



**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD CONSTRUCTIVA PARA EDIFICIOS
EN ALTURA CON MADERA EN QUITO 2023**

**Jonathan Morales
Doménica Novoa**

Morales, T. Jonathan, P en conjunto con Novoa, C, Domenica, J. (2023).

Estudio de factibilidad constructiva para edificios en altura con madera en Quito 2023.

Universidad Indoamérica - Quito



**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE ARQUITECTURA**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD CONSTRUCTIVA PARA EDIFICIOS
EN ALTURA CON MADERA EN QUITO 2023.**

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de
Arquitecto

Autore(s)

Morales Tamayo Jonathan Paul
Novoa Carrillo Domenica Josseth

Tutor(a)

Ing. Jorge Ponce Tamayo

QUITO - ECUADOR
2023

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN

Yo, MORALES TAMAYO JONATHAN PAUL Y NOVOA CARRILLO DOMENICA JOSSETH, declaramos ser autores del Trabajo de Titulación con el nombre "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD CONSTRUCTIVA PARA EDIFICIOS EN ALTURA CON MADERA EN QUITO 2023". como requisito para optar al grado de Arquitecto y autorizo al sistema de Biblioteca de la Universidad Indoamerica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deba firmar convenios especificos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Quito, a los 10 días del mes de Agosto de 2023, firmamos conforme:



.....
MORALES TAMAYO JONATHAN PAUL
C.I. 1723585400
Dirección: Balzapamba S10-519, La Magdalena
Correo: jhon.albox13@gmail.com



.....
NOVOA CARRILLO DOMENICA JOSSETH
C.I. 1727373019
Dirección: Acuria y Reino de quito, Belorizonte 1
Correo: jossethcarrillo@gmail.com

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaramos que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Arquitecto, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 10 de Agosto de 2023



.....
MORALES TAMAYO JONATHAN PAUL
C.I. 1723585400



.....
NOVOA CARRILLO DOMENICA JOSSETH
C.I. 1727373019

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD CONSTRUCTIVA PARA EDIFICIOS EN ALTURA CON MADERA EN QUITO 2023” presentado por MORALES TAMAYO JONATHAN PAUL y NOVOA CARRILLO DOMENICA JOSSETH para optar por los títulos de Arquitectos., CERTIFICO Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 10 de Agosto de 2023

.....
ING.PONCE TAMAYO JORGE
C.I. 1757008436

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado sobre el Tema: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD CONSTRUCTIVA PARA EDIFICIOS EN ALTURA CON MADERA EN QUITO 2023, previo a la obtención del Título de Arquitecto, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de integración curricular.

Quito, 10 de Agosto de 2023

.....
ARQ. DANIELA ORTIZ MSC.
TUTOR
C.I. 1718785676

.....
ARQ. JUAN JOSE CASTRO MSC.
TUTOR
C.I. 1719954354

DEDICATORIAS

Quiero dedicar este proyecto en especial a mi familia en especial a mi madre, Lilia Germania de Jesús Tamayo Jaramillo, quien a sido el pilar fundamental y mi inspiración para culminar mi carrera, a mi novia y en especial a mis profesores de la universidad ya que, por ellos llegue a amar mucho más la carrera y a entender lo importante y la responsabilidad que representa convertirse en un excelente arquitecto y mejor aún en una mejor persona.

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar las gracias a Dios y a mis padres Fabían Morales y Germania Tamayo, por darme este regalo tan preciado que es la vida, por creer en mí y en mis habilidades sin importar los problemas durante este camino, por ser mi modelo a seguir e inspiración. Gracias a mis hermanos por su cariño y apoyo, por siempre estar ahí, ya sea a la distancia y por sus consejos. Gracias a mi novia Maria Elena Torres por su apoyo incondicional, por confiar en mí, por estar a mi lado en todo momento, por su aliento y fortaleza durante las etapas difíciles de la vida. Gracias a todos los que participaron en esta hermosa carrera, a mis profesores, compañeros y amigos, por hacer más emocionante este camino.

Agradezco también a mi compañera Doménica Novoa por ser parte de este logro, a mis amigos y colegas por ayuda que me ofrecieron dentro y fuera de la universidad. Finalmente quiero dar gracias a mi Tutor Jorge Ponce quien me supo guiar y apoyar, le considero un gran docente, profesional y una gran persona siempre estaremos agradecidos por todos sus conocimientos.

DEDICATORIAS

Quiero dedicar este proyecto a mi madre Sandra Carrillo, ella ha sido la razón de mi vida, por su bendición cada mañana, sus consejos, su paciencia y el amor incondicional que me da. Tu apoyo y admiración por mi trabajo ha sido mi mayor motivación para culminar la carrera, te amo.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco a mi mamá Sandra Carrillo por el apoyo incondicional que me brindado, la motivación y su ayuda económica para poder lograr mis metas de acabar la carrera de arquitectura, a mis abuelos Mario Carrillo y Guadalupe Rivadeneira por la ayuda brindada emocional y económicamente cuando lo necesitaba.

También quiero agradecer a mi compañero de tesis Jonathan Morales por el apoyo y la amistad brindada en todo este proceso, a mis amigos y colegas por ayuda que me ofrecieron dentro y fuera de la universidad.

Finalmente quiero dar gracias a mi Tutor Jorge Ponce quien me ha apoyado en el proceso, le considero un gran docente, profesional y una gran calidad de persona.

RESUMEN EJECUTIVO

Los niveles de CO2 en la producción de materiales tradicionales para la construcción han aumentado en los últimos años. Con las construcciones unifamiliares, se han incrementado los gases invernaderos, expansión de las construcciones hacia las afueras de la ciudad, así como la fabricación del acero y el hormigón. Por esta razón, la posibilidad de que se desencadene o mantenga el desarrollo innecesario de la ciudad hacia las afueras es muy elevada.

En este sentido, se ha realizado un trabajo bibliográfico que pretendió indagar en la importancia de los edificios en altura con estructura de madera para aglomerar y tener construcciones amigables con el medio ambiente. En primer lugar, se buscó la definición de sostenibilidad, que es un edificio en altura de madera en diferentes investigaciones y opiniones de distintos autores, sobre la madera laminada, contra laminada y la normativa de construcción del Ecuador para estructuras con madera, en base a la NEC. De la misma manera se buscó revisar dos referentes con distintas soluciones estructurales de madera.

Se realizaron dos proyectos introduciendo las diferentes estructuras de madera de los referentes ya mencionados y se identificaron los pros y contras de introducir este tipo de construcciones al Ecuador. Entre las ventajas, se tiene que este tipo de estructuras es ideal para terrenos sísmicos, además del poco porcentaje de CO2 que produce; sus desventajas serían que en el Ecuador aún no se industrializa las estructuras en madera, por lo que sus precios son elevados. Realizado finalmente una comparativa de estos dos edificios para verificar su factibilidad.

DESCRIPTORES: Edificios, estructuras, madera, sostenibilidad.

ABSTRACT

CO2 levels in the production of traditional building materials have increased in recent years. With single-family construction, greenhouse gases have increased, and the constructions have moved towards the outskirts of the city, as well as the manufacture of steel and concrete. For this reason, the possibility of triggering or maintaining the unnecessary development of the city towards the outskirts is very high.

In this sense, a bibliographical work has been carried out that sought to investigate the importance of tall buildings with a wooden structure to agglomerate and have environmentally friendly constructions.

The first step was to establish the definition of sustainability, which is a structure made of wood based on different studies and opinions of various authors on laminated, cross-laminated wood and the construction regulations of Ecuador for wooden structures, based on the NEC. In the same way, we sought to review two references with different structural solutions of wood.

Two projects were conducted to introduce the various wooden structures mentioned in the references, and the pros and cons of introducing this type of construction to Ecuador were analyzed. This structure is ideal for earthquakes due to its low CO2 production and advantages. Its disadvantages would be that in Ecuador wood structures are not yet industrialized, so their prices are high. Finally, a comparison of these two buildings was made to verify their feasibility.

KEYWORDS: Buildings, structures, wood, sustainability.

ÍNDICE CONTENIDOS

1. ETAPA 1 • Conocimiento Previo

Introducción al problema de estudio.....	18
Justificación	20
Objetivos.....	22
-Objetivo general.....	22
-Objetivos específicos.....	22
Fundamentación teórica	23
-Sostenibilidad y edificios en altura	23
-Eficiencia en edificios en altura mediante la sostenibilidad.....	24
-¿Cómo se define a un edificio en altura hecho con madera?.....	26
-Madera laminada.....	27
-Normativa	33
-Estudios de Caso.....	36

2. ETAPA 2 • Recopilación de datos

Información General.....	42
Introducción de la Metodología.....	42
Levantamiento de Datos.....	44-47
Comparativa	48
-Referentes	48-49
-Diagnóstico Físico	51
-Conclusiones comarativa	53
2.1. Análisis de Sitio.....	54

3. ETAPA 3• Propuesta de Aplicación

Propuesta 1	62-74
Propuesta 2.....	75-90
Visualizaciones Propuesta 1	91-98
Visualizaciones Propuesta 2	99-104
Conclusiones y Recomendaciones	105
Referencias Bibliográficas	106

ÍNDICE FIGURAS

Fig.1. Sostenibilidad y edificaciones amigables.....	23
Fig.2.Eficiencia Sostenible en altura.....	24
Fig.3. Optimización de recursos.....	25
Fig.4. Pagoda Horyu-Ji.....	26
Fig.5. Interior del edificio Forest Products Lab en construcción.....	27
Fig.6. Muestra un Ley-Out de una fábrica de madera laminada.	29
Fig.7. Madera laminada encolada.....	29
Fig.8. Madera laminada cruzada.....	31
Fig.9. Madera laminada clavada.....	32
Fig.10. Edificio Tamango.....	36
Fig.11. Sistema FFTT.....	38
Fig.12. Edificio de Altura de madera Crédito: Acton Ostry Architects.....	39
Fig.13. Espacios comunitarios edificio Brock Commons.....	40
Fig.14. Unión de columnas en 3d.....	40
Fig.15.Cuadro Metodológico	41
Fig.16. Resultados de Encuestas	45
Fig.17. Viviendas en madera	47
Fig.18. Estructura de madera vivienda	47
Fig.19. Referente Brock Commons	48
Fig.20. Madera Laminada	48
Fig.21. Madera Contralaminada	48
Fig.22. Unión de vigas con columnas en madera	49
Fig.23. Madera Contrachapada.....	49

Fig.24. Localización del Proyecto.....	54
Fig.25. Economía en la Ciudad de Quito	54
Fig.26. Inseguridad Calderón.....	56
Fig.27. Áreas Recreativas Calderón.....	56
Fig.28. Comercio Informal Calderón.....	56
Fig.29. Mapeo de Calderón Socio Cultural.....	57
Fig.30. Análisis De Transporte y Movilidad	58
Fig.31. Ubicación del sitio de intervención.....	59
Fig.32. Accesibilidad y movilidad del sector.....	59
Fig.33. Accesibilidad y movilidad del sector.....	59
Fig.34. . Paradas y rutas de transporte público Calderón.....	59
Fig.35. Análisis de características del predio de intervención.....	60
Fig.36. Vegetación del lugar	60
Fig.37. Levedad Arquitectónica.....	62
Fig.38. Planta Subsuelo arquitectónico.....	64
Fig.39. Planta Baja Torre	65
Fig.40. Planta tipo 1,2,3.....	66
Fig.41. Corte Arquitectónico.....	67
Fig.42. Corte Arquitectónico gradas.....	68
Fig.43. Fachada Ilustrada	69
Fig.44. Detalles de Uniones Viga a Columna	70
Fig.45. Detalle de placas de unión e isometría de piso.....	71
Fig.46. Detalles de Pisos	72
Fig.47. Detalle de Entrepiso.....	73
Fig.48. Detalle Planta Estructural.....	74
Fig.49. Planta Baja propuesta 2	75
Fig.50. Recepción y seguridad del edificio.....	76

Fig.51.Plantabaja recepci3ny seguridad.....	77
Fig.52. Planta Vivienda temporal Estudiantes 2.....	78
Fig.53. Planta Cafe , Recepci3n	79
Fig.54. CiPlanta Vivienda Temporal Turistas	80
Fig.55. Planta Vivienda Temporal Turistas 2.....	81
Fig.56. Vivienda Temporal Estudiantes 2	82
Fig.57. Vivienda Permanente Familiar 2	83
Fig.58. Vivienda Permanente Familiar 1.....	84
Fig.59.Corte Transversal Edificio	85
Fig.60. Fachada Principal del Edificio	86
Fig.61.Detalle de Uniones de Viga Columna.....	87
Fig.62. Detalles de Cimentaciones	88
Fig.63. Detalle de Conexi3n de Columna a Losa.....	89
Fig.64. Plano de cimentaci3n.....	90
Fig.65. Perspectiva desde la plaza.....	91
Fig.66. Perspectivas desde la plaza.....	92
Fig.67. Vista Frontal de d3a.....	93
Fig.68. Vista Frontal Noche.....	94
Fig.69. Perspectiva nocturna desde la plaza.....	95
Fig.70. Vista desde la terraza.....	96
Fig.71. Vista interior del departamento.....	97
Fig.72. Vista interior del departamento.....	98
Fig.73. Perspectiva de la Edificaci3n.....	99
Fig.74. Vista Frontal de la Edificaci3n.....	100
Fig.75. Perspectiva de la Edificaci3n	101
Fig.76. Vista Frontal de la Edificaci3n.....	102
Fig.77. Perspectiva Nocturna de la Edificaci3n.....	103
Fig.78. Vista interior del departamento.....	104

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Consumo de energía primaria para la construcción.....	18
Tabla 2. Consumo de energía viviendas medianeras.....	18
Tabla 3. Porcentaje de construcción de las diferentes regiones del Ecuador.....	20
Tabla 4. Resumen de los ensayos físicos para el control diario de la producción....	28
Tabla 5. Ventajas de la utilización de madera.....	28
Tabla 6. Clases resistentes de madera laminada encolada homogénea.....	30
Tabla 7. Clases resistentes de madera laminada encolada combinada.....	30
Tabla 8. Resultados de ensayo de flexión estética fuera del plano.....	31
Tabla 9. Resultados de ensayo de compresión paralela al plano.....	31
Tabla 10. Resultados de ensayo de compresión perpendicular al plano.....	31
Tabla 11. Resultados de ensayo de esfuerzo cortante.....	31
Tabla 12. Resistencia al fuego del CLT con diferentes capas de yeso.....	32
Tabla 13. Esfuerzos admisibles para la madera (MPa).....	34
Tabla 14. Modulo de elasticidad para la madera (MPa).....	34
Tabla 15. Tabla de Total entre el año 2001 y 2010 Calderón.....	57
Tabla 16. Unión de columnas en 3d.....	58

ETAPA 1
CONOCIMIENTO PREVIO

Introducción al Problema de Estudio

Las poblaciones están aumentando y, desde una perspectiva local, esto podría conducir a la escasez de suelo urbano, lo que complicaría el desarrollo urbano ya en expansión, ya que las ciudades superan en número a las zonas rurales para 2050, creando áreas residenciales que ya se ven principalmente en edificios de gran altura. Sin embargo, esta tendencia creciente tendrá un impacto negativo en el medio ambiente. Se estima que la industria de la construcción es responsable de un tercio de las emisiones totales de gases de efecto invernadero del mundo, a través del uso de combustibles fósiles durante la fase de construcción. (CSCE, Vancouver, BC, 2017).

La industria, el consumismo y capitalismo son problemas que afectan al medio ambiente en el área de la construcción de edificios, ya que dejan un alto porcentaje de residuos sólidos, especialmente las edificaciones en acero y hormigón. Fernández M., en su investigación compara el ahorro energético de la madera contralaminada, el acero y el hormigón; teniendo un 25% de ahorro de la madera con respecto al hormigón y un 41% con el acero. También muestra la cantidad de energía primaria que se utiliza en el proceso de construcción en edificios unifamiliares y medianeras, donde el acero obtiene el valor mayor y la madera los valores mas bajos. (Gasca M., 2021).

ASOSEM (2019) indica que “En las Américas, las regiones con mayor consumo de concreto para la construcción en 2018 fueron América del Norte y del Sur, que produjeron 33 millones de toneladas, mientras que el Caribe y América Central consumieron 20 000 000 toneladas” (p. 3), generaron un 5% de emisiones de CO2 y sobresaturando las construcciones con materiales que no ayudan al medio ambiente.

Tabla de energía primaria periodo de construcción y masa necesaria para vivienda unifamiliar aislada

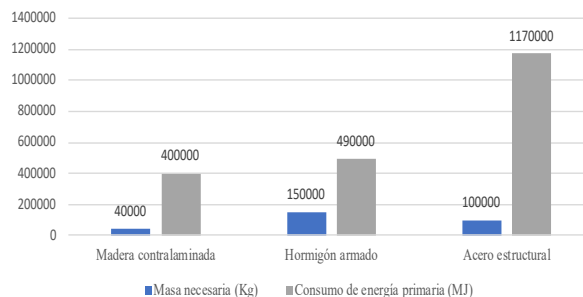


Tabla 1. Consumo de energía primaria para la construcción de viviendas unifamiliares.

Fuente: Elaboración propia, basado en (Gasca M., 2021)

ASOSEM (2019) indica que “En las Américas, las regiones con mayor consumo de concreto para la construcción en 2018 fueron América del Norte y del Sur, que produjeron 33 millones de toneladas, mientras que el Caribe y América Central consumieron 20 000 000 toneladas” (p. 3), generaron un 5% de emisiones de CO2 y sobresaturando las construcciones con materiales que no ayudan al medio ambiente.

Tabla de energía primaria de construcción y masa necesaria para edificios de viviendas entre medianeras

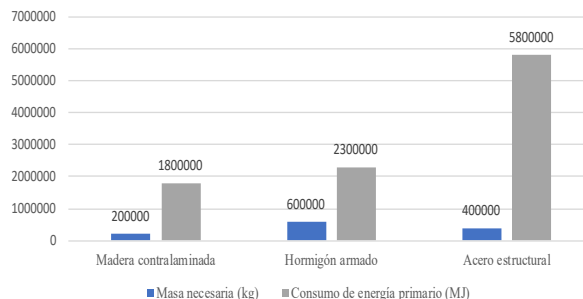


Tabla 2. Consumo de energía primaria para la construcción de viviendas medianeras.

Fuente: Elaboración propia, basado en (Gasca M., 2021)

Las encuestas nacionales de edificaciones (ENED) 2020 de la INEC (2021) presenta que “En Ecuador, el número de permisos de construcción disminuyó un 30,4% con la llegada del Covid-19. En 2020, el 59% de las edificaciones en construcción se distribuyen entre diez cantones, de los cuales Quito concentra el 15,2% y Guayaquil el 12,6%. El material principal de cimentaciones y estructuras es el hormigón.”

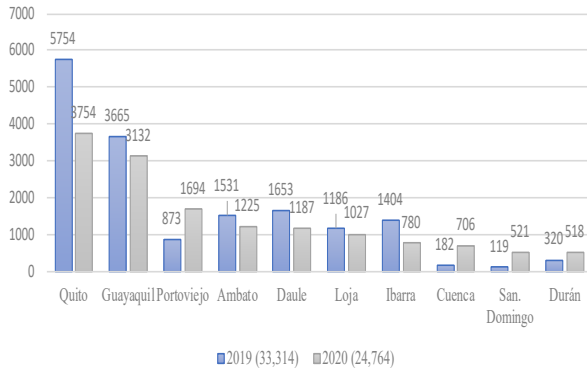


Tabla. 3. Porcentaje de construcción de las diferentes regiones del Ecuador.

Fuente: Elaboración propia, basado en (ENED 2020)



Justificación

El uso de métodos de construcción sostenibles/verdes ha pasado a primer plano en la industria de la construcción en los últimos años a medida que se ha promovido ampliamente la agenda de sostenibilidad. (Fallahi, A. Vancouver, 2017). Esto ha llevado a muchos en la industria a considerar el uso de madera en áreas no desarrolladas. El empleo de este material en la vivienda en el Ecuador se ha utilizado en edificaciones de no mayores de 110 m² y no más de dos plantas, por las restricciones del Instituto Ecuatoriano de Normalización en la construcción. Esto se traduce en una falta de planes de


ordenamiento y un desperdicio de madera como material de edificación.

Actualmente en Ecuador se analiza la construcción en madera, ya que es un material renovable y biodegradable, haciéndolo más sostenible que otros materiales de construcción, como el acero y el concreto. Además, la producción de madera requiere menos energía y emite menos gases de efecto invernadero que la producción de otros materiales. Es muy resistente y duradera si se trata y se mantiene adecuadamente. La madera laminada encolada es particularmente resistente y puede soportar cargas más pesadas que el acero y el concreto, también es resistente a la corrosión y al fuego si se trata con los productos químicos adecuados.

En Ecuador, existen varias normativas y regulaciones que deben ser consideradas al momento de construir con madera, como la Norma Ecuatoriana de la Construcción en Madera (NECM), que establece los requisitos para el diseño, construcción, uso y mantenimiento de estructuras de madera. Además, incluye la valoración de edificios en altura y cómo afecta la factibilidad estructural al momento de construirlo.

Henrique L. menciona “La construcción en madera puede beneficiar al aspecto social en el Ecuador al fomentar la economía local, mejorar la calidad de vida, promover la cultura y la tradición, y proporcionar acceso a viviendas más económicas”. Este material se caracteriza por las propiedades térmicas y acústicas que presenta, a su vez, es amigable con el medio ambiente, convirtiéndose en un beneficio para varios ámbitos que han sido mencionados anteriormente.

Trabajar con madera facilita la construcción, al ser un material que se puede utilizar con herramientas manuales y eléctricas, lo que la hace ideal para proyectos de construcción que requieren un alto grado de precisión y detalle.



En el aspecto económico la construcción con madera puede requerir menos equipo y mano de obra especializada, reduciendo de esa manera los costos. En algunos casos, la construcción con madera también puede ser más rentable debido a la disponibilidad de materiales locales y la capacidad de construir de manera más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Según el Código de la Construcción Ecuatoriano (NEC-11), el país consume alrededor de 5 millones de metros cúbicos de troncos redondos (latifoliadas), que se encuentran entre árboles de hoja ancha y madera blanda (coníferas). Las maderas más empleadas son el eucalipto y el sándalo, que tienen propiedades muy deseables y se encuentran en bosques utilizados específicamente para su comercialización, con lo que se garantiza la fácil adquisición de la misma para ser utilizada en construcción.



Objetivos

Objetivo general

Valoración de construcciones en altura y evaluar la factibilidad constructiva en los nuevos avances científicos y datos con la experiencia técnica para demostrar la aplicación del material, los beneficios prácticos y ambientales de las soluciones innovadoras de construcción con madera en la ciudad de Quito.

Objetivos específicos:

- Análisis del diseño, construcción y métodos de edificios de madera para demostrar la factibilidad dentro de la ciudad de Quito.
- Definir soluciones para la restructuración de un edificio con nuevos sistemas constructivos derivados de la madera.
- Establecer una comparativa en cuanto a normativa internacional y local para plantear cambios que ayuden a la construcción de madera dentro de Ecuador.



Fundamentación teórica

Aplicación metodológica

Sostenibilidad y edificios en altura.

La sostenibilidad es un concepto que surge con la Comisión de Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas aproximadamente hace treinta y seis años, es definida por Stander (2022) y Porra (1987) como la satisfacción de las exigencias del presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras, asegurando al mismo tiempo sus tres pilares: un equilibrio entre el crecimiento económico, el respeto por el medio ambiente y el bienestar social. En este contexto, también se toman en cuenta dos conceptos: desarrollo y sostenibilidad; el primero, es aquel conjunto de cambios que sirven para adaptarse a un medio y el segundo se refiere a un equilibrio, que vinculados forman lo que se conoce actualmente como desarrollo sostenible.

Dentro del crecimiento económico se establece que un desarrollo es rentable cuando crea riqueza para los inversionistas y trabajo para las personas de la comunidad, sin amenazar el futuro sustento de energía y agua gracias a la implementación de políticas estratégicas. El Dr. Fernández en su texto “La dimensión económica del Desarrollo Sostenible” (2013) menciona que desde este punto de vista un comportamiento sostenible implica: crear valor al accionista o propietario con el buen uso de sus recursos, al cliente atendiendo sus necesidades a través de servicios de calidad y a la sociedad a través de la creación de empleos, que mantengan salarios justos.

En el pilar que se refiere a respeto por el medio ambiente se denota la preservación de los ecosistemas locales y globales, equilibrando la balanza de todo aquello que extraemos yaquello que le devolvemos al ecosistema. Así mismo, Fernández (2013) lo establece al decir que la sostenibilidad medioambiental tiene como objetivo garantizar una gestión responsable y sostenible de los



Fig. 1: Sostenibilidad y edificaciones amigables.

Fuente: Sostenibilidad, 2022

recursos naturales, por dos motivos: Optimizar la productividad y competitividad de una empresa y legar a las generaciones futuras un ecosistema igual o mejor que el actual.

En este contexto se habla también del desarrollo sosteni-

ble, concepto que en ciertos casos se considera utópico o muy difícil de conseguir, al intentar llegar a un estado de equilibrio y evolución de los sistemas hasta llegar a cumplir objetivos en los aspectos: ambiental, económico y social que han sido descritos anteriormente. Según Maqueira (2011) se busca en cierta forma la armonía global y su objetivo es que seamos seres integrales, completos y con las mismas oportunidades.

Finalmente, se conoce que con el tiempo van aumentando, los precios, la demanda y las áreas urbanas que obligan a las personas a tomar medidas para abordar estos problemas. Una solución es construir edificios de gran altura, sin embargo, son una fuente indirecta del 14% emisiones globales de carbono. Para evitar este problema, se sustituye por componentes más amigables como la madera o soluciones radicales con funciones ambientales o sociales, que lo plantean Burbano (2021) y Arkipus (2023).

Eficiencia en edificios en altura mediante la sostenibilidad.

A medida que pasa el tiempo la contaminación, el cambio climático y el calentamiento global nos obligan a los seres humanos a tomar medidas inmediatas para frenarlos. Alrededor de los años setenta el movimiento edificaciones sostenibles impulsa la construcción de estructuras que favorecen la conservación energética (Alavedra, Dominguez, Gonzalo y Serra, 1997). De esta manera nos damos cuenta que años atrás surge la idea de ligar a la arquitectura en beneficio del medio ambiente. Así mismo, es importante optimizar los recursos y obtener obras arquitectónicas que cumplan con tal función; por lo que surge la pregunta: ¿Cómo la sostenibilidad hace eficiente a un edificio?

Con el paso de los años, la preocupación por el plane-

ta se ha ido incrementando e impulsando cambios en todos los aspectos. Diez y Romero (2016) señalan que los problemas relacionados con la mala calidad del aire interior y la ventilación inadecuada en edificios herméticos (conocido como síndrome del edificio enfermo), que usualmente cuentan con sistemas de ventilación forzados, como el aire acondicionado, constituyen un estímulo para aumentar la investigación en esta área, utilizar medidas que beneficien a sus habitantes y a su vez disminuyan la contaminación ambiental y el consumo excesivo de energía.



Fig. 2: Eficiencia Sostenible en altura.
Fuente: Era de la Sostenibilidad, 2019

impacto que tienen los edificios sostenibles. Rincón (2011) afirma que un edificio sostenible puede lograr ahorros de energía eléctrica de entre el 25 % y el 50 %, y una reducción del consumo de agua potable de aproximadamente el 40 %. Lo que representa la optimización de dos recursos tan importantes, mismos que dan resultados ambientales y económicos. Según el autor descrito, estos ahorros representan un aumento en el retorno de la inversión de alrededor del 6,6 %, junto con una disminución en los costos de operación del 8 % al 9 %. Además, este tipo de edificios puede lograr una reducción de costos de operación del 40 % al 50 % en comparación con los edificios tradicionales.



Fig. 3: Optimización de recursos.
Fuente: Instituto Latinoamerica de Recursos , 2021

Según Dávila (2015), los edificios sostenibles son construcciones que emplean materiales naturales o amigables con el medio ambiente, evitando el uso de sustancias tóxicas presentes en las construcciones tradicionales. Esto resulta en un menor impacto negativo en el medio ambiente y en un menor consumo de energía (González, 2015).

considerablemente mayor en comparación con los edificios tradicionales, pero a largo plazo esta inversión se recupera debido a su larga vida útil y al menor consumo de recursos. Además, Plata (2010) señala que para que un edificio sea considerado amigable con el medio ambiente, debe ser diseñado y construido teniendo en cuenta parámetros relevantes, como el ahorro de energía y el uso de energías alternativas, la reducción de emisiones de dióxido de carbono, el uso eficiente del agua, la gestión de recursos y buenas prácticas de reciclaje.

En varios países, incluyendo Estados Unidos, los edificios verdes o sostenibles son certificados mediante el sistema LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental), el cual reconoce las características clave para el rendimiento del edificio (Ribero, Garzón, Alvarado y Gasch, 2016). Dicha certificación engloba al menos ocho aspectos, tales como uso óptimo del agua, energía, recursos materiales, calidad del aire al interior de las edificaciones, transporte y localización, que se describen a continuación:

- Demanda controlada de ventilación (DCV): garanti za la calidad del aire circulante y ahorra energía mediante el uso de sistemas de ventilación avanzados.
- Los materiales de construcción deben tener baja toxicidad, ser reciclables, duraderos y no emitir químicos contaminantes.
- Se prioriza el uso de luz natural para reducir el consumo de energía.
- Se promueve una utilización óptima del agua mediante la instalación de equipos que permiten un consumo más moderado.

Los edificios sustentables requieren una inversión inicial

8guRQkoziE07G6q6NmNLHlgY92TLGmKqcjMxbadtOuG-

¿Cómo se define a un edificio en altura hecho con madera?

Según Guerrero (2017), Los rascacielos son estructuras habitables de alta tecnología que se caracterizan por su verticalidad y ocupan una huella mínima en el suelo. Estas construcciones son necesarias para afrontar la creciente densidad de las grandes ciudades, resultado de las migraciones del campo a la ciudad.

Al construir en altura, parte del terreno queda disponible para la reintegración de la naturaleza, lo que aumenta las áreas verdes y contribuye a la sostenibilidad del planeta. De esta manera, se mitigan los efectos negativos asociados a la degradación y ocupación del suelo, como la extracción de recursos, la generación de residuos y su eliminación final, que provocan un daño evolutivo de los entornos naturales y paisajísticos, la pérdida de ecosistemas y la disminución de la biodiversidad.

La contaminación ambiental, el calentamiento global, la escasez de los recursos son problemas que tienen que ser frenados de alguna manera, y esto mismo ha llevado a muchos arquitectos a plantearse el reto de construir edificios en altura con estructuras de madera. Pero ¿qué entendemos exactamente por un edificio en altura? El Código de Edificación Internacional (IBC), define como edificio en altura «todo aquel edificio donde haya más de 75 pies (22,86 m) entre la última planta accesible por un vehículo de bomberos y la última planta habitable». Por tanto se lo considera como tal, a partir de las 7 u 8 plantas.

Considerando la parte estructural, un edificio en altura es aquel en el que se incluyen arriostramientos u otras tecnologías para transmitir las fuerzas horizontales al suelo, ya que son las que predominan frente a las verticales. Por tanto, un edificio no solo deber cumplir

el criterio de altura, sino también poseer una base amplia, ya que ésta distribuye los esfuerzos horizontales y no se convierte en un problema al momento de diseñar.

Por otro lado, la madera es un recurso utilizado en la arquitectura desde hace muchos años, en la antigua Roma por ejemplo se utilizó para crear las Insulae romanas, estructuras con base de ladrillo y alrededor de 5 o 6 plantas elaboradas con madera; en otros lugares como la región oriental se dio paso a las pagodas, una de las más conocidas es el templo, Horyu-Ji ubicado en Japón, que ha permanecido estable desde el año 711 d. C. Esta obra arquitectónica ha tenido una resistencia impresionante ante múltiples sismos, cerca de 50 desde su creación, por lo que se la incluye en estudios, como el de la Takenata Building Corporation, quienes mencionan que esta propiedad se da gracias al material principal de su estructura, la madera.



Fig. 4. Pagoda Horyu-Ji

Fuente: Madera en Altura (Martínez JE. 2018)

Madera laminada. Antecedentes

Desde hace milenios la madera ha sido un material de construcción. Sin embargo, con el tiempo ha ido quedando en un segundo plano; remplazada por materiales como: el acero, hormigón u otros. Esto se debe a la falta de conocimiento sobre las características de la madera, sus beneficios y un escaso desarrollo tecnológico. (Perez, 1992)

En los inicios de la utilización de la madera laminada, Ramón A. (2018) destaca la cultura egipcia como a sus primeros elaboradores que adhirieron las finas capas con colas naturales de hace 3500 a.C. Las utilizaban para confeccionar muebles, contrachapados y estructuras para bóvedas. En la guerra, los romanos utilizaron esta técnica para la fabricación de sus famosos “scutum” que eran escudos confeccionados con tableros contrachapados curvos.

Con todo, solamente es en 1901 que fue patentada por Otto Hetzer, un carpintero e inventor alemán que fabricó una viga recta compuesta por varias láminas con adhesivo, las cuales son utilizadas en la actualidad por edificios de grandes luces. (DFM, 2019; Seoane, Villagos, 1984) El arquitecto Max Hanisch emigró en 1923 a los Estados Unidos de América para promover la construcción de edificios con madera laminada.

En la actualidad “las piezas son más resistentes y estables que la madera común” (Materials, 2015), gracias a la variedad de diseños. Se puede construir estructuras de gran tamaño que permiten tener luces grandes, elementos curvos y rectos, alcanzando hasta los 30 metros de largo.

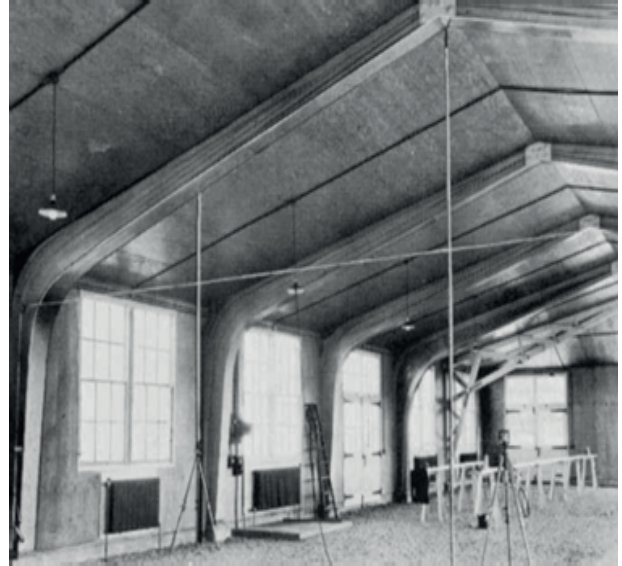


Fig. 5. Interior del edificio Forest Products Lab en construcción.
Fuente: Extraída de (DFM, 2019)

Generalidades

Este material, la madera laminada, tiene ventajas y desventajas como cualquiera. Sus desventajas más importantes son: la dificultad de transportarla en piezas de grandes dimensiones, su estricto control de calidad y rigurosos cálculos estructurales.

Su ventaja más atractiva viene siendo la sostenibilidad; así como en la parte constructiva, la facilidad de fabricar en casi cualquier tamaño y curvatura; no es corrosiva y posee una alta resistencia a la compresión. (Ramón, 2018)

Por su parte, Lake R. (2014) en las ventajas que plantea menciona su facilidad y rapidez de instalación, altos porcentajes de resistencia al fuego y su asombrosa capaci-

dad de aislamiento térmico. En cuanto a las falencias, advierte sobre los precios elevados por los diferentes procesos de calidad que tiene que pasar.

Ensayos a realizar	Número de muestras por día	Número mínimo de probetas por muestra	Identificación del ensayo en el anexo de la Nch 2148	Requisitos		
				Para	En Nch 2148	
En uniones de láminas y/o canto 2	1	6	A_1 "Ensayo de cl zalle a través de T adhesivo"	Resistencia y falla de madera	A.1.8 .1	
En uniones de láminas y/o cantos con adhesivos de uso exterior	1	1	A_2 "Ensayo del ciclo de laminación"	Delimitación	A.2.8	
UNIONES DE EXTREMOS	A ubicar en el 10% exterior de zonas fraccionadas.	1 por cada 200 uniones de extremo común mínimo de 2 muestras	10	5	A_3 "Ensayo de flexión para uniones de extremos"	Resistencia y falla de madera A.3.8 .1 y A.5
				5	A_4 "Ensayo de tracción para uniones de extremos"	Resistencia y falla de madera A.4.8 .1 y A.5
	A ubicar fuera del 10% exterior de zonas fraccionada. 3)	1	6	3	A_3 "Ensayo de flexión para uniones de extremos"	Resistencia y falla de madera A.3.8 .1 y A.5
				3	A_4 "Ensayo de tracción para uniones de extremos"	Resistencia y falla de madera A.4.8 .1 y A.5
En uniones de extremos con adhesivos de uso exterior	1	1	A_2 "Ensayo del ciclo de laminación"	Delimitación	A.2.8	

Tabla. 4 Resumen de los ensayos físicos para el control diario de la producción.

Fuente: Elaboración propia, basado en (Pérez V., 1992)

Otro de sus beneficios es el uso de la madera en zonas sísmicas; el material es más ligero y las juntas flexibles, esto da como resultado menor inercia y hace que tenga menor resistencia al vuelco durante un terremoto. (Iloyd, 2018)

La madera es capaz de almacenar y capturar aproximadamente 1640 kg de CO₂, característica que logra una construcción más sostenible, comparada con otros materiales. (Moudgil, 2017).

En el Ecuador, el 40% de emisiones de carbono genera el sector de la construcción.

Ante esta realidad, Natalia Dueñas, en el Net Zero Latitud 0° mencionó que debe haber un nuevo sistema constructivo más amigable, tanto en materiales como en operaciones. (Ramón, 2022)

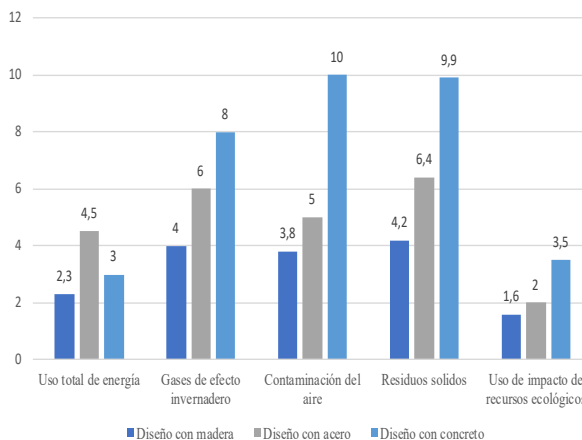


Tabla. 5 Ventajas de la utilización de madera comparando con otros materiales como el hormigón y el acero.

Fuente: Elaboración propia, basado en (Moudgil M., 2017)

Proceso de fabricación

A la madera que pasa por un proceso se la conoce como madera de ingeniería, ésta se transforma a partir de un producto bruto hasta un producto con control industrial. Para que el material se vuelva industrial debe pasar por varios procesos los cuales son diferentes dependiendo del uso y la especie. (Plakitka, 2021)

En el proceso de fabricación Pérez V. (1992), indica: que se debe tener una organización y planificación según las necesidades; otro aspecto importante es el transporte interno o externo; y, deben cuidarse las dimensiones de los elementos para que pueda ser factible la movilización, dentro o fuera de la fábrica.

Normalmente las fábricas tienen tres áreas con diferentes propósitos:

1. Área de preencolado

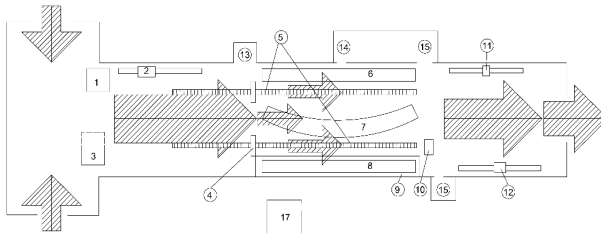
- Almacenamiento
- Clasificación
- Determinación del contenido de humedad
- Elaboración de láminas
- Ensamble en seco

2. Área de encolado, fraguado y prensado

- Preparación de moldes y prensa
- Reapriete
- Tiempo de prensado y fraguado
- Maduración

3. Área de terminación

- Elaboración
- Clasificación
- Protección
- Ensayos
- Empaque y despacho



- | | |
|--|------------------------------------|
| 1. Correa de transmisión | 10. Cepilladoras |
| 2. Máquina de parches | 11. Despuntadora |
| 3. Máquina ensamblaje de extremos | 12. Canteadora |
| 4. Esparcido | 13. Salas de adhesivos y de ensayo |
| 5. Cubierta con rodillos | 14. Sala de lavado y casino |
| 6. Ensamblaje rectos | 15. Oficinas |
| 7. Ensamblaje curvos | 16. Sala de herramientas |
| 8. Ensamblaje con adhesivos a prueba de agua | 17. Sala de calderas |
| 9. Cámara de fraguado | |

Fig. 6. Muestra un Ley-Out de una fábrica de madera laminada.

Fuente: Elaboración propia, basado en (Pérez V., 1992)

Tipos de maderas laminadas

Madera laminada encolada

2. Es un producto elaborado con aplicación de láminas de madera cuyos espesores van desde 6 a 45 mm, adheridas con pegamentos mediante uniones dentadas siguiendo el sentido de las fibras y posteriormente prensadas sobre plantillas con diferentes formatos. (Proholz Austria, 2013; Plakitka, 2021)



Fig. 7. Madera laminada encolada.

Fuente: Extraída de (Proholz Austria, 2013)

Propiedades

- Humedad

Deberá tener un equilibrio higroscópico del lugar de la obra (AITIM, 2011)

- 12% para clase 1 y 2
- 18% para clase 3
- Resistencia

Tiene 8 clases de resistencia divididas entre: (AITIM, 2011)

•Composición homogénea, donde todas las láminas tienen la misma clase de resistencia

Clases de resistencia	Composición homogénea			
Valores característicos	GL 24h	GL 28h	GL 32h	GL 36h
N/mm ²				
Resistencia flexión	24	28	32	36
Resistencia tracción:				
Paralela	16,5	19,5	22,5	26,0
Perpendicular	0,4	0,45	0,5	0,6
Resistencia compresión:				
Paralela	24	26,5	29	31
Perpendicular	2,7	3,0	3,3	3,6
Resistencia cortante:				
Cortadura y torsión	2,7	3,2	3,8	4,3
Módulo de elasticidad:				
Paralelo: medio y característico	11.600	12.600	13.700	14.700
perpendicular	9.400	10.200	11.100	11.900
	390	420	420	490
Módulo de cortante (medio)	720	780	850	910
Densidad característica (kg/m ³)	380	410	430	450
Clase resistente requerida en las láminas	C24/C18	C30/C24	C40/C30	-

Tabla. 6 Clases resistentes de madera laminada encolada homogénea. Fuente: Elaboración propia, basado en (AITIM., 2011)

Clases de resistencia	Composición combinada			
Valores característicos N/mm ²	GL 24h	GL 28h	GL 32h	GL 36h
Resistencia flexión	24	28	32	36
Resistencia tracción:				
Paralela	14,0	16,5	19,5	22,5
Perpendicular	0,35	0,4	0,45	0,5
Resistencia compresión:				
Paralela	21	24	26,5	29
Perpendicular	2,4	2,7	3,0	3,3
Resistencia cortante:				
Cortadura y torsión	2,2	2,7	3,2	3,8
Módulo de elasticidad:				
Paralelo: medio y característico	11.600(11.500)	12.600(12.500)	13.700(13.500)	14.700(14.500)
Perpendicular	9.400 (-) 390 (300)	10.200 (-) 390 (300)	11.100 (-) 420 (300)	11.900 (-) 460 (300)
Módulo de cortante (medio)	590 (650)	720 (650)	780 (650)	850 (650)
(Módulo cortante por rodadura)	-(65)	-(65)	-(65)	-(65)
Densidad característica (kg/m ³)	350	380	410	430
Clase resistente requerida en las láminas	C24/C18	C30/C24	C40/C30	-

Tabla. 7 Clases resistentes de madera laminada encolada combinada. Fuente: Elaboración propia, basado en (AITIM., 2011)

Tiene 8 clases de resistencia divididas entre: (AITIM, 2011)

•Durabilidad

En cuanto a la durabilidad de piezas ubicadas en el interior o el exterior con cubierta, se puede usar cualquier especie; sin embargo, cuando éstas son expuestas al exterior directamente requieren un tratamiento. La especie puede ser elegida con la durabilidad natural según la clase de uso o emplear un tratamiento de protección, sólo si la madera es impregnable. (AITIM, 2011)

•Resistencia al fuego

Su resistencia al fuego se calcula bajo parámetros que tiene la madera, cuya velocidad de carbonización tiene los valores eficaces de: 0.5 a 0.7 mm/min. (AITIM, 2011)

•Resistencia química

Al no reaccionar a agentes reductores u oxidantes, es ideal para ambientes corrosivos y agresivos, en lo que los metales ven limitadas sus aplicaciones. (AITIM, 2011)

Madera laminada con encolado cruzado

Es afirmada por una estructura aplastada y delgada que se coloca perpendicularmente, una laminilla sobre otra. Es elaborada para muros o losas, ya que soportan la carga de forma bidireccional, teniendo resistencia a la tracción y compresión. Las piezas son fabricadas según el diseño requerido y ensambladas en el sitio para ahorrar tiempo de ejecución. (Souza E., 218; Plakitka L., 2021)



Fig. 8. Madera laminada cruzada.

Fuente: Extraída de (Souza E.,2020)

Propiedades

•Flexión

Según la tabla 5, se muestra que la resistencia al corte de los paneles y el adhesivo son factores generales de flexión, si el corte ocurre en la línea donde va el pegamento. El resultado es favorable y el valor promedio es de 30.248 MPa. (Gómez, Pillacta, Leoncio, 2020)

Muestra	Carga máxima (N)	De flexión máxima (mm)	Área (mm ²)	MOE	K	Resistencia a la flexión (N/mm ²)
F1	21778.20	26.00	3802.33	17016.52	4.28E+10	30.76
F2	21091.50	31.50	3788.40	16991.86	4.15E+10	30.31
F3	21189.60	32.00	3825.00	16370.84	4.17E+10	29.68
Promedio	21353.10	29.83	3805.24	16793.07	4.20E+10	30.25

Tabla. 8 Resultados de ensayo de flexión estética fuera del plano.

Fuente: Elaboración propia, basado en (Gómez, Leoncio, 2020)

•Compresión

En cuanto a la resistencia paralela, tiene mucho que ver con el aditivo que se usa ya que este puede alterar los resultados. El valor promedio es de 26.635 MPa.

Muestra	Carga máxima (Kgf)	Carga máxima (N)	Área (mm ²)	Resistencia (Mpa)
M1	4075.72	39982.78	1555.48	25.70
M2	4128.89	40504.45	1564.38	25.89
M3	4259.27	41783.41	1541.41	27.11
M4	4483.12	43979.37	1579.56	27.84
Promedio	4236.75	41562.50	1560.21	26.64

Tabla. 9 Resultados de ensayo de compresión paralela al plano

Fuente: Elaboración propia, basado en (Gómez, Leoncio, 2020)

La resistencia perpendicular donde las fallas se presentan en el interior es más favorable. El valor promedio es de 13.55 MPa. (Gómez, Pillacta, Leoncio, 2020)

Muestra	Carga máxima (Kgf)	Carga máxima (N)	Área (mm ²)	Resistencia (Mpa)
M1	2107.12	20670.84	1529.16	13.52
M2	2293.51	22499.29	1550.82	14.51
M3	2351.9	23072.16	1522.46	15.15
M4	1753.87	17205.45	1557.4	11.05
Promedio	2126.60	20861.94	1539.96	13.56

Tabla. 10 Resultados de ensayo de compresión perpendicular al plano

Fuente: Elaboración propia, basado en (Gómez, Leoncio, 2020)

•Esfuerzo cortante y contenido de humedad

El porcentaje de humedad disminuye las propiedades de resistencia de corte. La humedad promedio es de 23.75%. (Gómez, Pillacta, Leoncio, 2020)

Muestra	Contenido de humedad (%)	Altura (cm)	Ancho (cm)	Carga máxima (N)	Área (mm ²)	Resistencia (Mpa)
M1	25.85	4.98	3.23	415	25.8	2.53
M2	23.78	4.96	3.28	303	18.62	1.83
M3	22.70	5.00	3.24	304	18.77	1.84
M4	23.16	5.10	3.28	394	23.55	2.31
M5	23.26	5.04	3.28	370	22.38	2.19
Promedio	23.75	5.02	3.26	357.20	21.82	2.14

Tabla. 11 Resultados de ensayo de esfuerzo cortante.

Fuente: Elaboración propia, basado en (Gomez, Leoncio, 2020)

•Resistencia al fuego

En una pared de 0.177 m de espesor, revestido con yeso, presenta una alta resistencia al fuego hasta de 3 horas y 6 minutos. La superficie se carboniza, pero el núcleo se mantiene intacto. (SIERO, 2023; Souza E.,2020)

CLT	Configuració n	Espesor (mm)		Resistente al fuego (Minutos)
		CLT	Tablero de yeso	
MURO	3 capas + 1GB	114	2*12.7	106
	5 capas	105	-	57
	5 capas	175	-	113
PISO	3 capas + 1GB	105	1*15.9	86
	5 capas	175	-	96
	5 capas + 1GB	175	1*15.9	124
	7 capas	245	-	178

Tabla. 12 Resistencia al fuego del CLT con diferentes capas de yeso.
Fuente: Elaboración propia, basado en (Moudgil, 2017)

Madera laminada clavada

Es un producto de tablas de 24 a 60 mm adheridas mediante clavos, por lo menos 4 en cada plano. Es utilizada principalmente para pisos y techos, también se los usa en paredes. En pisos y techos debe tener un ancho de 12 a 24 cm y en paredes de 8 a 12 cm, sin embargo, esto se determina dependiendo de la facilidad del manejo en obra y transporte. (Tannert T., 2003; Kartal24, 2022)



Fig. 9. Madera laminada clavada.
Fuente: Extraída de (Kartal24, 2022)

•Uniones

En el 2003 Orrade G., indica que, en el desarrollo de los cálculos en secciones de madera se toma en cuenta las uniones que se van a utilizar. Las uniones tienen una importancia significativa para la transmisión de esfuerzos. Si es calculo no es correcto puede llevar a un colapso estructural, los tipos de uniones más utilizados en madera laminada son:

- Uniones tradicionales
- Uniones mecánicas
- Unión mediante herrajes

Para poder realizar un diseño y cálculo de uniones se deben tener en cuenta cinco aspectos y condiciones que afectan su función, como:

1. Tensión perpendicular.

Esta tensión afecta la resistencia de la unión, para evitar este problema el elemento debe ser fijado al borde no cargado.

2. En el diseño de la unión.

El diseño evita la excentricidad, haciendo piezas concéntricas y simétricas para evitar las tensiones anómalas.

3. Deslizamiento.

Cuando la unión es tipo clavija es posible el deslizamiento que originan deformaciones.

4. Resistencia.

En el momento que se produce un esfuerzo de tensión y compresión, se debe tener en cuenta dos situaciones: el esfuerzo de tensión más 0.5 de esfuerzo de compresión y el esfuerzo de compresión más 0.5 de esfuerzo de tensión.

5. Otros aspectos.

Se debe tener una distancia entre elementos de uniones para evitar un desgarramiento de la madera, esto puede ocasionar una limitación en la resistencia de la unión.

Normativa

Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC)

El Código Ecuatoriano de la Construcción era un documento escaso que se regía únicamente por ordenanzas, ignorando factores como: tipos de estructuras, cargas, diseño, cimentaciones o estudios geotécnicos. Por esta razón en el año 2014 se lo actualizó con nuevos parámetros que permiten calcular las características y uso que se le dará a la construcción, por parte del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Hoy en día, la NEC sigue vigente como un documento con un desarrollo continuo. (Jamartin, 2018)

La NEC está compuesta por tres lineamientos: Seguridad Estructural, Habitabilidad y Salud, Servicios Básicos. (Jamartin, 2018) Concentrándonos en el primer parámetro, éste comprende desde grandes proyectos como: hospitales, aeropuertos o museos; construcciones pequeñas como viviendas, rigiéndose bajo los siguientes aspectos:

- Define principios básicos para el diseño sismorresistente de las estructuras.

- Establece parámetros mínimos de seguridad y calidad en las edificaciones.

- Mejora los mecanismos de control y mantenimiento en los procesos constructivos.

- Reduce el consumo energético y mejora la eficiencia energética de las edificaciones.

- Aboga por el cumplimiento de los principios básicos de habitabilidad.

- Fija responsabilidades, obligaciones y derechos de los actores involucrados.

Por otro lado, la NEC no prescribe un dictamen sobre la

selección de materiales, pero proporciona pautas mínimas para estructuras de concreto, acero, mampostería o estructuras de madera, de acuerdo con las características establecidas por el constructor. (Jamartin, 2018) Estructura de madera.

El alcance que tiene la NEC sobre regulaciones en tamaño, calidad, tipo y forma en edificaciones elaboradas totalmente de madera o con estructura mixta con hormigón, acero o mampostería, es para garantizar la vida útil con un mínimo de seguridad. (NEC-SE-MD, 2023)

Requisitos

- Debe ser diseñada y construida por combinaciones de cargas de la NEC-SE-CG (2023), ésta indica que debe resistir cargas permanentes, variables y accidentales. El diseño debe hacerse por el método de esfuerzos y deformaciones admisibles en los elementos de madera, exige que la estructura tenga una carga menor o igual, tomando en cuenta las cargas permanentes para deformaciones diferidas. (NEC-SE-MD, 2023)

Sin embargo, la NEC-SE-MD (2023) notifica que “Al estado actual del conocimiento del material al nivel nacional no permite establecer en la presente versión de la norma el diseño al Estado Límite, por no contar con información confiable que permita una razonable seguridad de las estructuras, debido a la gran cantidad de especies latifoliadas de nuestro medio.”

- En cuanto al recurso forestal, su procedencia debe ser controlada en industrias o depósitos en todo el país, los cuales deben cumplir con requisitos como el abastecimiento de madera de procedencia legal, demostrar las buenas condiciones de secado y método de preservación y hacerse responsable por material defectuoso. (NEC-SE-MD, 2023)

- Las especificaciones mecánicas y físicas para el uso estructural requieren clasificar las piezas con las especificaciones deseadas como las tablas 10 y 11.

ESFUERZO ADMISIBLES (MPa)					
Grupo	Flexión	Tracción paralela	Compresión paralela	Compresión perpendicular	Corte paralelo
	f_m	f_t	f_c	f_{cL}	f_v
A	21	14.5	14.5	4	1.5
B	15	10.5	11	2.8	1.2
C	10	7.5	8	1.5	0.8

Tabla. 13 Esfuerzos admisibles para la madera (MPa).

Fuente: Elaboración propia, basado en (NEC-SE-MD, 2023)

MODULO DE ELASTICIDAD (MPa)		
Gupo	$E_{min} (E_{0.05})$	$E_{promedio}$
A	9500	13000
B	7500	10000
C	5500	90000

Tabla. 14 Modulo de elasticidad para la madera (MPa).

Fuente: Elaboración propia, basado en (NEC-SE-MD, 2023)

- El control contra incendios se lo verifica por una adecuada política de prevención, ésta se basa en dos criterios: la examinación de fuentes de calor e iluminación, materiales inflamables, instalaciones eléctricas y la aplicación de retardadores de fuego. Estos controles impiden que el fuego se propague, basándose principalmente en diseños arquitectónicos, detección y confinamiento del fuego. (NEC-SE-MD, 2023)

- Se debe considerar las características de la madera durante un sismo, ya que este material tiene: poco peso, flexibilidad, amortiguamiento y ductilidad. Las construcciones deben seguir con los requisitos de la NEC-SE-DS (2023) que muestra los límites permisibles de las derivas de los pisos expresadas en porcentaje de altura, dando un valor $0.02 \Delta M$. Cuando la estabilidad del piso es mayor a 0.30, la estructura es inestable y debe tener procedimientos más estrictos. Las instalaciones de agua deben

fijarse con soporte que eviten la rotura y en las instalaciones públicas con empalmes. (NEC-SE-MD, 2023)

Consideraciones y recomendaciones para el diseño.

La NEC-SE-MD (2023) es un documento que no tiene restricciones en cuanto al diseño y su criterio en el buen comportamiento de estas estructuras en madera, piden que el encargado de la obra esté al tanto sobre la seguridad, durabilidad y estabilidad del material, teniendo en cuenta las siguientes características:

- Características físicas.

Se toman en cuenta las especificaciones orgánicas de la madera como: combustibilidad, variabilidad natural y defectos, estabilidad dimensional y riesgos biológicos y químicos.

- Características mecánicas.

Los encargados de obra deben estar al tanto de la resistencia y rigidez de sus diseños.

- Características dimensionales.

En este parámetro se usa la madera laminada por sus beneficios en cuanto a medidas y formas que se le puede dar.

Las características de la madera ayudan a facilitar el uso de sistemas de construcción y montaje, como los paneles precortados, piezas prefabricadas y la industrialización en sus diversos grados. El diseño modular se basa en un sistema constructivo coherente, teniendo en cuenta la tolerancia del material para el manejo adecuado y la economía en el uso de elementos modulares. (NEC-SE-MD, 2023)

En cuanto a la protección contra el fuego se debe considerar la reacción y resistencia de la madera, ya que mientras más grande sea la pieza, la combustión es más lenta, ocasionando la ignición de las capas exteriores a una velocidad de 0.7 mm/min. (NEC-SE-MD, 2023)

Es por esto que se recomienda que las piezas estructurales se sobredimensionen 3 y 5 mm de espesor y se aíslen con material incombustible en sus caras expuestas, con retardo de 1h de ignición, evitando materiales como lacas o barnices óleos; una separación mínima de sus partes salientes de 1.20 m, si están adosadas, deben tener un muro contrafuego de un espesor superior a 0.50 m y en los extremos de 1 m; no deben utilizarse elementos de calefacción que aumenten la temperatura peligrosamente y los tanques de gas para cocinas o calentadores deben localizarse fuera rodeados de material incombustible. En cuanto a instalaciones eléctricas debe tener un fácil acceso a los tableros. (NEC-SE-MD, 2023)

Para las edificaciones de uso comunitario como: escuelas, hospitales, oficinas, hoteles, etc., la NEC-SE-MD (2023) recomienda que por el tamaño que tienen se deben considerar algunos términos:

- Acceso rápido y señalizado a las fuentes más probables de incendio.
- Distribución de extinguidores según las recomendaciones técnicas pertinentes.
- Salidas de escape suficientes, de fácil acceso y claramente señalizadas.
- En las edificaciones de varios pisos deben proveerse escaleras exteriores de escape.

- Sistemas automáticos de detección, ya sea por humo o calor.

Durante los sismos, es crucial prestar una atención especial a la sujeción de elementos como chimeneas de ladrillo, parapetos, entre otros. Para lograrlo, es importante utilizar dispositivos como solares de amarre, travesaños y riostras para fijar tanto elementos portantes como no portantes. En el caso de paredes de mampostería, se debe respetar la resistencia de corte de la NEC-SE-DS y NEC-SE-MP, brindar flexibilidad en las uniones y optar por techos ligeros, siguiendo las recomendaciones de la NEC-SE-MD de 2023.

Normativa en Canadá

Los documentos que establecen los códigos modelos son: Canadian Commission on Building and Fire Codes (CCBFC) y National Research Council (NRC). Establecen los alcances y objetivos mínimos, incluyendo: (Blanco B., 2017)

- El Código Nacional de Construcción de Canadá (National Building Code of Canada (NBC))
- El Código Nacional de Incendio de National Fire Code of Canada (NFC)
- El Código Nacional de Plomería de National Plumbing Code of Canada (NCP)
- La Asociación Canadiense de Normalización de Canadian Standards Association (CSA)

Se establecen los requisitos para el sistema de construcción con madera y la producción de madera estructural en la NBC desde el año 1941 y se lo actualiza cada 10 años, que contiene las estipulaciones de salud, seguridad, accesibilidad y protección de edificios contra incendios o daños estructurales. Este código es dirigido

a: nuevas construcciones, demoliciones, rehabilitaciones y cambios de uso. (Blanco B., 2017)

Actualmente la edición del 2020 permite la edificación de edificios hasta de 12 pisos de altura. Sin embargo, el Ministerio de Recursos Naturales (NRC), fomenta la innovación y el desarrollo de becas para programas que fomentan la construcción en madera. Como el Tall Wood Building Demonstration Initiative (TWBDI), desarrolló dos edificios en los años 2013 y 2017, el Brock Commons con 18 pisos de altura y Origine Eco-Condos con 13 plantas de altura, fomentando la aceptación regulatoria de edificios altos en madera y la aceptación comercial. (Gallardo C., 2019)

Requisitos

La NBC (2020), establece disposiciones técnicas para el diseño y construcción de nuevos edificios. También se aplica a la reforma, cambio de uso y demolición de edificios existentes. El NBC establece requisitos para abordar los siguientes cinco objetivos:

- Seguridad
- Salud
- Accesibilidad
- Protección estructural y contra incendios de edificios.
- Ambiente

Las disposiciones del Código no abordan necesariamente todas las características de las edificaciones que podrían considerarse relacionadas con los objetivos del Código. A través del extenso proceso de consenso utilizado para desarrollar y mantener los Códigos Modelo Nacionales, la comunidad de usuarios de Códigos ha decidido qué características deben regularse a través del NBC (2020)

Estudios de caso

Un Hito en la Construcción Sustentable de Latinoamérica.

El Proyecto Tamango

En los últimos años, la construcción sustentable ha ganado una gran relevancia en todo el mundo. La necesidad de reducir el impacto ambiental y promover el uso de materiales renovables ha llevado a la búsqueda de alternativas innovadoras en el ámbito arquitectónico. En este contexto, el Proyecto Tamango, desarrollado por el estudio de arquitectura e ingeniería Tallwood, se destaca como un hito en la construcción de edificios de madera contralaminada (CLT) en Latinoamérica. Este ensayo tiene como objetivo explorar y analizar los aspectos clave de este proyecto pionero.



Fig. 10. Edificio Tamango

Fuente: Edificio Tamango - Primer edificio de madera en Chile

La Madera Contralaminada (CLT)

Antes de adentrarnos en el Proyecto Tamango, es importante comprender la importancia de la madera contralaminada (CLT) en la construcción sustentable. La CLT es un material compuesto por capas de madera contrachapa-

da dispuestas en ángulo recto y unidas mediante adhesivos estructurales. Esto permite la creación de paneles de madera altamente resistentes y estables, que pueden utilizarse como elementos estructurales en edificios.

El Uso de CLT en el Proyecto Tamango

El Proyecto Tamango es un edificio emblemático que marca un hito en el uso de CLT en Latinoamérica. Su construcción representa un paso adelante en la adopción de tecnologías sustentables en la región. La elección de la madera contralaminada como material principal se basa en varios factores clave.

Sostenibilidad ambiental: El uso de madera contralaminada en lugar de materiales convencionales, como el acero o el hormigón, reduce significativamente las emisiones de carbono asociadas con la construcción. La madera es un recurso renovable y su uso contribuye a la mitigación del cambio climático.

Eficiencia energética: La madera contralaminada ofrece un excelente rendimiento térmico, lo que ayuda a mejorar la eficiencia energética de los edificios. La CLT proporciona un aislamiento natural, lo que reduce la necesidad de sistemas de calefacción y refrigeración, disminuyendo el consumo de energía y los costos asociados.

Resistencia y durabilidad: Contrariamente a lo que algunos podrían pensar, la madera contralaminada es un material altamente resistente y duradero. Los paneles CLT se fabrican en condiciones controladas, lo que garantiza su calidad y resistencia estructural. Además, la madera tiene una excelente capacidad para soportar cargas y resistir terremotos y otros eventos sísmicos.

Estética y diseño versátil: El uso de CLT permite una amplia gama de posibilidades en términos de diseño arquitectónico. Los paneles de madera pueden utilizarse tanto en elementos estructurales como en acabados interiores, brindando un aspecto cálido y natural al edificio. Además, la versatilidad de la CLT facilita la construcción de estructuras de formas diversas y complejas.

El Proyecto Tamango no solo destaca por ser el primer edificio de madera contralaminada en Latinoamérica sino también, por ser de características sustentables y mantener el objetivo de reducir el daño al medio ambiente, por lo que, es de interés mundial actualmente.

Proyecto de Michael Green: Tall Wood

La idea de este proyecto se origina debido a la gran cantidad de árboles presentes en la región, los cuales deben ser utilizados de forma responsable para evitar pérdidas innecesarias y contribuir a reducir la huella de carbono en Canadá. Para abordar esta cuestión, en 2009, el parlamento de la Columbia Británica aprobó una ley que establece que la madera debe ser el material principal de construcción en todos los nuevos proyectos.

El arquitecto Michael Green, quien tiene su base en Vancouver, ha presentado una propuesta de sistema constructivo que, según él, permite la construcción segura de rascacielos de 20 pisos utilizando productos de madera como la madera contralaminada (CLT). Green ha decidido poner este sistema a disposición de arquitectos de todo el mundo de manera gratuita, bajo una licencia de código abierto. Su objetivo es fomentar el uso de la madera como material de construcción sostenible y brindar acceso a esta tecnología a profesionales de la arquitectura en todas partes.



Fig. 11. Sistema FFFT.

Fuente: Edificios altos de madera laminada (Lake. R. 2014)

FFTT (Finding the Forest Through the Trees, por sus siglas en inglés), es un sistema de elevación innovador que conecta de manera eficiente los paneles sólidos de madera laminada mediante marcos, lo que resulta en una reducción de costos en la construcción de edificios de madera de gran altura. Este sistema utiliza pilares estructurales rígidos para garantizar la estabilidad de la estructura. Fue creado inicialmente por Michael Green y Eric Karsh en 2008 y ha evolucionado a lo largo del tiempo hasta llegar al enfoque actual que se describe posteriormente.

Caso de estudio - opción 1

Los paneles macizos de madera se emplean en losas, muros y el núcleo del edificio, con pilares de madera que alcanzan hasta 12 plantas, mientras que las vigas de acero y la estructura principal se integran en los paneles macizos de madera laminada que soportan las plantas superiores (a partir de 12 plantas). La introducción del acero permite fortalecer la estructura y brinda una gran flexibilidad para lograr alturas considerables utilizando principalmente madera.

El sistema FFFT es versátil y se adapta a diversos tipos de edificios, escalas y ubicaciones, además de permitir la rápida construcción de edificios simples y estructuralmente sólidos. Sin embargo, la adopción de marcos de madera requiere una reorganización y educación en las industrias de la construcción en los mercados internacionales, con el objetivo de fomentar el aumento en el uso de los recursos forestales.

Caso de estudio - opción 2

Mediante esta opción, es posible erigir edificios de hasta 20 pisos utilizando muros y pilares de madera como núcleo estructural, junto con pilares perimetrales. Al igual que en la opción 1, esta alternativa no cuenta con muros estructurales exteriores, lo que brinda una amplia flexibilidad en el diseño de la fachada del edificio. Sin embargo, en lo que respecta a la distribución del espacio interior, la incorporación de muros portantes interiores restringe la flexibilidad en el diseño de la planta y en futuras modificaciones. A pesar de ello, estos muros estructurales interiores pueden ser estratégicamente ubicados para usos específicos, como divisiones entre unidades. Esta estructura es más adecuada para aplicaciones residenciales, ya que no proporciona la amplitud de espacios abiertos que se desean en diseños de oficinas.

Brock Commons Tallwood

El edificio Brock Commons, también conocido como Tallwood House, es un innovador edificio residencial de madera ubicado en la Universidad de Columbia Británica en Vancouver, Canadá. Fue diseñado por la firma de arquitectura Acton Ostry Architects en colaboración con la empresa de ingeniería estructural, es un ejemplo destacado de diseño y construcción en madera de gran altura.



Fig 12. Edificio de Altura de madera Crédito: Acton Ostry Architects Fuente, (Acton Ostry,.2017)

El inmueble se compone de una estructura mixta de madera sólida de 17 niveles sobre un pedestal de hormigón de un nivel, el cual cuenta con dos núcleos de hormigón de altura completa que contienen ascensores, escaleras y conductos de servicios. El techo está construido con secciones prefabricadas de vigas de acero y tarima metálica.

En su interior alberga a más de 400 estudiantes distribuidos en 272 estudios y 33 unidades de cuatro dormitorios, además de ofrecer espacios destinados a estudios y reuniones sociales. (Acton Ostry,.2017)

El diseño y el concepto del edificio Brock Commons se centran en la sostenibilidad, la eficiencia energética y la innovación en la construcción. Aquí hay algunos aspectos clave del diseño y el concepto del edificio:

Construcción en madera.

El edificio Brock Commons es notable porque es uno de los edificios de madera más altos del mundo. Su estructura principal está compuesta por paneles de madera contralaminada (CLT, por sus siglas en inglés), que son capaces de soportar la carga vertical del edificio de manera segura. La construcción en madera proporciona beneficios ambientales, como una menor huella de carbono en comparación con los materiales de construcción convencionales.

Eficiencia energética

El diseño del edificio Brock Commons incorpora una serie de características para mejorar la eficiencia energética. Esto incluye un sistema de aislamiento térmico avanzado, ventanas de alta eficiencia energética y un diseño que maximiza la entrada de luz natural para reducir la dependencia de la iluminación artificial durante el día. Además, el edificio cuenta con sistemas de energía renovable, como paneles solares en el techo, para generar parte de su propia electricidad.

Espacios comunitarios y vida estudiantil

El edificio Brock Commons está diseñado para promover la interacción y la vida comunitaria entre los estudiantes. Cuenta con una variedad de espacios comunes, como áreas de estudio, salas de estar, cocinas compartidas y terrazas al aire libre, donde los residentes pueden so-

cializar y colaborar. Estos espacios fomentan la conexión entre los estudiantes y crean un ambiente propicio para el aprendizaje y el crecimiento personal.



Fig 13. Espacios comunitarios edificio Brock Commons
Fuente: (Fernandez,,2020)

Seguridad estructural

A pesar de ser un edificio de madera de gran altura, el diseño del edificio Brock Commons incorpora medidas de seguridad estructural rigurosas. Se utilizaron técnicas avanzadas de modelado y análisis estructural para garantizar la resistencia sísmica y la estabilidad del edificio. Además, el diseño incluye sistemas de rociadores y otras medidas de seguridad contra incendios para proteger a los ocupantes.

En resumen, el diseño y el concepto del edificio Brock Commons se centran en la sostenibilidad, la eficiencia energética, la vida comunitaria y la seguridad estructural. Este innovador edificio demuestra las posibilidades de la construcción en madera de gran altura y sirve como ejemplo de arquitectura sustentable y consciente del medio ambiente.

Sistemas estructurales

La estructura del edificio Brock Commons se basa en un sistema de vigas y columnas de madera laminada cruzada. Estos elementos se prefabricaron fuera del sitio y se ensamblaron rápidamente durante la construcción. La utilización de la madera como material estructural proporciona una serie de beneficios, como una alta resistencia a la compresión y una excelente capacidad de carga.

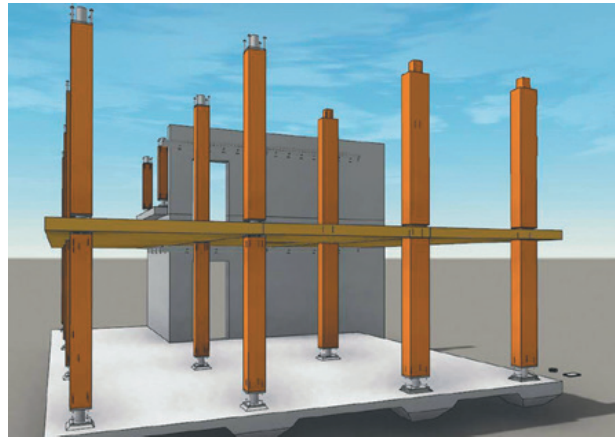


Fig 14. Unión de columnas en 3d
Fuente: Elaboración Propia

Sostenibilidad:

El edificio Brock Commons es un ejemplo destacado de arquitectura sostenible. La elección de la madera como material principal ayuda a reducir la huella de carbono del edificio, ya que la madera almacena carbono en lugar de liberarlo a la atmósfera. Además, la construcción en seco y la prefabricación de los componentes redujeron el desperdicio de materiales y aceleraron el proceso de construcción.

ETAPA 2

RECOPIACIÓN DE DATOS



Información general

Tabla 3: Línea de Investigación

TIPO DE PROYECTO
Propuesto innovadora
LINEA DE INVESTIGACION
Diseño, Técnica y Sostenibilidad (DITES)
AREA DE INVESTIGACION
Diseño Arquitectónico
DELIMITACION TEMPORAL
Periodo Académico B22



Introducción a la metodología

En el presente trabajo investigativo se incluye una metodología con enfoque mixto, basada en autores como Sampieri (1998) y Barrantes (2014), quienes implementan de manera sistemática, métodos de estudio tanto cualitativos como cuantitativos. Se ha dividido esta investigación en tres fases: Evaluación de la construcción en madera, Comparación de la normativa nacional e

internacional y Aplicación del sistema constructivo con madera en la ciudad de Quito, primera, segunda y tercera fase, respectivamente.

Fase 1

La primera fase, en la que se incluye la evaluación de la construcción en madera, resistencia, viabilidad, huella de carbono, se basa en una investigación cualitativa a través del análisis y muestras de entrevistas obtenidas a través de opiniones de profesionales con el conocimiento apropiado al tema presente y que puedan brindar su aporte. Los resultados obtenidos se verán reflejados en una tabla de datos donde obtenemos una evaluación de factibilidad según las necesidades y la situación actual en la ciudad de Quito.

Fase 2

En la segunda fase se realiza un estudio cualitativo y cuantitativo para comparar la normativa nacional e internacional, centrándose en las ventajas, desventajas y técnicas aplicadas en países con características similares respecto a dos referentes los cuales servirán para obtener los sistemas constructivos deseados. Dichos resultados serán presentados a través de ilustraciones, desarrolladas en estrategias que servirán para la tercera fase.

Fase 3

En la tercera fase se utiliza metodología mixta, que permitirá extrapolar los datos cualitativos y cuantitativos obtenidos en las fases anteriores, para llegar a la aplicación de los sistemas constructivos con madera en la ciudad de Quito. El resultado final será presentado a través de la elaboración de dos proyectos arquitectónicos, utilizando la información alcanzada, la factibilidad, planimetría y normativa vigente, utilizando programas arquitectónicos

respectivos, como: Autocad, SketchUp, Ilustrador, Photoshop. Para obtener un resultado para edificaciones en altura con madera de viviendas multifamiliares.

En resumen, este proceso busca comprender, evaluar y proponer soluciones para la construcción en altura en el territorio DMQ, teniendo en cuenta aspectos como la normativa, la viabilidad técnica y la factibilidad constructiva con madera.

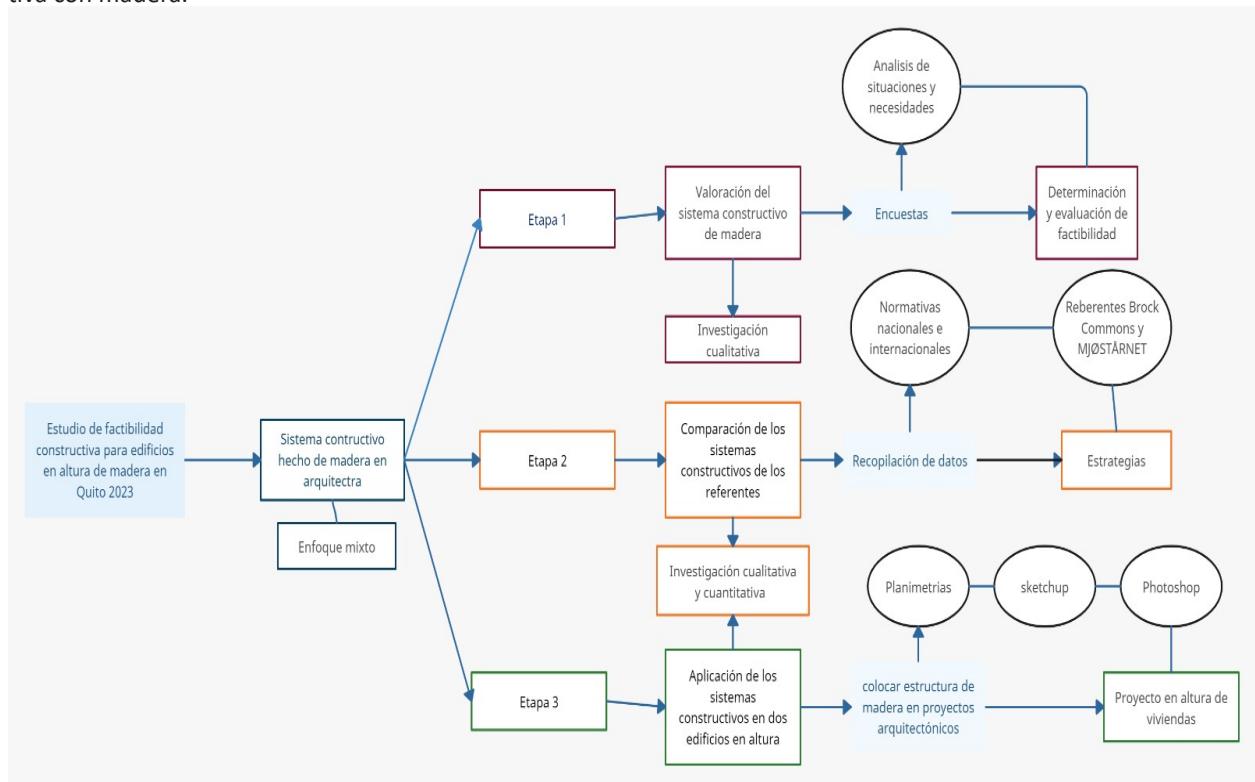


Fig 15. Cuadro Metodológico
Fuente: Elaboración Propia



LEVANTAMIENTO DE DATOS

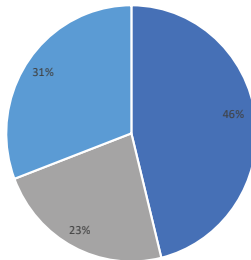
Fase 1

Para la primera fase se realizó unas entrevistas a profesionales que conozcan del tema y a usuarios para conocer la acogida que tendría este sistema constructivo y llegar a la conclusión de si realmente es factible la construcción con estructura madera en la ciudad de Quito.

Estadísticas de las Entrevistas utilizadas:

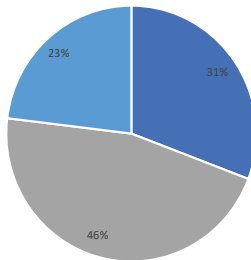
1. ¿Conocen la construcción en altura con estructuras de madera?

■ Si conocen ■ No conocen ■ No tienen mucho conocimiento



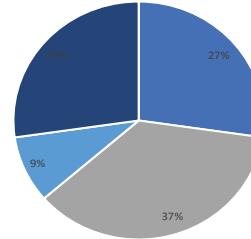
2. ¿Por qué no se arriesgan más a menudo a construir con este tipo de estructuras?

■ Material inflamable ■ Falta de experiencia ■ Falta de industria



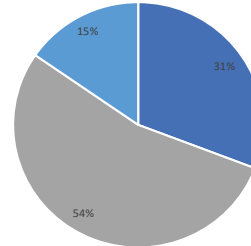
3. ¿Por qué no existe la construcción con este tipo de estructuras si la NEC no impide su realización?

■ Costos elevados ■ Cultura ■ Alto mantenimiento ■ Inseguridad



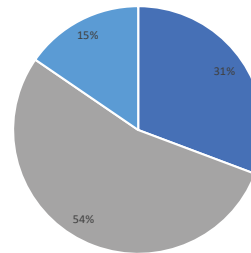
4. ¿Qué les parece introducir este tipo de construcción al Ecuador?

■ Bueno ■ Aceptable ■ Malo

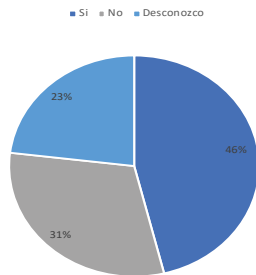


5. ¿Cuáles son los desafíos o limitaciones para la utilización de la madera en proyectos constructivos en el país?

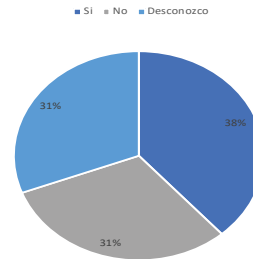
■ Deforestación ■ Altos costos ■ Resistencia del material



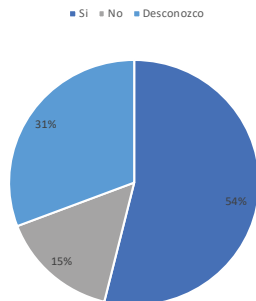
6.¿Existen regulaciones específicas o normativas que regulen la construcción con madera en Ecuador?



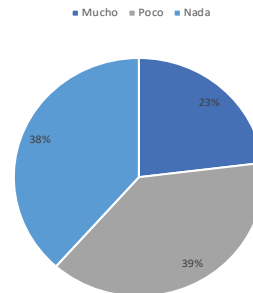
9.¿Conoce si en Ecuador se están realizando investigaciones o avances para mejorar la factibilidad y calidad de la construcción en madera?



7.¿Existen ejemplos de proyectos exitosos de construcción en madera en Ecuador que demuestren su factibilidad?



10.¿Cuál es el potencial futuro de la construcción con madera en Ecuador y cómo se espera que evolucione en los próximos años?



8.¿Cuál es el nivel de aceptación y confianza de los profesionales de la construcción en Ecuador hacia la madera como material de construcción?

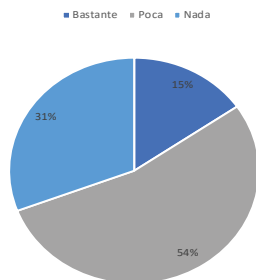


Fig 16.Resultados de Encuestas
Fuente: Elaboración Propia

1. ¿Conocen la construcción en altura con estructuras de madera?.

Sí, tenemos conocimiento sobre la construcción en altura con estructuras de madera. Aunque es menos común que otros materiales de construcción, la madera ha sido utilizada en diversas partes del mundo para construcciones de varios pisos.

2. ¿Por qué no se arriesgan a construir con este tipo de estructuras?

Una de las razones por las que no se arriesgan tanto en Ecuador a construir con estructuras de madera en altura es debido a la falta de conocimiento y experiencia en este tipo de construcción. Además, existe una preferencia arraigada por materiales más tradicionales, como el hormigón armado, que se considera más seguro y resistente en términos de sismicidad.

3. ¿Por qué no existe la construcción con este tipo de estructuras si la NEC no impide su realización?

Aunque la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) no impide la construcción con estructuras de madera en altura, existen barreras culturales y de percepción que influyen en su adopción. Además, es necesario un mayor impulso y promoción por parte de los actores relevantes, así como una mayor concienciación sobre los beneficios y la viabilidad de este tipo de construcción.

4. ¿Qué les parece introducir este tipo de construcción al Ecuador?

La introducción de la construcción en altura con estructuras de madera en Ecuador podría ser una oportunidad para diversificar las opciones de materiales de construc-

ción y fomentar la sostenibilidad en el sector. Sin embargo, es importante realizar investigaciones y pruebas adicionales para demostrar su viabilidad y garantizar la seguridad estructural en el contexto sísmico del país.

5. ¿Cuáles son los desafíos o limitaciones para la utilización de la madera en proyectos constructivos en el país?

Algunos de los desafíos y limitaciones para la utilización de la madera en proyectos constructivos en Ecuador incluyen la falta de conocimiento técnico y experiencia en diseño y construcción con madera, la preferencia arraigada por materiales tradicionales como el hormigón armado, la necesidad de cumplir con estándares sísmicos y de resistencia al fuego, así como la disponibilidad de madera apta y certificada para la construcción.

7. ¿Existen regulaciones específicas o normativas que regulen la construcción con madera en Ecuador?

Actualmente, en Ecuador, existen normativas y regulaciones que abarcan la construcción con madera, como la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), que proporciona lineamientos generales para el uso de la madera en construcción. Sin embargo, es importante destacar que pueden ser necesarios ajustes y actualizaciones para abordar específicamente la construcción en altura con estructuras de madera.

8. ¿Existen ejemplos de proyectos exitosos de construcción en madera en Ecuador que demuestren su factibilidad?

Sí, en Ecuador existen algunos ejemplos de proyectos exitosos de construcción en madera que demuestran su factibilidad. Algunos de estos proyectos incluyen viviendas unifamiliares, cabañas y edificaciones de menor

escala. Estos casos muestran el potencial de la madera como material de construcción en el país.

9.¿Cuál es el nivel de aceptación y confianza de los profesionales de la construcción en Ecuador hacia la madera como material de construcción?

El nivel de aceptación y confianza de los profesionales de la construcción en Ecuador hacia la madera como material de construcción está en constante evolución. Si bien algunos profesionales han adquirido experiencia y conocimiento en la construcción con madera, aún existe un camino por recorrer en términos de promover su uso y confianza en su desempeño estructural, especialmente en proyectos de mayor envergadura.

10.¿Conoce si en Ecuador se están realizando investigaciones o avances para mejorar la factibilidad y calidad de la construcción en madera?

Sí, en Ecuador se están llevando a cabo investigaciones y avances para mejorar la factibilidad y calidad de la construcción en madera. Instituciones académicas, centros de investigación y algunas empresas del sector forestal y de la construcción están trabajando en el desarrollo de técnicas, estudios de resistencia y pruebas de calidad para promover y mejorar la construcción con madera en el país. Estos esfuerzos son fundamentales para impulsar su uso de manera segura y eficiente en Ecuador.



Fig 17. Viviendas en madera
Fuente: Madera actual 2021



Fig 18. Estructura de madera vivienda
Fuente: Madera actual 2021



COMPARATIVA

BROCK COMMONS

El edificio se encuentra en el país de Canadá, Vancouver, más específicamente en la Universidad de Columbia Británica. Es una residencia estudiantil de 18 pisos de altura, con sus 16 pisos en estructura de madera masiva sobre un podio de hormigón y un núcleo con escaleras de concreto. La estructura de madera fue encapsulada en paneles de yeso y acabado de hormigón para asegurar el cumplimiento eficiente del código. Su envolvente es una combinación de un sistema de muro cortina y un sistema de paneles prefabricados, con un techo convencional.



Fig 19. Referente Brock Commons

Fuente: Construcciones en altura 2020

USO DE MAEDERAS

MADERA LAMINADA ENCOLADA

Esta madera fue utilizada en la edificación para la creación de paredes y columnas.



Fig 20. Madera Laminada

Fuente: Manual de madera 2019

MADERA CONTRALAMINADA

La madera contralaminada fue utilizada específicamente en pisos y contrapisos.



Fig 21. Madera Contralaminada

Fuente: Manual de Madera 2019

MJØSTÅRNET

La torre Mjøsa (Mjøstårnet) diseñada por Voll Arkitekter, con sede en Trondheim. La estructura de 18 pisos tiene 85,4 m de altura y es oficialmente la torre de madera más alta del mundo. Incluirá más de 11.300 m² de espacio que contiene departamentos, un hotel, un restaurante, oficinas y áreas comunes con una sala de natación.

El proyecto utiliza la madera denominada glulam, madera CLT, sostenible y resistente, primero cepillada y después pegada para formar fuertes columnas y vigas, de tal manera que se pueda utilizar como la estructura principal, al igual que el hormigón y el acero.

El problema principal en la construcción es la propiedad ligera del marco de madera que puede oscilar hasta 140 milímetros en la parte superior cuando se enfrenta a los fuertes vientos de la región.

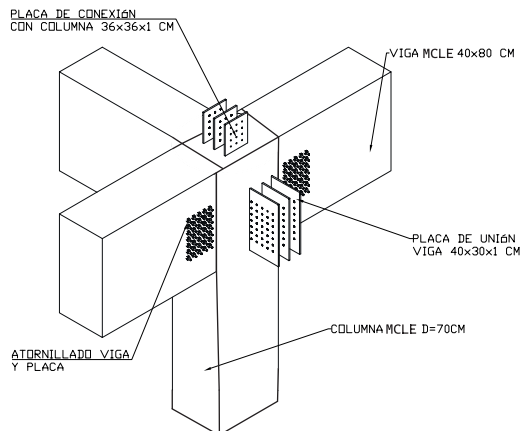


Fig 22. Unión de vigas con columnas en madera

Fuente: Elaboración Propia

USO DE MAEDERAS

MADERA CONTRACHAPADA

La madera contrachapada fue para formar fuertes columnas y vigas.

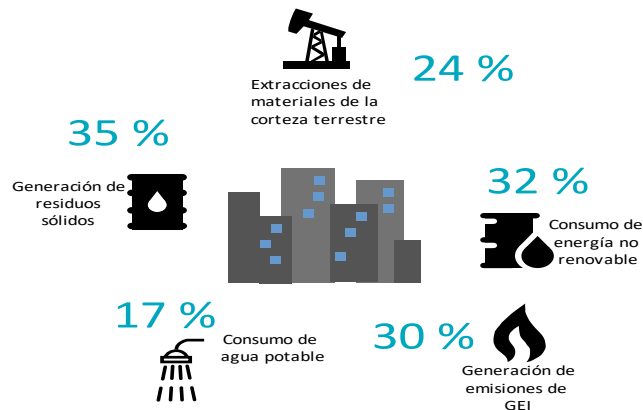
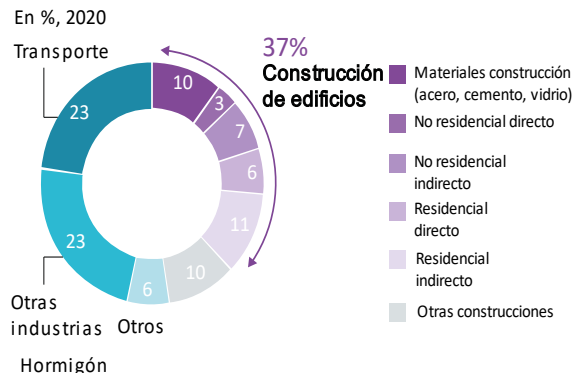


Fig 23. Madera Contrachapada

Fuente: Manual de madera 2020

EMISIONES DE CARBONO EN LA CONSTRUCCIÓN Y LOS EDIFICIOS

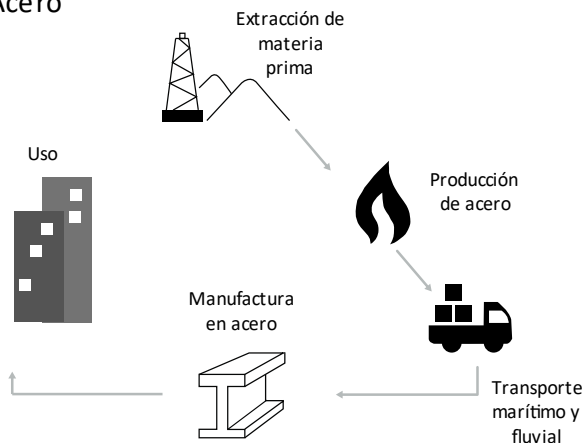
Los arquitectos emplean nuevos productos para reducir las altas emisiones de carbono del uso del concreto y acero.



Cada año, la industria del hormigón emplea 1.6 billones de toneladas de cemento, 10 billones de toneladas de roca y arena y un billón de toneladas de agua.

El acero es responsable de entre el 7% y el 9% de las emisiones directas de los combustibles fósiles, y cada tonelada producida da como resultado un promedio de 1,83 toneladas de CO2. Como el acero no es solo un material central para la industria arquitectónica moderna, particularmente en nuestras ciudades y edificios más grandes, sino también uno de los productos más comercializados en el mundo después del petróleo

Acero



Emisiones de CO2 por material construcción

Kg de CO2 equivalente por m3

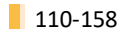
Chapa de acero galvanizada



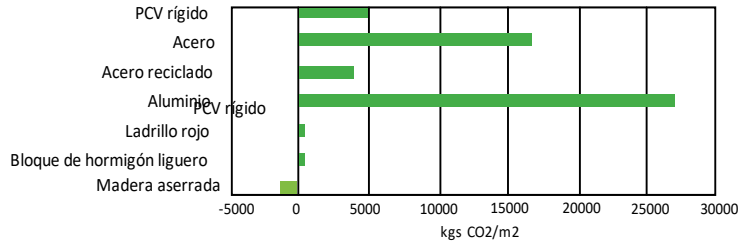
Concreto



Madera laminada



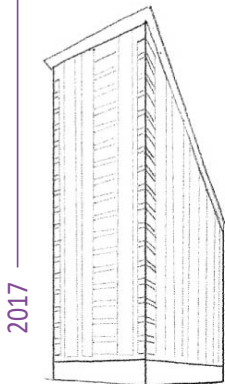
Comparación del CO2 producido por diferentes materiales



Madera

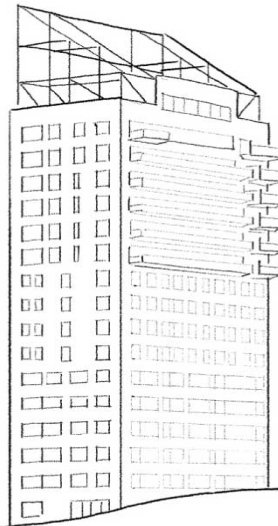
Los arquitectos están empezando a usar materiales que emitan menos carbono que el concreto y el acero, madera de ingeniería, resistente al fuego y muy sólida.

Brock Commons
Tallwood House
53 m
Residencia de
estudiantes
18 plantas
Vancouver
Canadá



2017

Mjøstarnet
85,4 m
Hotel, residencial,
oficinas
18 plantas
Brumunddal
Noruega



2019



La madera, el chamizo, el corcho, el lino, la paja y la pasta de celulosa son materiales de origen vegetal que ayudan a almacenar el carbono y a preservar los recursos naturales. Sirven tanto para construir como para aislar o renovar.

La madera no emite CO2 en su fabricación, sino que lo absorbe en su interior, prolongando el efecto sumidero de los bosques. Cada metro cúbico de madera sólida almacena una tonelada de dióxido de carbono.

Ventajas de un edificio casi entero de madera

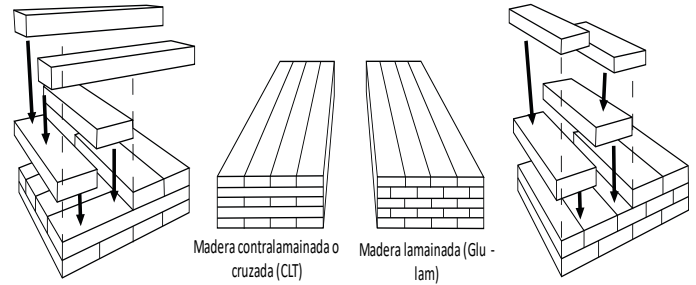
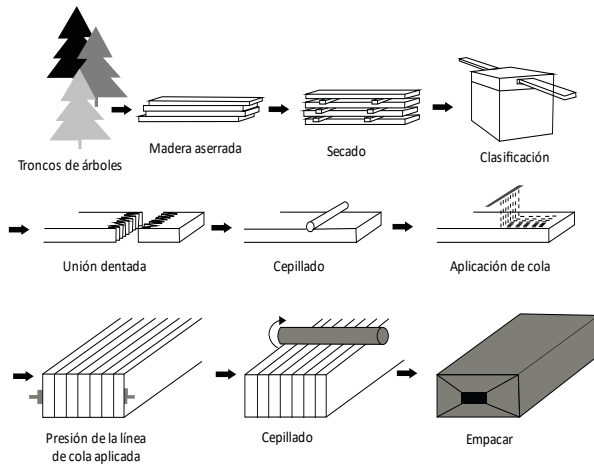
- Menor consumo de energía y emisiones de carbono en la construcción que con acero o concreto.
- Puedes almacenar carbono.
- Construcciones prefabricadas reducen tiempo de obra.

Madera laminada y contralaminada

Tanto la madera laminada contralaminada o su traducción literal madera laminada en cruz (CLT) como la madera laminada con pegamento, son productos de madera de ingeniería que se utilizan comúnmente para proyectos de construcción de madera en masa.

Fabricación

La fabricación de estas dos clases de maderas es muy similar, la diferencia es la posición de las laminas. en la madera laminada las laminas son colocadas unas arriba de la otra en el mismo sentido, pero la madera contralaminada o en cruz sus capas son combinadas con el grado alternado a 90 grados entre cada una.



Madera Laminada

Clases de resistencia Valores característicos N/mm ²	Composición homogénea			
	GL 24h	GL 28h	GL 32h	GL 36h
Resistencia flexión	24	28	32	36
Resistencia tracción: Paralela	16,5	19,5	22,5	26,0
Perpendicular	0,4	0,45	0,5	0,6
Resistencia compresión: Paralela	24	26,5	29	31
perpendicular	2,7	3,0	3,3	3,6
Resistencia cortante: Cortadura y torsión	2,7	3,2	3,8	4,3
Módulo de elasticidad: Paralelo: medio y característico	11.600 9.400	12.600 10.200	13.700 11.100	14.700 11.900
perpendicular	390	420	420	490
Módulo de cortante (medio)	720	780	850	910
Densidad característica (kg/m ³)	380	410	430	450
Clase resistente requerida en las láminas	C24/C18	C30/C24	C40/C30	-

Madera Contralaminada

Muestra	Carga máxima (N)	De flexión máxima (mm)	Área (mm ²)	MO E	K	Resistencia a la flexión (N/mm ²)
F1	21778.20	26.00	3802.33	17016.52	4.28E+10	30.76
F2	21091.50	31.50	3788.40	16991.86	4.15E+10	30.31
F3	21189.60	32.00	3825.00	16370.84	4.17E+10	29.68
Promedio	21353.10	29.83	3805.24	16793.07	4.20E+10	30.25

Ventajas



Apariencia de madera



Resistente a insectos



Resistente a la intemperie



Anticorrosivo



No necesita pintura



Amigable con el medioambiente



CONCLUSIONES COMPARATIVAS

El efecto de las comparativas ya mencionadas, dan un resultado concreto. Los referentes de la primera, dan como consecuencia, que tienen su propio tipo de estructuras y métodos para la construcción de los edificios que resisten 18 pisos de altura. Ninguna de las dos estructuras es mejor que la otra, solo se diferencian por la apariencia de las edificaciones.

La huella de carbono entre materiales tradicionales, como el acero y el hormigón con la madera, tienen como resultado en toneladas: que el acero da un total de 2929 toneladas, el concreto de 225 a 550 toneladas y la madera de 110 a 158 toneladas. Estos resultados se obtuvieron en la fabricación, transporte, desechos y en el momento de la construcción, donde se puede apreciar claramente que el material más contaminante es el acero y el que menos contamina es la madera.

Comparando la resistencia de la madera laminada y contrachapada en estructuras, su fabricación es muy similar. Lo que las diferencia es la posición de las láminas, ya que en la madera laminada se la coloca en el mismo sentido y en la contrachapada, cada lámina se la alterna a 90°. Las dos tienen los mismos beneficios: en apariencia, resistencia a la intemperie y a los insectos, son anticorrosiva, no necesitan pintura y es amigable con el medio ambiente.

Sin embargo, la madera contrachapada es mucho más resistente a la contra laminada, por lo que es más común utilizarla en pisos, contrapisos y paredes. Sin embargo, los dos tipos de maderas son ideales para estructuras donde la madera laminada se la puede utilizar en vigas o columnas.

ETAPA 2.1
ANÁLISIS DE SITIO

UBICACIÓN DEL PROYECTO



Fig. 24. Localización del Proyecto

Fuente: Elaboración propia

Extensión

La ciudad de Quito posee una extensión de 422.802 hectáreas. Altitud: Desde los 1.533 msnm hasta los 3.777 msnm. Según el censo del 2010, el número total de habitantes es de 2.239.191 personas, de las cuales 1.150.380 son mujeres y 1.088.811 son hombres

Economía

La economía de Quito se encuentra en el sector primario y terciario, el primario en menor cantidad localizada en el área suburbana, el sector terciario en mayor cantidad enfocada al área de: servicios, comercio formal e informal, manufactura e industria.

Existe una expansión económica de la pequeña, mediana y grande industria, seguida del comercio formal e informal además de la artesanía propia del sitio siendo las más importantes: el tallado de madera, el repujado en cuero, los tejidos y el tradicional mazapán.

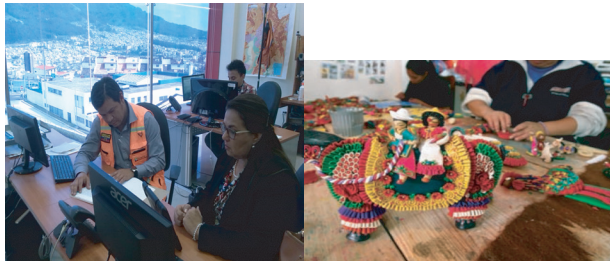


Fig. 25. Economía en la Ciudad de Quito

Fuente: Elaboración propia

Es una población representativa dentro del Distrito Metropolitano de Quito, ubicada a 15km al norte de la ciudad. El lugar es conocido por la fabricación de Artesanías de Mazapán.

La zona de Calderón es un valle con varias riquezas artesanales, cultura y turística, como iglesias, miradores, plazas y sitios recreativos.

Antes que Calderón fuese declarado como parroquia en 1897, cuando el General Eloy Alfaro era quien conducía la República, se la conocía con el nombre de "CARAPUNGO".

La parroquia de Calderón alberga una variedad de talleres dedicados a la producción mueblista y tallado artesanal en Madera, misma que se mantiene con el transcurrir del tiempo, se encuentran principalmente localizados en el sector de San Luis de Calderón a lo largo de la Av. Giovanni Calles y el Centro parroquial.

Festividades

- Aniversario de la Batalla de Pichincha (24 de mayo)
- Festividad a la Virgen de las "Mercedes" (23-24 de septiembre)
- Conmemoración del primer grito de independencia (10 de agosto)
- Fundación española de Quito (6 de diciembre)
- Fiesta de San Pedro (28-29 de junio)
- Fiesta de la Virgen de Monserrat (28-29 de junio)
- Fiesta del Corpus Cristo Yumbada (mayo-junio)

DIAGNÓSTICO FÍSICO - ANÁLISIS SOCIO CULTURAL

Inseguridad

- La parroquia de Calderón, en los últimos años ha sido catalogada como un sector con mayor incidencia delictiva. El origen de la delincuencia que se presenta en Calderón proviene del sector de Carapungo, ya que colinda con la parroquia de Calderón y tienen una conexión directa. Calderón ha empezado un sistema de concientización en jóvenes y adultos para contrarrestar la inseguridad. La implementación de un mayor número de UPC junto con la tecnología adecuada ha generado un déficit delictivo.



Fig 26. Inseguridad Calderón

Fuente: Elaboración Propia

La construcción o implementación de áreas de recreación ayudo a los moradores de Calderón a tener un lugar de diversión para personas de todas las edades.

Estas áreas de recreación se encuentran distribuidos en los diferentes sectores de Calderón, ayudando a la integración de las personas con su medio y a contrarrestar el delincuencia.



Fig 27. Areas Recreativas Calderón

Fuente: Elaboración Propia

Comercio Informal

Calderón cuenta con un gran crecimiento cultural y comercial, el cual a ocasionado que los moradores del sector ofrezcan a la venta sus productos en las calles con mayor tránsito vehicular y peatonal.

El comercio informal que encontramos en la parroquia de Calderón obstruye el paso peatonal en sus aceras, provocando malestar en los moradores del sector. Los productos que encontramos en el comercio informal son: artesanías, alimentos y vestimenta.



Fig 28. Comercio Informal Calderón

Fuente: Elaboración Propia

Religión

En 1897 se establece como parroquia eclesiástica, sus edificaciones cuentan con una arquitectura con materiales propios del lugar. Sus Iglesias se caracterizan por tener una plaza frente a cada edificación para una mayor seguridad y movilidad de los creyentes.

En Calderón cuentas con varias iglesias en toda su parroquia por lo que la mayoría de sus creyentes son católicos.

DIAGNÓSTICO FÍSICO - ANÁLISIS SOCIO CULTURAL

Inseguridad

- La parroquia de Calderón, en los últimos años ha sido catalogada como un sector con mayor incidencia delictiva. El origen de la delincuencia que se presenta en Calderón proviene del sector de Carapungo, ya que colinda con la parroquia de Calderón y tienen una conexión directa. Calderón ha empezado un sistema de concientización en jóvenes y adultos para contrarrestar la inseguridad. La implementación de un mayor número de UPC junto con la tecnología adecuada ha generado un déficit delictivo.

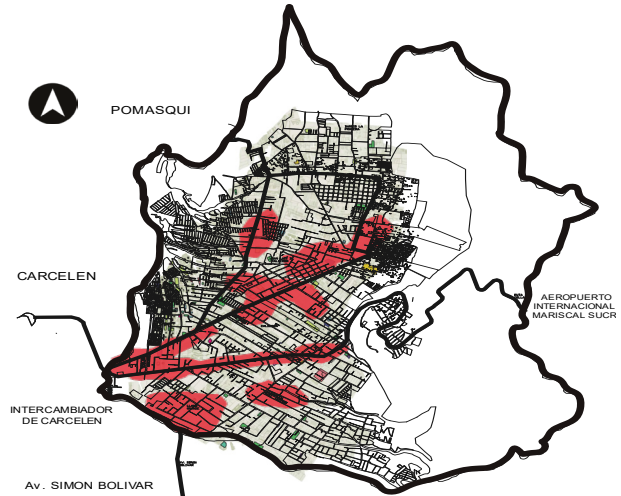


Fig.29 Mapeo de Calderón Socio Cultural
Fuente: Elaboración Propia

Simbología



Calderón, necesita de un mejoramiento de la infraestructura urbana en la periferia del centro de la parroquia, ya que estas zonas son las más necesitadas de actividades económicas que potencien el desarrollo de la infraestructura, tanto en vivienda como en comercio.

Las edificaciones presentan en su mayoría un modelo mixto de comercio en las plantas inferiores y residencia en las plantas superiores.

Principalmente fabricadas en hormigón armado y mampostería, además de priorizar la funcionalidad antes que la estética de las mismas. El comercio es la actividad económica principal de la parroquia, así como la manufactura. La agricultura y las bodegas de almacenamiento de ubican más al norte hacia las zonas menos pobladas de la parroquia.

CALDERÓN		Año	
		2001	2010
Superficie Total Ha.		7.974	8.646,70
Superficie Urbana Ha.		4.204	4.648,50
Población		85.828	152.731
Viviendas		27.878	52.680
Edificios Residenciales		21.279	41.478
Tasa de Crecimiento Demográfico		8.1 %	6.6 %
Densidad (Hab/Ha.)	Global	2.222	3520.74
	Urbana	19.64	1922.98
Incremento		135.5 %	78%
Distribución Proporcional de la Población		4.7 %	6.8 %

Tabla 15. Tabla de Total entre el año 2001 y 2010 Calderón
Fuente: Elaboración Propia

CALDERÓN - ANÁLISIS MOVILIDAD Y TRANSPORTE MOVILIDAD PRIVADO

El sistema de movilidad privado del Distrito Metropolitano de Quito, en la parroquia de Calderon , a crecido en los ultimos años tanto en su economia como es su movilida aumentando el transito de vehiculos privados que transitan por las calles de calderon.

PÚBLICO

El sistema de movilidad público del Distrito Metropolitano de Quito, en la parroquia de Calderón a tenido malestar en sus moradores por el extenso trafico que se provoca en horas pico (07:00 - 09:00 y 17:30 - 19:30) en las principales avenidas de circulacion de transporte publico para ingresar y salir de calderon.

PEATONAL

La movilidad peatonal en la parroquia de Calderón es regular, ya que en algunas calles del sector no cuenta con aceras o se encuentran en mal estado por lo que el peatón tiene dificultad a pasar, en las avenidas principales se encuentran en buen estado.

Recorridos y Conexiones con la Ciudad

El sistema de transporte público en la parroquia de Calderón es más ordenado y cómodo para los peatones en cuanto al embarque y desembarque de los usuarios, ya que solo lo hacen en las paradas designadas.

Los buses urbanos que circulan por las vías principales de Calderón conectan con las estaciones de servicio publico del Distrito Metropolitano de Quito donde pueden dirigirse a cualquier punto de la Provincia de Pichincha, el cual da una mejor movilidad al usuario.

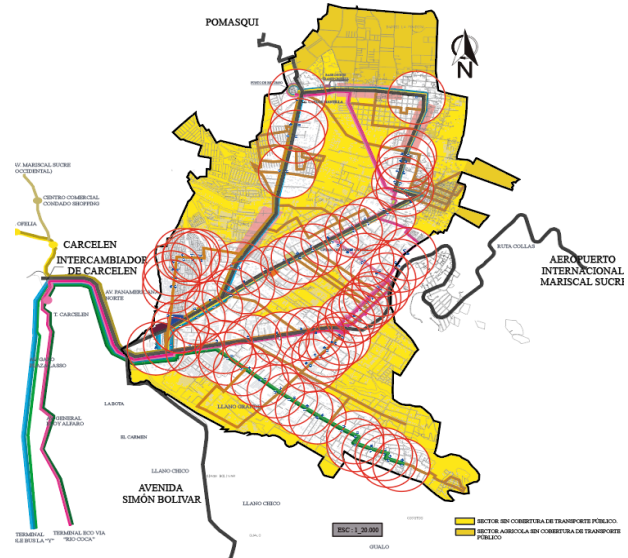


Fig 30. Análisis De Transporte y Movilidad

Fuente: Elaboración Propia

SIMBOLOGÍA	TIPO	RUJA	FLOTA	INTERVALO
	Calderon	zabala, T. La "Y"	10 unidades	15 minutos
	Calderon	Zabala- T. Rio Coca	10 unidades	15 minutos
	Calderon	Zabala- T. La Ofelia	10 unidades	15 minutos
	Calderon	Bellavista - T. La ofelia	10 unidades	15 minutos
	Trasporsell	San Juan- S. Jose de Moran- El Ejido	22 unidades	15:20 minutos
	san Juan	Bellavista - T. Carcelen	8 unidades	15 minutos
	Llano grande	Llano grande- La "Y"	16 unidades	15 minutos
	Llano grande	Llano grande- T. Rio Coca	8 unidades	15 minutos

Tabla 16 . Unión de columnas en 3d

Fuente: Elaboración Propia

Busetas

El transporte público interno de la parroquia de calderón se lo realiza por medio de busetas que conecta a los usuarios con las vías por las que circulan los buses urbanos, para que puedan dirigirse a cualquier lugar de la ciudad de Quito.

ANÁLISIS MACRO

Ubicación



Fig 31. Ubicación del sitio de intervención
Fuente: Elaboración Propia

Calle Jaime Roldos Aguilera - Sector San Luis
Según la Ordenanza Metropolitana N°3457 – Normas de Arquitectura y Urbanismo el radio de influencia de edificios residenciales serán de 400m.

Uso de Suelo



Fig 32. Análisis de usos de Suelo
Fuente: Elaboración Propia

El predio se localiza en un área mayormente densamente poblada, cercana a varias industrias de bajo impacto y comercios directamente en la Av. Giovanni Calles. Existen ciertas áreas verdes que son de difícil acceso y dos edificaciones de culto cercanas, una de ellas (la iglesia da Jesucristo) limita al norte con el predio.

Accesibilidad - Movilidad

Accesos para vehículos privados y peatonal



Simbología

Rutas	Recorrido
R1	la Av. capitán Giovanni Calle hasta llegar a la calle Jamime Roldos. vía de acceso desde la parte sur de Calderón.
R2	Ruta 2 comunica directamente el barrio de Carapungo utilizando la Av. Giovanni Calles hacia el terreno.
R3	Ruta 3 conecta la parte residencial norte de Calderón hacia el terreno por medio de la Calle Jaime Roldos Aguilera

Fig 33. Accesibilidad y movilidad del sector
Fuente: Elaboración Propia

Paradas y rutas de transporte público



Simbología

Descripción	
bus	Recorrido: Terminal Calderón - Carcelen - Terminal Calderón Frecuencia: 20 min
bus	Línea bus Kimera Recorrido: Carapungo - Santa Catalina - Carapungo Frecuencia: 5 min
Parada	Las dos paradas de autobús más cercanas se encuentran en la Av. Giovanni Calles

Fig 34. Paradas y rutas de transporte público Calderón
Fuente: Elaboración Propia

El predio se encuentra en una zona medianamente transitada y de fácil acceso ya que contamos con dos recorridos de transporte público que transitan cerca con dos paradas a una distancia aproximada de 60m del terreno.

ANÁLISIS MICRO

Características del Predio

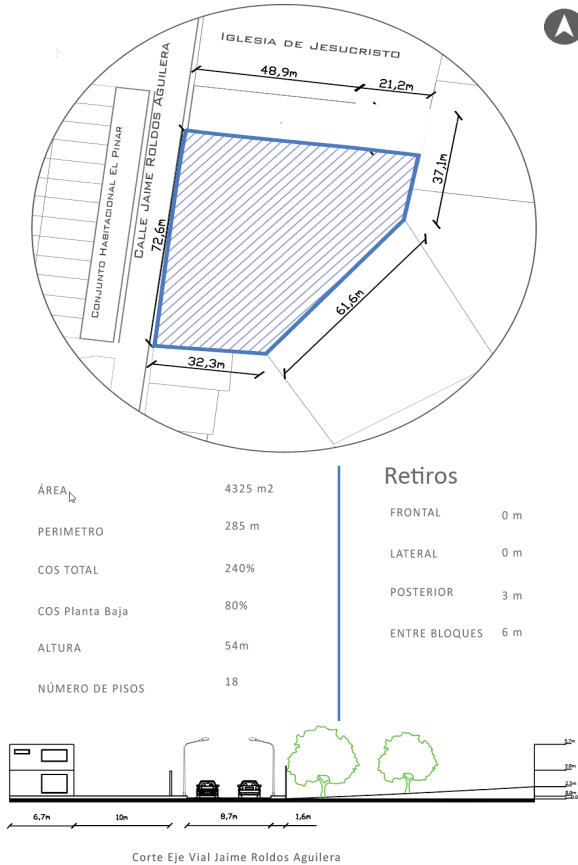


Fig 35. Análisis de características del predio de intervención
Fuente: Elaboración Propia

Las dimensiones del predio nos proporcionan una superficie adecuada para implantar nuestro proyecto de manera que pueda contar con espacios amplios para los ocupantes.

Vegetación

Las especies predominantes son el Algarrobo, la acacia y la mimosa ceae, la vegetación alta mayormente son Acacias las cuales cuentan con una altura promedio de 5m de altura, 6 m de diametro y raíces poco invasivas de hasta 3m de profundidad.



Fig 36. Vegetación del lugar
Fuente: Elaboración Propia

Riesgos

La presencia de conductores eléctricos cercanos al límite del terreno, tanto por su baja altura y a una distancia menos de 1.50 m hacia el cerramiento del terreno, comprometen la seguridad de los ocupantes del proyecto. La fábrica de productos plásticos cercana al predio, es un riesgo de contaminación directa para los ocupantes del proyecto. La presencia de conductores eléctricos cercanos al límite del terreno, tanto por su baja altura y a una distancia menos de 1.50 m hacia el cerramiento del terreno, comprometen la seguridad de los ocupantes del proyecto. La fábrica de productos plásticos cercana al predio, es un riesgo de contaminación directa para los ocupantes del proyecto.



CONCLUSIONES DEL SITIO

Calderón, necesita de un mejoramiento de la infraestructura urbana en la periferia del centro de la parroquia, ya que estas zonas son las más necesitadas de actividades económicas que potencien el desarrollo de la infraestructura, tanto en vivienda como en comercio.

Las edificaciones presentan en su mayoría un modelo mixto de comercio en las plantas inferiores y residencia en las plantas superiores. Principalmente fabricadas en hormigón armado y mampostería, además de priorizar la funcionalidad antes que la estética de las mismas.

El comercio es la actividad económica principal de la parroquia, así como la manufactura. La agricultura y las bodegas de almacenamiento que se ubican más al norte hacia las zonas menos pobladas de la parroquia.

ETAPA 3
PROUESTA DE APLICACIÓN



Propuesta 1

Nombre del proyecto

Edificio WoodTHMN

MEMORIA ARQUITECTONICA

LEVEDAD Y EXPLOSIÓN

¿Qué Es Un Concepto ?

La creatividad cubre una serie jerárquica e integral que formando una escala, va desde la filosofía personal del proyectista hasta la expresión del objeto. "Arq. Patricio serrano"

¿De donde nace?

- * Viajes
- * Historias
- * Bibliografía
- * Estudios anteriores

¿A que escala se ve ?

A todas las escalas

¿Con que se relaciona ?

- *Nuevos conceptos
- *Nuevas formas de combinar conceptos tradicionales
- *Métodos para trabajar el conjunto de los conceptos tradicionales.

FORMA Y COMPOSICIÓN

La forma se manifiesta en base a nuestros dos conceptos base, la levedad representando la torre que formalmente son planos esbeltos que son muy livianos por su materialidad y espesor. Y la explosión plasmada en la base del proyecto con volúmenes inclinados los cuales rompen con el piso generando recorridos diagonales, haciendo énfasis en el uso de la madera como material principal.

Dentro de la composición se utiliza formas básicas como el cuadrado y el triángulo que serán representadas respectivamente en las torres y la base del proyecto.

ESCALA

Dentro de la escala del proyecto se mantuvo la configuración con el entorno manejando la misma altura de las edificaciones establecidas en la normativa, generando una escala normal a monumental entre los volúmenes más bajos y una escala opresiva entre los edificios.

La ligereza que presentan los edificios hace que se maneje de mejor manera la escala debido a su materialidad y dimensionamiento.

En los elementos de la planta baja la forma influye dentro de la escala mediante los planos inclinados generando un envolvente no habitual para el usuario.

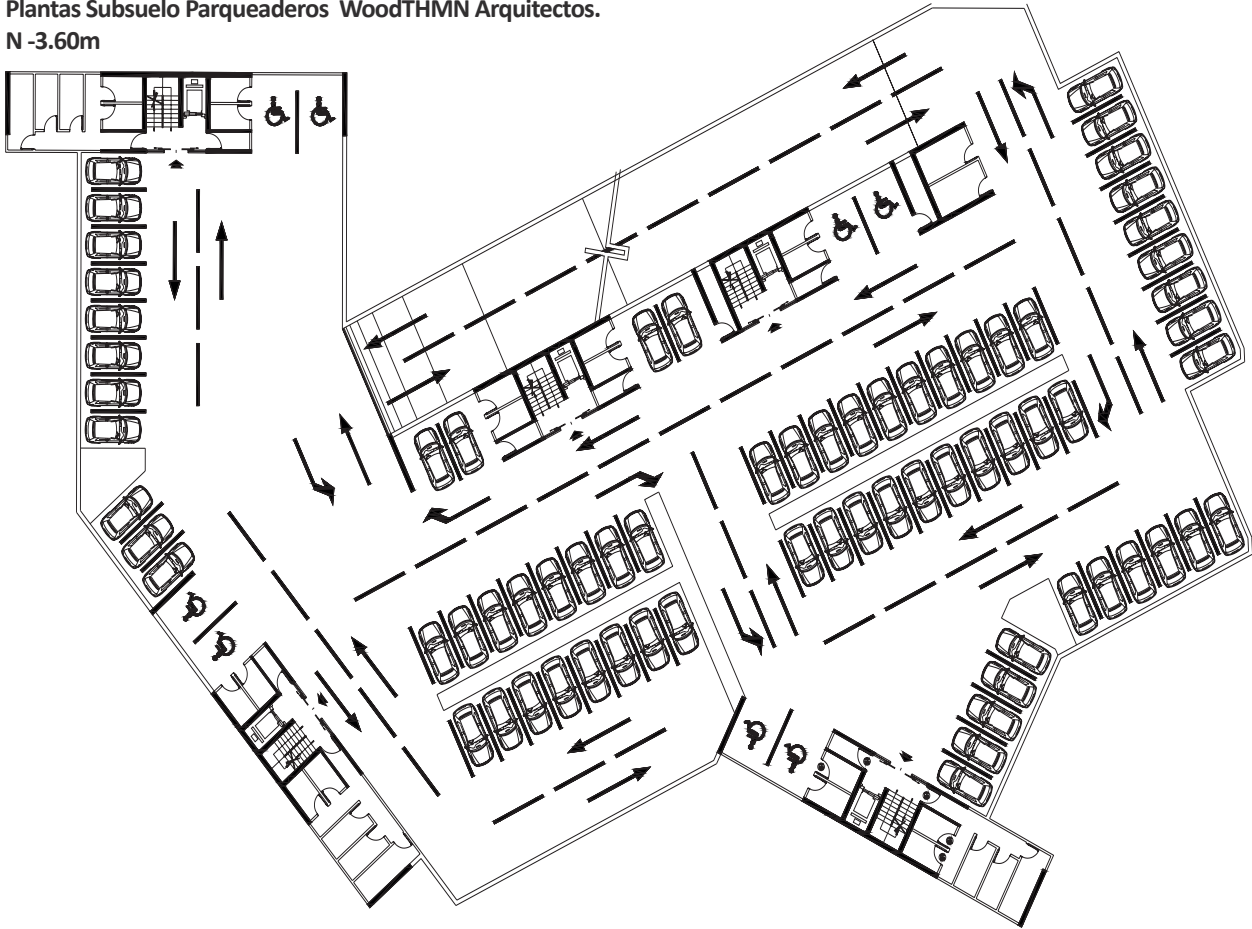


Fig. 37: Levedad Arquitectónica
Fuente: Elaboración propia, 2023



Planos Técnicos Edificio 1

Plantas Subsuelo Parquederos WoodTHMN Arquitectos.
N -3.60m



PLANTA SUBSUELO TORRE 1 Nv:-3.60m

ESCALA

1 - 200

Fig. 38: Subsuelo arquitectónico
Fuente: Elaboración propia, 2023

Plantas Subsuelo Parquederos WoodTHMN Arquitectos.
N -3.60m

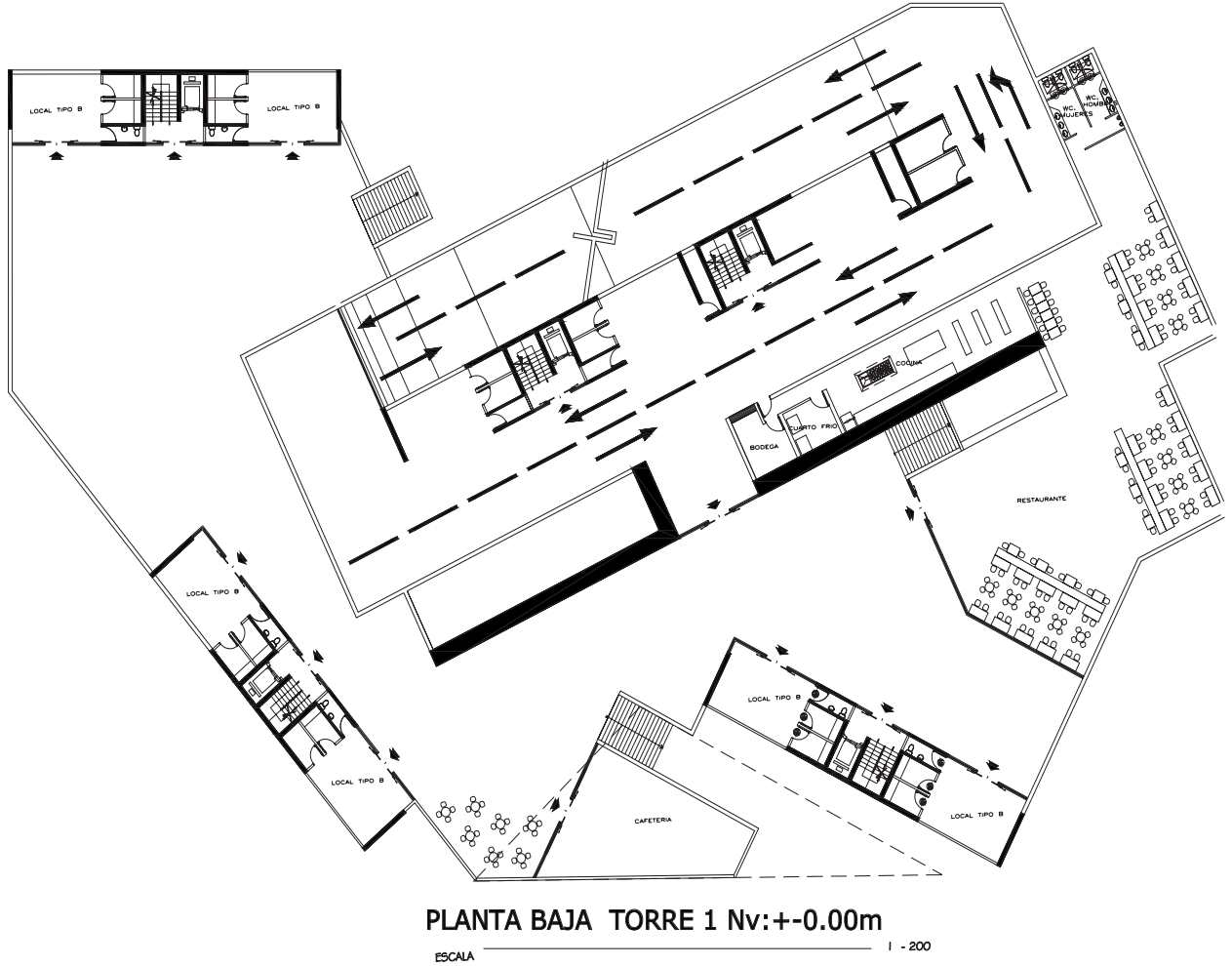


Fig. 39: Planta Baja Torre
Fuente: Elaboración propia, 2023

Plantas tipo Edificio WoodTHMN Arquitectos.

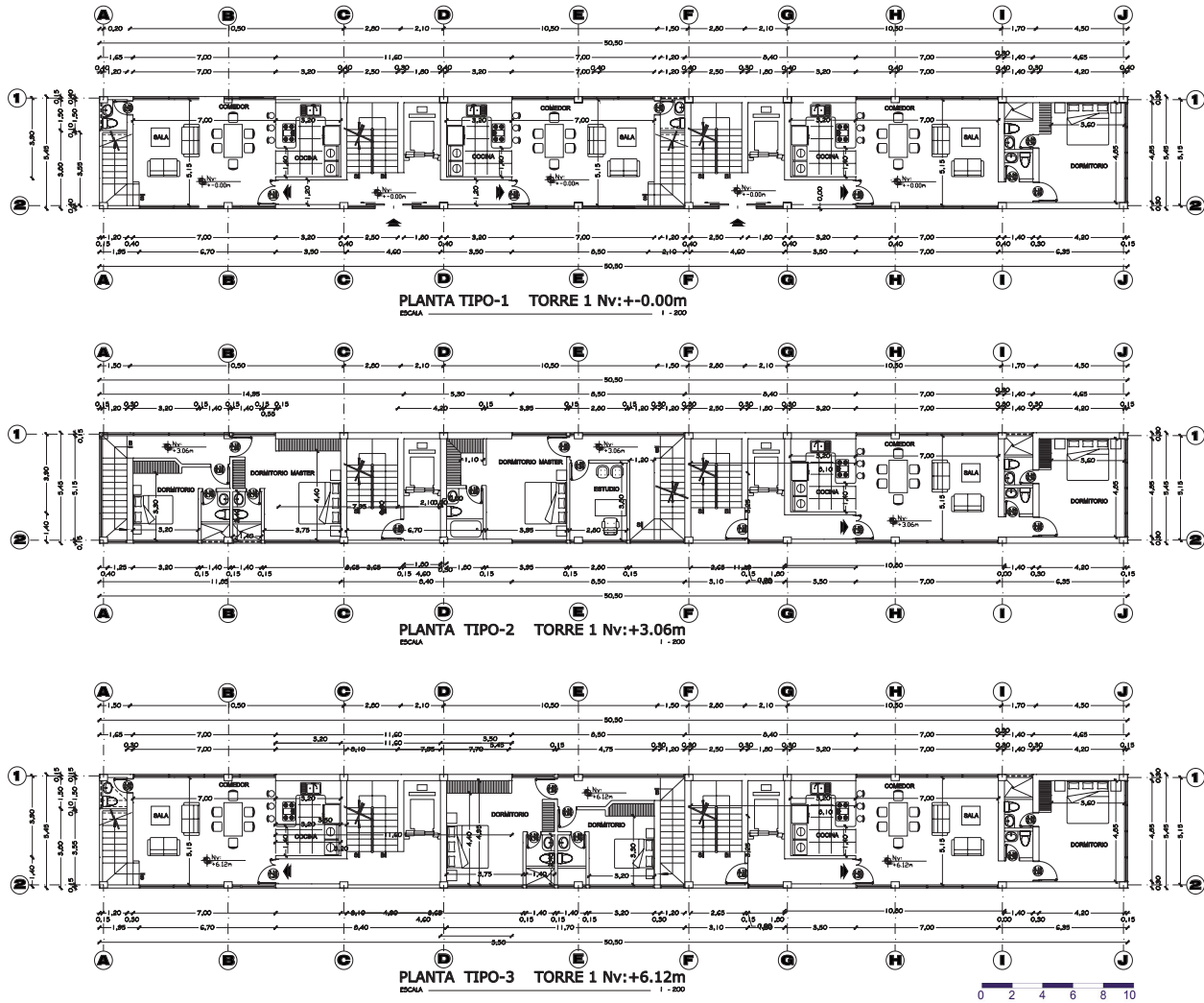


Fig. 40: Planta tipo 1,2,3
Fuente: Elaboración propia, 2023

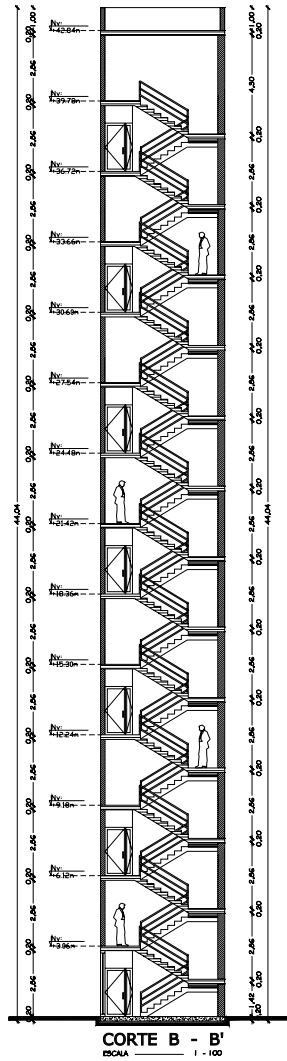
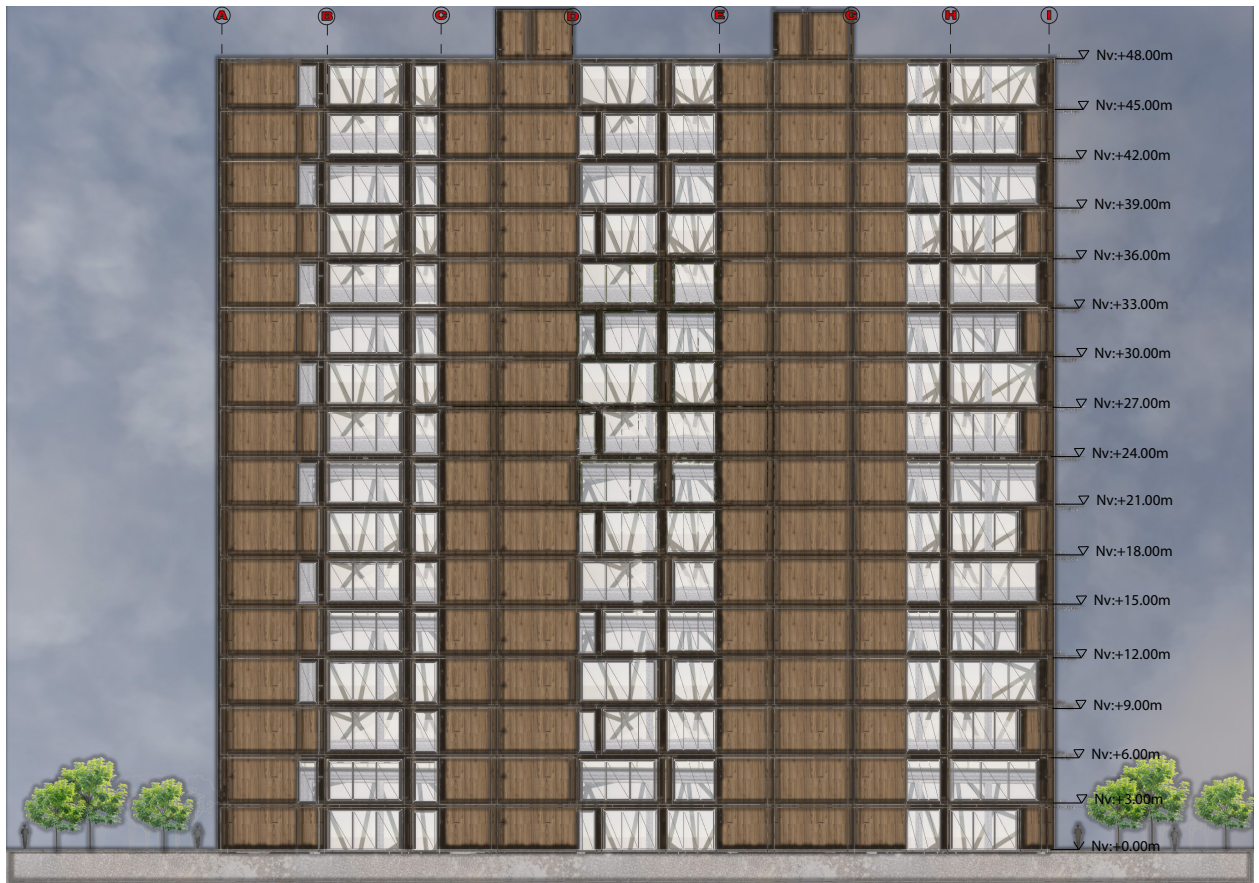


Fig. 42: Corte Arquitectónico gradas
Fuente: Elaboración propia, 2023



FACHADA PRINCIPAL

ESCALA

S/E

Fig. 43: Fachada Ilustrada
Fuente: Elaboración propia, 2023



DETALLES CONSTRUCTIVOS PROPUESTA 1

DETALLE DE UNIONES DE VIGA CON COLUMNA

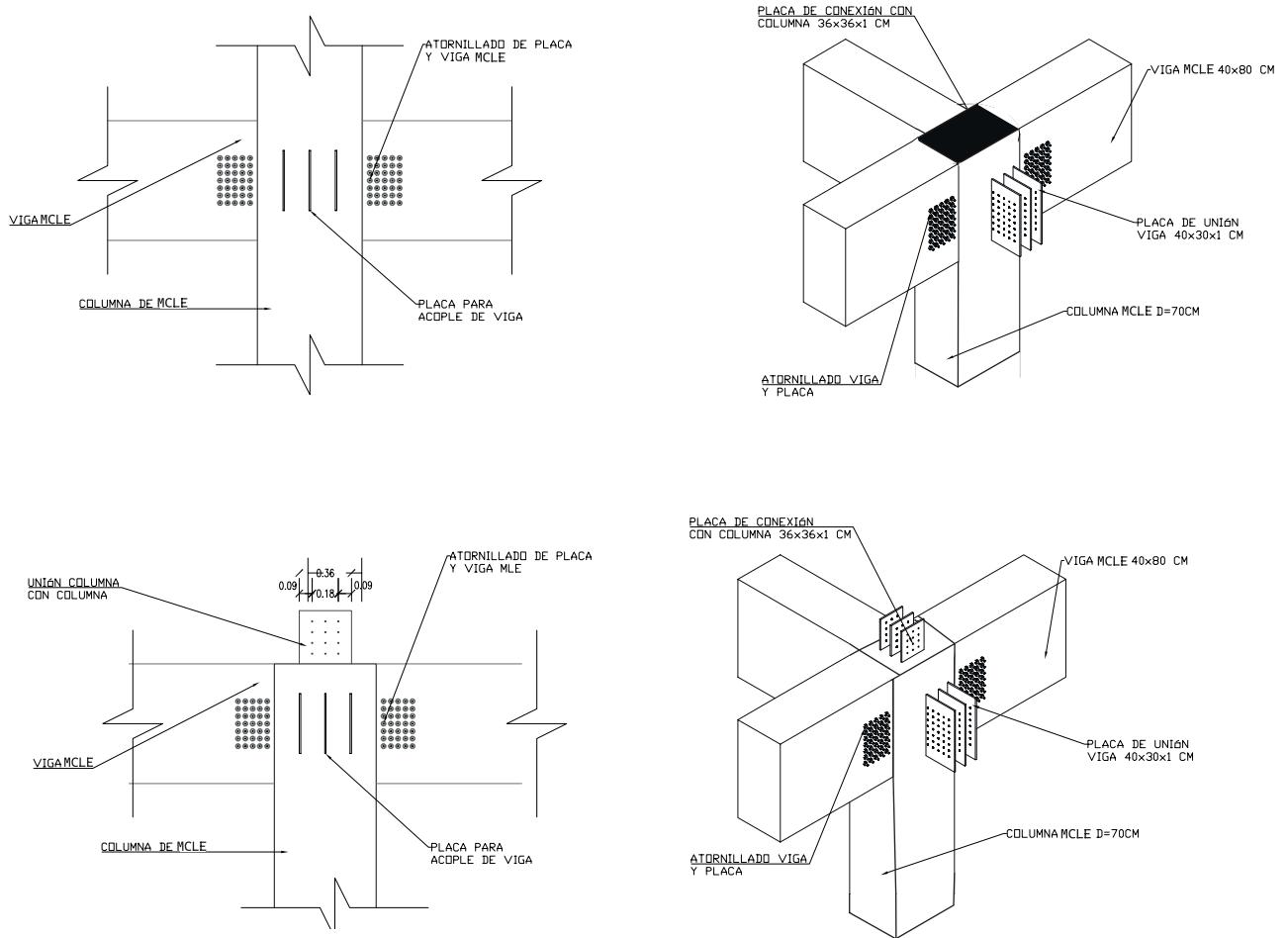


Fig.44: Detalles de Uniones Viga a Columna

Fuente: Elaboración propia, 2023

DETALLE DE PLACAS DE UNION E ISOMETRÍA DE PISO

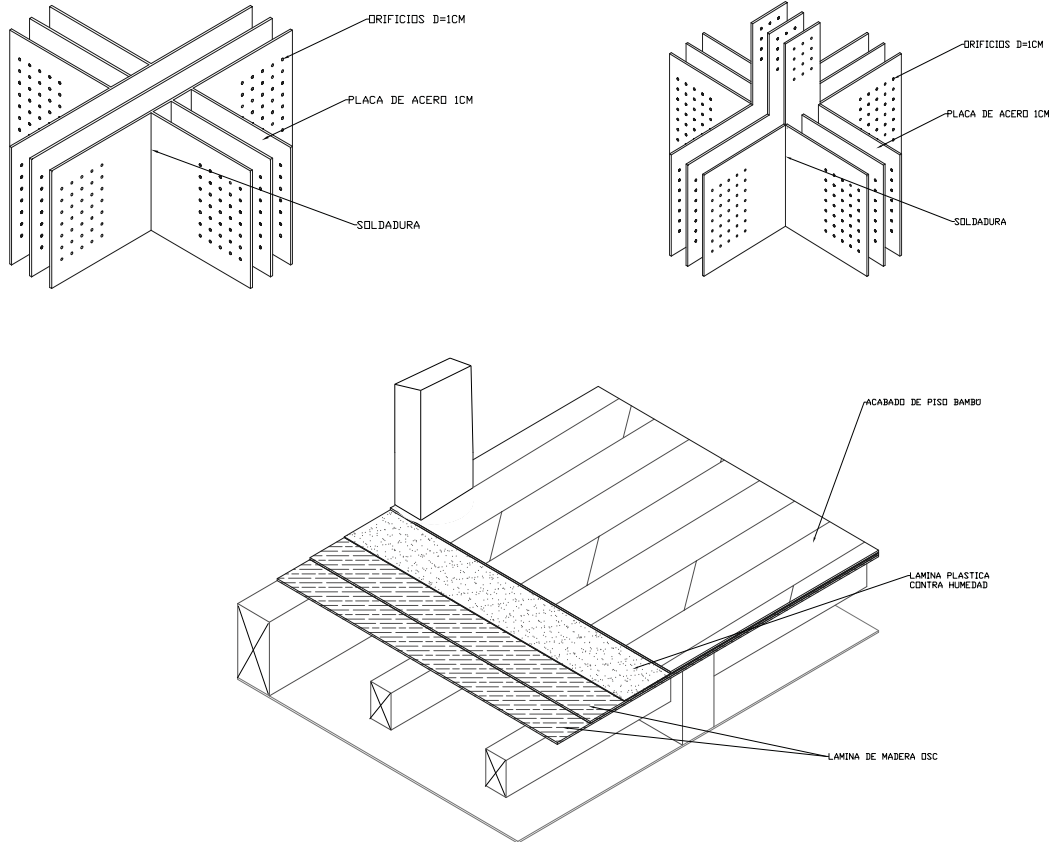
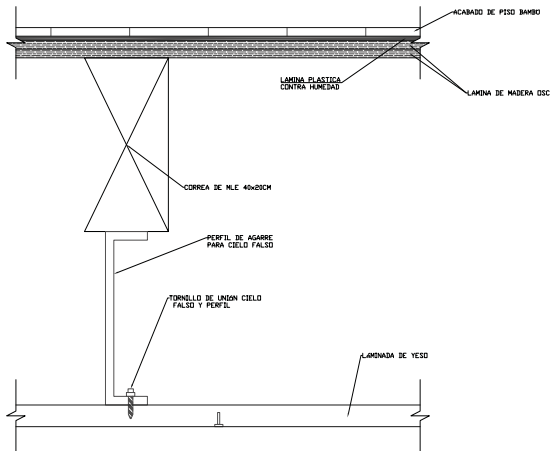


Fig. 45: Detalle de placas de unión e isometría de piso
Fuente: Elaboración propia, 2023

DETALLE DE PISOS

DETALLE DE PISO INTERIOR



DETALLE DE PISO EXTERIOR

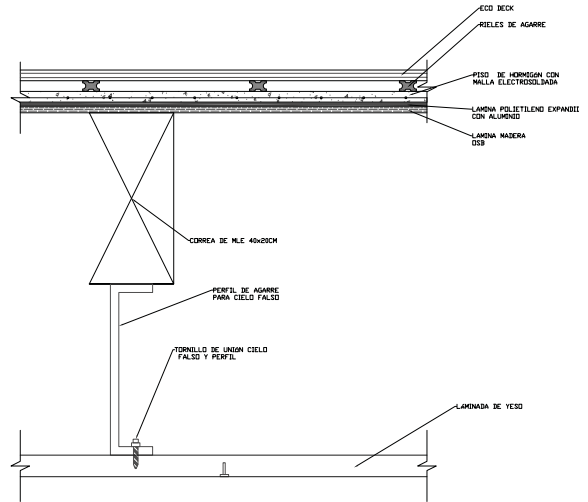
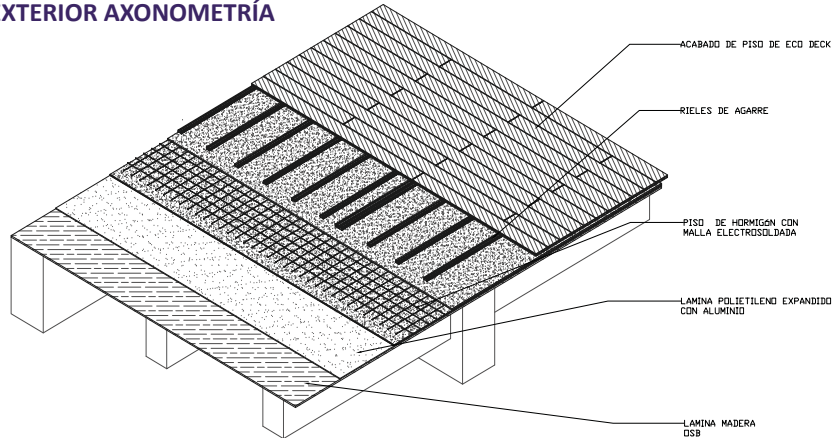


Fig. 46: Detalles de Pisos
Fuente: Elaboración propia, 2023

DETALLE DE PISOS

DETALLE DE PISO EXTERIOR AXONOMETRÍA



DETALLE DE ENTREPISO

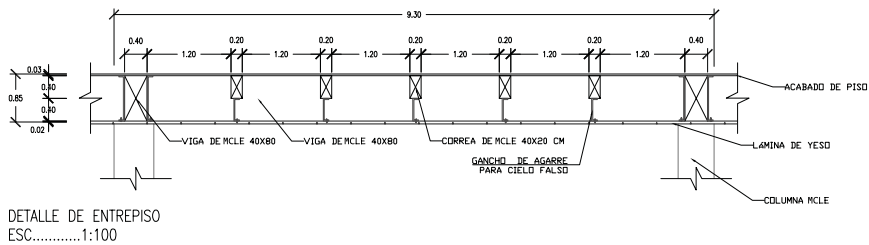


Fig. 47: Detalle de Entrepiso
Fuente: Elaboración propia, 2023



Planos Estructurales

PLANTA DE CIMENTACION - CIMIENTOS, PLINTOS Y COLUMNAS

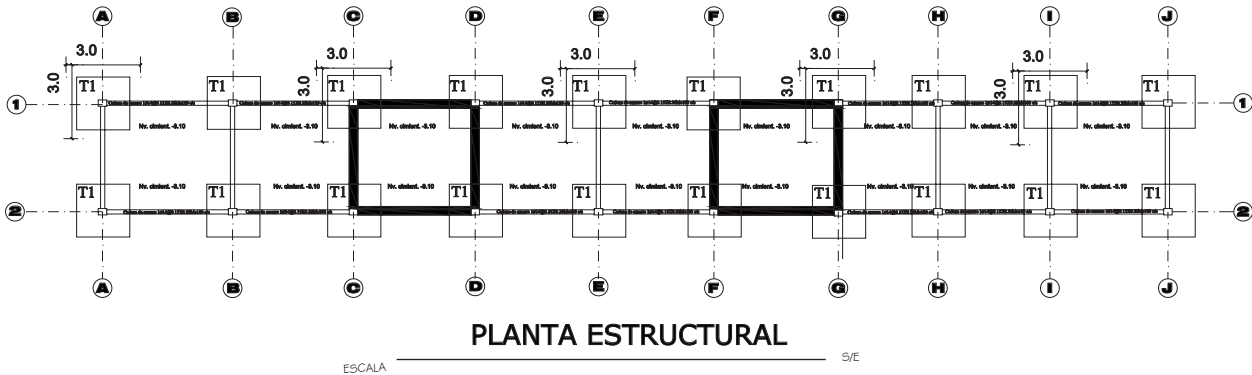
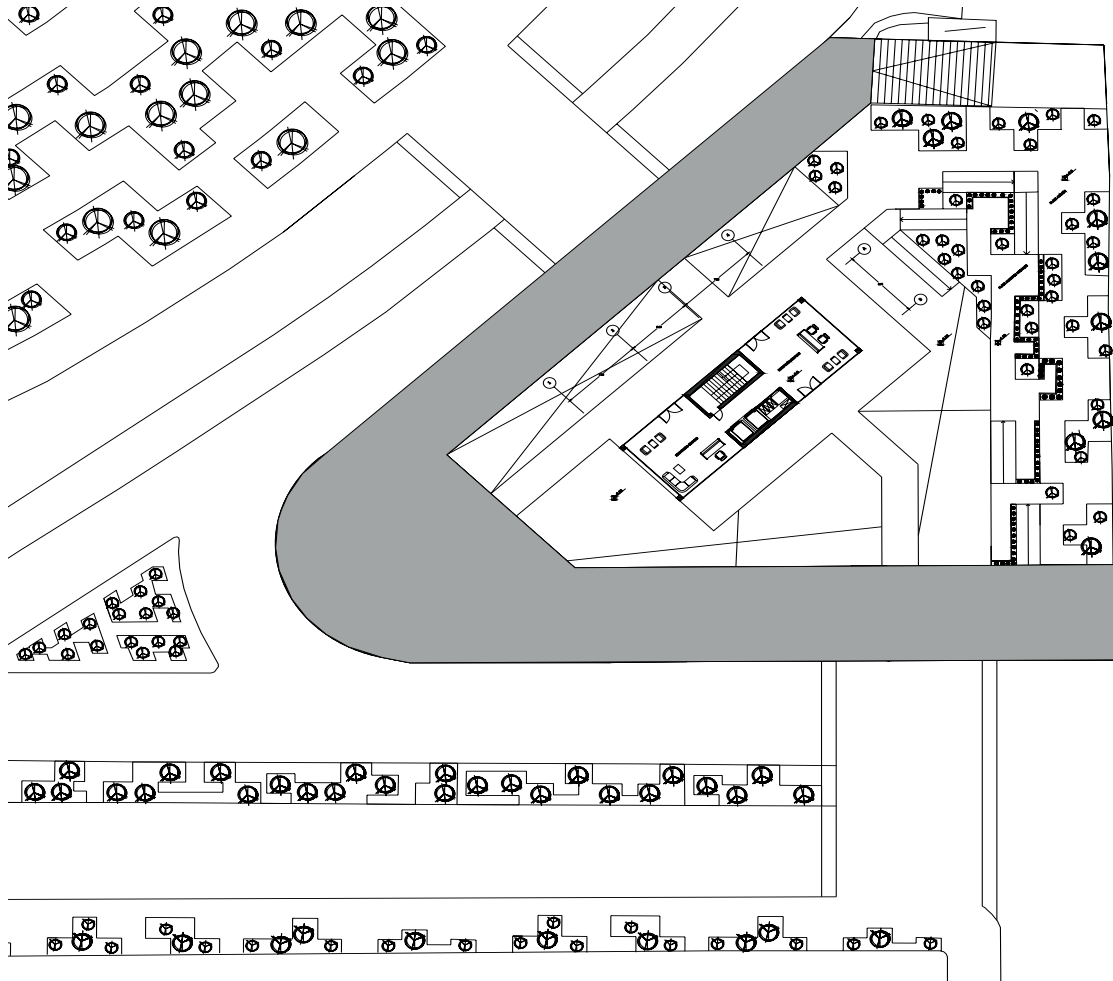


Fig. 48: Detalle Planta Estructural
Fuente: Elaboración propia, 2023

Propuesta 2



PLANTA BAJA GENERAL

ESCALA _____ | - 200

Fig. 49: Planta Baja
Fuente: Elaboración propia, 2023

PLANTAS RECEPCIÓN Y SEGURIDAD DEL EDIFICIO PLANTA BAJA



Fig. 50: Recepción y seguridad del edificio
Fuente: Elaboración propia, 2023

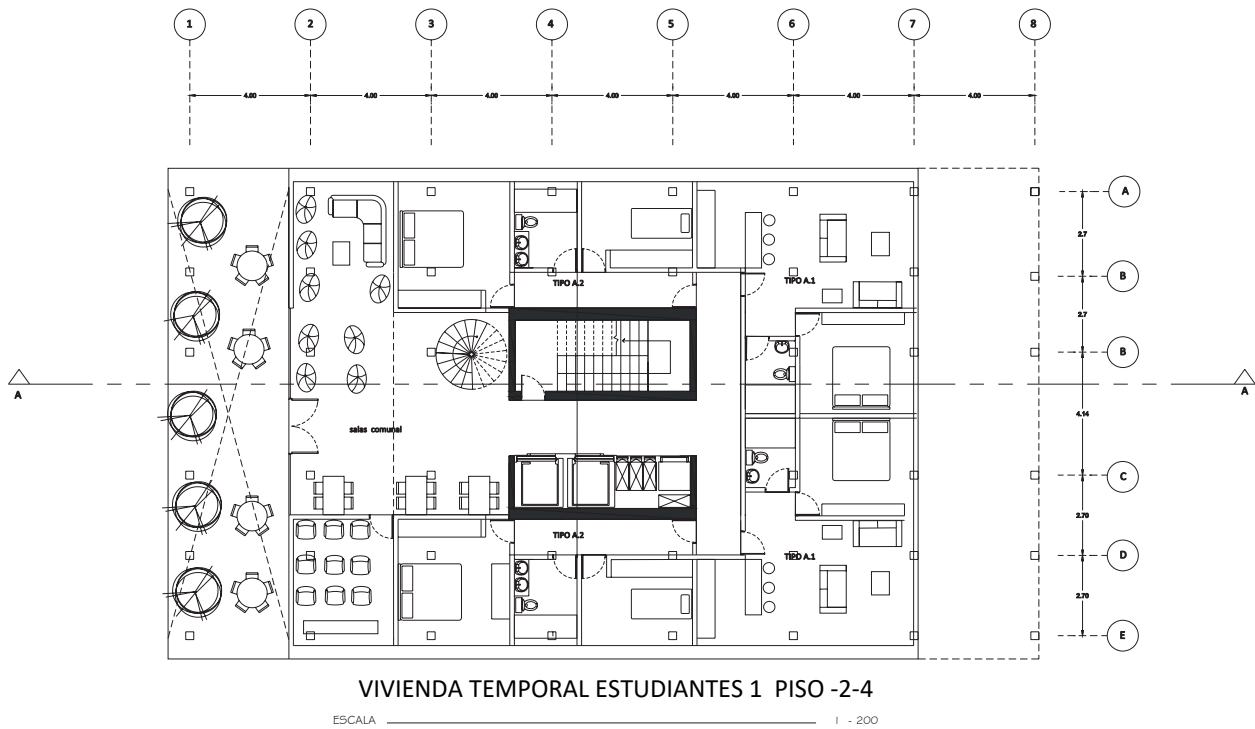
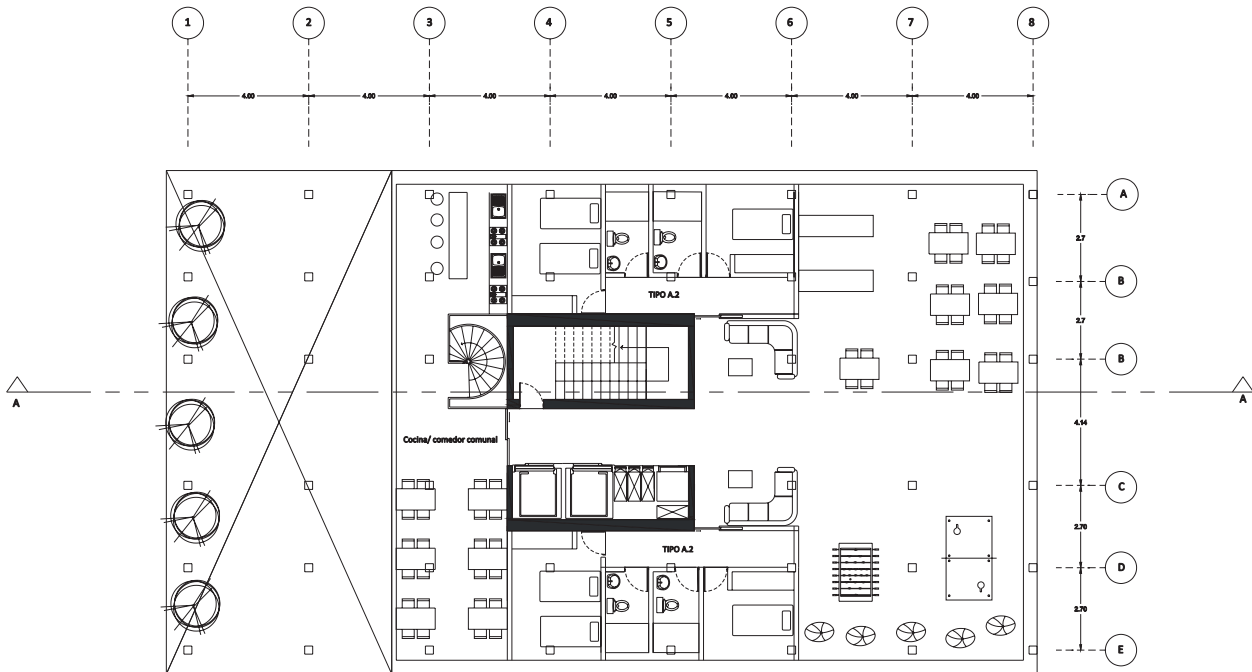


Fig. 51: Planta Vivienda temporal Estudiantes 1
Fuente: Elaboración propia, 2023



VIVIENDA TEMPORAL ESTUDIANTES 2 PISO -3-5

ESCALA _____ | - 200

Fig. 52: Planta Vivienda temporal Estudiantes 2
 Fuente: Elaboración propia, 2023

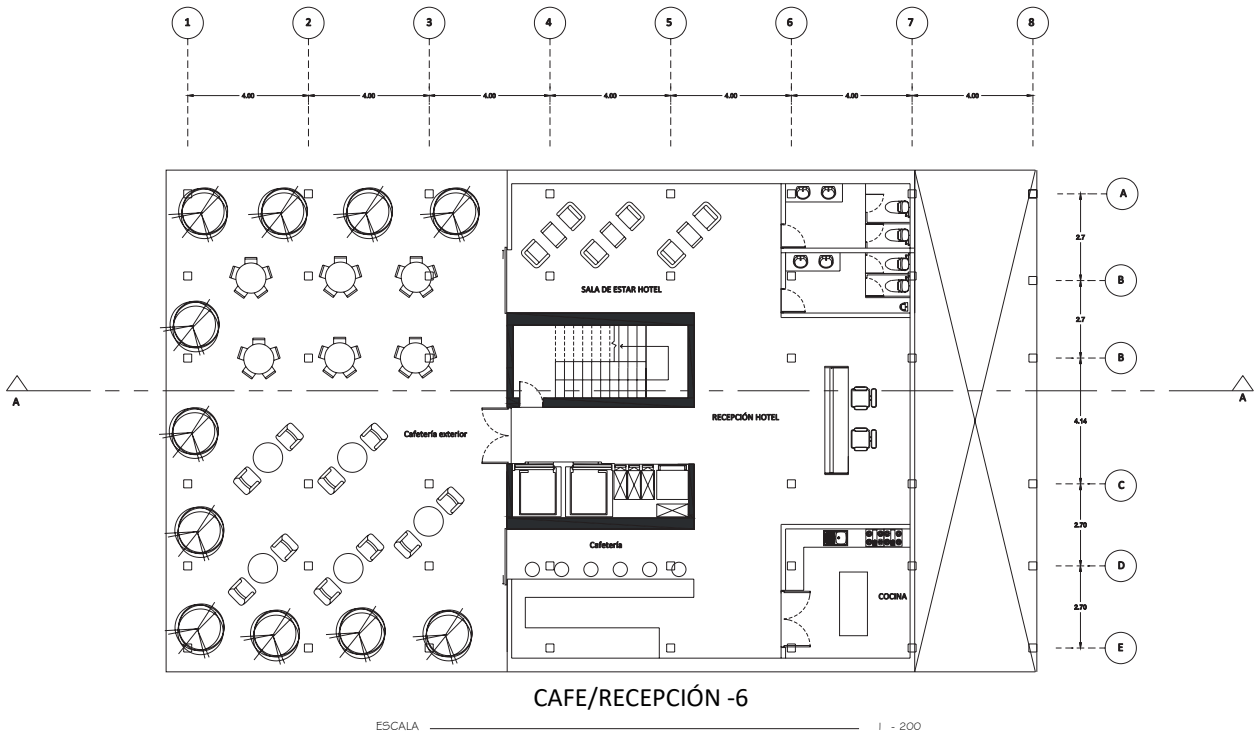


Fig. 53: Planta Cafe , Recepción
Elaboración propia, 2023



Fig. 54: Planta Vivienda Temporal Turistas
 Fuente: Elaboración propia, 2023

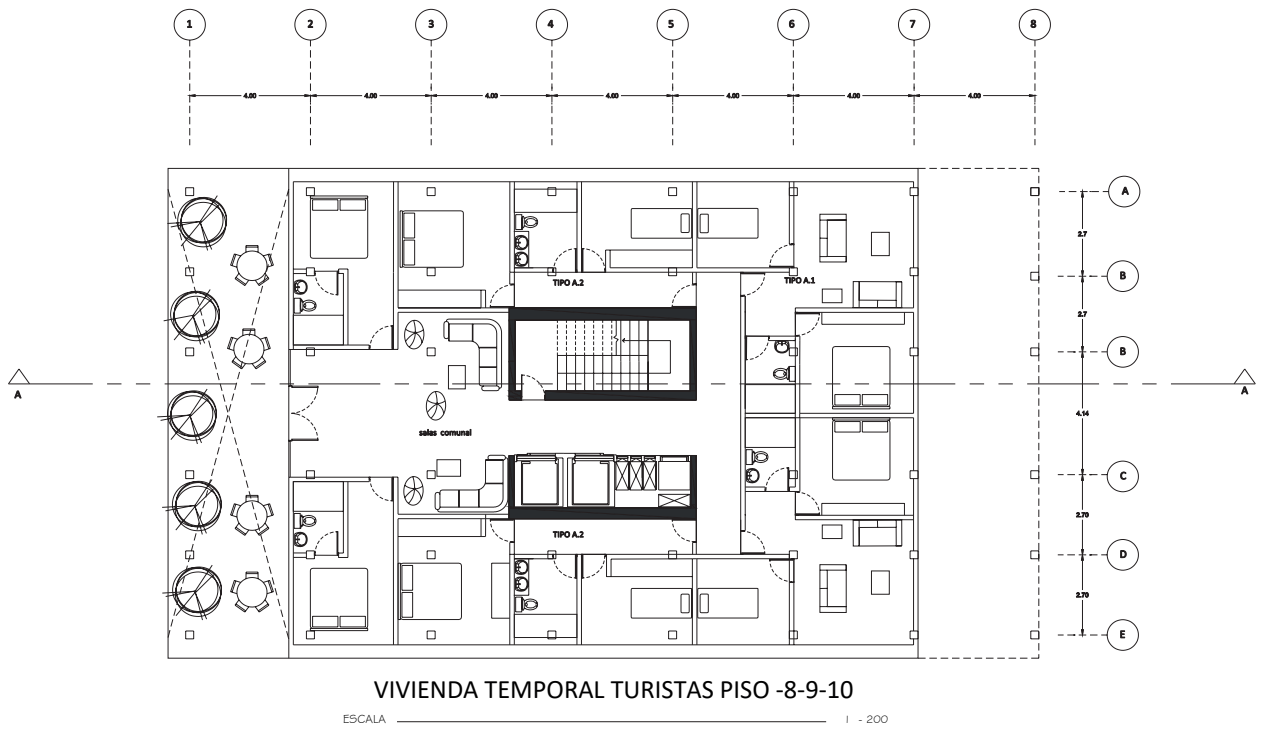
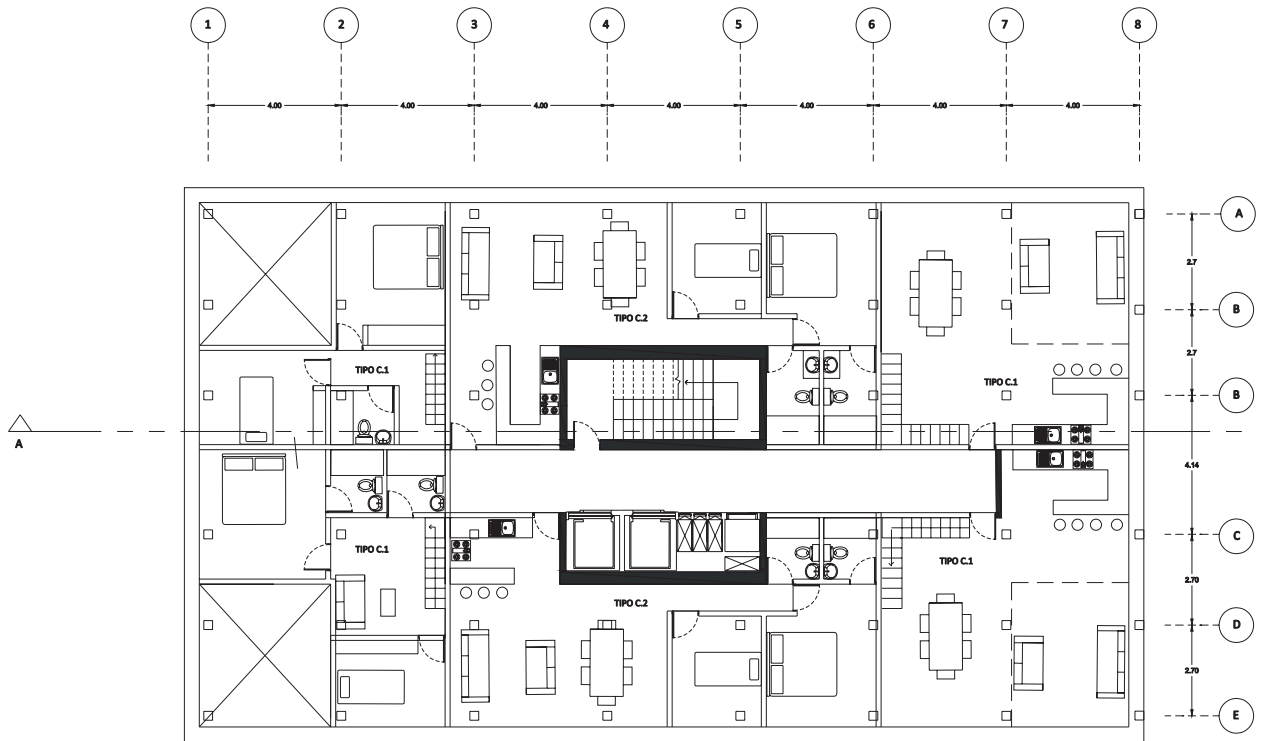


Fig.55: Planta Vivienda Temporal Turistas 2
 Fuente: Elaboración propia, 2023



Fig.56 : Vivienda Temporal Estudiantes 2
 Fuente: Elaboración propia, 2023



VIVIENDA PERMANENTE FAMILIAR 2 PISO -13-15

ESCALA _____ | - 200

Fig. 57: Vivienda Permanente Familiar 2
Fuente: Elaboración propia, 2023

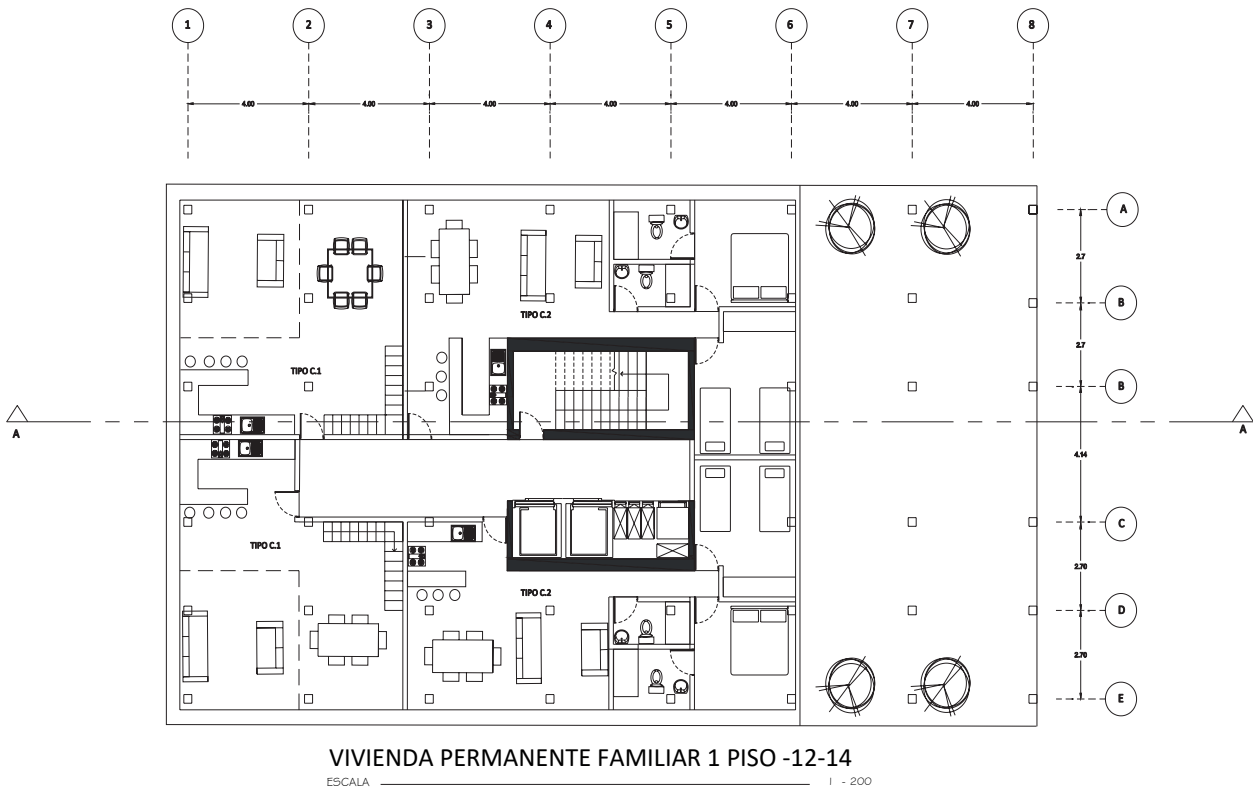
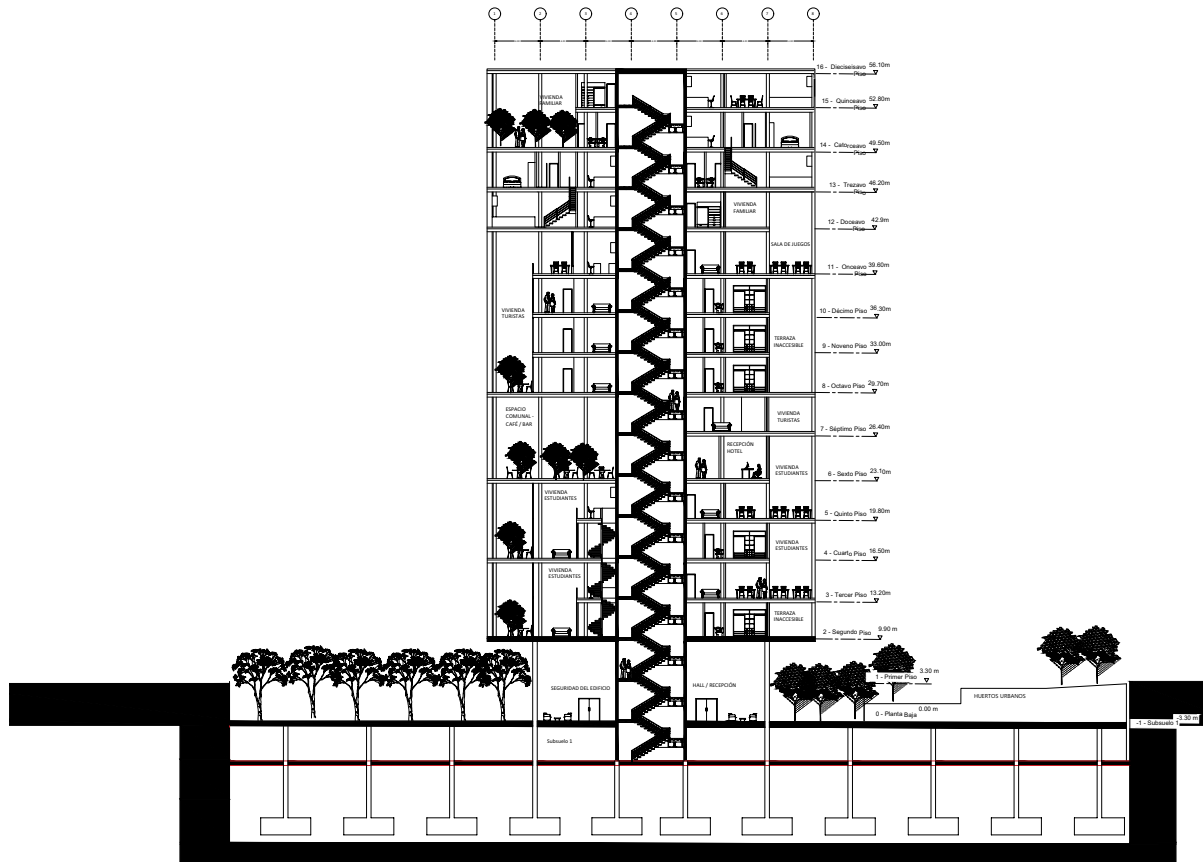


Fig. 58: Vivienda Permanente Familiar 1
Fuente: Elaboración propia, 2023

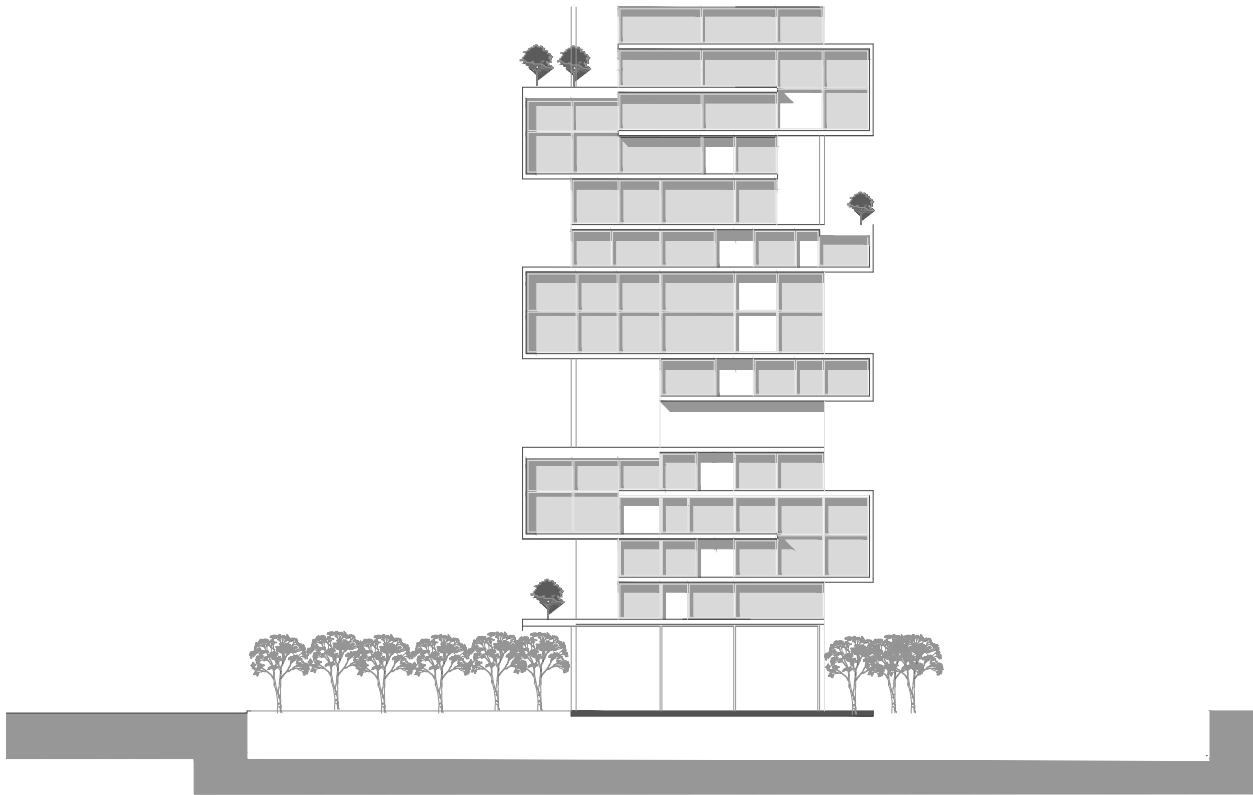


CORTE TRANSVERSAL

ESCALA

1 - 200

Fig. 59: Corte Transversal Edificio
Fuente: Elaboración propia, 2023



FACHADA FRONTAL

ESCALA

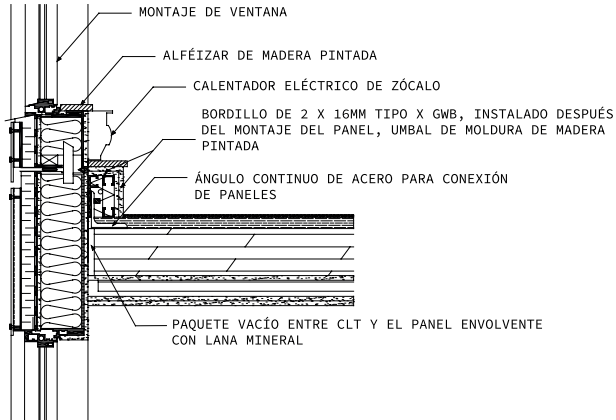
1 - 200

Fig. 60: Fachada Principal del Edificio
Fuente: Elaboración propia, 2023

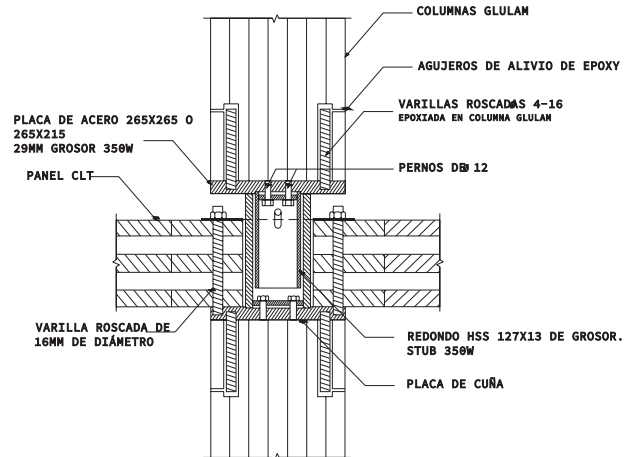


DETALLES CONSTRUCTIVOS PROPUESTA 2

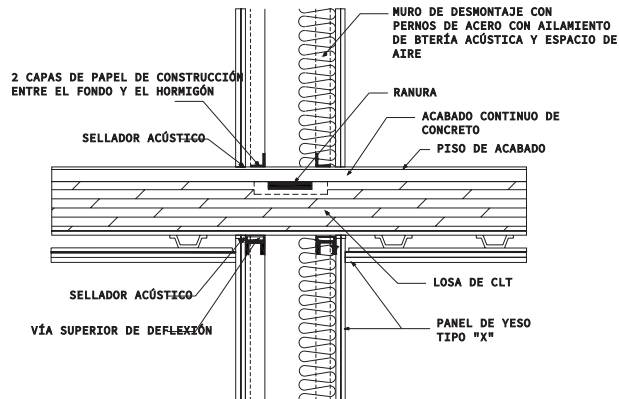
DETALLE DE UNIONES DE VIGA CON COLUMNA



PANEL ENVOLVENTE PREFABRICADO



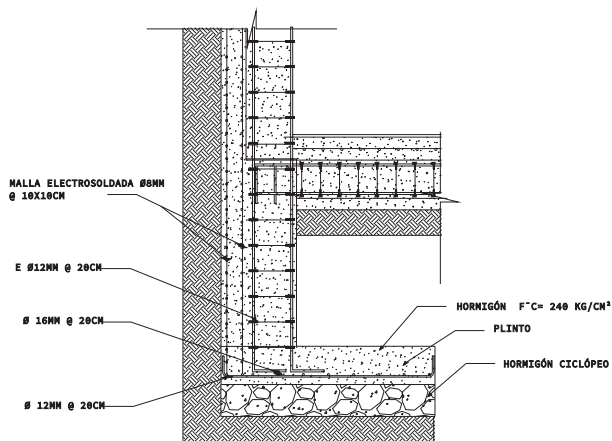
CONEXIÓN COLUMNA A PANEL CLT



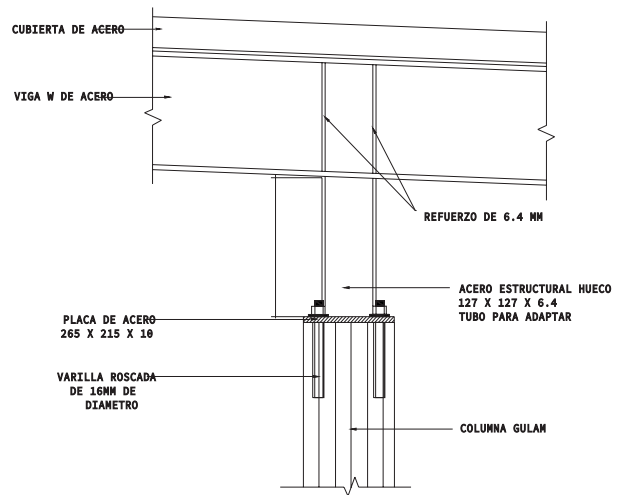
TÍPICO QUE MUESTRA LA RESISTENCIA AL SONIDO ENTRE EL SUELO Y EL TECHO

Fig. 61: Detalle de Uniones de Viga Columna

Fuente: Elaboración propia, 2023

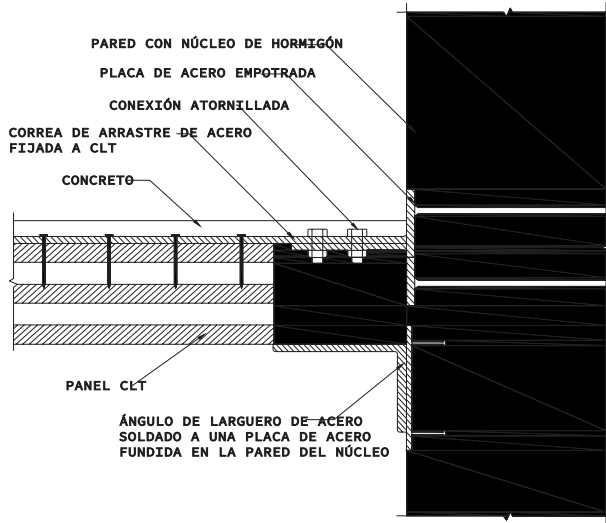


CIMENTACIONES

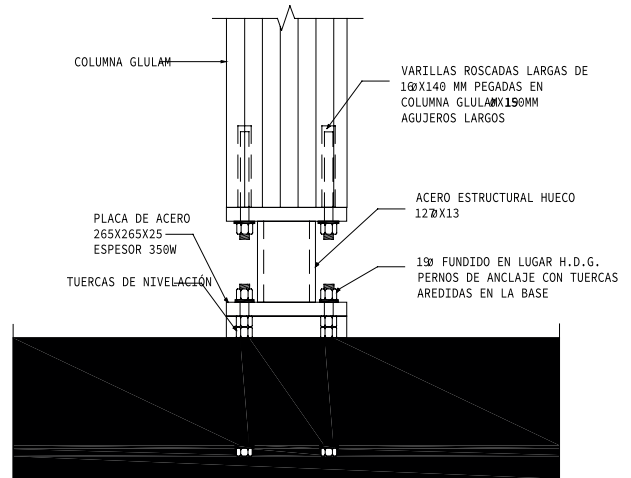


CONEXIÓN DE COLUMNA A TECHO

Fig. 62: Detalles de Cimentaciones
Fuente: Elaboración propia, 2023



CONEXIÓN DE CLT A PARED DEL NÚCLEO



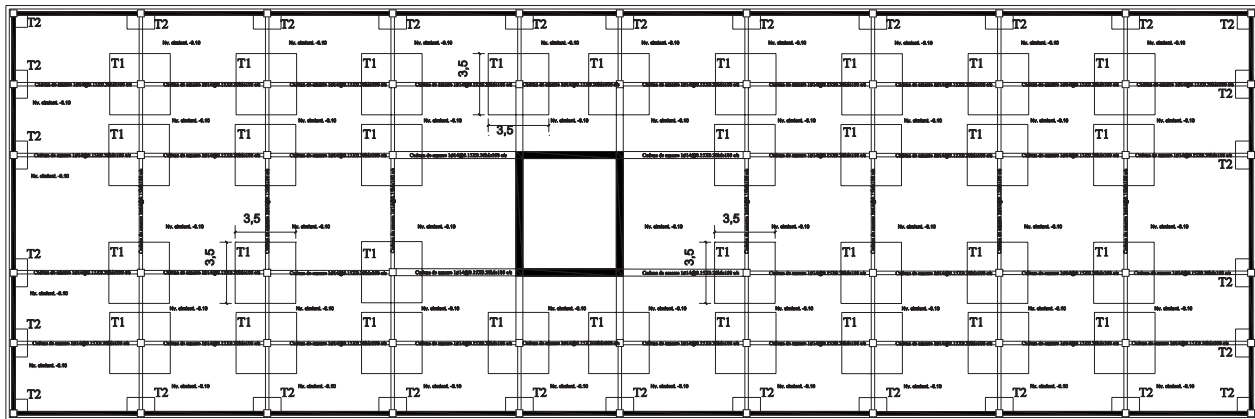
CONEXIÓN COLUMNA A LOSA DE CONCRETO

Fig. 63: Detalle de Conexión de Columna a Losa
Fuente: Elaboración propia, 2023



Planos Estructurales

PLANTA DE CIMENTACION - CIMIENTOS, PLINTOS Y COLUMNAS



PLANTA ESTRUCTURAL

ESCALA

S/E

Fig. 64: Plano de cimentación
Fuente: Elaboración propia, 2023



Visualizaciones Propuesta 1

RENDERS EXTERNOS: VISTA DESDE LA PLAZA



Fig. 65: Perspectiva desde la plaza
Fuente: Elaboración Propia, 2023

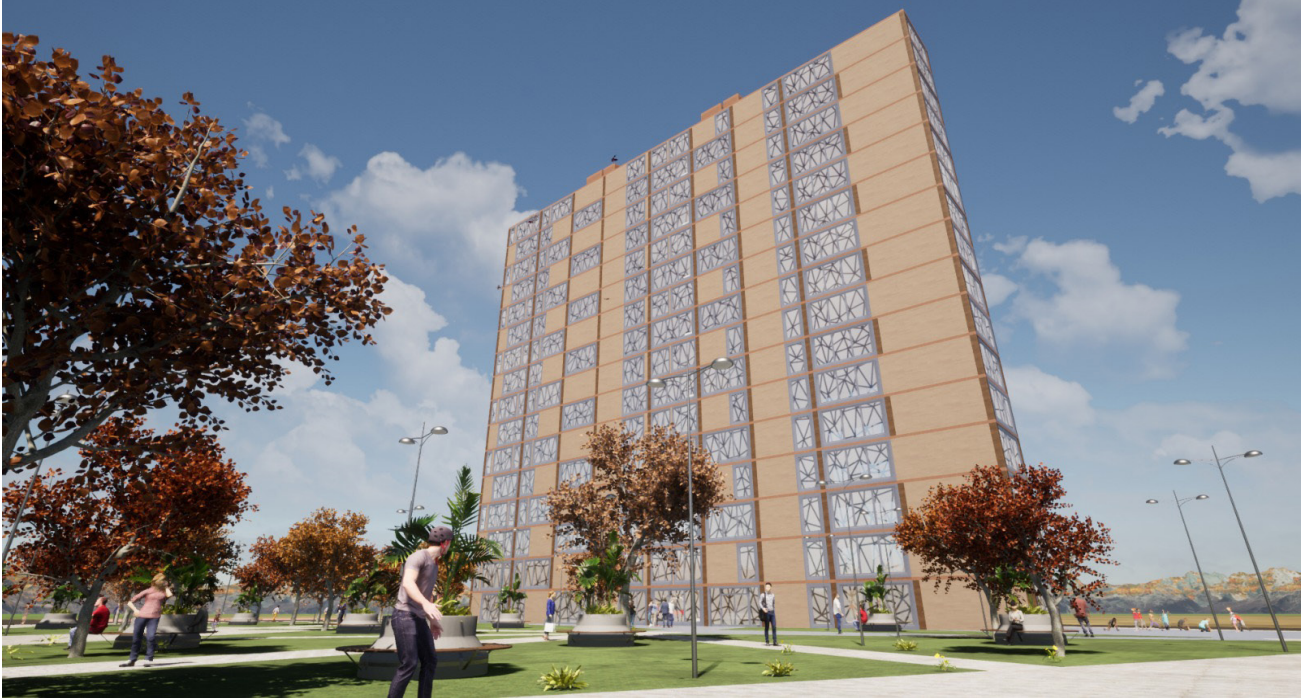


Fig. 66: Perspectivas desde la plaza
Fuente: Elaboración Propia, 2023



Fig. 67: Vista Frontal de día
Fuente: Elaboración Propia, 2023



Fig. 68: Perspectiva Noche
Fuente: Elaboración Propia, 2023

RENDERS EXTERNOS: VISTA DESDE LA PLAZA



Fig. 69: Perspectiva nocturna desde la plaza
Fuente: Elaboración Propia, 2023

RENDERS EXTERNOS: TERRAZA



Fig. 70: Vista desde la terraza
Fuente: Elaboración Propia, 2023

RENDERS INTERNOS: DEPARTAMENTO



Fig. 71: Vista interior del departamento
Fuente: Elaboración Propia, 2023



Fig.72: Vista interior del departamento
Fuente: Elaboración Propia, 2023

Visualizaciones Propuesta 2

RENDERS EXTERNOS: VISTA DESDE LA PLAZA



Fig. 73: Perspectiva de la Edificación
Fuente: Elaboración Propia, 2023



Fig. 74: Perspectiva de la Edificación
Fuente: Elaboración Propia, 2023



Fig. 75: Perspectiva de la Edificación
Fuente: Elaboración Propia, 2023



Fig. 76: Vista Frontal de la Edificación
Fuente: Elaboración Propia, 2023

RENDERS INTERNOS: DEPARTAMENTO

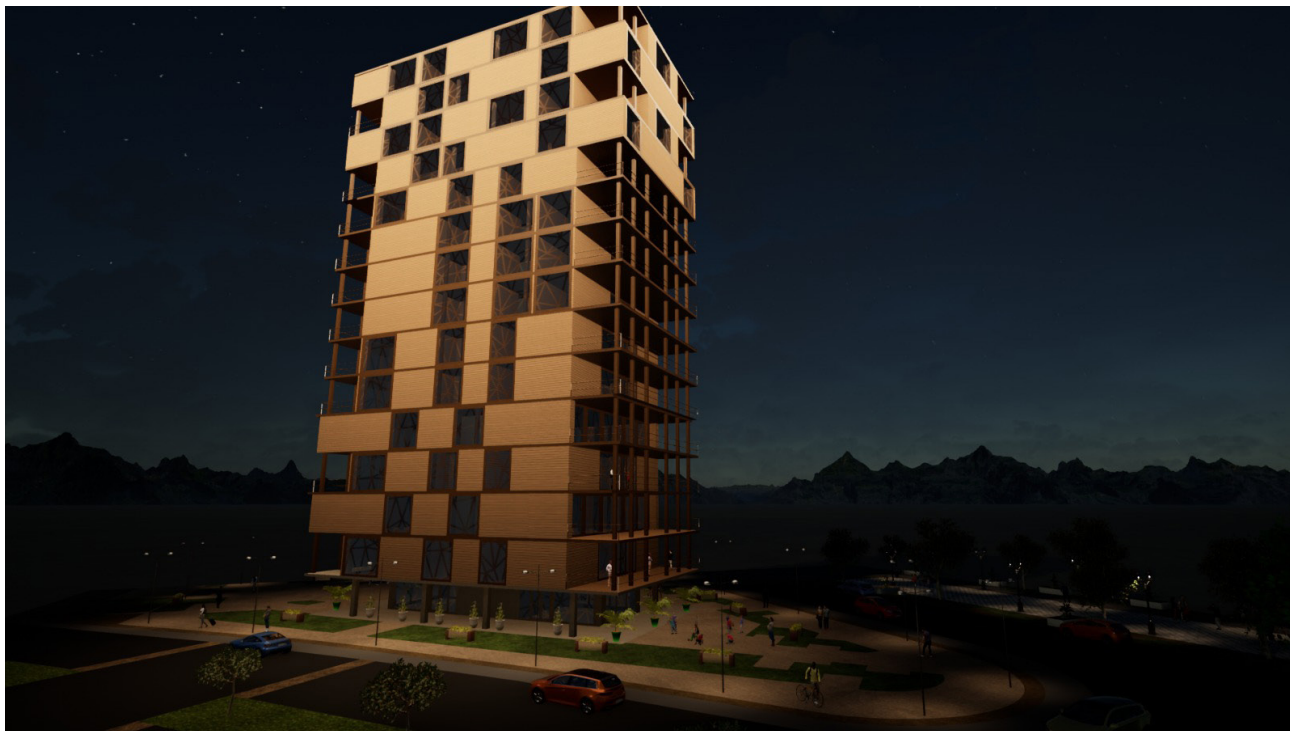


Fig. 77: Perspectiva Nocturna de la Edificación
Fuente: Elaboración Propia, 2023

RENDERS INTERNOS: DEPARTAMENTO



Fig. 78: Vista interior del departamento
Fuente: Elaboración Propia, 2023



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En el presente documento, se considera que la huella de carbono disminuye con la utilización de madera en cuanto a estructuras en edificaciones, en comparación con materiales tradicionales como el hormigón y el acero. La investigación realizada se logra observar que la madera es un material resistente, renovable, biodegradable y estiliza las edificaciones.

Para tener una mejor percepción del material en acción, se realizó dos proyectos con diferente método estructural, con el objetivo de valorar la factibilidad constructiva en la ciudad de Quito. Mediante estas propuestas se busca tener una opción más amigable con el medio ambiente, en cuanto a materiales de construcción.

Considerando que las estructuras en madera son factibles en la ciudad de Quito por las cualidades del material y el terreno que posee la ciudad. Tomando en cuenta dos edificios ya construidos: el Brock Commons y Mjøstårnet. Los dos tipos de estructuras se lograron implementar en las edificaciones propuestas, sin embargo, uno de los materiales que utilizan no se puede conseguir fácilmente ya que no existen empresas ecuatorianas que fabriquen madera contralaminada.

Recomendaciones

Se recomienda industrializar las estructuras de madera para que los costos disminuyan, teniendo el apoyo del gobierno. Con la intención de motivar a las empresas constructoras a investigaciones e innovaciones de este tipo de estructuras, tomando como referencia este documento para abarcar los problemas del tema. Teniendo este documento como ayuda metodológica para entender el funcionamiento de estas estructuras.

Desde un punto académico se aconseja seguir con las investigaciones vinculadas con la madera, ya que es un material con grandes beneficios que puede llegar a abarcar muchas problemáticas a las cuales se les debe dar solución o una propuesta de mejoramiento en el método de construcción que tiene el país.

Para que la propuesta pueda ser factible, se recomienda que el estado es el mayor individuo que puede ayudar a realizar estos proyectos. Con su apoyo se puede lograr que haya proveedores de estas estructuras y materiales para no tener que importarlas, obteniendo resultados factibles y positivos.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Lake, R (2014). EDIFICIOS ALTOS DE MADERA LAMINADA. Master en arquitectura avanzada, paisaje, urbanismo y diseño 6. Recuperada en 2023 de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/49403/Memoria.pdf>

Mendoza, J, G (2021). Realidad y expectativa sobre la construcción sostenible en Ecuador. Recuperado en 2023 de <http://repositorio.sangregorio.edu.ec/bitstream/123456789/1883/1/REALIDAD%20Y%20EXPECTATIVA%20DE%20LA%20CONSTRUCCI%C3%93N%20SOSTENIBLE%20EN%20ECUADOR.pdf>

Maqueira, A., (2011). Ingeniería Industrial. Sostenibilidad y ecoeficiencia en arquitectura, num (29), pp. 125-152. Recuperado en 2023 de <https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428495007.pdf>

Mendoza, J., G., (2020). San Gregorio. Realidad y expectativa sobre la construcción sostenible en Ecuador, 1 (43), pp 197-209. Recuperado en 2023 de <https://revista.sangregorio.edu.ec/index.php/REVISTASANGREGORIO/article/view/1116/14-JHON22>

Vega, R., (2015). Evaluación de la sostenibilidad de sistemas de construcción industrializados de fachada en edificios de vivienda colectiva. Tesis doctoral. Recuperado en 2023 de https://oa.upm.es/38121/1/RUTH_VEGA_CLEMENTE.pdf

Fernández, R., (2011). Editorial club universitario. Antonio Gomera. La dimensión económica del desarrollo sostenible. Recuperado en 2023 de <https://docplayer.es/1442381-La-dimension-economica-del-desarrollo-sostenible.html>

Martínez, J., E., (2018). Madera en altura. Trabajo de fin de grado. Recuperado en 2023 de https://oa.upm.es/51465/1/TFG_Martinez_Gaya_JoseEnriqueop.pdf

Materials (2015). La madera laminda y su aplicacion en la arquitectura. Recuperado en 2023 de <https://www.arch-daily.cl/cl/767512/materiales-madera-laminada-y-su-aplicacion-en-la-arquitectura>

Pérez, V., (1992). Corporación de fomento de la producción. Manual de madera laminada, 11 2ª Edición. Recuperado en 2023 de <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/6647>

Ramón, F., (2022). 40 % de emisiones de CO2 son del sector de la construcción. Recuperado en 2023 de <https://elmercurio.com.ec/2022/05/13/40-de-emisiones-de-co2-son-del-sector-de-la-construccion/>

Proholz Austria (2013). Madera laminada encolada (MLE). Recuperado en 2023 de [https://www.interempresas.net/pavimentos-revestimientos/Articulos/106945-Madera-laminada-encolada-\(MLE\).html](https://www.interempresas.net/pavimentos-revestimientos/Articulos/106945-Madera-laminada-encolada-(MLE).html)

Souza, E. (2018). Madera Laminada Cruzada (CLT): qué es y cómo usarla. Recuperado en 2023 de <https://www.archdaily.cl/cl/893804/madera-laminada-cruzada-que-es-y-como-usarla>
Noticias, usos y cuidado de la madera (2023). Madera contralaminada o laminada cruzada. Recuperado en 2023 de <https://www.sierolam.com/blog/madera-contralaminada-o-laminada-cruzada/>

Souza, E. (2020). Madera maciza y resistencia al fuego: Lo que debes saber sobre protección contra incendios. Recuperado en 2023 de <https://www.archdaily.cl/cl/932051/la-madera-enfrenta-al-fuego-lo-que-debes-saber-sobre-madera-y-proteccion-contraincendios>

Tannert, T. Poblete, C. Gotelli, G., (2003). Propiedades mecánicas de elementos laminados clavados. Maderas. Ciencia y tecnología, 5(1), 51-67. Recuperado en 2023 de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2003000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Núñez, V., (2005). Diseño, construcción y ensayo de una losa de madera unida con tarugos y su comparación con losas de madera postensada, clavada y encolada. Memoria de título para optar al título de ingeniería civil en obras civiles. Recuperado en 2023 de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfic973d/doc/bmfic973d.pdf>

(2022). Tipos de madera laminada encolada (n.d.) Recuperado en 2023 de <https://www.kartal24.com/es/tipos-madera-laminada-encolada>

P. (n.d.) (2023). MADERA LAMINADA ENCOLADA. Recuperado en 2023 de https://infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_126_Madera%20Laminada%20Encolada_18.07.2011.pdf

Wilder, L. Abel, P. (2020). Evaluación de las propiedades mecánicas de la madera laminada cruzada (CLT) mediante ensayos de resistencia para mejorar el comportamiento estructural de muros de madera elaborados con una especie de mediana densidad. Trabajo de investigación. Recuperado en 2023 de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/652156/Llerena_PW.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Sardiza, J., (2018). La maderalaminada en la arquitectura del antiguo Egipto al CNC. Trabajo fin de grado. Recuperado en 2023 de https://oa.upm.es/54403/1/TFG_Sevilla_Allende_Ramon.pdf

Orradre, G.,(n.d.). Vista de Uniones en estructuras de madera laminada. Recuperado en 2023 de <https://revistas.unav.edu/index.php/revista-de-edificacion/article/view/34784/29887>

Ávila, M., (2018). El hormigón más ecológico. El Independiente. Recuperado en 2023 de <https://www.elindependiente.com/desarrollo-sostenible/2018/12/06/el-hormigon-mas-ecologico/>



Universidad
Indoamérica

Arquitectura

Quito, 2023