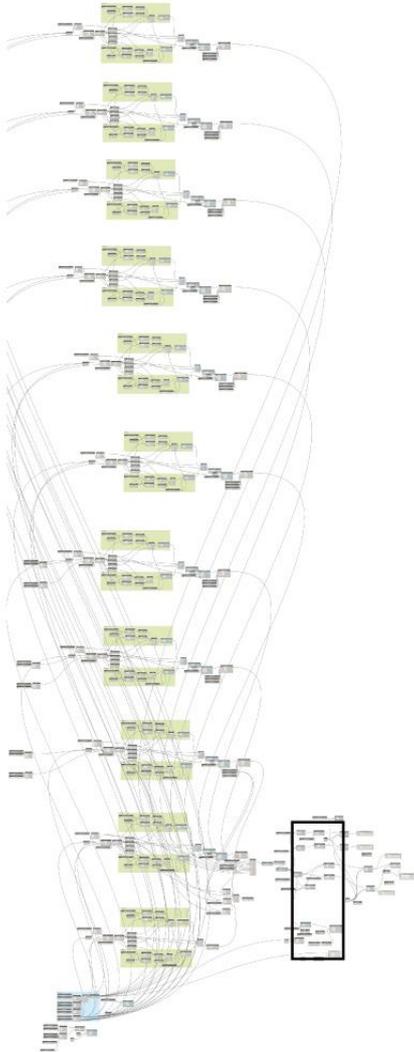
Triangulación



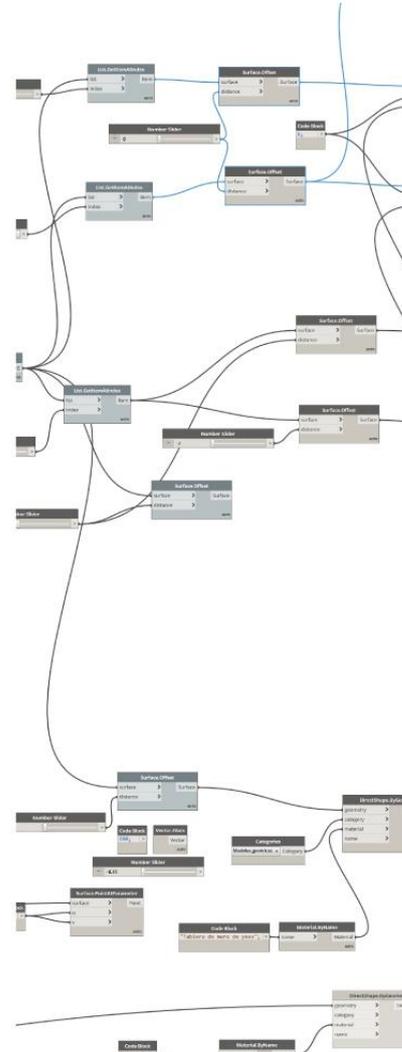
Unión de puntos base entre superficies centrales

Como se muestran en la Ilustración 37, cada elemento de la estructura está conectado con todo el sistema paramétrico del proyecto y se puede alterar de ser necesario.

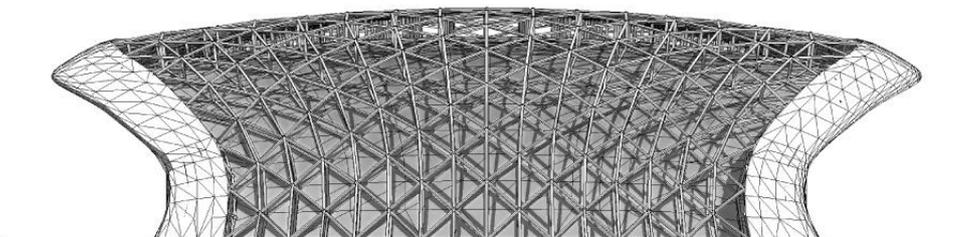
Ilustración 37. Sistema paramétrico en su fase inicial y el producto del mismo



Sistema paramétrico algorítmico



Sección del sistema paramétrico



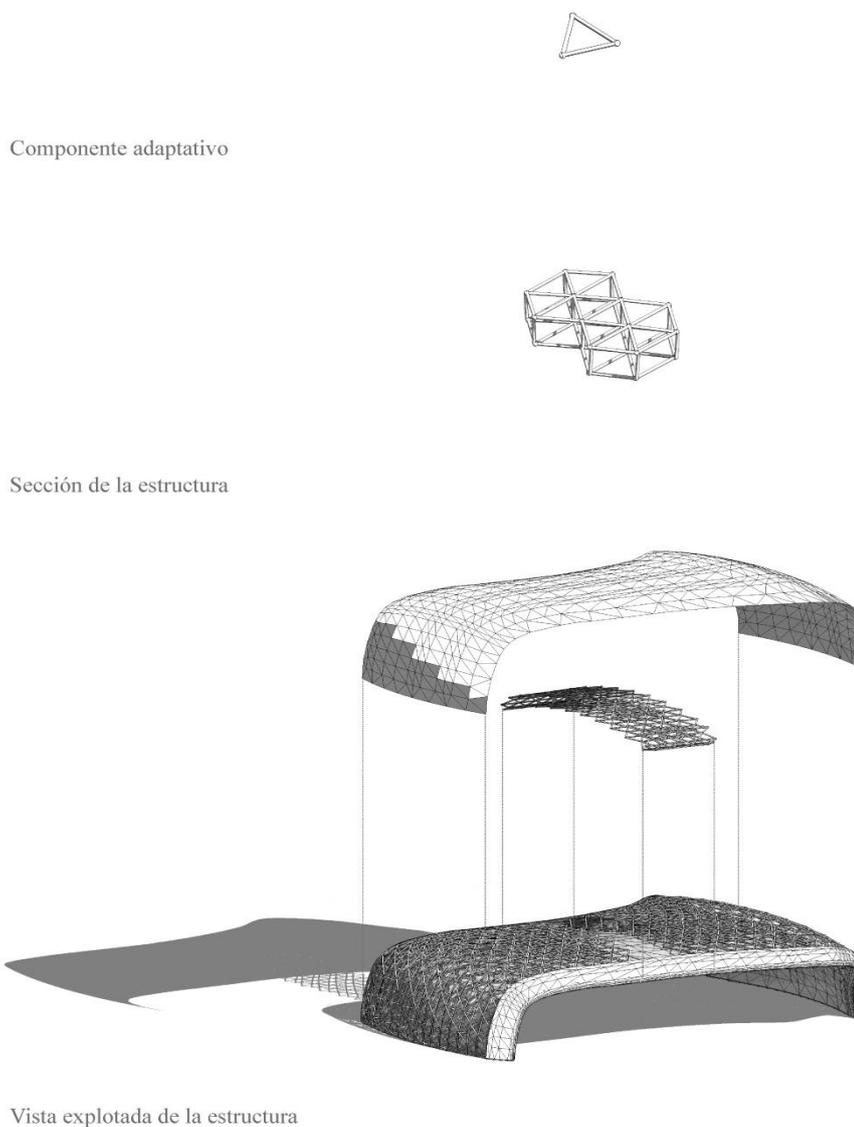
Producto del algoritmo | Vista frontal

Elaborado por: El Autor

5.8. Componentes adaptativos

Los componentes adaptativos creados que se aprecian en la Ilustración 38 pueden ser modificados a futuro en caso de ser necesario. Por ahora solo son una representación conceptual de un módulo de estructura tubular con nodos esféricos, los cuales se repiten siguiendo los patrones del algoritmo formando la estructura completa. En la ilustración también se muestran las diferentes escalas de la estructura desde su componente adaptativo triangular, luego una sección de la estructura y finalmente la estructura completa.

Ilustración 38. Estructura y elementos adaptativos



Elaborado por: El Autor

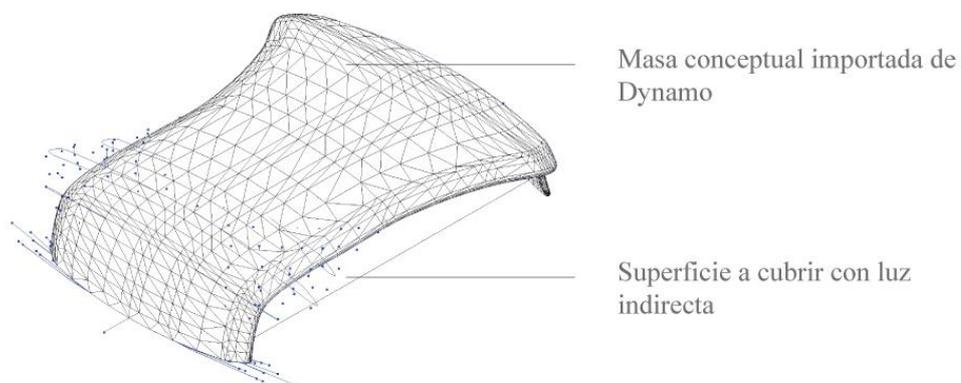
6. Estudio solar y análisis estructural

6.1. Estudio solar por simulación

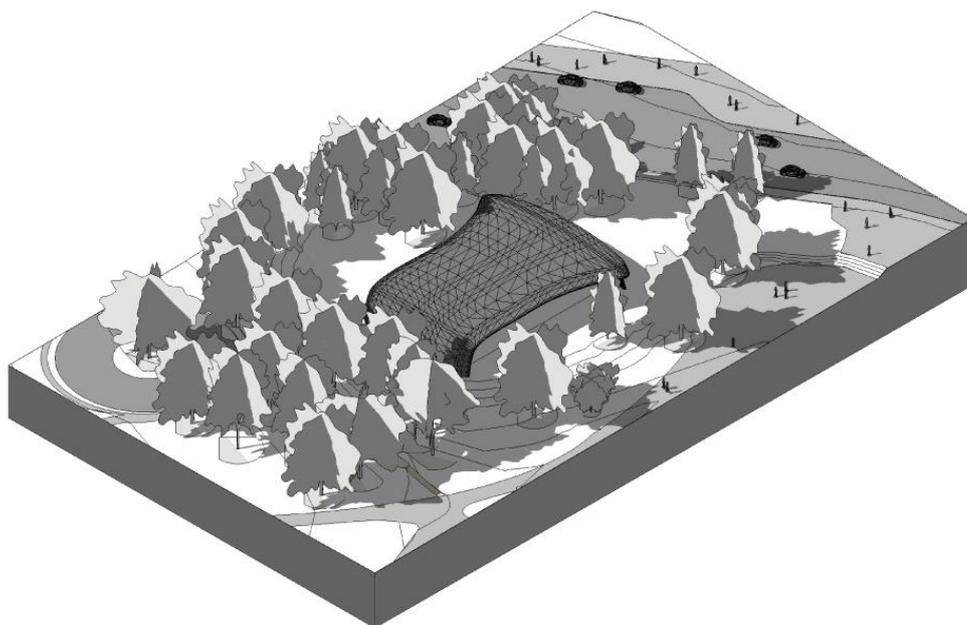
6.1.1. Configuración inicial

Para empezar el estudio solar se importa a Revit desde Dynamo una masa conceptual de la volumetría que posee en su parte inferior un rectángulo que representa el área a cubrir con luz indirecta. En la Ilustración 39 se muestra al modelo en la parte superior mientras que en la parte inferior se introduce el modelo en el entorno virtual.

Ilustración 39. Modelo y entorno virtual



Modelo

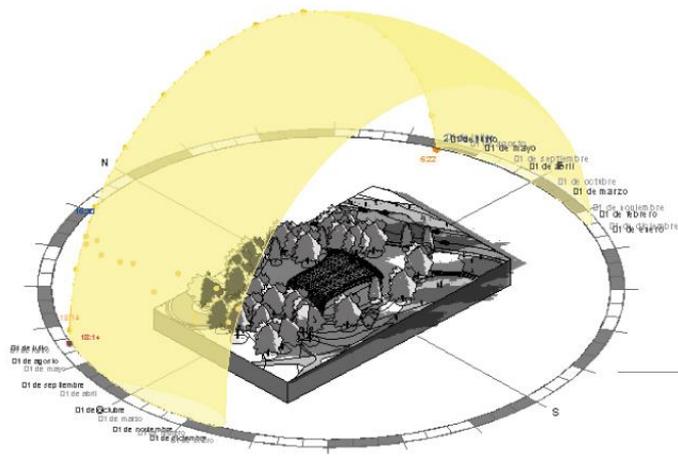
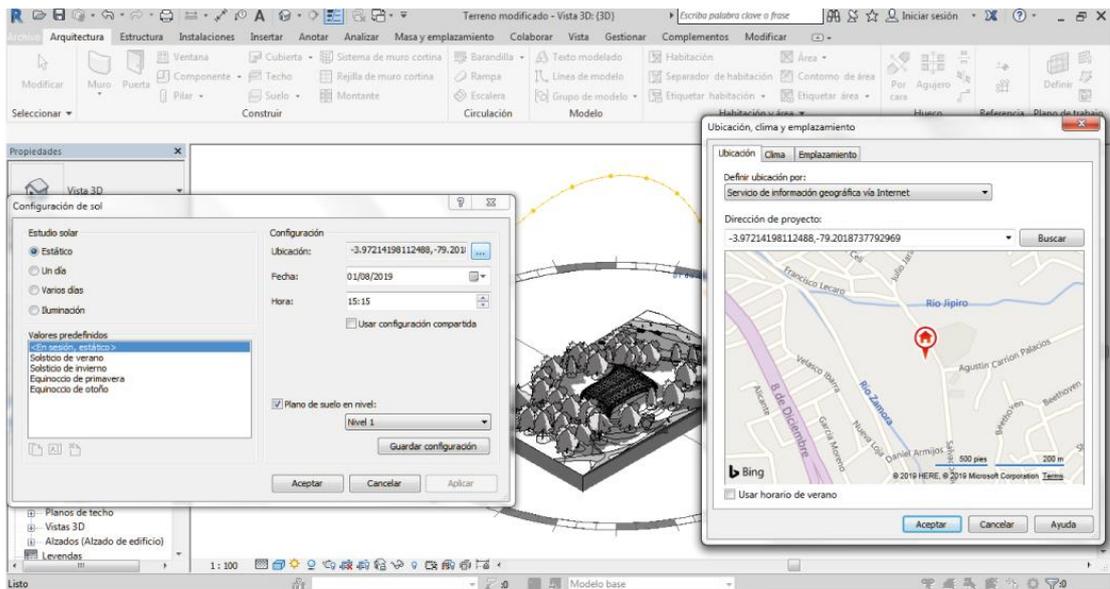


Modelo y entorno virtual
Revit

Elaborado por: El Autor

Una vez colocado el modelo en el entorno virtual, se procede a modificar los parámetros de la interfaz para la simulación. Como se muestra en la Ilustración 40, se posiciona el proyecto en la ubicación respectiva dentro del planeta, para de esta manera poder realizar correctamente las simulaciones.

Ilustración 40. Configuraciones iniciales en Revit



Posicionamiento geográfico vía internet
Datos de ubicación

Trayectoria solar anual según su posición en el planeta

Interfaz virtual de simulación
Revit

Elaborado por: El Autor (en la interfaz del software Revit 2018)

6.1.2. Simulación de trayectoria solar

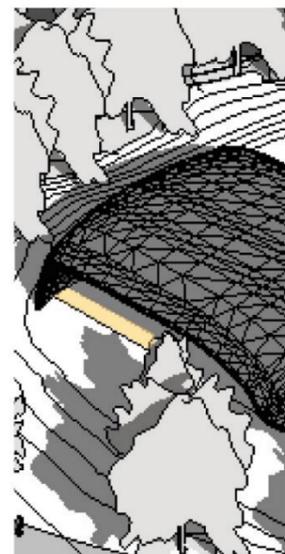
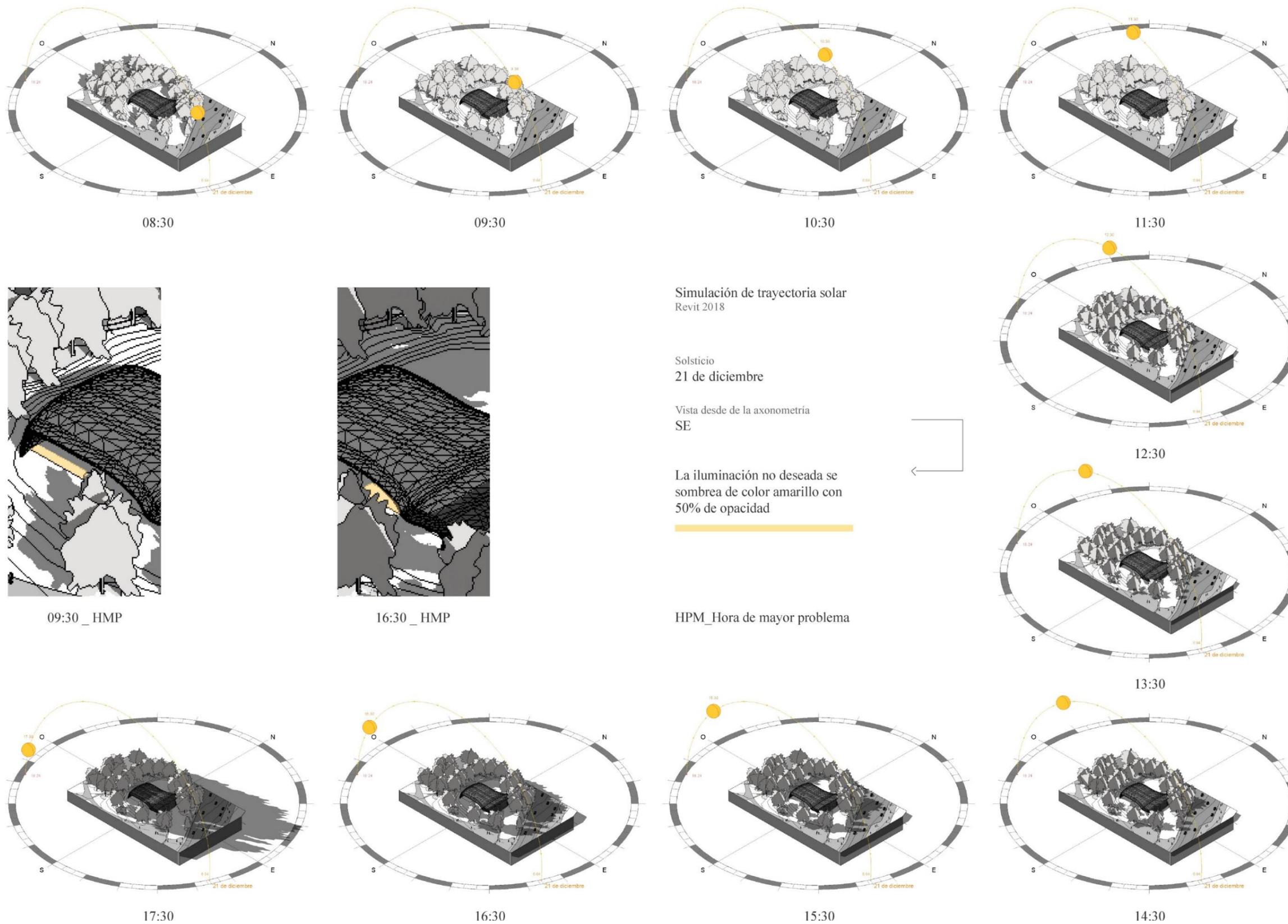
Para realizar la simulación se tomó en cuenta las curvaturas de trayectoria que se encuentran en los extremos de la carta solar ya que será la trayectoria más lejana a la que llegará la radiación solar durante un día del año con respecto a la ubicación geográfica establecida. Por ello se toman las curvaturas de los solsticios tanto de invierno como de verano que ocurren el 21 de diciembre y 21 de junio respectivamente.

Para poder observar cómo interactúa la luz solar, la volumetría y la superficie a cubrir con luz indirecta se han tomado 4 puntos de vista para apreciar las luces y sombras del modelo en el entorno virtual (axonometría) las cuales son: SE (Ilustración 39) y SO (Ilustración 40) para el solsticio del 21 de diciembre, y NE (Ilustración 41) y NO (Ilustración 42) para el solsticio del 21 de junio.

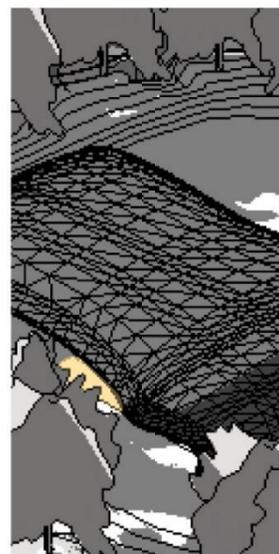
La simulación se realizó en los siguientes horarios: 08:30, 09:30, 10:30, 11:30, 12:30, 13:30, 14:30, 15:30, 16:30 y 17:30. Se descartaron los horarios fuera de las horas establecidas anteriormente por su posición en la parte baja del valle Cuxibamba, debido a que el mismo evita la iluminación directa del sol, antes o después de las horas ya mencionadas.

Los resultados de la simulación se pueden observar desde la Ilustración 39 a la Ilustración 42 (en el centro de las imágenes), los cuales coinciden en todos los casos con las horas de mayor problema ya que tanto en el solsticio de invierno como de verano, a las 09:30 h y a las 16:30 h respectivamente, se genera un conflicto, en donde los rayos del sol tocan la superficie que debería ser iluminada de manera indirecta. Estos datos serán el punto de partida para alterar las variables del sistema paramétrico y con ello poder solucionar este inconveniente.

Ilustración 41. Simulación de trayectoria solar vista desde el SE



09:30_HMP



16:30_HMP

Simulación de trayectoria solar
Revit 2018

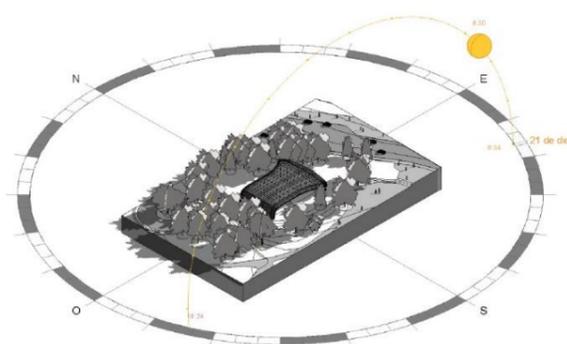
Solsticio
21 de diciembre

Vista desde de la axonometría
SE

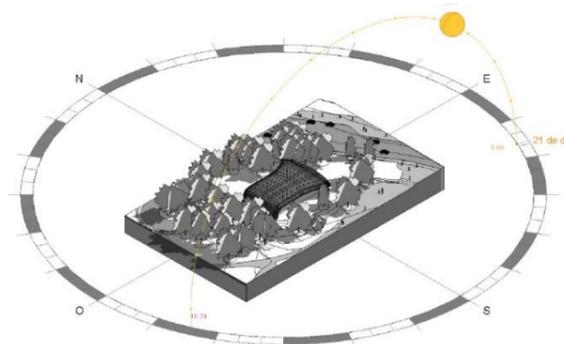
La iluminación no deseada se
sombrea de color amarillo con
50% de opacidad

HPM_Hora de mayor problema

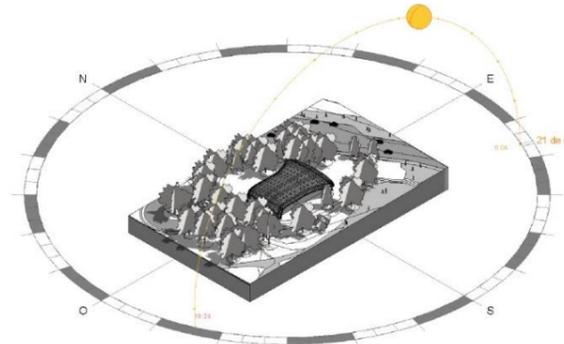
Ilustración 42. Simulación de trayectoria solar vista desde el SO



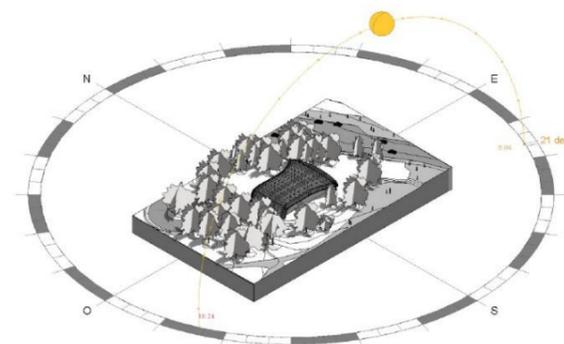
08:30



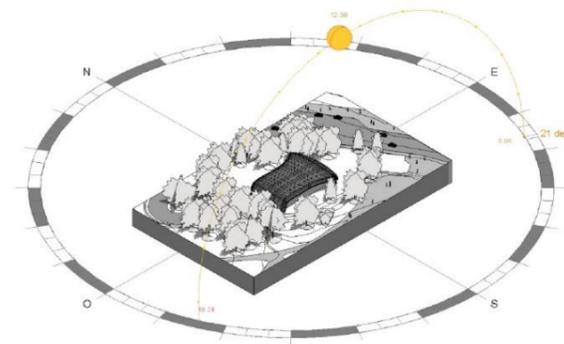
09:30



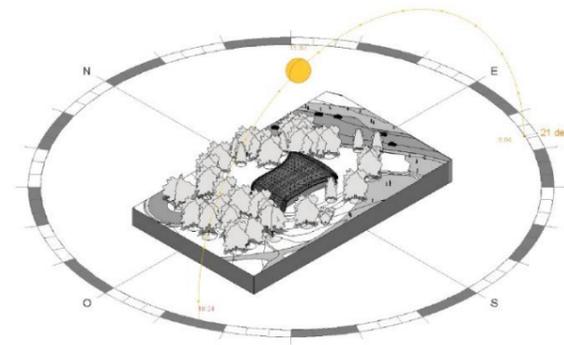
10:30



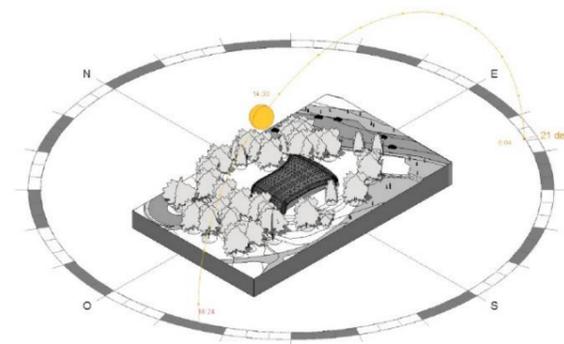
11:30



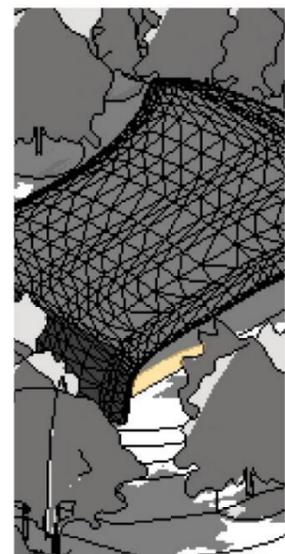
12:30



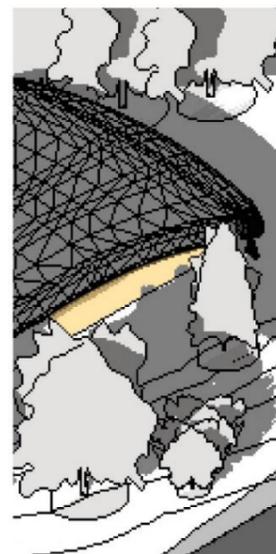
13:30



14:30



09:30_HMP



16:30_HMP

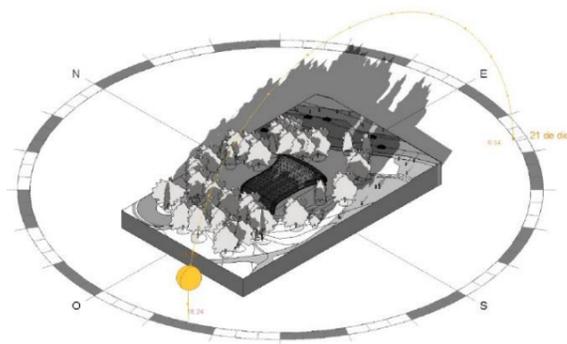
Simulación de trayectoria solar
Revit 2018

Solsticio
21 de diciembre

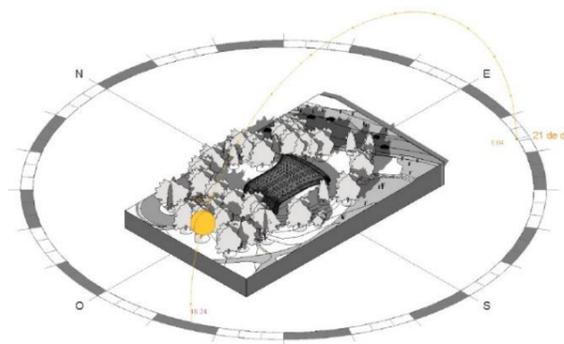
Vista desde de la axonometría
SO

La iluminación no deseada se
sombrea de color amarillo con
50% de opacidad

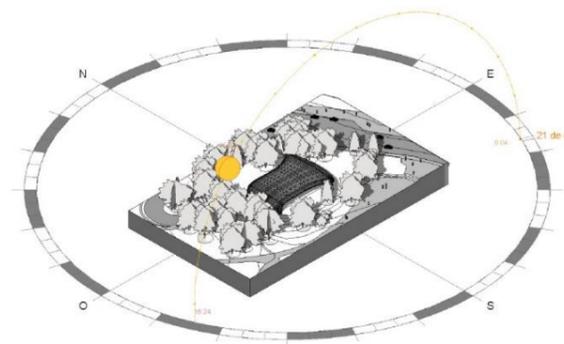
HPM_Hora de mayor problema



17:30

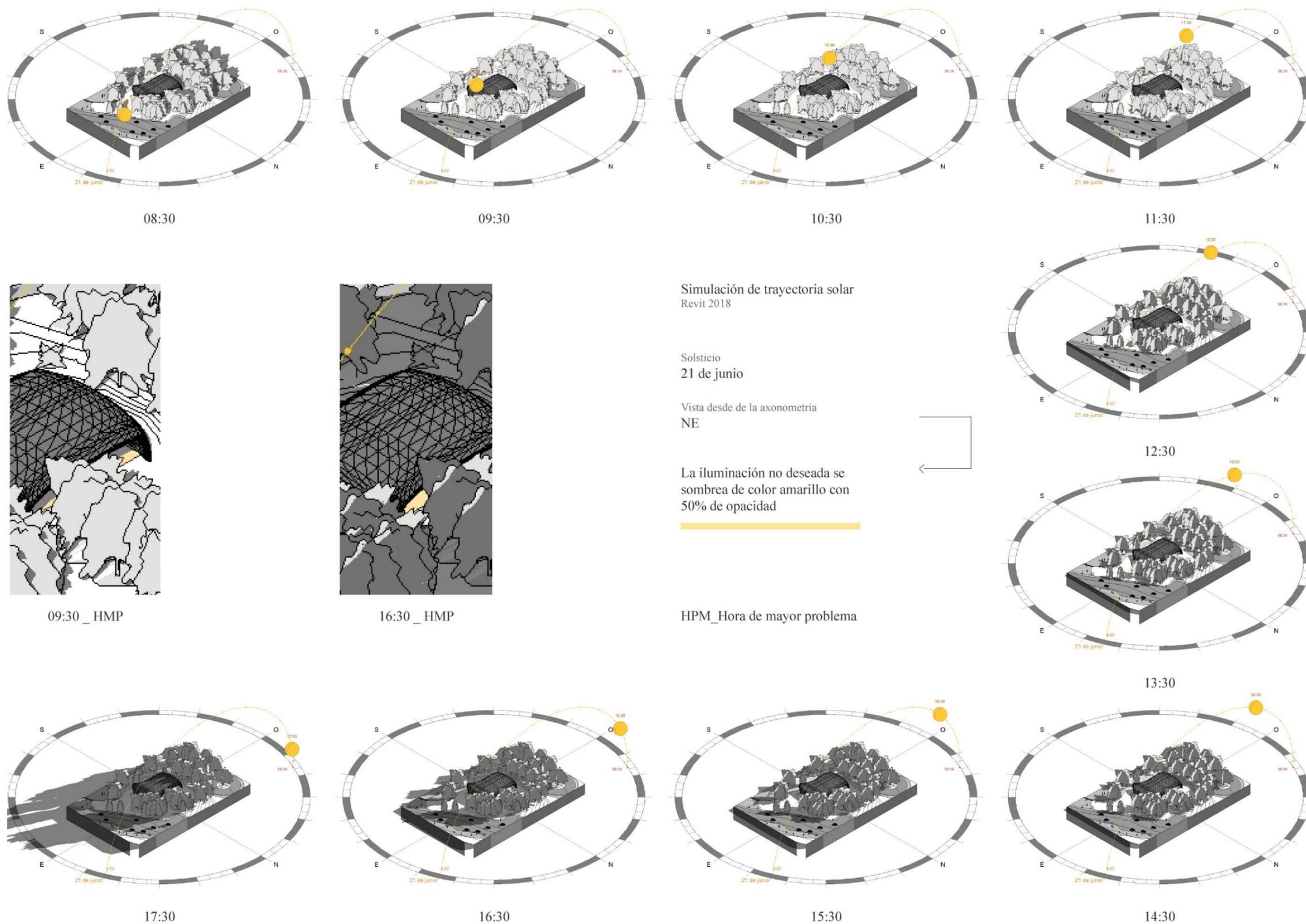


16:30



15:30

Ilustración 43. Simulación de trayectoria solar vista desde el NE



Simulación de trayectoria solar
Revit 2018

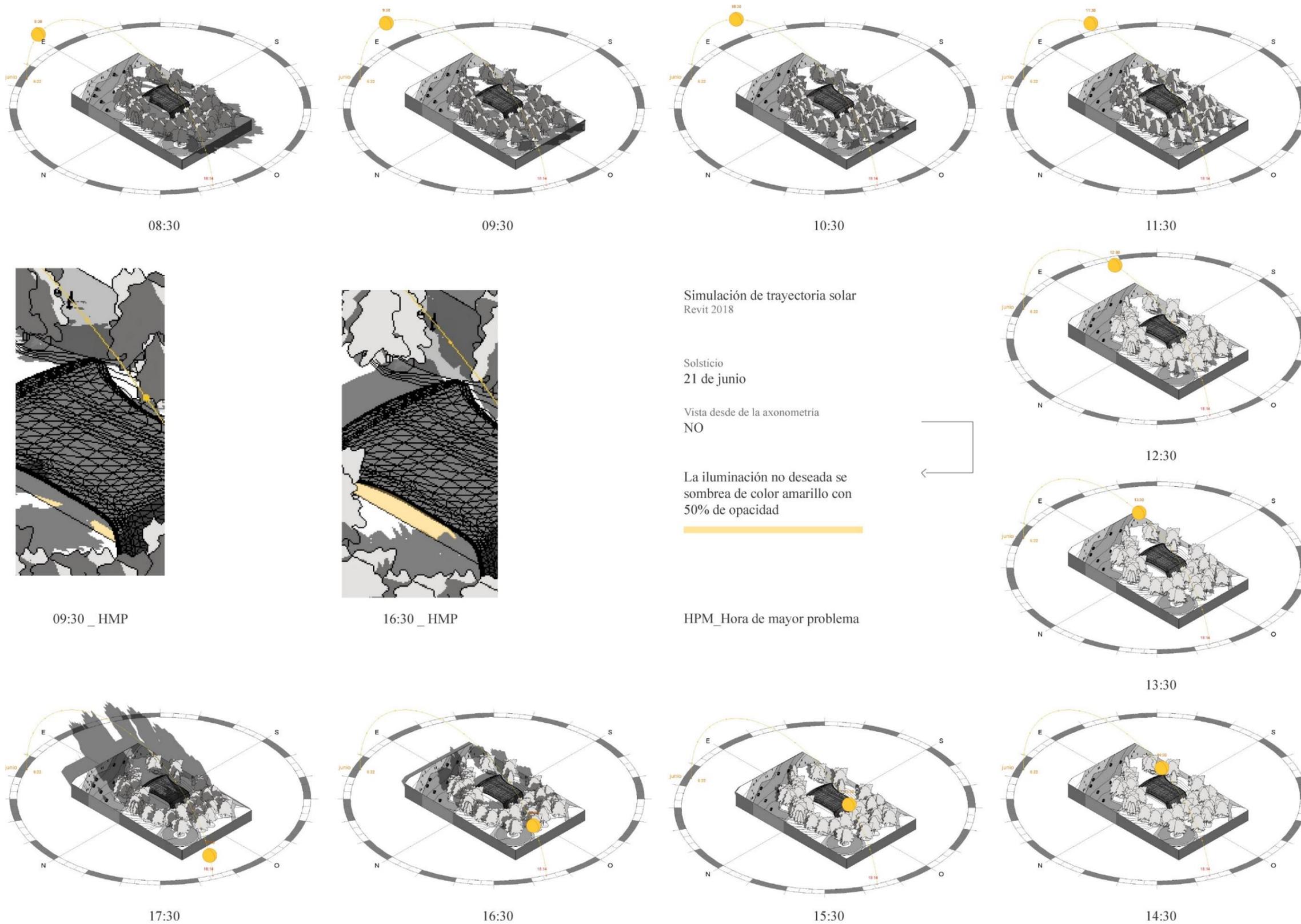
Solsticio
21 de junio

Vista desde de la axonometría
NE

La iluminación no deseada se
sombrea de color amarillo con
50% de opacidad

HPM_Hora de mayor problema

Ilustración 44. Simulación de trayectoria solar vista desde el NO



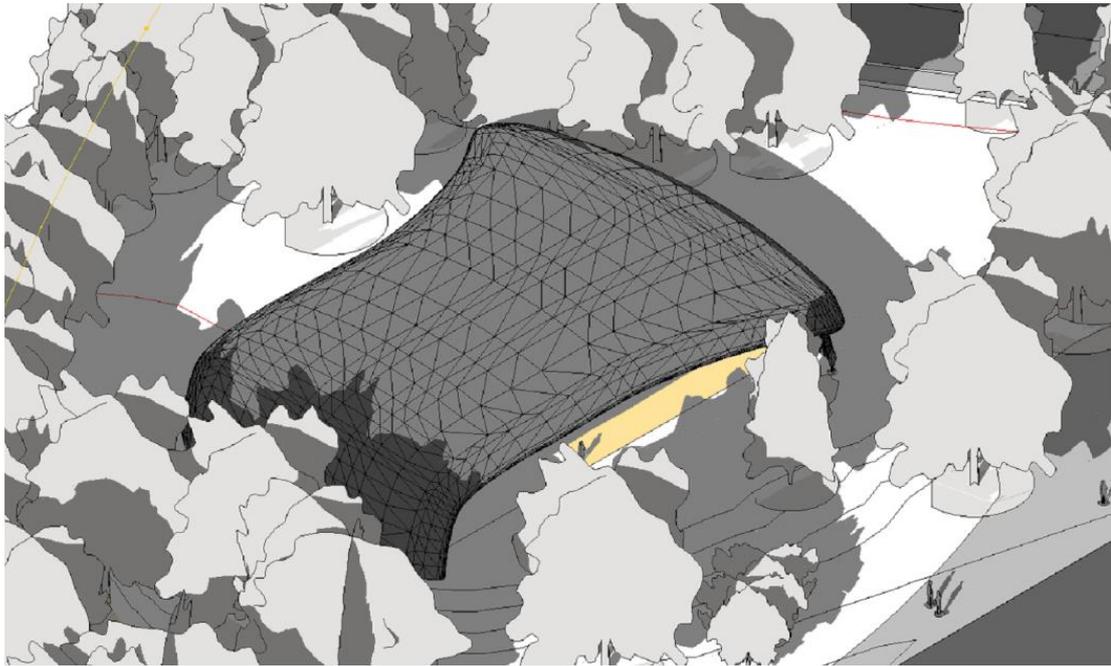
Elaborado por: El Autor

6.1.3. Solución por modificación geométrica

El estudio por simulación de trayectoria solar es el punto de partida para realizar alteraciones en el sistema paramétrico. Estos cambios eliminarán la iluminación directa dentro de la superficie a cubrir con iluminación indirecta, realizándose tres cambios para llegar a la solución tanto en la sección longitudinal como transversal. Se parte con los valores iniciales y se van alterando los parámetros consecutivamente tal y como se muestra desde la Ilustración 45 hasta la 48, en donde se llega a encontrar el resultado deseado.

En la Ilustración 46 se empiezan a realizar los cambios en el sistema paramétrico y se alteran los valores tanto en la sección longitudinal como en la transversal. Sin embargo, no se logra eliminar la iluminación no deseada hasta la tercera propuesta, lo que se aprecia mejor en la axonometría de la Ilustración 48, la cual no posee ninguna superficie de color amarillo.

Ilustración 45. Sección longitudinal, sección transversal y axonometría de la geometría inicial



Axonometría | Sin modificaciones

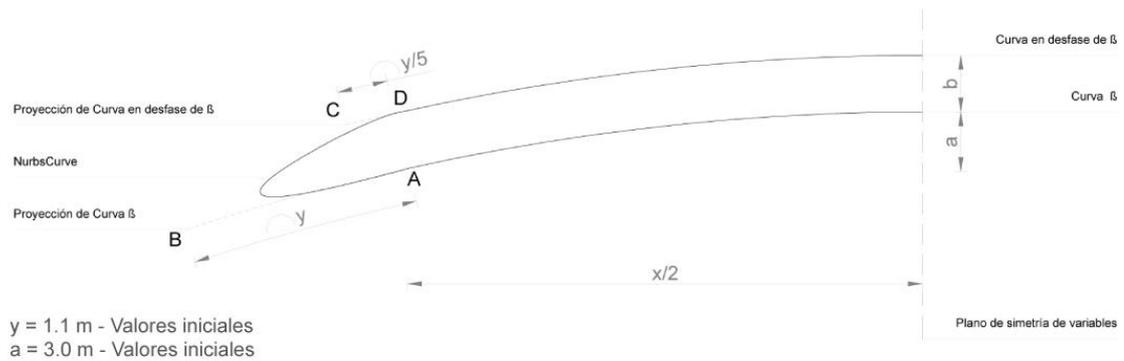
Simulación de trayectoria solar
Revit 2018

21 de diciembre
Solsticio

SO
Vista de la axonometría

16:30
Hora

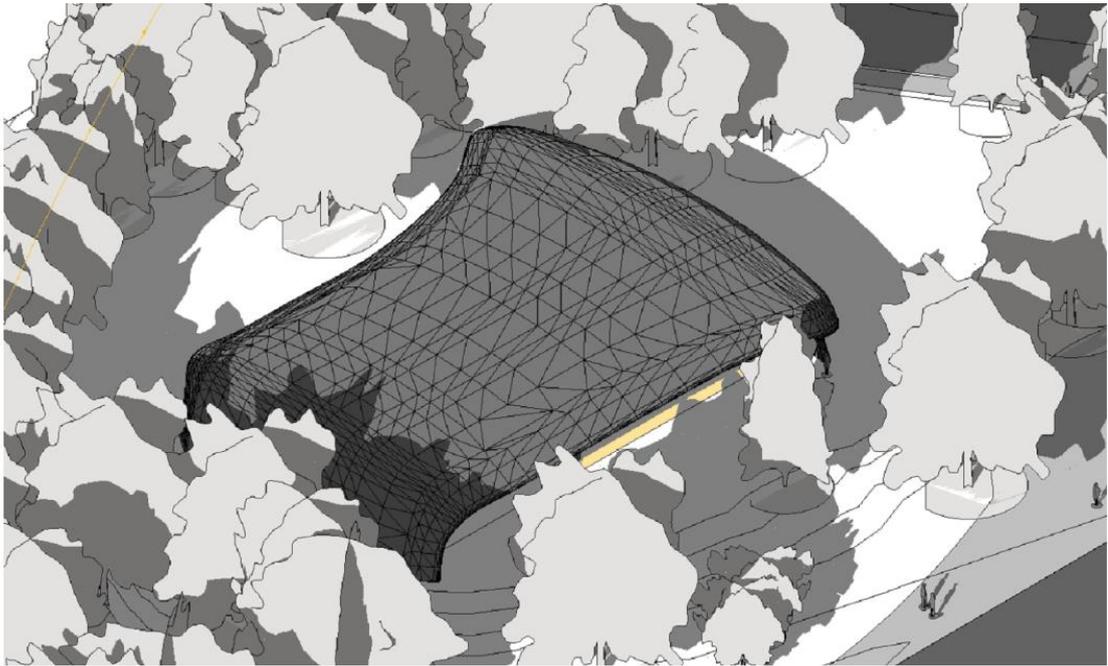
Se mantienen los valores iniciales en sección longitudinal



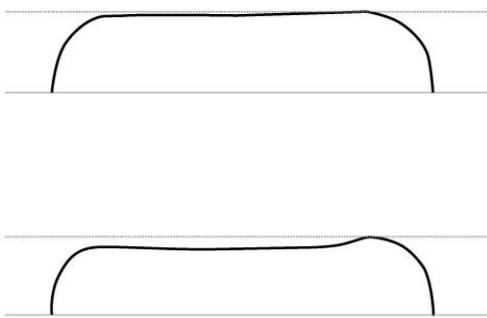
Se mantienen los valores iniciales en sección transversal

Elaborado por: El Autor

Ilustración 46. Sección longitudinal, sección transversal y axonometría de la primera propuesta



Axonometría | Resultado de las modificaciones



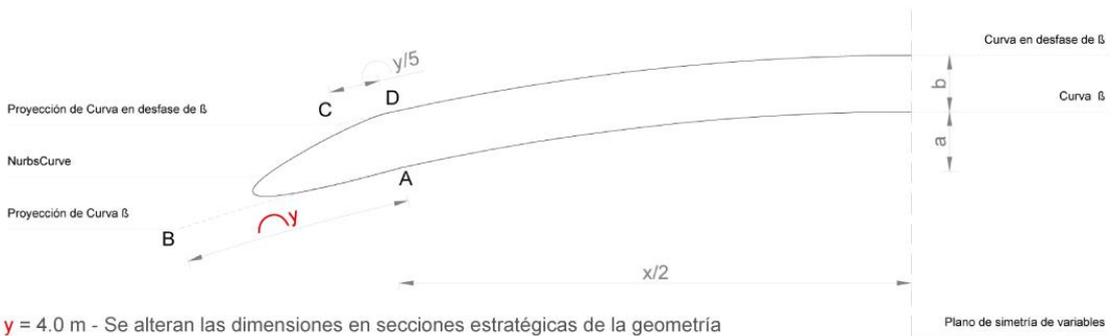
Modificaciones en sección longitudinal

Simulación de trayectoria solar
Revit 2018

21 de diciembre
Solsticio

SO
Vista de la axonometría

16:30
Hora

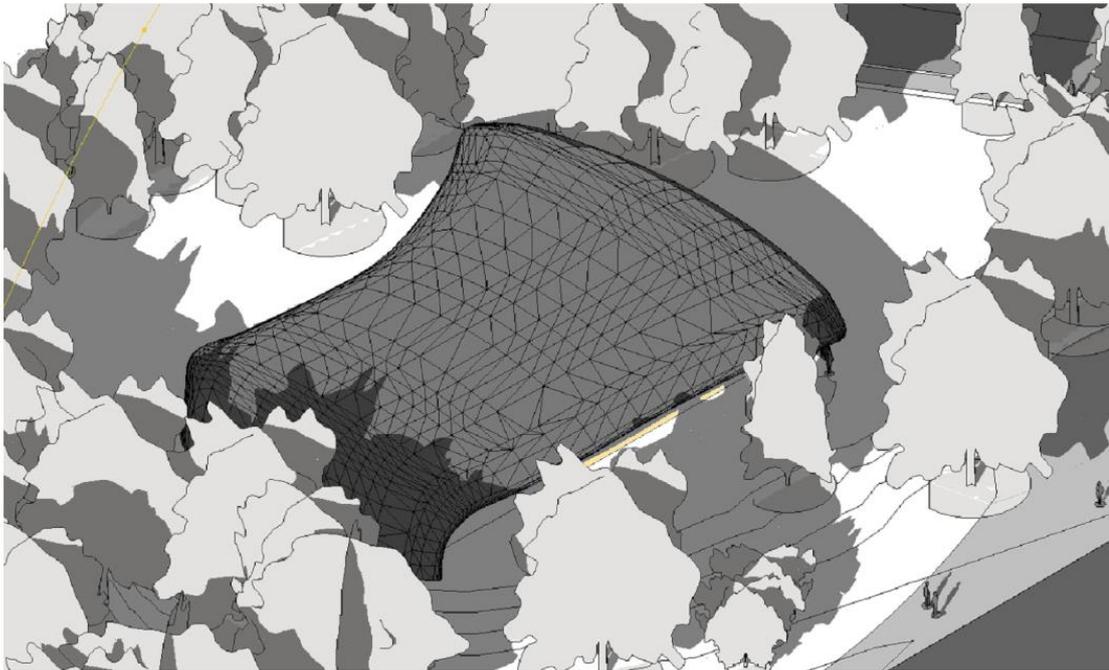


$y = 4.0$ m - Se alteran las dimensiones en secciones estratégicas de la geometría
 $a = 1.1$ m - Valores iniciales

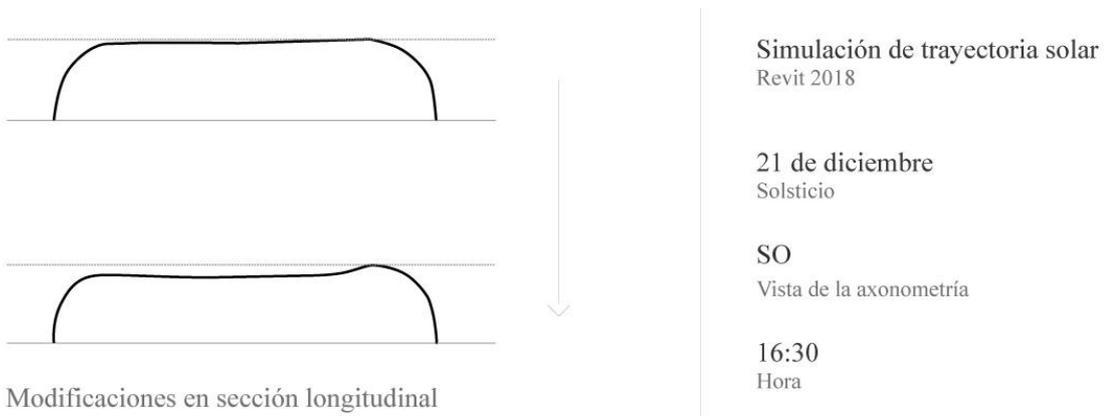
Modificaciones en sección longitudinal

Elaborado por: El Autor

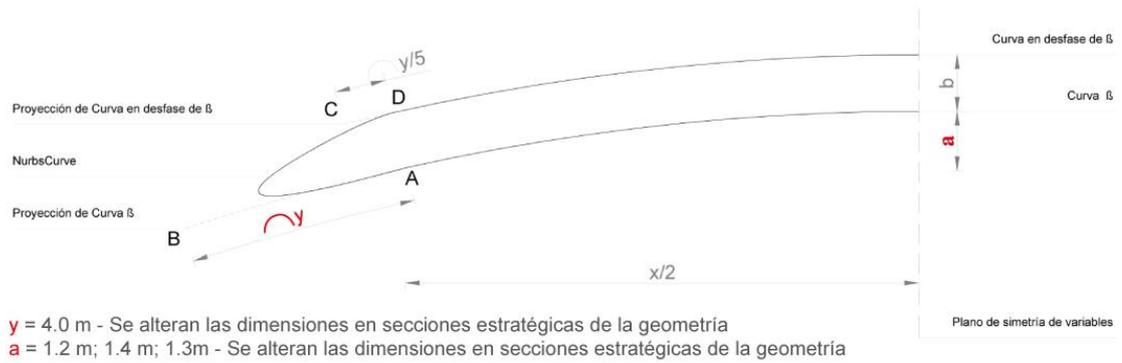
Ilustración 47. Sección longitudinal, sección transversal y axonometría de la segunda propuesta



Axonometría | Resultado de las modificaciones



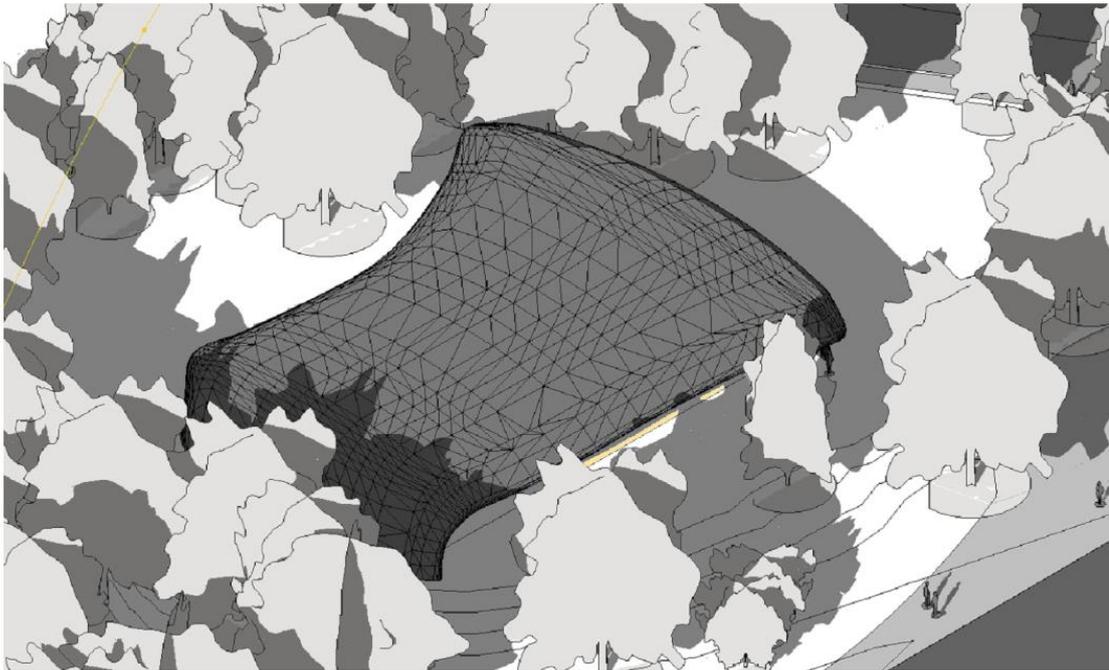
Modificaciones en sección longitudinal



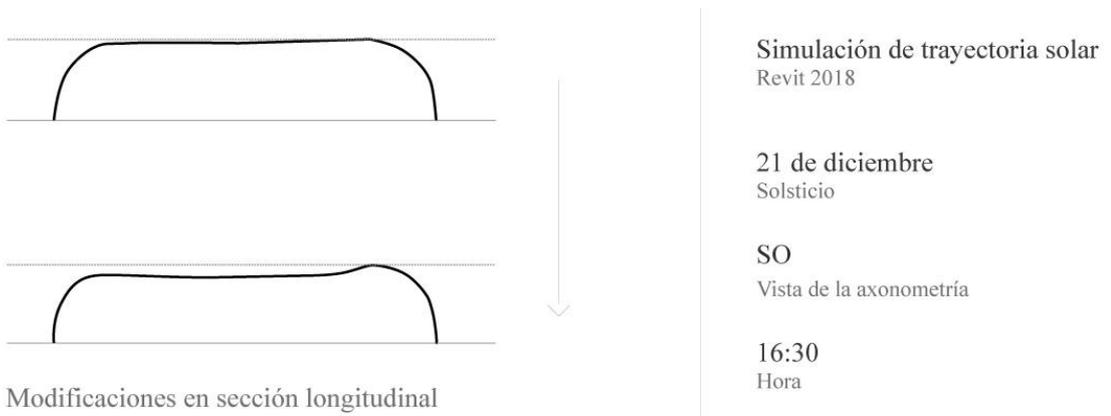
Modificaciones en sección longitudinal

Elaborado por: El Autor

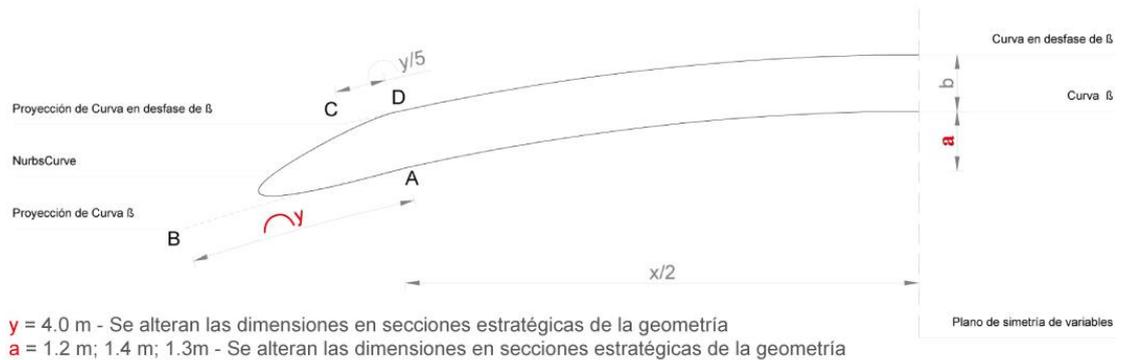
Ilustración 48. Sección longitudinal, sección transversal y axonometría de la tercera propuesta



Axonometría | Resultado de las modificaciones



Modificaciones en sección longitudinal



Modificaciones en sección longitudinal

Elaborado por: El Autor

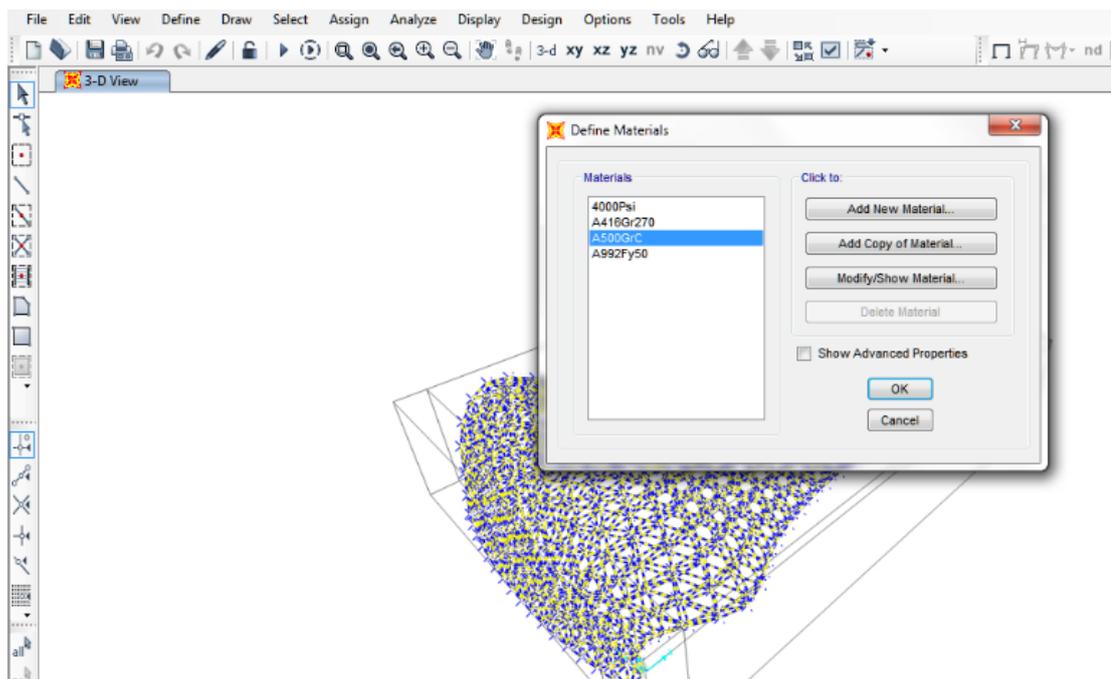
6.2. Análisis estructural

Una arquitectura que presente una geometría compleja requiere de un conjunto de elementos que expresen la constructividad del objeto y uno de los más importantes sería el sistema estructural, que en este caso vendría dado por la geometría de forma libre que cumple la función de cubierta y de ser necesario como soporte para suspender obras artísticas en una exposición. El presente análisis se realiza únicamente en la estructura principal, ya que la estructura secundaria solo interactúa con cargas por envolvente y mantenimiento.

6.2.1. Configuraciones iniciales

El dimensionamiento de la estructura principal fue realizado en el *software* SAP 2000 v20, sin embargo, la geometría lineal que representa a los elementos que conforman la estructura se exportó desde Dynamo a AutoCAD, para posteriormente poder importarla a SAP 2000. Una vez definida la geometría de la estructura se procede a crear los materiales (ver Ilustración 49) y las propiedades de la tubería estructural redonda que se tiene disponible en el Ecuador.

Ilustración 49. Configuración de materiales según la norma de calidad

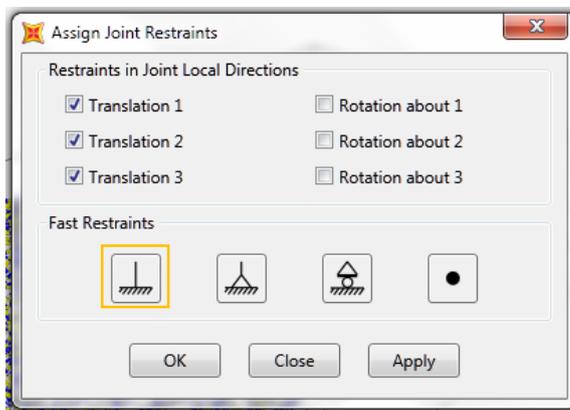


Fuente: Captura de pantalla SAP 2000

Se colocan las características respectivas de cada material procedentes de las normas de calidad correspondientes a los elementos estructurales que en este caso es la ASTM A 500 Gr. C, según datos proporcionados por el proveedor IPAC. La norma de calidad correspondiente definirá los valores del módulo de elasticidad, el coeficiente de dilatación térmica, etc., y consecutivamente se asigna la perfilaría a cada elemento estructural.

Posteriormente se colocan los puntos de apoyo de la estructura (ver Ilustración 50) que en este caso se elige de tipo empotrado, se definen las cargas y se les asigna respectivamente a los elementos del diseño. Finalmente, se escoge el código de diseño para realizar los análisis, basados en la especificación AISC 360-10 de la American Institute of Steel Construction. Este código de diseño permitirá multiplicar las cargas por un factor de escala para un adecuado dimensionamiento de la estructura, es decir, aumenta el valor de las cargas en un cierto porcentaje para incrementar los esfuerzos en la estructura con lo que se obtiene un mejor comportamiento estructural.

Ilustración 50. Apoyo de tipo empotrado



Fuente: Captura de pantalla SAP 2000

6.2.2. Definición de cargas

Para poder asignar cargas a la estructura primero hay que entender la función que cumple cada elemento. En este caso la estructura se divide en las siguientes partes: superficie triangular superior, elementos de unión y superficie triangular inferior.

La carga total que soporta la estructura está definida por los siguientes puntos: carga del montaje de la estructura y mantenimiento de la misma, cargas de instalaciones de iluminación, peso propio, carga de elementos colgantes y carga de la envolvente. Cada uno de estos puntos fue calculado por la cantidad que influyen en un metro cuadrado de la estructura, por consiguiente, se llega al siguiente resultado:

- Carga de la envolvente

0,450 Kg fibra de vidrio - por metro cuadrado

13,6Kg tablero de soporte para la fibra de vidrio 18mm - por metro cuadrado

13,2 Kg Tubería mecánica redonda 1 pulg. (IPAC) - por metro cuadrado

Carga muerta de envolvente 27.8 Kg por metro cuadrado

$27.8 \text{ Kg} = 274.3 \text{ N} = 0.274 \text{ KN}$

- Carga en la superficie triangular superior

$90 \text{ Kg/m}^2 = 882.6 \text{ N} = 0.89 \text{ KN (m}^2)$

90 Kg carga para el montaje y trabajos de mantenimiento de la estructura

$27.8 \text{ Kg} = 274.3 \text{ N} = 0.274 \text{ KN (m}^2)$

27.8Kg carga muerta de envolvente

Carga total de 0.92 KN

- Carga en la superficie triangular inferior

$34 \text{ Kg} = 333.43 \text{ N} = 0.33 \text{ KN (m}^2)$

14Kg de estructura para iluminación colgante

20 Kg máximo de elementos a colgar (esculturas colgantes)

$27.8 \text{ Kg} = 274.3 \text{ N} = 0.274 \text{ KN (m}^2)$

27.8Kg carga muerta de envolvente

Carga total de 0.6 KN (m²)

6.2.3. Análisis de diseño estructural

Para el dimensionamiento de la estructura se realizaron 21 análisis en el *software* SAP2000, el cual consiste en una simulación virtual de cargas en la estructura diseñada. Todos los análisis se basaron en el código de diseño “AISC 360-10” pudiéndose mostrar interactivamente los resultados de cada miembro de la estructura y las simulaciones toman en cuenta los esfuerzos a compresión, torsión, flexión, tracción y cortante en todos los elementos de la estructura; el *software* también simula las cargas por sismo que es el más sofisticado para realizar este tipo de análisis.

Sin embargo, para los resultados de las simulaciones solo se mostrará un diagrama que representa al chequeo de diseño de la estructura. Cada diagrama se analizará por su color que representa a un valor de una escala que va de cero a uno donde el color representa al porcentaje de trabajo respectivamente: el color cian representa a un bajo porcentaje de trabajo, el color verde representa a un moderado porcentaje de trabajo, el color amarillo representa a un elemento apropiadamente diseñado, los elementos de color naranja son elementos críticos y los elementos en color rojo están en falla y han sufrido fractura.

Los 21 análisis por simulación, como se muestra en la Ilustración 50, se realizaron en cuatro configuraciones geométricas diferentes con distintos diámetros y espesores. Estas configuraciones son denominadas: configuración geométrica inicial, configuración geométrica 01, configuración geométrica 02 y configuración geométrica 03. A su vez esta sección se divide en tres fases: fase de experimentación (ver Ilustración 52), fase de evaluación y fase de dimensionamiento.

Ilustración 51. Axonometría explotada, descripción y detalle de cada configuración geométrica

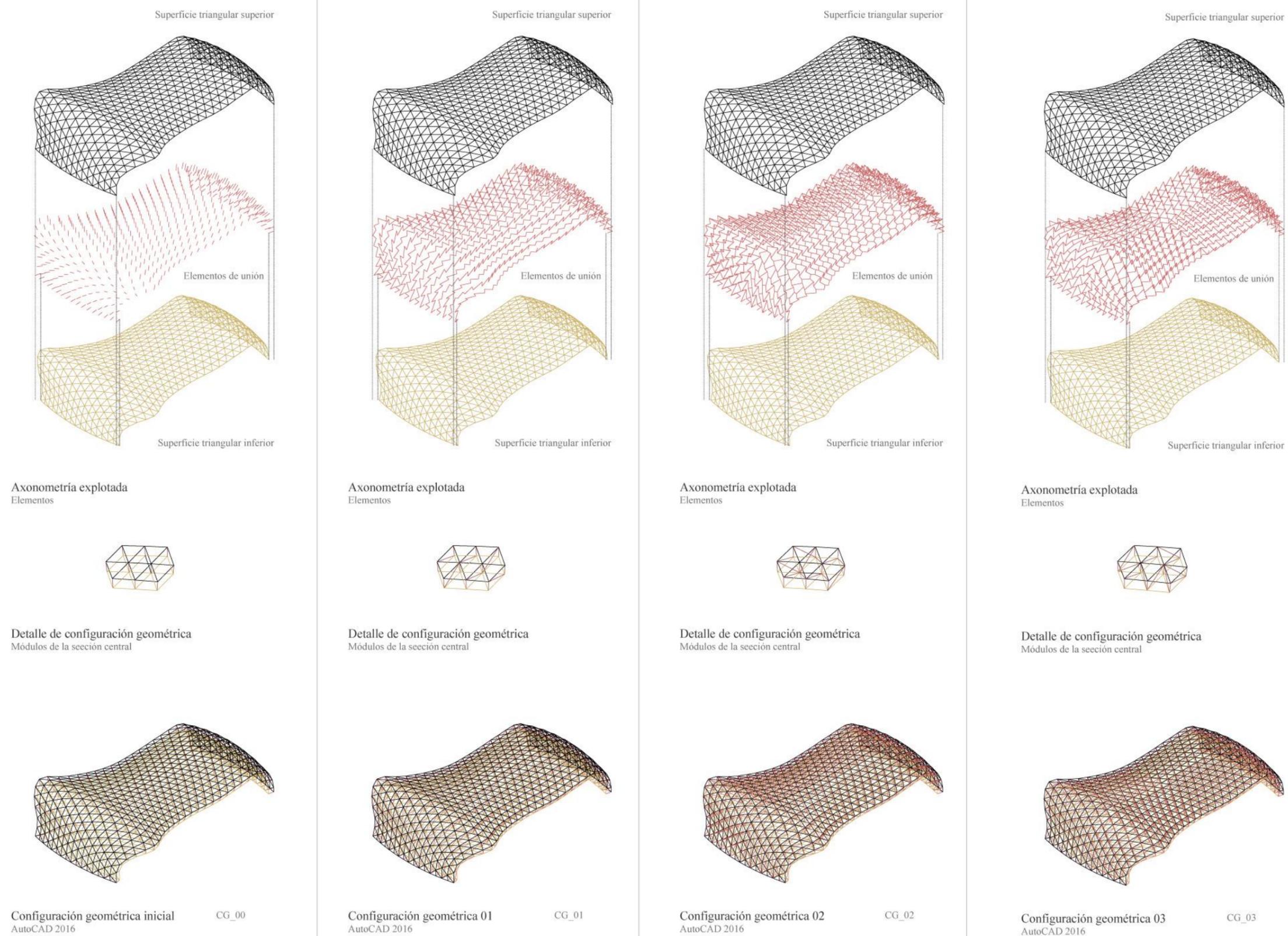
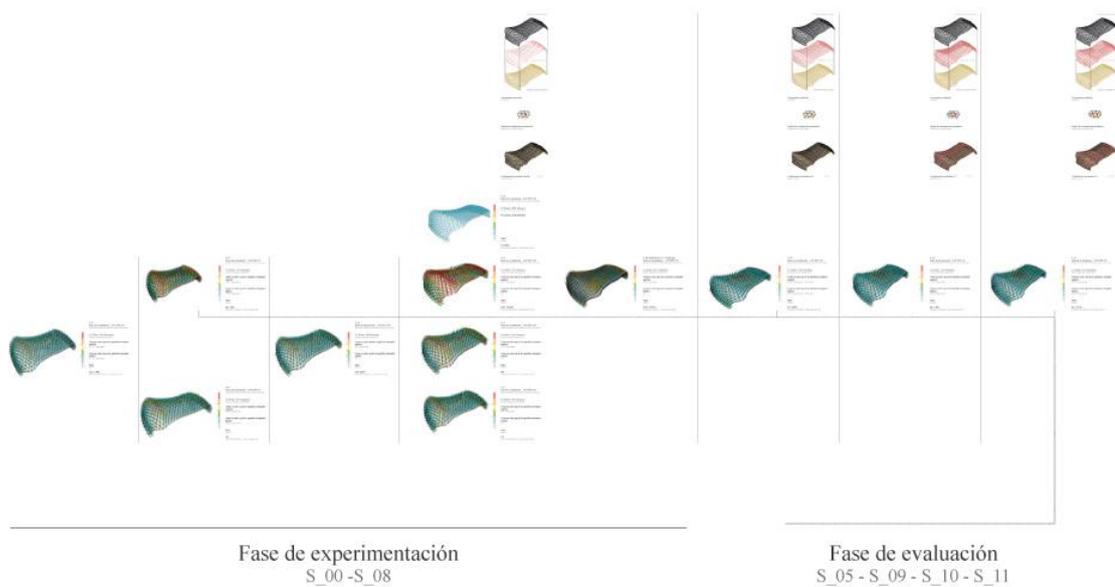


Ilustración 52. Fase de experimentación y evaluación



Elaborado por: El Autor

Los primeros 9 análisis se realizaron con la configuración inicial (CG_00) poniéndose a prueba la estructura de diferentes formas: primero se hizo un análisis con el peso propio en la simulación denominada S_00; luego se exageró las cargas en las simulaciones S_01, S_02, S_03, S_04; y finalmente, con un valor aproximado de la carga de la envolvente en las S_05, S_06 y S_07. Este intervalo de cargas y la exageración de las mismas fue fundamental para encontrar visualmente un patrón e identificar si existía un error en el diseño, siendo así que se pudo apreciar que la mayoría de los fallos se daban en los considerados “elementos de unión” de las dos superficies que conforman la estructura. El error consistía en que al no existir elementos triangulares entre las dos superficies triangulares producía dificultades en la distribución de cargas. Es en este punto nacen las tres configuraciones geométricas como una respuesta de distribución de cargas.

Posteriormente se procedió a emplear el *software* de programación Dynamo para diseñar las tres propuestas de solución geométrica: configuración geométrica 01, configuración geométrica 02 y configuración geométrica 03.

Fase de evaluación

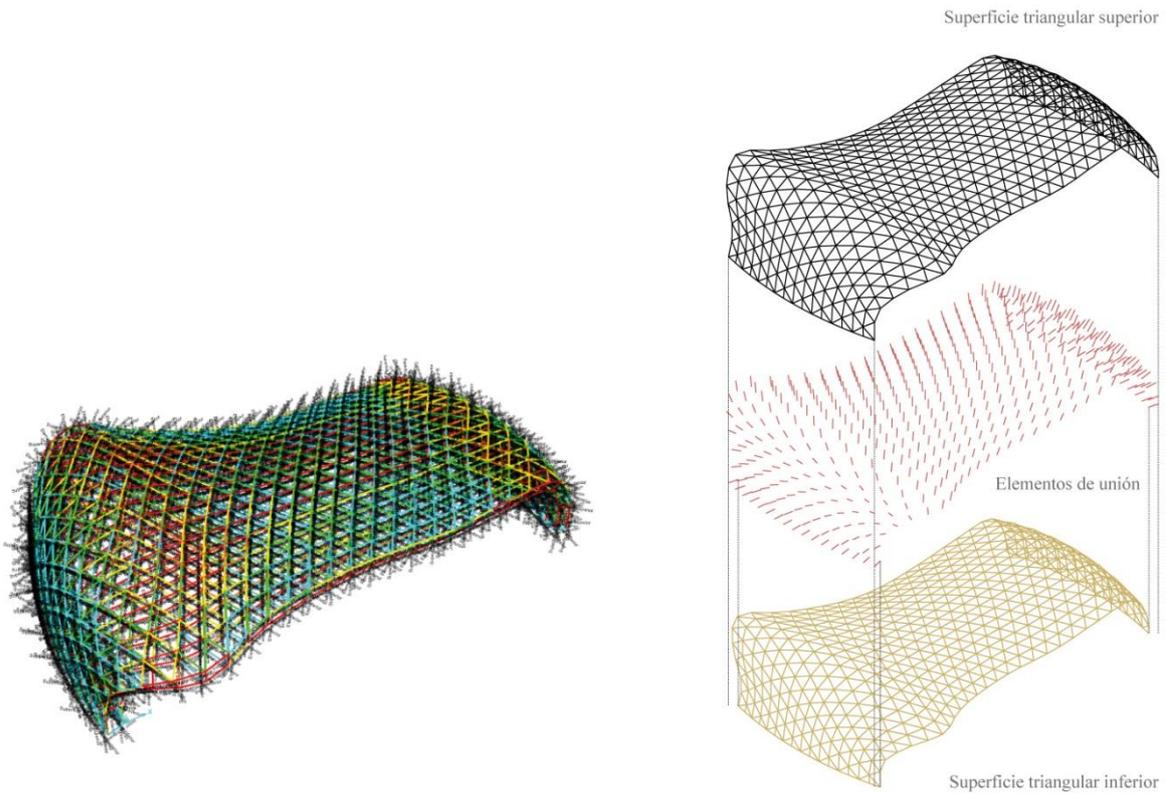
6.2.4. Fase de evaluación

Los siguientes tres análisis pusieron a prueba las nuevas configuraciones geométricas que solo fueron analizadas con la carga aproximada de envolvente y los resultados fueron excelentes en todos los casos ya que los elementos fallaban en un porcentaje menor al 1.5 %.

Con todos estos análisis ya se podía hacer una valoración por lo que se tomó una simulación de cada una de las configuraciones geométricas con la misma carga aplicada. En el análisis por simulación S_05 de la configuración geométrica inicial (ver Ilustración 53) se puede apreciar que en 3501 elementos se obtiene un porcentaje de falla del 18 %. En el análisis por simulación S_09 de la configuración geométrica 01 (ver Ilustración 54) se puede apreciar que en 3980 elementos se obtiene un porcentaje de falla del 1.48 %. En el análisis por simulación S_10 de la configuración geométrica 02 (ver Ilustración 55) se puede apreciar que en 4419 elementos se obtiene un porcentaje de falla del 1.49 % y finalmente en el análisis por simulación S_11 de la configuración geométrica 02 (ver Ilustración 56) se puede apreciar que en 4422 elementos se obtiene un porcentaje de falla del 1.42 %.

En efecto, la configuración geométrica 01 obtiene menor porcentaje de fallos que la configuración inicial con una diferencia del 16.2 %, aunque no es la más baja entre todas. Sin embargo, es la que posee menor cantidad de elementos de las tres propuestas para solucionar la distribución geométrica de cargas. Entre las 3 últimas propuestas de configuración solo existe una diferencia máxima de porcentaje del 0.06 %, lo cual convierte a la configuración geométrica 01 como la que obtiene menor porcentaje de fallos con menor cantidad de elementos.

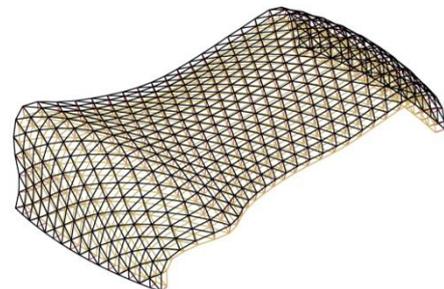
Ilustración 53. Análisis estructural de la configuración geométrica inicial



Axonometría explotada
Elementos

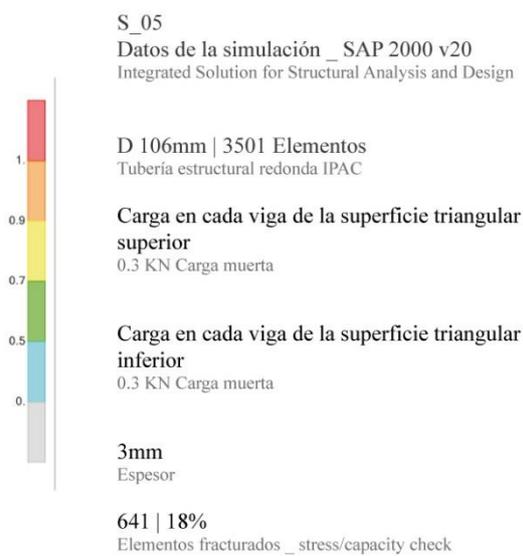


Detalle de configuración geométrica
Módulos de la sección central



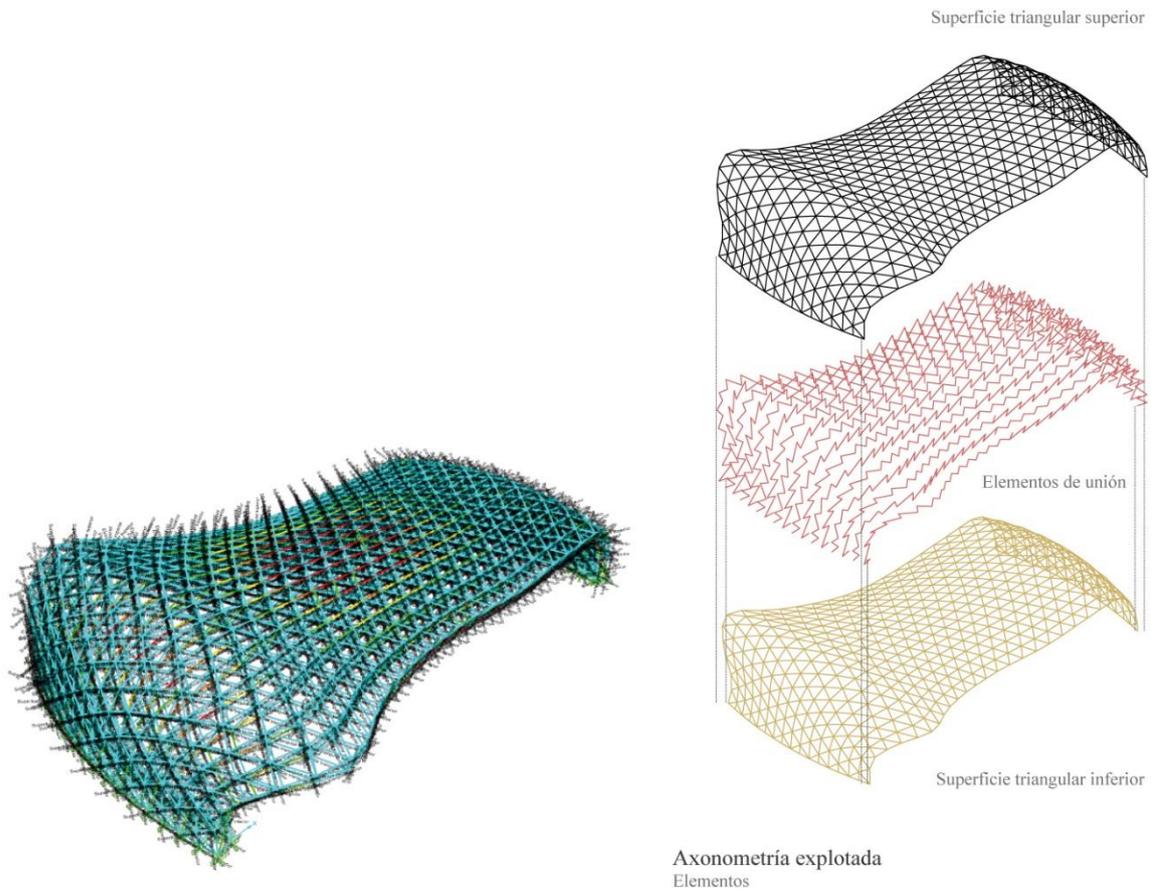
Configuración geométrica inicial
AutoCAD 2016

CG_00

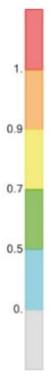


Elaborado por: El Autor

Ilustración 54. Análisis estructural de la configuración geométrica 01



S_09
 Datos de la simulación _ SAP 2000 v20
 Integrated Solution for Structural Analysis and Design



D 106mm | 3980 Elementos
 Tubería estructural redonda IPAC

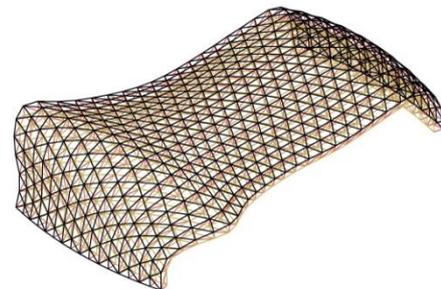
Carga en cada viga de la superficie triangular superior
 0.3 KN Carga muerta + Peso propio

Carga en cada viga de la superficie triangular inferior
 0.3 KN Carga muerta + Peso propio

3mm
 Espesor

59 | 1.48%
 Elementos fracturados _ stress/capacity check

Detalle de configuración geométrica
 Módulos de la sección central

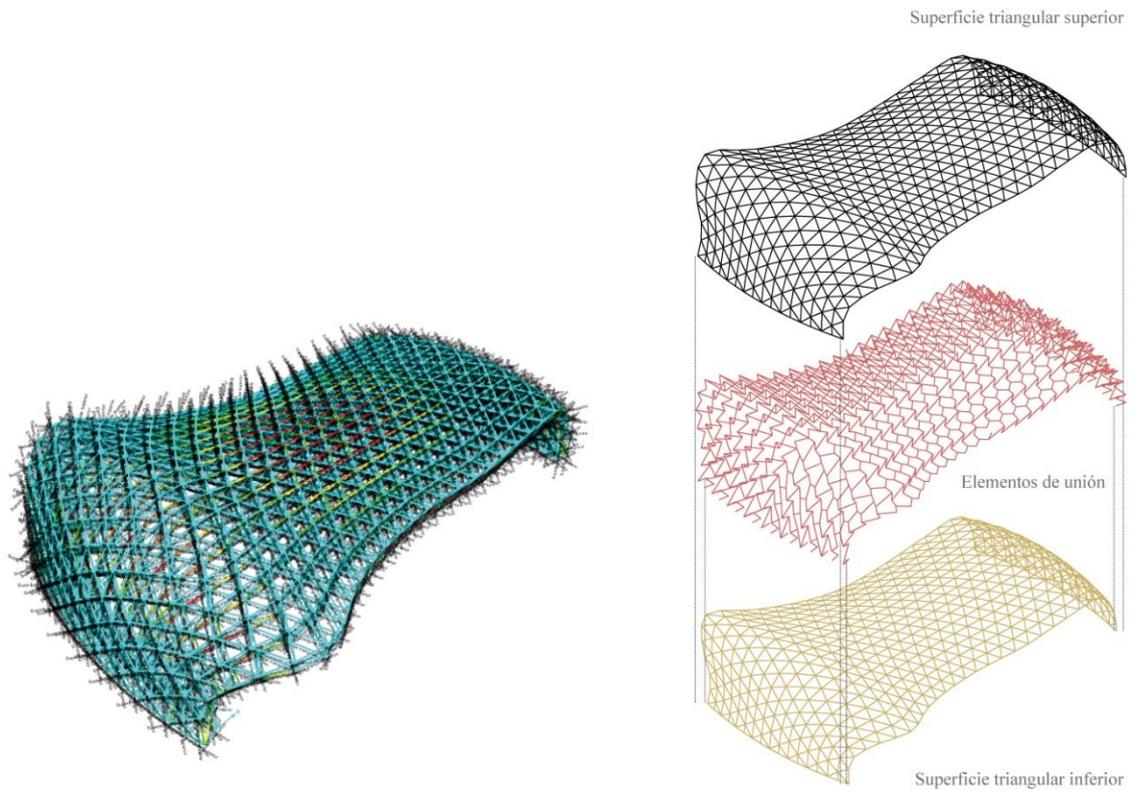


Configuración geométrica 01
 AutoCAD 2016

CG_01

Elaborado por: El Autor

Ilustración 55. Análisis estructural de la configuración geométrica 02



Axonometría explotada
Elementos



S_10
Datos de la simulación _ SAP 2000 v20
Integrated Solution for Structural Analysis and Design

D 106mm | 4419 Elementos
Tubería estructural redonda IPAC

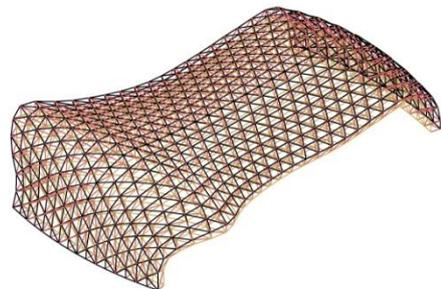
Carga en cada viga de la superficie triangular superior
0.3 KN Carga muerta

Carga en cada viga de la superficie triangular inferior
0.3 KN Carga muerta

3mm
Espesor

66 | 1.49%
Elementos fracturados _ stress/capacity check

Detalle de configuración geométrica
Módulos de la sección central

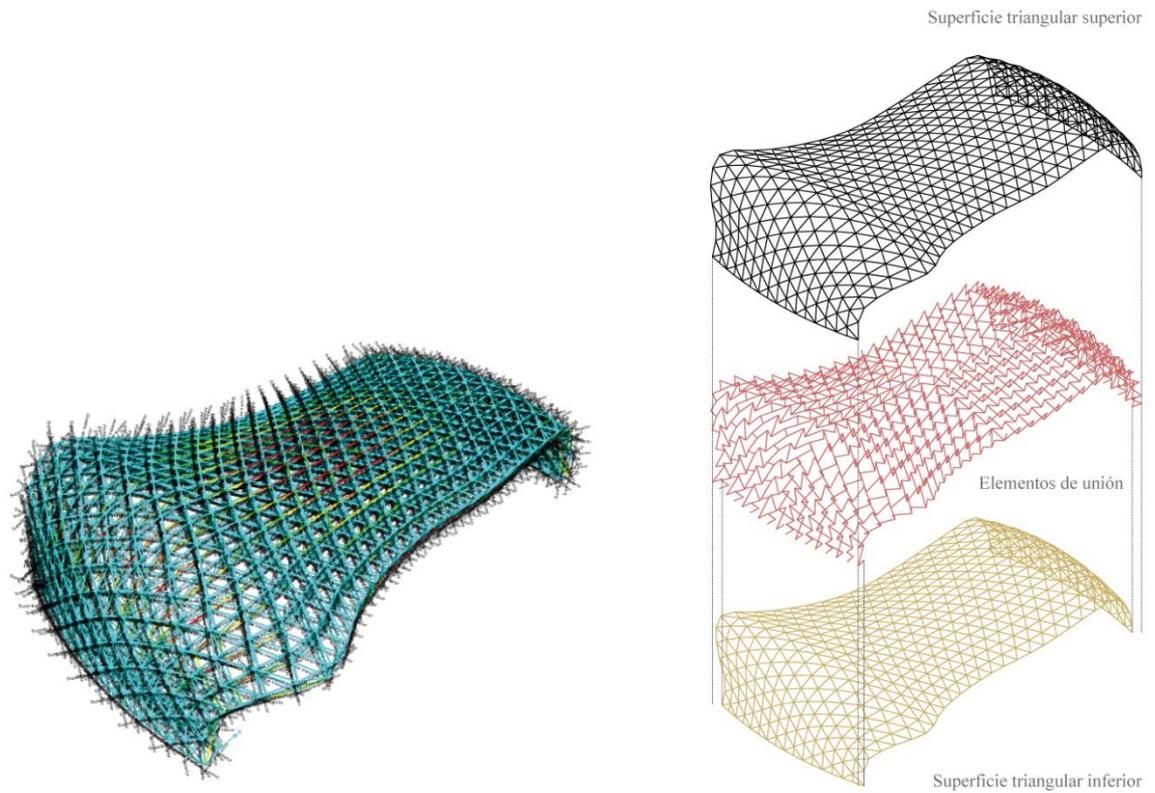


Configuración geométrica 02
AutoCAD 2016

CG_02

Elaborado por: El Autor

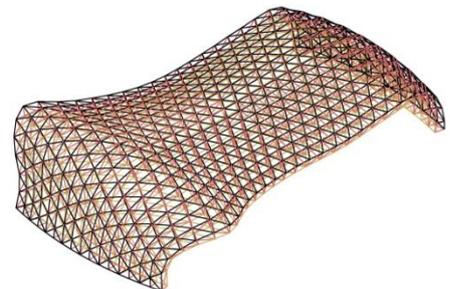
Ilustración 56. Análisis estructural de la configuración geométrica 03



Axonometría explotada
Elementos



Detalle de configuración geométrica
Módulos de la sección central



S_11
Datos de la simulación _ SAP 2000 v20
Integrated Solution for Structural Analysis and Design

D 106mm | 4422 Elementos
Tubería estructural redonda IPAC

Carga en cada viga de la superficie triangular superior
0.3 KN Carga muerta

Carga en cada viga de la superficie triangular inferior
0.3 KN Carga muerta

3mm
Espesor

63 | 1.42 %
Elementos fracturados _ stress/capacity check

Configuración geométrica 03
AutoCAD 2016

CG_03

Elaborado por: El Autor

6.2.5. Fase de dimensionamiento

El desarrollo de los últimos nueve análisis por simulación se realizarán en la configuración geométrica 01, en este intervalo de simulaciones se podrá ver el dimensionamiento definitivo de la estructura y cómo se llega a su correcto funcionamiento.

En esta última fase de dimensionamiento de la estructura se busca no sobredimensionar los elementos y para llegar a esto se tendrá que ir asignando diferentes espesores de forma consecutiva en caso de que los elementos se fracturen. Cabe recalcar que en esta fase ya no se asigna un valor aproximado de la carga de la envolvente, sino los valores calculados en la definición de cargas.

Como se mencionó anteriormente, los análisis finales se realizan con la configuración geométrica 01 y con tubería estructural redonda IPAC con 106mm de diámetro comenzando con un espesor en los elementos de 3mm.

Según se muestra en la Ilustración 57, la fase empieza en el análisis por simulación S_12 y de acuerdo a lo referido anteriormente todos los elementos tienen un espesor de 3mm. En este caso fallan 525 y se conservan 3455, los elementos que fallan serán sustituidos por una mayor sección en el siguiente punto. Esta acción parte desde el análisis S_12 y se replica hasta el análisis S_18, que es cuando la estructura ya no presenta fallos. Sin embargo, en el análisis S_15 se llega al límite de espesor disponible en el mercado ecuatoriano y los elementos remplazados en los posteriores análisis hasta el S_19 serían secciones especiales.

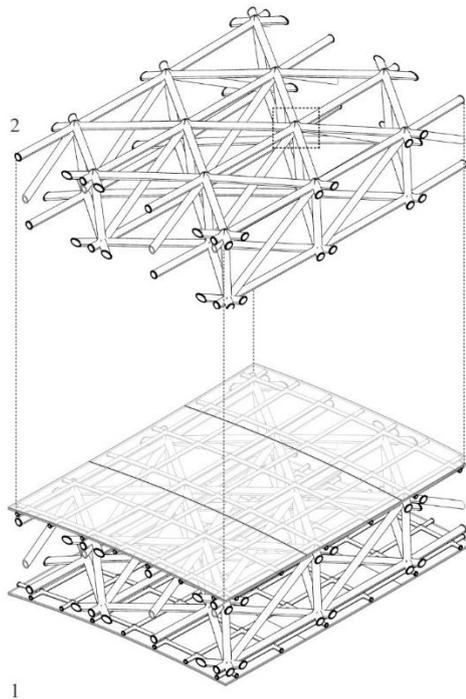
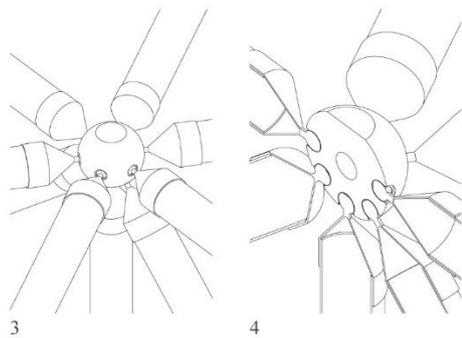
Para finalizar esta fase se realizan los últimos dos análisis que son el S_19 y el S_20. El S_19 es una simulación que tiene los espesores disponibles en el mercado local y tres espesores especiales; en este estudio se podrá observar cómo la estructura estaría trabajando sin las cargas por mantenimiento, lo cual sería el estado de la mayor parte de la vida de la edificación. En el último análisis, que es el S_20, se parte de la configuración de espesores del análisis S_15, se elimina las cargas por mantenimiento y montaje de la superficie triangular superior y se las

reemplaza por cargas de 0.89 KN en los elementos que fallaron en la S_17; esta configuración permite observar el comportamiento de la estructura con espesores disponibles en el mercado local tomando en cuenta que se están haciendo mantenimientos en la zona con más fallos de la estructura. No obstante, la solución S_20 sería una alternativa en caso de no poder ser reemplazados los elementos con secciones especiales.

6.2.6. Nodo adaptativo

Para unir todos los elementos dimensionados en el análisis estructural y llegar a expresar una constructividad del objeto, se propone el diseño conceptual de un nodo con articulaciones giratorias, lo que permitirá que la geometría empleada se genere de forma adecuada facilitando el montaje de la estructura de naturaleza compleja (ver Ilustración 58).

Ilustración 58. Nodo adaptativo



1. Sección en axonometría de la geometría de forma libre
2. Estructura principal
3. Nodo adaptativo con articulaciones giratorias
4. Nodo en corte

Elaborado por: El Autor

7. Sistema paramétrico

El sistema paramétrico que se muestra en la Ilustración 59² llega a ser la representación de toda la estructura de algoritmos organizada de manera secuencial, con el objetivo de que cada parte del sistema interactúe entre sí, por lo que tendrá jerarquías. Esta estructura está dividida en las siguientes secciones:

- SCSP_01 Configuración inicial de la superficie a intervenir
- SCSP_02 Geometría base y volumetría
- SCSP_03 Estructura principal, estructura secundaria y configuraciones geométricas de distribución de cargas
- SCSP_04 Modelado de la estructura principal por elementos adaptativos
- SCSP_05 Modelado de la estructura de envolvente por elementos adaptativos
- SCSP_06 Modelado geometría de la envolvente
- SCSP_07 Modelo conceptual para simulación estructural
- SCSP_08 Geometría y distribución de los muros cortina

² La ilustración 59, hace referencia a un link de descarga mediante un código QR. Esto se debe a que la imagen presenta un formato muy amplio y no se pueden apreciar todos sus detalles ya sea en formato A4 como en A1. El documento se encuentra en Google Drive y en él se podrá observar cada configuración de los algoritmos.

Ilustración 59. Sistema paramétrico completo en su última configuración

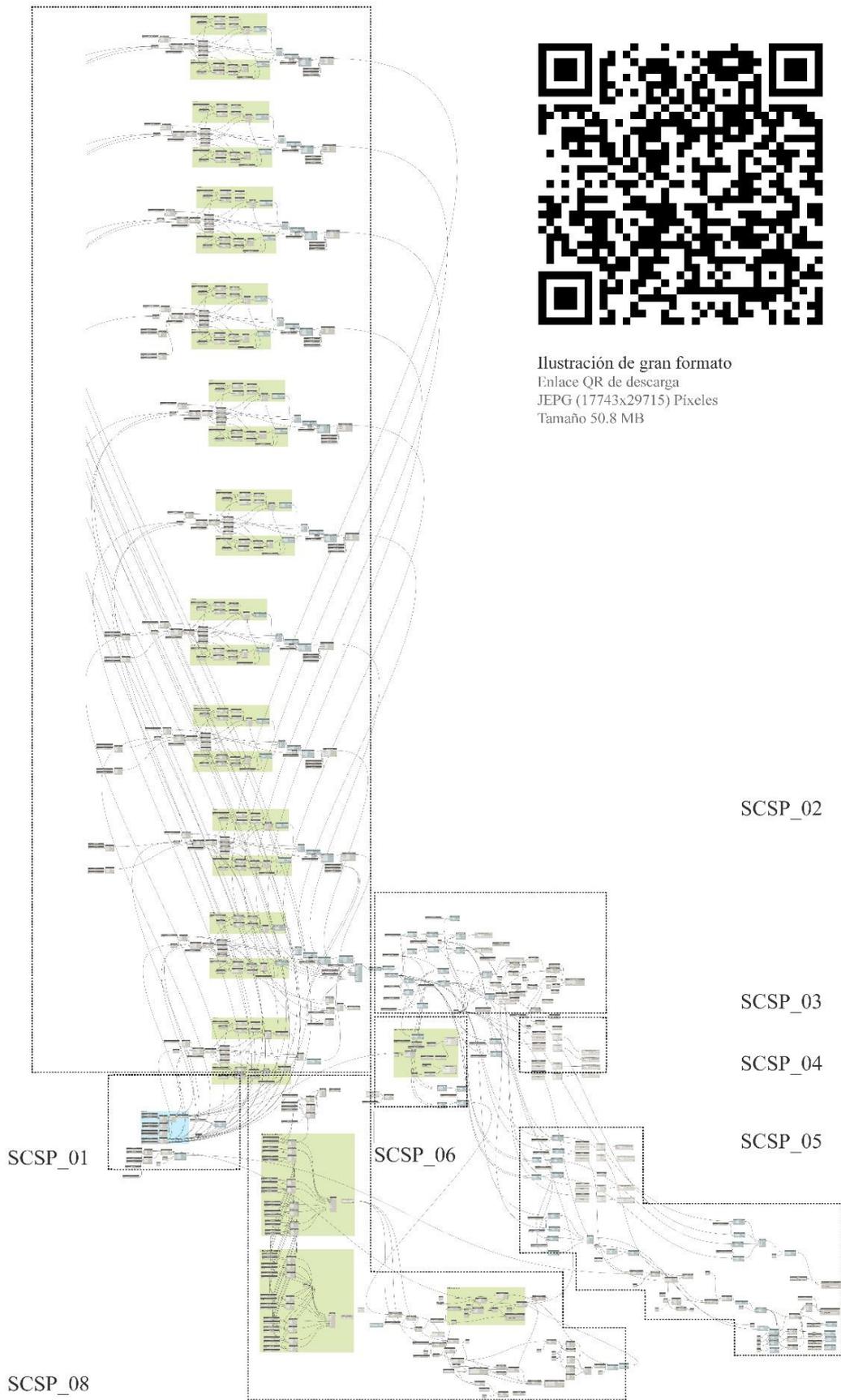


Ilustración de gran formato
Enlace QR de descarga
JEPG (17743x29715) Píxeles
Tamaño 50.8 MB

SCSP_01

SCSP_06

SCSP_02

SCSP_03

SCSP_04

SCSP_05

SCSP_08

Elaborado por: El Autor

8. Resultados: Pabellón Loja

El diseño arquitectónico se proyectó vinculando al mismo tiempo la formalidad, funcionalidad y constructividad (noción estructural), es decir, ninguno de los puntos mencionados se concibe por separado. Al mismo tiempo la intervención busca conectarse de forma positiva con la ciudad para constituirse en un elemento que entregue a sus habitantes “el derecho a la ciudad”; con cuyo propósito se desarrollan los siguientes factores:

- La conectividad, en donde el equipamiento se ubica próximo a la vía arterial Salvador Bustamante Celi por la que se moviliza el transporte urbano público, lo que facilita a la ciudadanía acceder al servicio que prestará el inmueble.
- La flexibilidad, que se desarrolla tanto a nivel de edificación como de plaza.
- La adaptación al entorno, que se puede apreciar en el apartado 5.3.1. Estudio de formalidad, y que se afinan en la etapa del estudio solar por simulación.
- Descentralización, aquí se traza la intervención como un elemento que desconecta la oferta de equipamientos que se ubican en el casco histórico para llegar a ser un soporte de los equipamientos que se encuentran en su cercanía.

8.1. Descripción formal

Los aspectos formales de la geometría parten de un estudio por boceto, el cual se describe de forma más detallada en el apartado referido al estudio de formalidad y parametrización de la geometría. El objetivo principal es desarrollar un objeto arquitectónico que responda por completo al contexto. Adicionalmente, en la composición formal se toma en cuenta los criterios de simetría, ritmo y orden que queda representado gráficamente en el plano L01.1.

8.2. Descripción funcional

Los aspectos funcionales son imprescindibles para el diseño arquitectónico y para llegar a ellos se toma en consideración la antropometría. Por ejemplo, para poder modular el área de

exposición, se realiza un análisis del espacio, el cual toma en consideración varios factores como: la distancia para poder observar el máximo tamaño de bastidor, el ángulo de visión óptimo, circulación, etc.

8.3. Descripción estructural

Para resolver la geometría compleja se realizó un análisis estructural en el *software* SAP 200, teniendo como resultado un dimensionamiento de su estructura principal. Este elemento se soluciona en el análisis por simulación S_20, el cual está conformado por 3980 elementos con diferente sección de tubería estructural redonda 106mm IPAC (cabe recalcar que estas especificaciones se pueden encontrar en el mercado local y no se necesita de secciones especiales). Esta geometría en su eje central tiene una luz de 36.2m, con un peralte de 1.2m.

8.4. Planta baja

Esta planta está integrada por dos espacios predominantes que son el área de exposición y la plaza, los que poseen algo en común: la flexibilidad. Para conseguir esta característica se tiene que diseñar de tal manera que en una gran extensión de superficies no existan obstáculos, por consiguiente, en la plaza se trabaja a nivel de piso solo con un cambio de color en la piedra. En los dos casos toda su superficie se desarrolla en un solo nivel.

La plaza se desarrolla en el nivel -0.14, su geometría vista en planta es una repetición de la curvatura del elemento volumétrico en su nivel 0.00, tomándose esta decisión para dar continuidad a la intervención. Con ello la plaza y la edificación están unidas por su geometría. Adicionalmente, los límites de la plaza surgen como una prolongación geométrica de la losa del nivel 0.00, pero su curvatura se va alterando hasta conectarse con la acera.

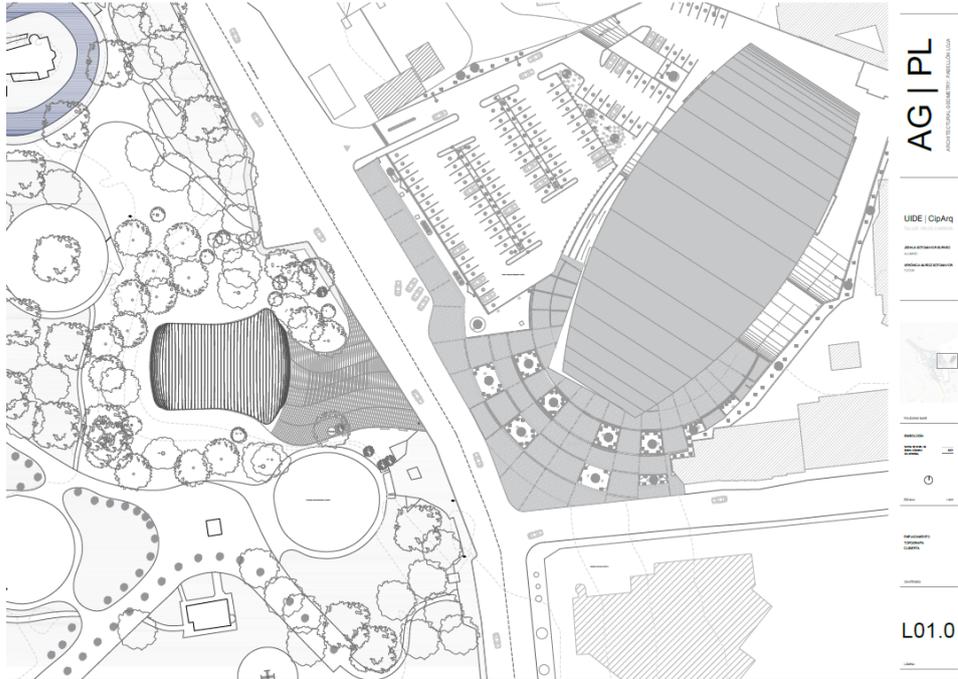
La edificación en PB se desarrolla en el nivel 0.00 pudiéndose apreciar que la misma está dividida en dos: el área de exposición y el grupo de sus espacios servidores. En esta planta se puede observar que la simetría y el ritmo parten de la geometría principal ya que se busca inducir en el usuario la sensación de encontrarse en un ambiente de calma, lo que será reforzado

con dos estrategias adicionales: el aislamiento por parte de la barrera vegetal que le rodea y la superficie frontal que le aísla de forma acústica. Todas estas características aíslan al área de exposición, teniendo como resultado un espacio exterior no invasivo que resulta imprescindible para que la obra artística no pierda el protagonismo.

8.5. Subsuelo

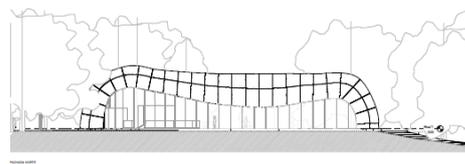
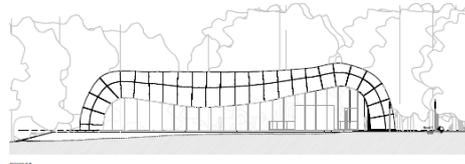
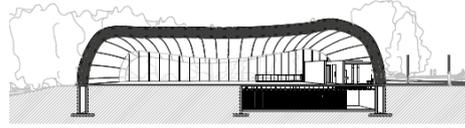
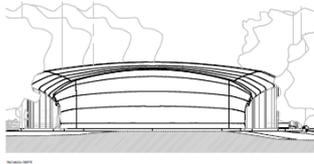
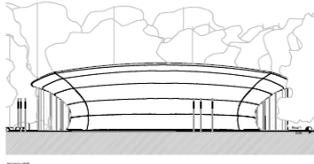
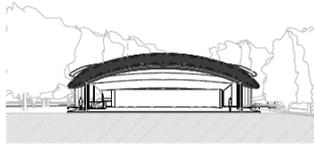
Esta parte de la edificación se desarrolla en el nivel -3.2m en el que se encuentran los espacios de servicio restantes que se ubican en un diferente nivel para que no interfieran en las actividades del área de exposición. La pequeña área administrativa está dividida en dos: la zona de dirección y la de gestión (secretaría, comunicación y diseño, coordinador y almacenamiento). En esta planta encontramos también el área de almacenamiento que cuenta con un archivo vertical para obras pictóricas con una capacidad para 200 obras con el formato máximo de bastidor, así como un área para almacenar las esculturas u objetos varios. Para que las obras sean almacenadas de forma segura se conectan las dos plantas con un montacargas, el cual posee dimensiones para movilizar los formatos de mayor tamaño.

L01.0



Plano 1. Emplazamiento

L01.2



AG | PL
ARQUITECTURA GARCÍA PÉREZ

UIDE | CipArq

PROYECTO DE MAESTRO PLAN

PROYECTO DE MAESTRO PLAN



PROYECTO

MAESTRO PLAN

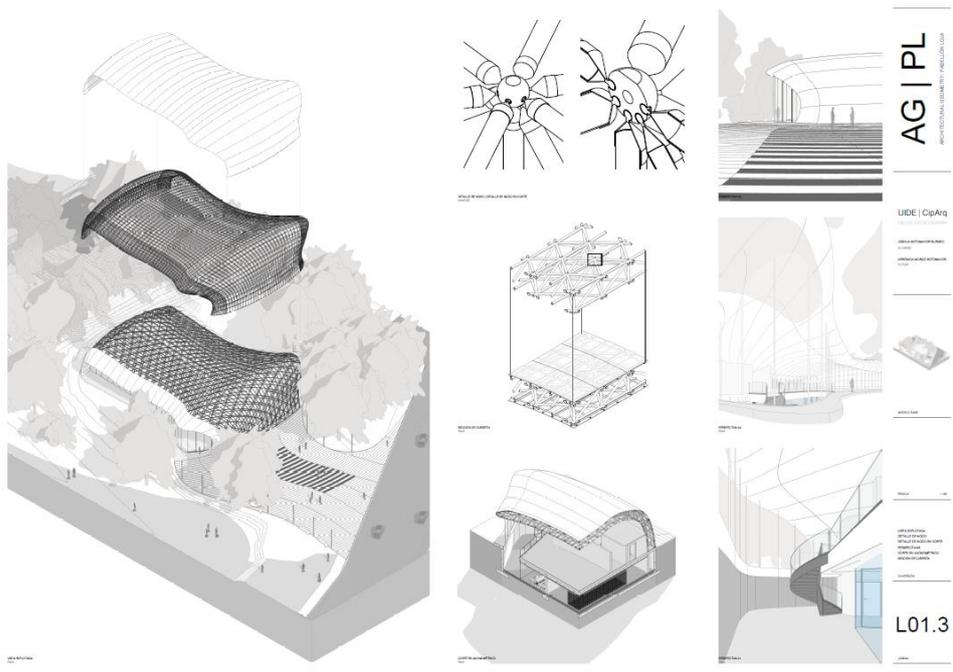
PROYECTO

PROYECTO

L01.2

Plano 3. Fachadas y cortes

L01.3



Plano 4. Estructura explotada, detalles y perspectivas

Conclusiones

El desarrollo de una geometría compleja realizada en un *software* computacional algorítmico es posible gracias a una estructura organizada de algoritmos paramétricos. A esta estructura se le llamó “sistema paramétrico”, la cual permitió generar varias alternativas para resolver diversos puntos del diseño como: resolución geométrica y configuración estructural, adaptación al medio por configuración geométrica, penalización de la envolvente, geometría base, etc. En fin, esta metodología de diseño, permite realizar un modelo no estático, el cual podría ser una geometría compleja o no, pero que responde a las configuraciones de su sistema paramétrico, permitiendo la representación digital de un modelo no estático generado por programación para crear una gran cantidad de elementos de forma automática, lo que facilita el modelado de varios componentes del objeto arquitectónico.

Cabe recalcar que todo su potencial de diseño se pudo evidenciar al crear diferentes propuestas en una cantidad de tiempo muy corta debido a su naturaleza la cual está basada en la sucesión de procesos, lo que permite automatizar la creación de cualquier elemento que pueda traducirse en un algoritmo.

La creación digital del elemento arquitectónico es producto de la aplicación de una herramienta con un potencial muy considerable en el diseño que facilita la experimentación y permite situar al modelo en diversas condiciones.

Finalmente, es importante destacar la experiencia obtenida durante la realización del presente trabajo en cuanto a que el diseño de una geometría compleja requiere ciertas condiciones como por ejemplo tener la capacidad de controlar un *software* que permita generar un modelo digital en 3D preferentemente paramétrico (que en el caso de Dynamo se necesitan conocimientos de programación), todo lo que ha resultado ser un excelente ejercicio para comprender mejor la constructividad de un elemento arquitectónico, o mejor dicho, para entender la importancia y el papel que cumple cada elemento de una geometría no

convencional.

Recomendaciones

- Para resolver una geometría compleja es necesario llegar a un entendimiento de toda la literatura de *architectural geometry* para encontrar diversas metodologías a fin de llegar a una resolución geométrica.
- La creación de un sistema paramétrico puede llegar a un punto en donde la estructura del mismo llega a ser muy extensa, lo que tomará una mayor cantidad de recursos para el computador. Por ende, si la complejidad o extensión del sistema aumenta, se necesitará emplear una mayor cantidad de tiempo lo que puede solucionarse con un computador que posea características de procesamiento mayor a lo convencional.
- Este método de diseño por programación no solo se podría aplicar para geometrías complejas, sino también en geometrías convencionales ya que sin lugar a duda posibilita reducir tiempos por su facilidad de automatizar procesos en donde el límite está en la capacidad de convertir cada acción en un algoritmo.
- Finalmente se sugiere integrar conocimientos de herramientas tecnológicas como el modelado por programación algorítmica en la formación de los profesionales de la arquitectura.

Bibliografía

- Arellano, M. (5 de Mayo de 2019). *16 instalaciones efímeras diseñadas por arquitectas y arquitectos mexicanos*. Obtenido de Plataforma Arquitectura : <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/916061/16-instalaciones-efimeras-disenadas-por-arquitectas-y-arquitectos-mexicanos>
- Ballesteros, J. (24 de Enero de 2013). *Arquitectura paramétrica* . Obtenido de YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=xCjk0Eb7KNo&t=23s>
- Cardoso Llach, D., & Capdevila Werning, R. (10 de Noviembre de 2008). *Arquitectura, diseño y computación*. Obtenido de Revistas unidas: <https://revistas.uniandes.edu.co/doi/pdf/10.18389/dearq4.2009.17>
- Chiarella, M. (2014). SUPERFICIES PARAMÉTRICAS Y ARQUITECTURA: CONCEPTOS, IDEACIÓN Y DESARROLLO. *Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital*, 93-95.
- de Jong, T., & van der Voordt, D. (2002). *WAYS to study and research urban, architectural and technical design*. The Netherlands: DUP Science.
- Domina Dynamo. (13 de Enero de 2017). *Para qué sirve Dynamo [Archivo de vídeo]*. Recuperado el 16 de Junio de 2019, de <https://www.youtube.com/watch?v=GeyHyDuptYY&t=93s>
- Domínguez, L. (2003). *Alvar Aalto: una arquitectura dialógica*. Barcelona, España: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Dynamo BIM. (2016). *Finding the best sound*. Recuperado el 18 de Junio de 2019, de Use case: https://dynamobim.org/home_usecases/use-case-2/
- Dynamo BIM. (s.f.). *The Dynamo Primer*. Obtenido de Dynamo: https://primer.dynamobim.org/01_Introduction/1-1_what_is_visual_programming.html
- Equipo Editorial. (5 de Mayo de 2015). *Primeras imágenes del pabellón de Chile en la Expo Milán 2015*. Recuperado el 26 de Mayo de 2019, de Plataforma Arquitectura: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/766477/primeras-imagenes-del-pabellon-de-chile-en-la-expo-milan-2015>
- Etulain, M. (5 de Mayo de 2019). *Pabellones argentinos a través del tiempo*. Obtenido de Plataforma Arquitectura: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/915890/pabellones-argentinos-a-traves-del-tiempo>
- Fraile, M. (2012). *El nuevo paradigma contemporáneo. Del diseño paramétrico a la morfogénesis digital*. Obtenido de ACADEMIA: https://www.academia.edu/2146376/El_nuevo_paradigma_contempor%C3%A1neo._Del_dise%C3%B1o_param%C3%A9trico_a_la_morfog%C3%A9nesis_digital
- Gallardo Frías, L. (2015). *METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DEL CONTEXTO Aproximación interdisciplinar*. Recuperado el 18 de Junio de 2019, de Universidad Politécnica de Cataluña.
- Gallardo Frías, L. (s.f.). *Metodología de análisis del contexto Aproximación interdisciplinar*. Recuperado el 18 de Junio de 2019, de Universidad Politécnica de Cataluña.
- González Böhme, L. F., Calvo Barentin, C., & Chiarella, M. (2013). *Métodos computacionales en arquitectura: la formación de arquitectos con competencia en CyT*. Obtenido de Comunidad de Investigación en Docencia para Ingeniería y Ciencias: http://cidic.usm.cl/cidic/publicaciones_files/arquitecturausm.pdf
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F.: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

- Joyanes Aguilar, L. (2008). *Fundamentos de programación: algoritmos, estructura de datos y objetos*. Madrid, España: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U.
- La Magna, R., Schleicher, S., & Knippers, J. (2016). Bending-Active Plates. *Advances in Architectural Geometry*, 170-186.
- Marti Arís, C. (2008). *Pabellón y patio, elementos de la arquitectura moderna*. Recuperado el 24 de Mayo de 2019, de Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=341630311002>
- Navarrete, S. (2014). Diseño paramétrico, el gran desafío del siglo XXI. *Centro de estudios en diseño y comunicación*, 63-72.
- Plazola Cisneros, A. (1997). *Enciclopedia de arquitectura* (Vol. 8). México: Plazola Editores.
- Pottman, H., Asperl, A., Hofer, M., & Kilian, A. (2007). *Architectural geometry*. Exton, Pennsylvania USA: Bentley Institute Press.
- Pottmann, H., Eigensatz, M., Vaxman, A., & Wallner, J. (s.f). *Architectural geometry*. Obtenido de <http://brickisland.net/DDGFall2017/wp-content/uploads/2017/09/DDGArchitecturalGeometry.pdf>
- Santibañez, D. (9 de Abril de 2018). *Pabellón de Chile Expo Milán 2015 / Undurraga Devés Arquitectos*. Obtenido de Plataforma Arquitectura: <https://www.archdaily.mx/mx/892049/pabellon-de-chile-expo-milan-2015-undurraga-deves-arquitectos>
- Vergara Monedero, M., & Agost Torres, M. J. (2015). *Antropometría aplicada al diseño de producto*. Castellón de la Plana: Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions, 2015.
- Zayas Fernández, B. (2012). *Evolución de la tipología arquitectónica y caracterización paisajística de los grandes equipamientos urbanos*. Recuperado el 25 de Mayo de 2019, de Repositorio Institucional de la Universidad de Málaga: <https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/6349/EvolucionDeLaTipologiaArquitectonicaYCaracterizaci.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Weather Spark. (s.f.). *El clima promedio en Loja*. Obtenido de Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/y/19339/Clima-promedio-en-Loja-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Wikiversity. (26 de Junio de 2017). *Fundamentos de programación/Programas*. (Wikiversidad, Editor) Recuperado el 20 de Mayo de 2019, de Wikiversity: https://es.wikiversity.org/wiki/Fundamentos_de_programaci%C3%B3n/Programas#cite_note-brookshear2012-2

Anexo 1

El día 19 de julio, aproximadamente a las 18:55, se entrevistó a Santiago Carpio, gestor cultural encargado de la programación “off” en el Festival Internacional de Artes Vivas de Loja. Esta entrevista no estructurada tiene el propósito de obtener información sobre la demanda de espacios culturales en la ciudad.

- EL AUTOR: ¿Tú te encargas de lo que es el Festival Internacional de las Artes Vivas?
- SANTIAGO: A ver, yo renuncié el mes de abril al festival, yo fui el director de la programación “off”, la programación gratuita que hace el Municipio, la que se une con la programación “in”, que es la gran programación del festival internacional, es decir, las dos programaciones la “in” y la “off” se funden, se hacen una sola y es el gran Festival Internacional de las Artes Vivas. Entonces yo me encargué durante la edición 2016, 2017 y 2018 de ser el director de la programación “off” que es todo lo que tu veías que pasaba en las calles, lo gratuito, los microteatros en los bares, danza, música, literatura, exposiciones, decoración de la ciudad, todo eso estuvo a mi cargo durante esos tres años. Yo renuncio por el tema del cambio de alcaldía, me parecía justo que si ellos querían poner a otra persona estaban en toda la libertad de hacerlo y aparte porque yo no radico acá, yo paso en Guayaquil, tengo siempre mis proyectos con Ecuavisa que es el canal donde yo trabajo, y bueno, así es, efectivamente sigo grabando allá, entonces durante estos tres años lo que hice fue darle forma al festival. Cuando yo recibí la llamada del doctor José Bolívar Castillo, alcalde de aquel entonces, lo que quería obviamente era que el “off” arrancara antes, es como una previa para calentar la ciudad, para tenerla lista, para tenerla preparada y obviamente cuando ya llegan los grupos nacionales e internacionales la ciudad ya esté en un ambiente de festival donde todo es gratuito,

obviamente los grupos ganan un pago que lo subvenciona el Municipio y otra parte que aporta el Ministerio de Cultura. El último año ya hubo auspicios de marcas, de empresas que permitieron que el festival creciera un poco más. Entonces todos estos grupos lo que hacen es postular a través de una convocatoria y lo mejor pasa por un filtro hasta llegar a armarse la programación.

- EL AUTOR: El tema de mi trabajo en el cual me está guiando mi tutora Vero es el diseño de un pabellón, entonces lo que yo estoy buscando es si tal vez ha llegado a haber algún inconveniente o quizás tú pensaste en algún tipo de espacio que no estaba disponible aquí en la ciudad como por ejemplo los museos que tal vez tenían limitaciones con respecto a las dimensiones o algún tipo de proyección que ya es más complicada de colocar.
- SANTIAGO: Sí, mira, yo desde que vi el referente del festival nuestro, que es el Festival de Aviñón, en el cual hay pabellones y carpas que permiten adaptarte a cualquier espectáculo, lo que hice para no complicarme en estas ediciones hasta que realmente haya un recurso y la ciudad se enamore del festival y empiecen a haber estas cosas, como que tu trabajo de investigación sea referente para el festival, lo que hacíamos era traer cosas que se adapten a los espacios y no necesariamente que el espacio haya que adaptarlo a lo que escojamos. Este año íbamos a tener este reto si yo seguía, pensaba traer cosas un poco más llamativas en ese sentido, donde la parte arquitectónica fuera muy importante, incluso teníamos una propuesta de un estudiante que estaba por graduarse de la UTPL que todo se enfocaba en que el festival pudiera tener espacios arquitectónicos, o sea integrar la arquitectura al festival, integrar estas cosas viejas y hacerles intervenciones y cosas creativas que puedan generar ustedes como arquitectos o diseñadores. Para la parte de escenario es muy importante que nosotros tengamos

lo requerimientos técnicos que necesita el artista y esa ayuda puede generar también la posibilidad de construir un pabellón exclusivamente para algo, no solamente de algo teatral, dancístico o circense, sino también de muestras de diversos *performances* que existen a nivel del arte. Siempre hemos querido guindar cosas, nuestra imaginación vuela mucho en el festival, entonces es muy importante recibir las propuestas, en este caso de los profesionales, que son quienes pueden traernos como tú dices cosas mucho más técnicas que nos puedan servir y adaptarlas al festival.

- EL AUTOR: Quería mostrarte unos ejemplos: mi tesis va enfocada al diseño de un pabellón y en el pabellón lo que más importa en este caso sería la geometría y prácticamente crear estos espacios donde la contemplación es algo muy importante y a la vez ofrece un elemento icónico a la ciudad, aunque en la parte interior lo que se busca es integrar las actividades culturales para que sean complementarias a todo el festival y puedan servir además para otros eventos de gran importancia, entonces aquí ponía unos ejemplos donde la geometría es algo muy importante y prácticamente aquí se puede disponer de un espacio bastante amplio para poder adaptar el mismo espacio a cualquier actividad, pero yo no sabía si requerían de algún espacio específico que tal vez fue uno de los problemas que tuviste.
- SANTIAGO: Sí, lo que más nos hace falta son espacios para exposiciones de artes plásticas, como tú dices los museos ya estaban previstos, por ejemplo el Museo del Banco Central se prestaba para ciertas cosas, pero no había cómo poner clavos o atornillar nada, porque es patrimonio y entró en remodelación justo los dos primeros años del festival lo cual fue malo para nosotros, entonces a partir de ahí empezamos a encontrar otros espacios, otras casas, el año pasado se abrió un casa junto a la Fiscalía que se llama la Casa Encantada, es una casa antigua que

restauraron y allí pusimos cosas, la Gobernación también nos facilitó un espacio, el Museo de las Madres Conceptas también, pero en general para movilizar a la gente a un espacio que se vuelva icónico tiene que pasar un buen tiempo para que el impacto sea grande, porque también nos ofrecían el Parque Eólico, pero el problema es que hasta allá la gente no va a subir si realmente no le muestras algo impactante. Entonces yo creo que lo que podría funcionar en el festival, sobre todo en la parte “off”, es un espacio que sea o bien cerrado o atractivo exteriormente como lo que tú me estás mostrando, que geométricamente pueda ofrecernos algo que nos permita a nosotros ver qué podemos poner adentro, si me sirve para poner algo de microteatro, de expresión corporal, o para diversos *performances*, pues hay diversidad absoluta en ese sentido, o que me sirva como un espacio netamente de sala de exposiciones porque vi que también tienes como una foto final, también algo exterior, entonces sería algo chévere poder ocupar esos espacios. Lo bonito que tiene el “off” es el uso del espacio público como lienzo o escenario teatral, el año pasado yo veía el paredón del Convento de las Madres Conceptas y me dije: ¡Aquí quiero poner las fotos gigantes! Y eso fue lo que puse, tu viste también la calle 24 de Mayo, yo me dije: ¡Quiero vestir a todos los árboles!, y eso fue lo que hice, o sea yo camino por la ciudad y veo un espacio muerto en la ciudad que tal vez nadie lo vea como un espacio artístico y a mí me vuela la cabeza. Hay una pared detrás de la Iglesia San Francisco en la calle Bernardo Valdivieso, que es el espaldar del retablo de la iglesia y en esa pared este año quería hacer algo porque es un paredón enorme que nadie le presta atención, o sea buscarle al espacio público ese uso, por ejemplo a una plaza muerta que tal vez no tiene nada y puedes proponer al Municipio hacer algo arquitectónicamente atractivo que aparte tenga incidencia en el festival, creo que es un puntazo a tu favor, porque es lo que más impacta en

el festival “off” sobre todo, el “in” ya sabes que es dentro de los teatros y podrías hacer una estructura teatral, que este espacio que tú piensas diseñar independientemente del impacto visual exterior, pueda funcionar para que se adapte a talleres de teatro, a *performances*, tienes por ejemplo el teatro griego que posee todo el graderío hacia abajo y no necesitas ponerles proscenio ni escenario porque tú pones el graderío adaptable como los coliseos romanos, entonces tienes esa diversidad de aportes que le puedes brindar directamente al festival. A veces se diseña algo lindo y el director adapta eso a lo que se le ocurra, porque puedes decir: “Yo no tengo ningún objetivo claro con esto, mi intención es que sirva para el arte”. Tu propuesta puede quedar abierta, porque como el festival es una vez al año tienes otros nueve, diez meses para hacer más cosas, entonces es muy chévere que eso sea multiuso porque dices: “Esto lo pueden transformar en lo que les dé la gana”. Y esa es la magia que tiene el que puedas fundir la arquitectura y tengas una mente creativa para que ocurra algo en ese espacio, o ¿sabes qué?, a lo mejor solo pones luces y música y los pilares iluminan y la música te lleva por pasillos y pasillos, o sea puedes jugar con miles de cosas.

- EL AUTOR: El lugar en el cual estoy haciendo la propuesta es justo frente al Teatro Nacional Benjamín Carrión, estoy tomando una sección del Parque Jipiro y conjugando este elemento arquitectónico con la naturaleza para reflejar esa diversidad que tiene la ciudad y al mismo tiempo intentar conectar este espacio cultural que funcionaría ahí pero que se puede complementar.
- SANTIAGO: Algo que se me ocurre escuchándote es que hay una meta que tuvo el último director (Roberto Sánchez), él soñaba con un tipo de museo-biblioteca del festival en el que existiera un área de videoteca donde puedas ver en videos lo que se vivió en el festival: los grupos, fotos, también libros, porque muchos de los

artistas que vienen de afuera escriben obras de teatro y te traen y regalan los libros, entonces tu puedes poner un área de biblioteca y poner un área de exposiciones de los vestuarios, a esa compañía se le pide el vestuario y se lo coloca como exposición, tú puedes tener una especie de sala de exposiciones del festival y donde tengas toda la historia y ver cómo evoluciona, donde hayan datos estadísticos del festival, eso realmente puede servir muchísimo.

- EL AUTOR: Hace tiempo visité un lugar en el cual se realizaban exposiciones y me pareció bastante agradable, porque aunque aquí está en un plano rectangular pero lo que ellos tenían diseñado es un espacio con formas triangulares, todo respondía a un recorrido y mostraba la cultura de un tiempo tal, y creo que lo más importante es la contemplación que puede generar esta nueva geometría.
- SANTIAGO: Claro, depende de cómo lo cuentes, tú puedes tener un cuadro lleno de fotos del festival, de miles de formas y eso es mágico, depende mucho lo que puedas mostrar del material que tengas, ver cómo son los dos festivales, qué ocurre en las salas y qué de diferente tiene la magia del “off”, por qué causa tanto impacto el festival en la gente, el tema de la tiza, cómo se volvió un ícono el hecho de volver a dibujar con tiza y carbón las calles, la iluminación monumental, toda esa explicación que puedas generarle a esos espacios, desde qué genera y significa el logotipo. O sea, tienes miles de maneras, qué grupos han venido, qué grupos de impacto, qué han dicho, recortes de periódicos, etc.
- EL AUTOR: ¿Y tal vez tuviste algún inconveniente, o sea, aparte de esto de ir modificando, por ejemplo, con lo que no podías modificar como los teatros?
- SANTIAGO: Claro, ahora que ustedes están diseñando con tanta tecnología depende mucho del material con el cual vayas a construir, yo mismo te digo que el artista muchas veces se adapta al espacio, no es necesario que le des todo porque

no sabes qué se puede presentar, puedes darle cosas puntuales, lineales, que tú sepas que un teatro necesita o que un teatro pueda necesitar, la parte sonora es muy importante, la acústica, pero la parte técnica manda mucho porque si el techo no me permite colgar una estructura de luces es terrible porque no puedes hacer nada, el teatro es luz y entonces puedes pensar en el tema de los materiales, claro, te hablo de espacios viejos que son de abobe o de bareque todavía, o que tienen tapia, o sea, no soportan, pero puedes poner una estructura metálica como la de esta biblioteca que me mostraste, que puedes colgar lo que sea, puedes pensar en función del material.

- EL AUTOR: ¿Y cuáles son las obras que tuvieron más complicación?
- SANTIAGO: Las más difíciles de montar son las de microteatro, porque como se las hace en bares y restaurantes, es difícil encontrar un bar o restaurante que tenga un barilla de luces, es posible que sea una casa vieja adaptada a bar y en caso de las exposiciones itinerantes también, todos los museos son de bareque, tapia y adobe. En la Puerta de la Ciudad tal vez, pero ahí hay limitaciones. Esas son las cosas que complican, el “off” tiene componentes, tiene teatro de calle, microteatro, circo, magia, exposiciones itinerantes, danza, música y funciones didácticas que son por lo general para los niños y los jóvenes.

Anexo 2

La segunda entrevista no estructurada tiene el propósito de obtener información sobre la demanda de espacios culturales en la ciudad de Loja. En este caso se entrevistó a Diego González, artista, docente e investigador en la Facultad de Arte y Diseño de la Universidad Técnica Particular de Loja, la entrevista se realizó el día 27 de septiembre, aproximadamente a las 15:10 horas.

- (...)
- DIEGO: La exposición no tiene que interferir con la visita de quien va a verla, o sea, tiene que estar a un lado, sino te interrumpe la experiencia de mirar, la experiencia estética, te rompe la situación y también necesitas un baño, por lo general no pasan muchas personas, pasa uno, pasan dos, no he visto mucha gente en las galerías privadas, en las galerías públicas sí te encuentras más sobre todo cuando se trata de una institución que ya tiene un poco de renombre. Por lo general está el director de la galería, suele haber además personal como museógrafo, restaurador, personal de limpieza, guardia y alguien más, alguien que se encargue de la alianza, entonces tienes ahí a un *staff* de unas cuatro o cinco personas.
- EL AUTOR: Claro, porque estaba viendo cómo funcionaban las galerías, pero ya un museo es demasiado porque ahí intervienen bastantes disciplinas, ya que como tú dijiste un museógrafo tiene que ir dialogando con el arquitecto para controlar la cantidad de luz, el tipo de luz.
- DIEGO: Sí, en el museo está el museólogo, el museólogo es uno y puede ser o compartir las funciones del mismo director, pero por lo general hay museólogo, museógrafo y a veces hay más de uno, por ejemplo dos o tres museógrafos, los restauradores dos o tres, está por ejemplo el que se encarga de la publicidad del

diseño, del *marketing*, incluso hay un diseñador concreto, y también hay un director del área de diseño y hay un diseñador propiamente que es el operativo, está también por ejemplo un documentalista, incluso tienen un área de investigación que están haciendo trabajos paralelos, por ejemplo, los que hacen mediación con el público, entonces ellos tienen un programa de guías, de mediación permanente cuando hay exposiciones arman discursos para las escuelas, cómo los introducen al contenido de la exposición, entonces un museo es más complejo. Pero en una galería promedio particular, tal vez tengas que reducir el personal a lo mínimo: un director, una secretaria que puede cumplir diferentes funciones, y tal vez un guardia de seguridad, también necesitan espacio para guardar sus cosas, y necesitas un lugar para las cosas de ellos, para tomarse un café, pero los grandes espacios que son importantes son el espacio para la exposición y el de la bodega, depende también qué alcance tiene la galería, si la galería se dedica a impartir talleres necesitas un espacio, un miniauditorio digamos, un espacio para abrir algún taller, por ejemplo los artistas o la misma galería organizan un conversatorio, una conferencia, entonces no se necesitan del espacio para ver los cuadros, sino un auditorio. Por ahí podría estar el alcance de las galerías.

- EL AUTOR: Claro, estaba pensando más en un alcance de carácter urbano, para toda la ciudad, porque no hay espacios disponibles para hacer una exposición que tenga que abordar más allá de los problemas que se han tenido actualmente, me mencionaban que no pueden clavar en ningún elemento patrimonial, no hay cómo colgar o llevar elementos demasiado pesados, entonces habría demasiados problemas en lo que se refiere a las exposiciones de arte.
- DIEGO: Claro, si ya estás mirando en esa dirección yo te invitaría a que revises por ejemplo las páginas del CAC de Quito, de Cuenca y la otra del MAC de Guayaquil,

esos son los referentes de las galerías públicas, entonces por ejemplo si te metes a la página del CAC de Quito te muestra en la parte que dice equipo que están: director, documentalista, museógrafo, investigador, etc. Y claro es un edificio grandote, es una restauración del antiguo hospital militar, tiene un montón de espacios de exposición.

- EL AUTOR: Yo cuando fui a Quito solo pude estar cerca del Parque El Ejido.
- DIEGO: ¿En la Casa de la Cultura?
- EL AUTOR: En la Casa de la Cultura yo estuve viendo el Museo Nacional.
- DIEGO: Es bueno también, pero si te diste cuenta el asunto es bien simple, o sea, es el área de exposición y la parte administrativa, como dos áreas. Ahora en función de lo grande que sea y de los funcionarios, el espacio se compartimenta, entonces el área administrativa se convierte en el director, el museógrafo, el documentalista, el área de archivo, el área de comunicación. Claro, en este tipo de organizaciones que son más grande necesitas más espacio. Si tú lo piensas para la ciudad, sobre todo pensando en el caso de Loja, si quieres abrir un poquito más la cosa, sí puede ser que por lo menos algunas funciones, por ejemplo el director, secretaria, contabilidad puede a veces ser la misma persona, pero por lo general tienen que ser personas distintas, una se encarga de unos asuntos y la otra de las cuentas. Y luego está museógrafo, un restaurador, alguien que se encargue del archivo y el área de investigación, todo eso debería haber como algo básico y físicamente lo que te mencionaba: un área de recepción que esté atada a la zona administrativa, una pequeña sala de estar, de atención a la gente, la gran área de exposición, que pueden ser diversas según el tipo de edificio que puede tener diferentes plantas, pueden ser extensas, tener ciertas alturas, con ventilación, con servicios de iluminación, electricidad, puntos de luz distintos, que puedas colgar cosas pesadas desde el

techo, y la zona de bodega que puede ser dividida y donde en una parte puedas poner obras y en otra poner utilería, los módulos para las exposiciones, paneles, etc.

- EL AUTOR: ¿El restaurador necesita un área específica solo para realizar esta actividad?
- DIEGO: Cuando hay restauración sí se necesita un espacio, tiene que tener condiciones muy controladas de humedad, de ventilación, de iluminación, lugares en donde guardas las obras, por ejemplo, si se trata en una galería y es una galería completamente de arte, solo guardan obras de arte, entonces se trata de pinturas, esculturas y objetos, necesitas espacios, mesas, a veces se cogen por ejemplo cuadros y se los coloca sobre mesas, entonces sucede que el cuadro enorme que está en una pared lo tienes que colocar en una mesa igual de enorme y ahí necesitas lo que puede haber en un laboratorio: mesón, grifos, un lugar en donde guardes implementos líquidos, etc. Cosas así necesitas tener y el otro espacio de la reserva que te decía en donde guardar las obras, es necesario que sea algo en donde puedas tenerlas como en un archivo, que puedas sacarlas, ponerlas, llevarlas, a veces cuando son grandes necesitas un área y esa área preferiblemente tiene que estar separada del acceso principal, que pueda tener un acceso como área de servicio donde se pueda acceder con las obras para guardarlas en la bodega sin que tengas que atravesar por medio de la galería, entonces con esta galería de la que te hablé no sucede esto, porque tiene un solo acceso, yo me imagino que si van a guardar algo no van a hacer coincidir la inauguración de una exposición con ese tipo de cosas, por tanto, depende de cómo se gestione el espacio, si yo voy a hacer actividades de carga pues no las puedo hacer durante los días que estoy con atención al público, tengo unas horas completas para poder movilizar y llevar cosas, en fin,

ya te digo depende del espacio, pero si tú vas a diseñar al espacio y vas a considerar esas cosas sí necesitas que haya una zona de descarga, un parqueadero donde puedan llegar las obras o se puedan descargar, a veces llega una exposición entera y si el espacio de exposición es grande llegan obras enormes en camión, entonces necesitas un espacio para la descarga, ya depende de cuán grande es el área que dispongas en este proyecto.