

COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y TÉRMICO DE UN PABELLÓN CON MADERA URUGUAYA

Alejandro Benitez¹ Néstor Giorello²



Resumen:

Actualmente, la **madera** tiene una gran diversidad de uso en el mercado mundial y junto con el crecimiento de la producción de montes forestados, además del aumento de procesos de materiales derivados, está llevando en mayor medida su utilización en la **construcción**. Por lo tanto, se hacen necesarias investigaciones para estudiar sus propiedades.

El diseño y la obra del **pabellón**, que empleó madera uruguaya, instigó a estudiar los **comportamientos mecánicos** y **térmicos** que se ven afectados por las condiciones climáticas locales. De hecho, el mismo se diseñó y ejecutó aplicando el **código de edificación japonés**, ante la ausencia de uno propio. Surgió como un **prototipo constructivo** para la investigación generada las bases, para dar respuestas a una necesidad funcional de la sede del Campus en el CENUR Noreste. Por otro lado, también tiene la peculiaridad de enfrentar el **desafío** y solución de diferentes opciones de uniones estructurales, como, por ejemplo, de cerramiento, que permite una evaluación continua de los factores mecánicos y del **acondicionamiento térmico**.

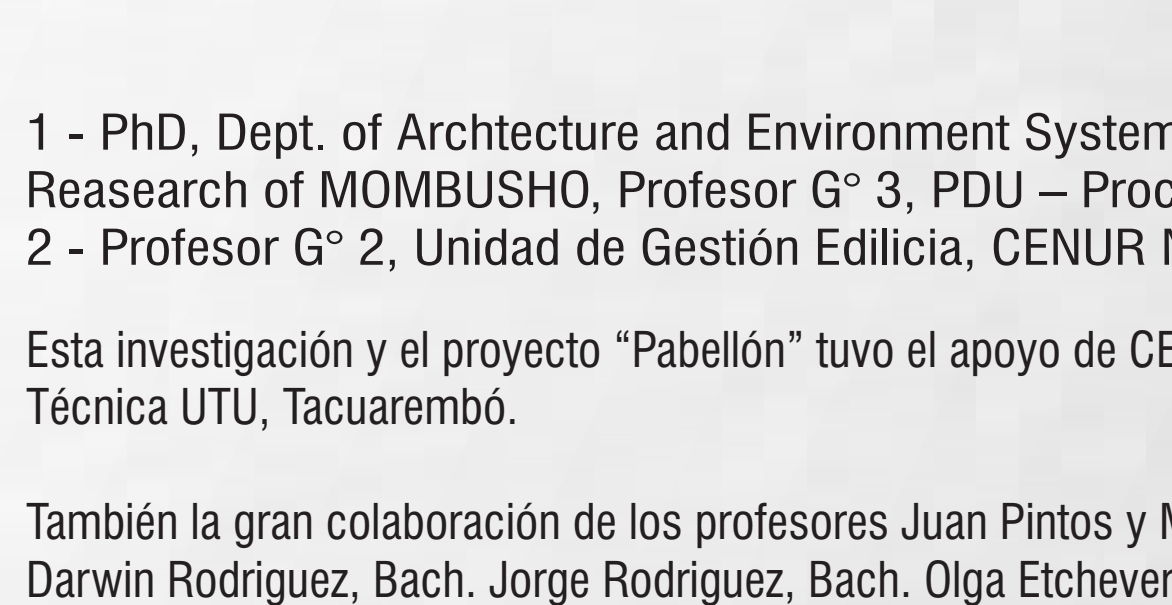
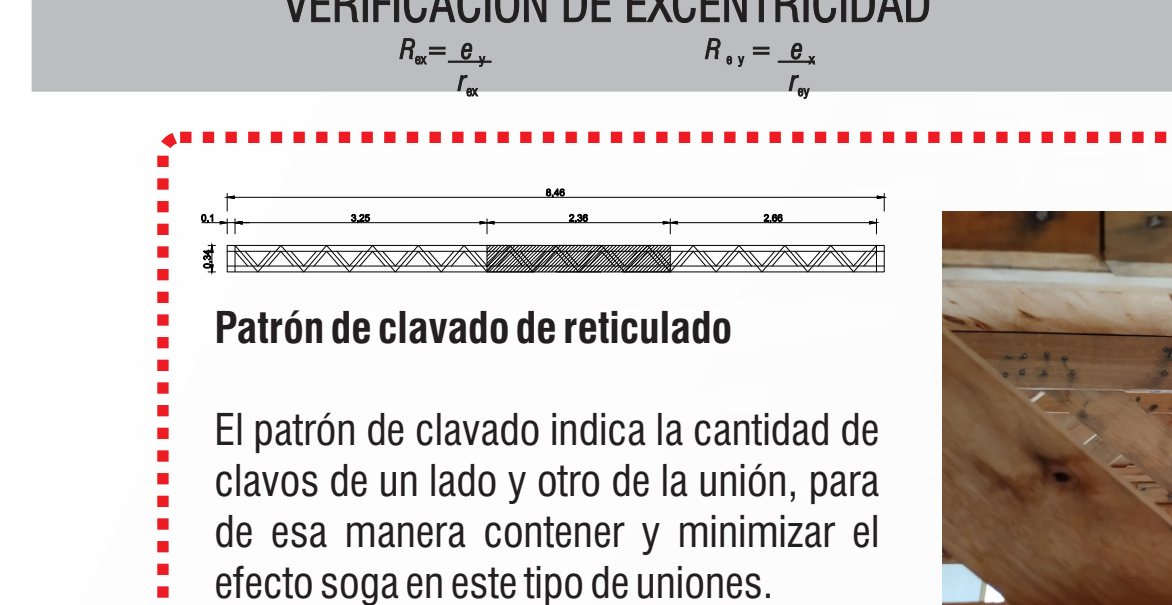
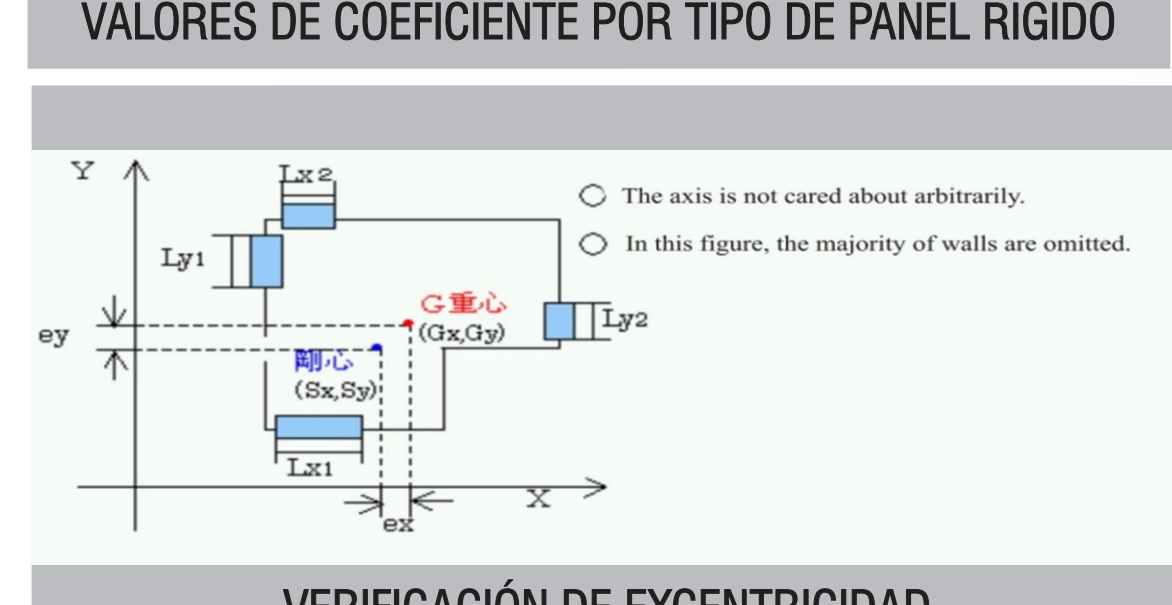
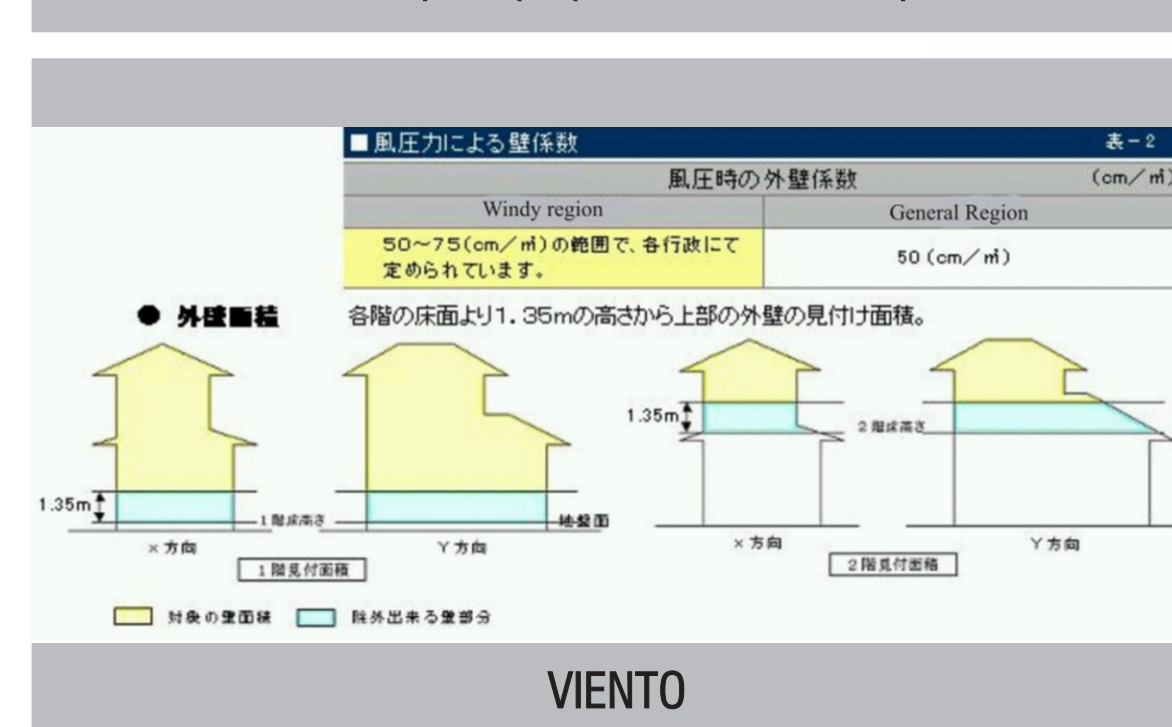
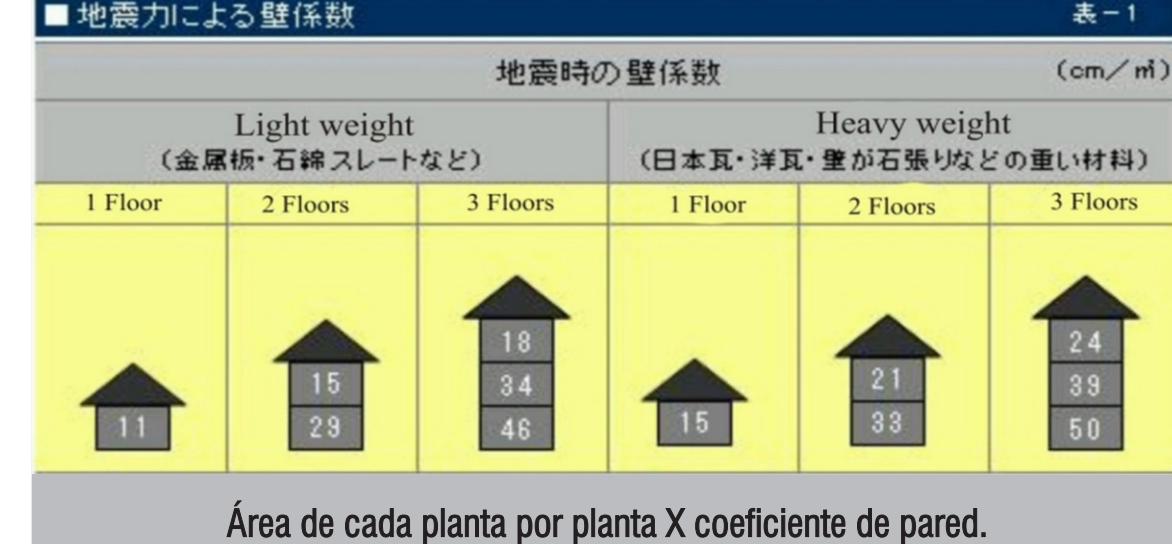
En vista de que no hay datos completos en las normas vigentes, se elaboró el **estudio de las propiedades mecánicas** de la madera utilizada en la obra (madera de pino y eucalipto), incluyendo **series completas** (flexión, compresión paralela y perpendicular, cortante radial y tangencial) de probetas clear para poder dar **soporte a normas nacionales** (UNIT). La **metodología** incluyó la elaboración de probetas, acondicionamiento según normas internacionales, ensayos y evaluaciones estadísticas, para posterior comparación y fortalecimiento con datos aún ausentes en la UNIT.

Dado que, la madera es un material natural con propiedades de aislamiento térmico y que puede ayudar a mantener la **temperatura** más estable en el interior, siendo benéfico tanto en climas fríos como cálidos, toda la construcción del pabellón incluye el **acondicionamiento térmico** para brindar adecuadas condiciones de temperatura. Algunos cerramientos verticales fueron acondicionados con **materiales reciclables**, en este caso cajas de **tetrapack**, con el fin de evaluar su comportamiento y poder incluirlo como material aislante. En algunos sectores de cerramiento vertical de orientación oeste y sur, se viene realizando una continua evaluación, utilizando dataloggers para constatar valores (humedad y temperatura) en las diferentes estaciones del año. Esta investigación, que aún sigue en proceso, es lenta ya que la toma de datos de los diferentes paneles y de las diferentes orientaciones, es interanual. El programa edilicio también, pretende mostrar y evidenciar los cuidados y necesidades al momento del diseño y ejecución de proyectos en madera. **Criterios de montaje**, desde su fundación hasta la elección de elementos metálicos imprescindible de acuerdo con las necesidades de cargas consideradas. Este prototipo, permite, además de evaluar nuevos elementos de protección a utilizar en madera, bien como, ver su comportamiento dando apoyo a el medio.

En resumen, la madera uruguaya puede ser una elección adecuada para la construcción, siempre que se sigan lineamientos adecuados para su **estabilidad estructural**. Es importante considerar el comportamiento tanto mecánico como térmico de la madera y de los materiales complementarios para asegurar adecuadas condiciones de habitabilidad. Podemos anticipar como una de las **conclusiones**, que los valores obtenidos al momento son prometedores, observando en los paneles oeste aislados con tetrapack, diferencias superficiales (exterior – interior) de 20 °C.

Fundamento estructural:

VALORES PARA DETERMINAR LOS PANELES RÍGIDOS POR SISMO

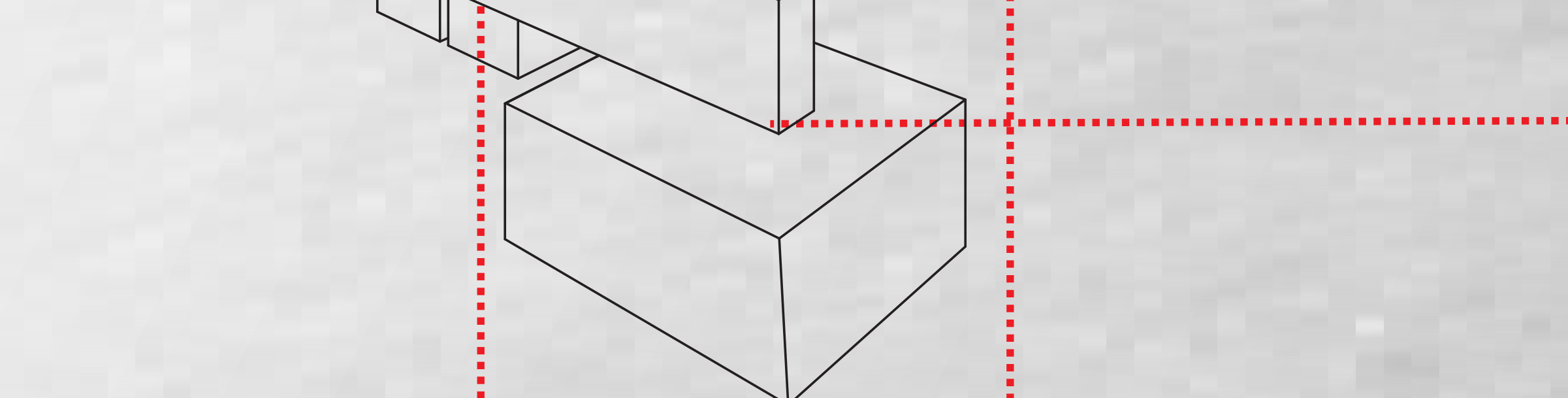
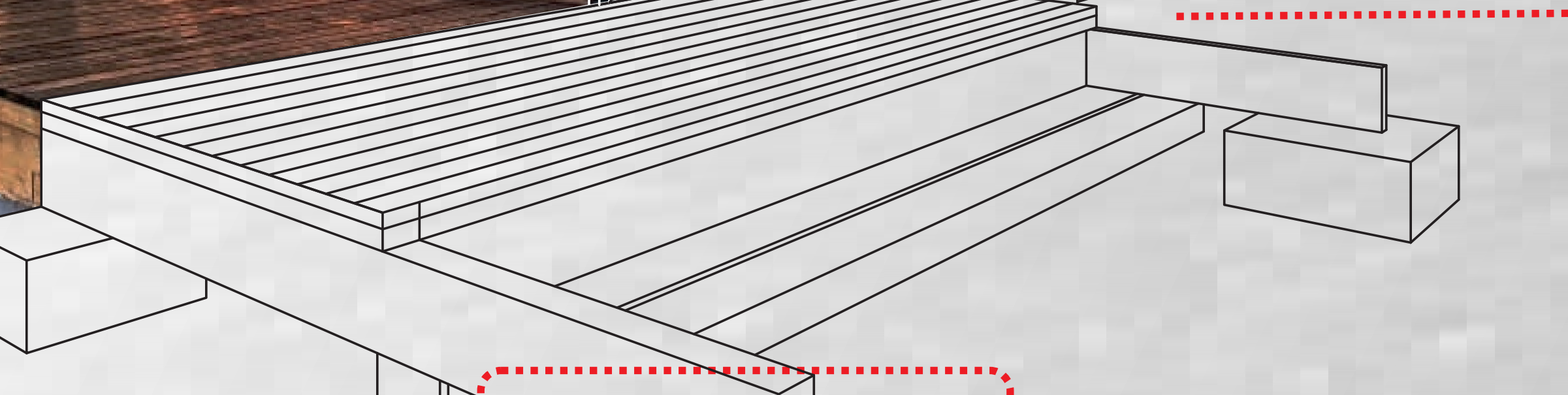
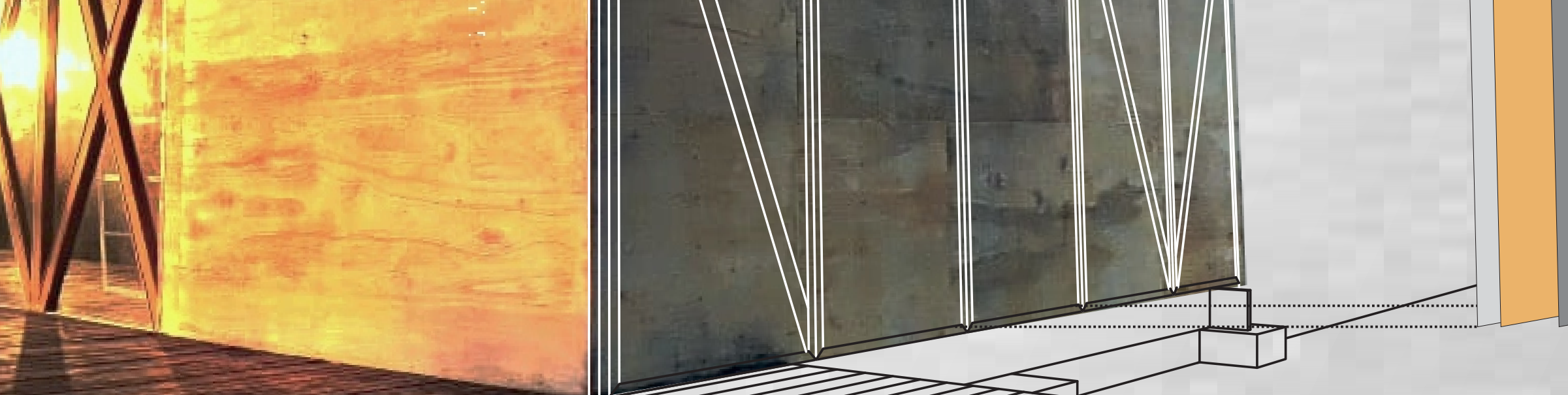
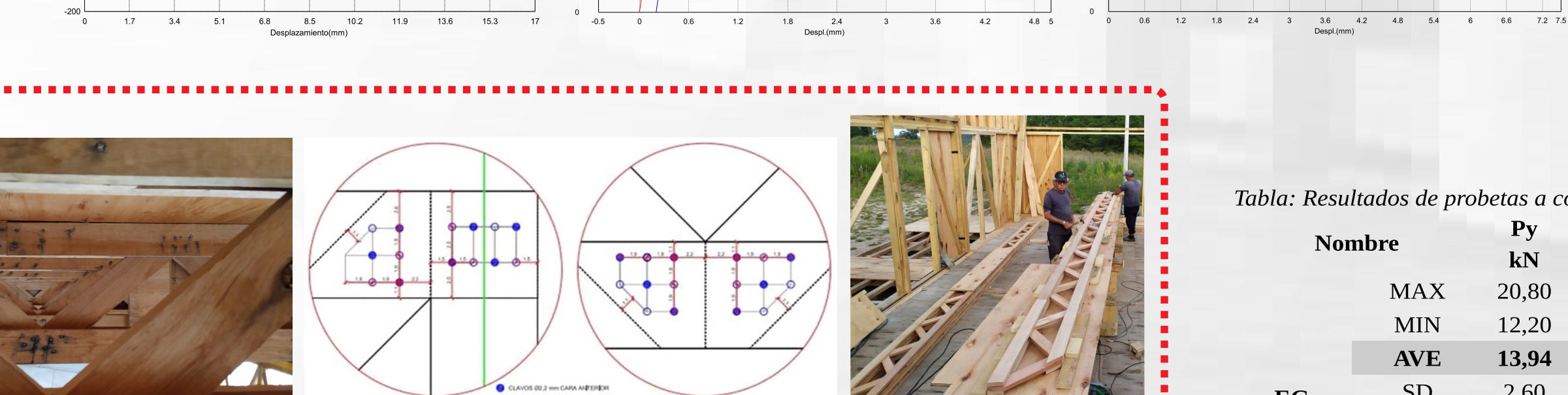
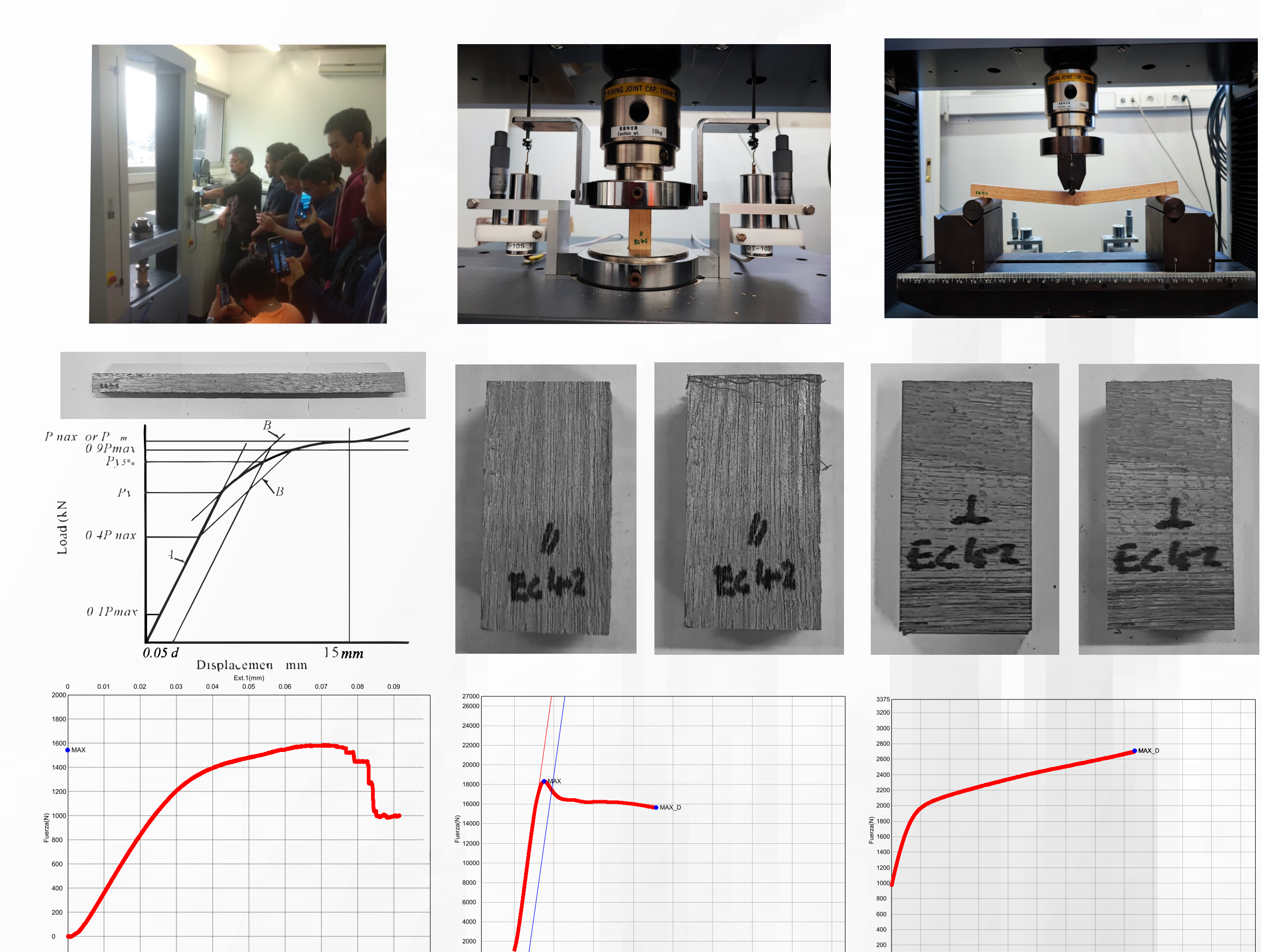


FUNDAMENTO ESTRUCTURAL

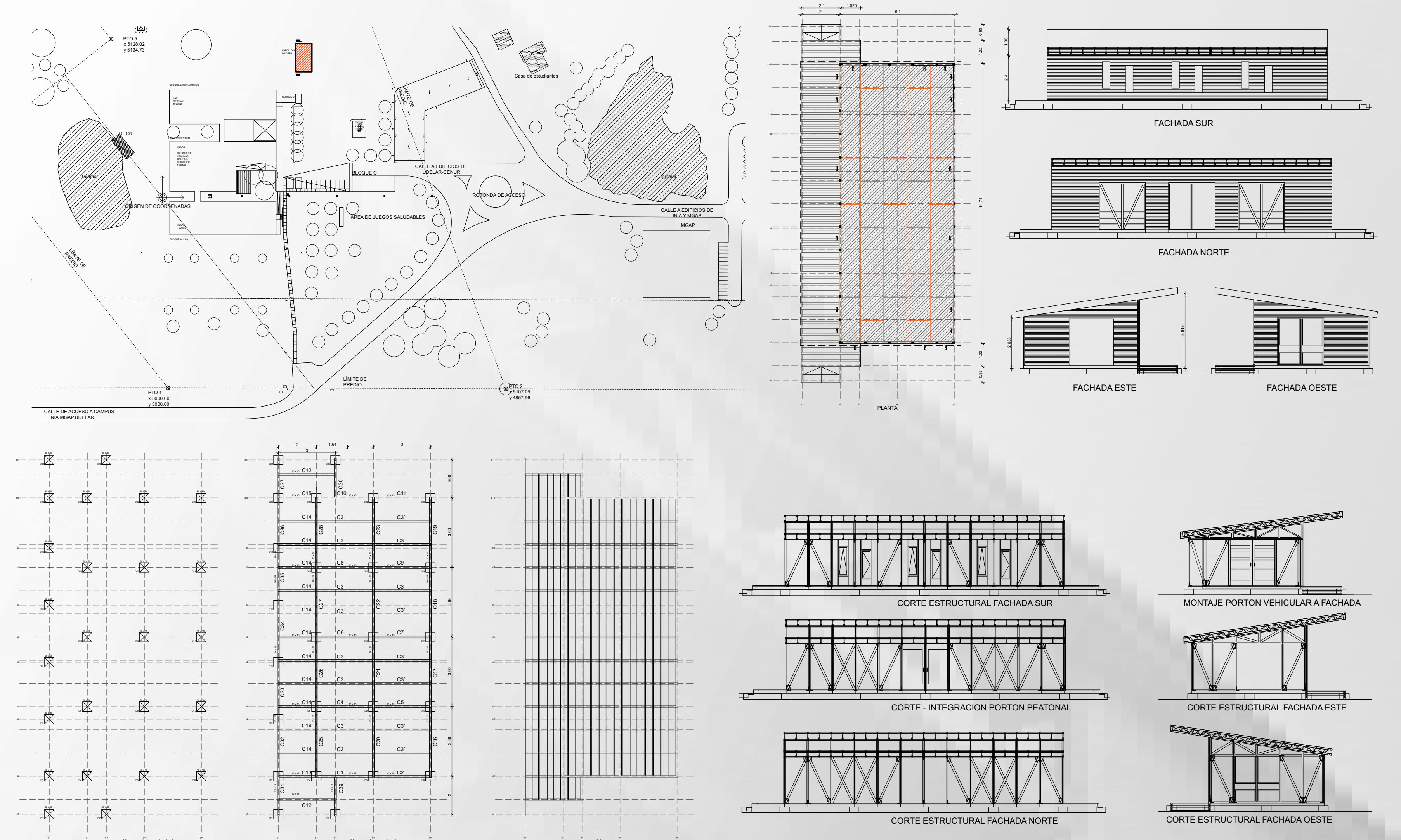
La utilización del código de edificación japonés es parte integral del diseño estructural del presente proyecto. En primera instancia se verifican las solicitaciones por sismo y por viento, dependiendo de su ubicación, y en relación a la configuración estructural (una planta, dos o tres) y también por viento para poder determinar la cantidad necesaria de muro resistente y así poder absorber con los muros existentes, el esfuerzo horizontal al cual está sometida la estructura. Por último se verifica la excentricidad del diseño estructural del proyecto global. La configuración de los diferentes tipos de muro resistente nos permite poder agregarle mayor resistencia a un sector específico de muro

Ensayos mecánicos

Parte del proyecto de investigación continua es el estudio de las propiedades mecánicas de las maderas utilizadas en la construcción del pabellón. Se realizaron series completas de probetas clear que incluye, flexión, compresión paralela y perpendicular a la fibra y cortante tangencial y radial.



Proyecto:



Trabajo interinstitucional:

PROCESO DE ELABORACIÓN DE PIEZAS EN UTU

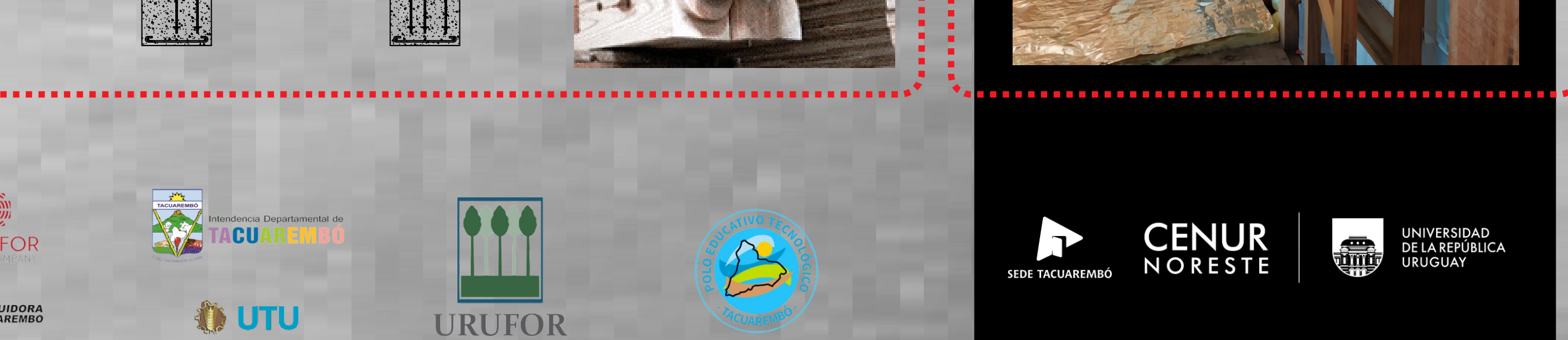
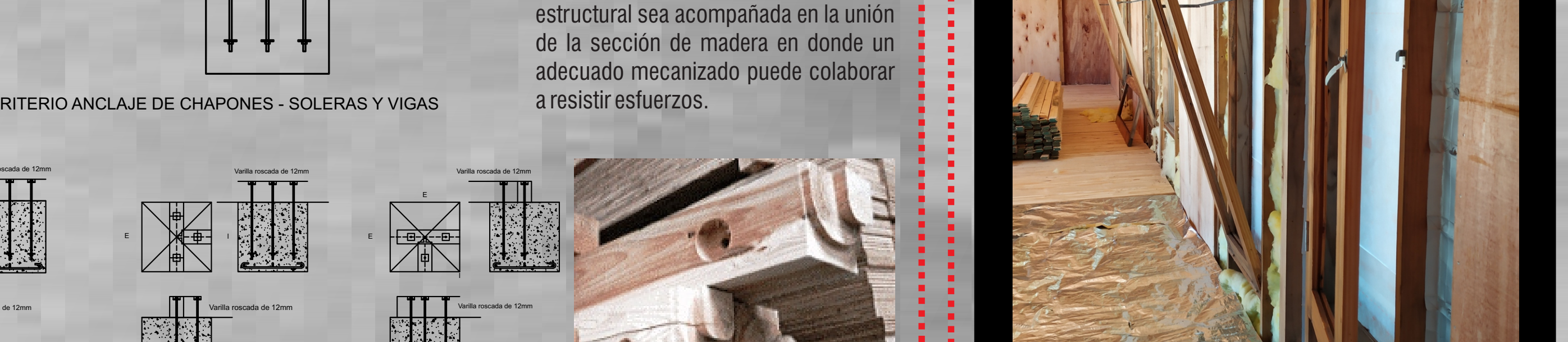
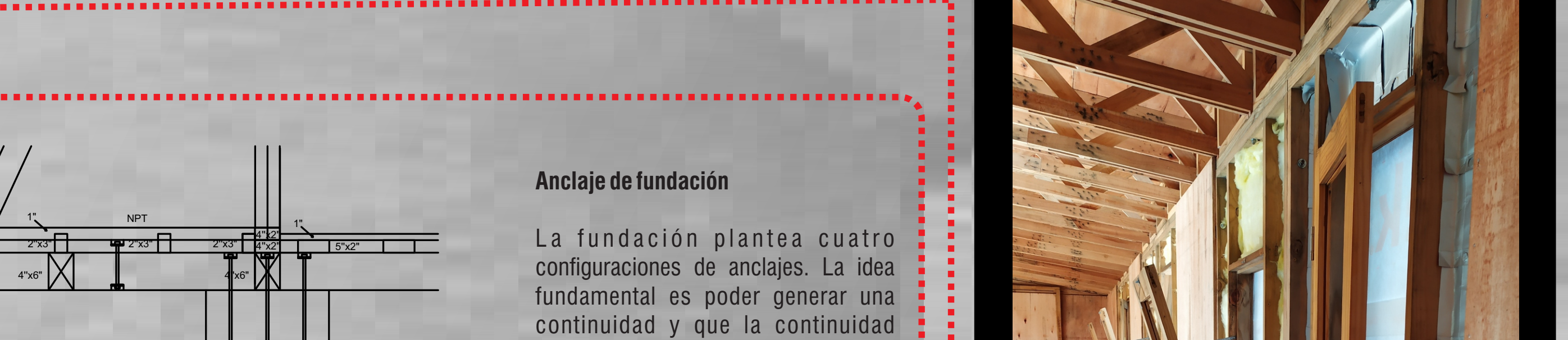
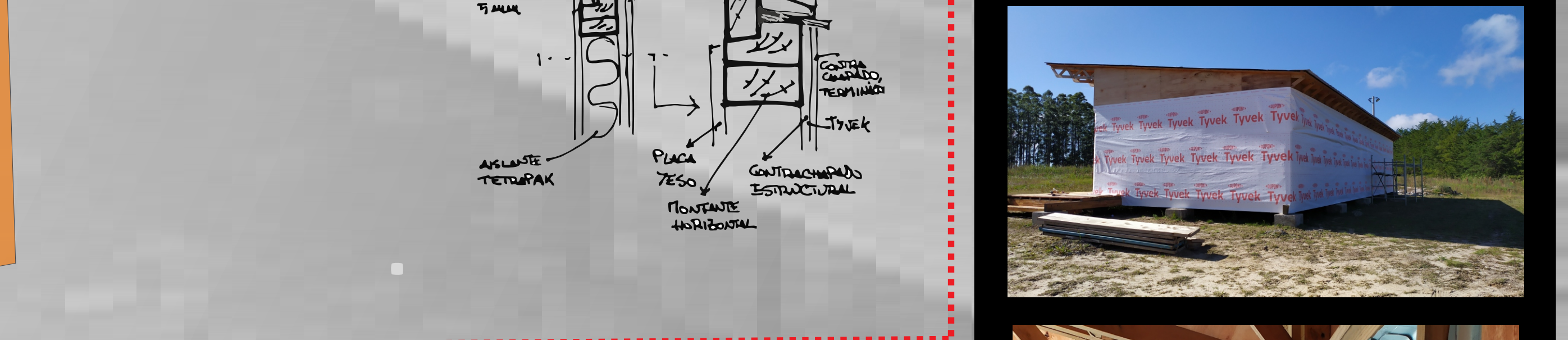
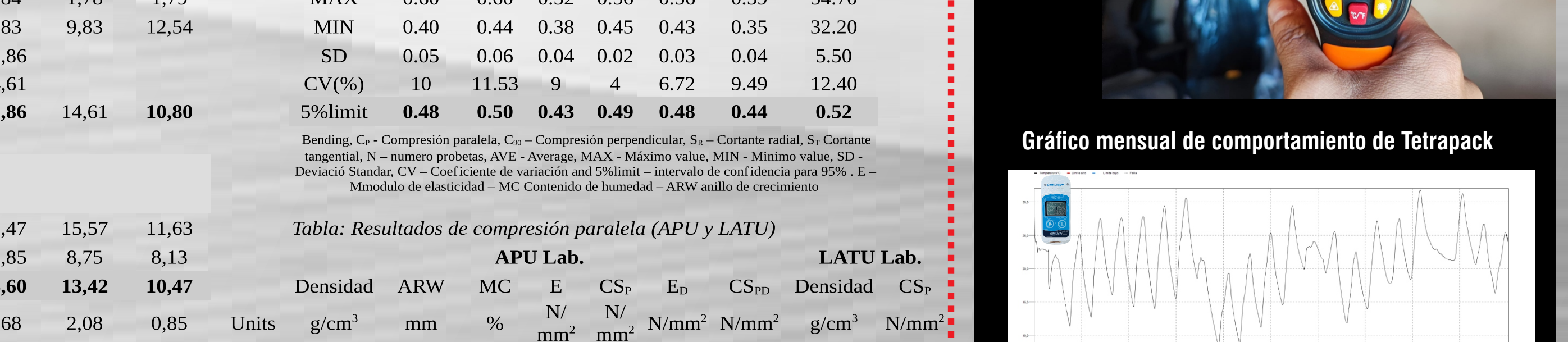
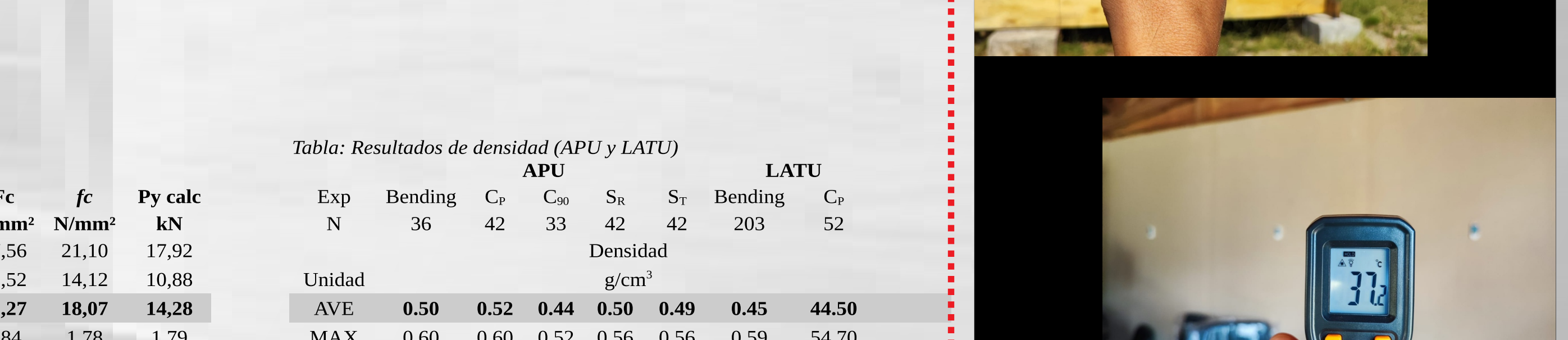
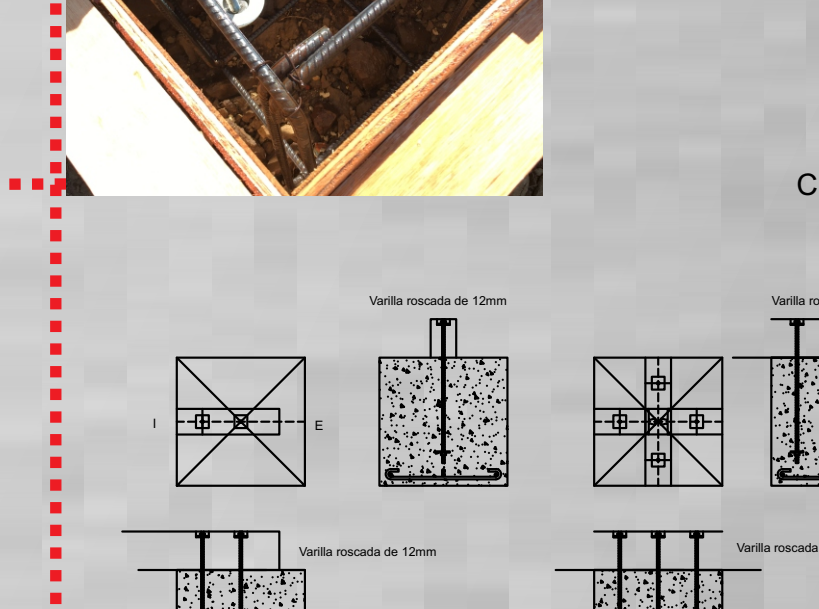
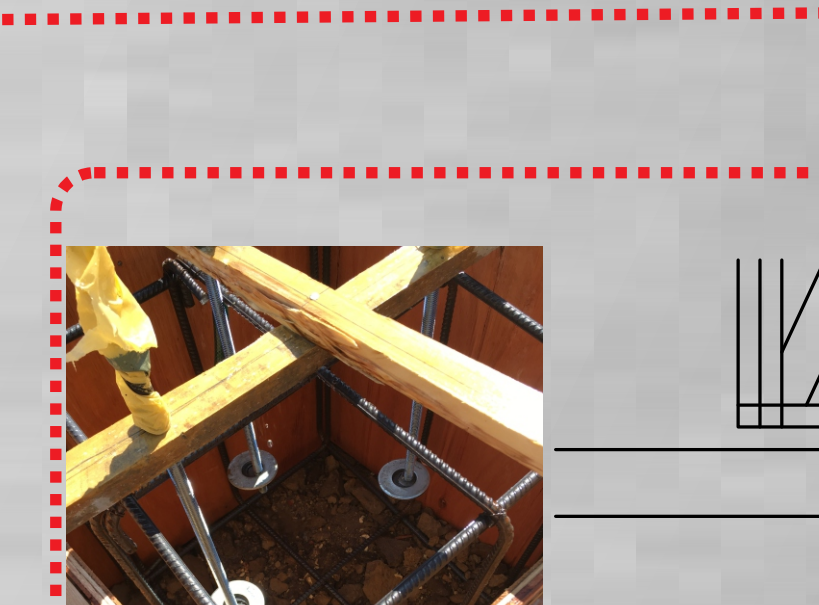
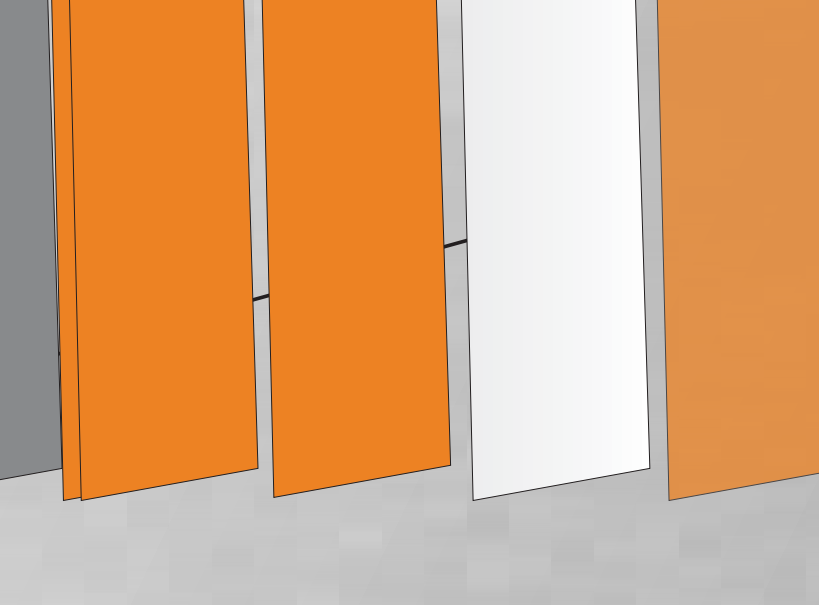
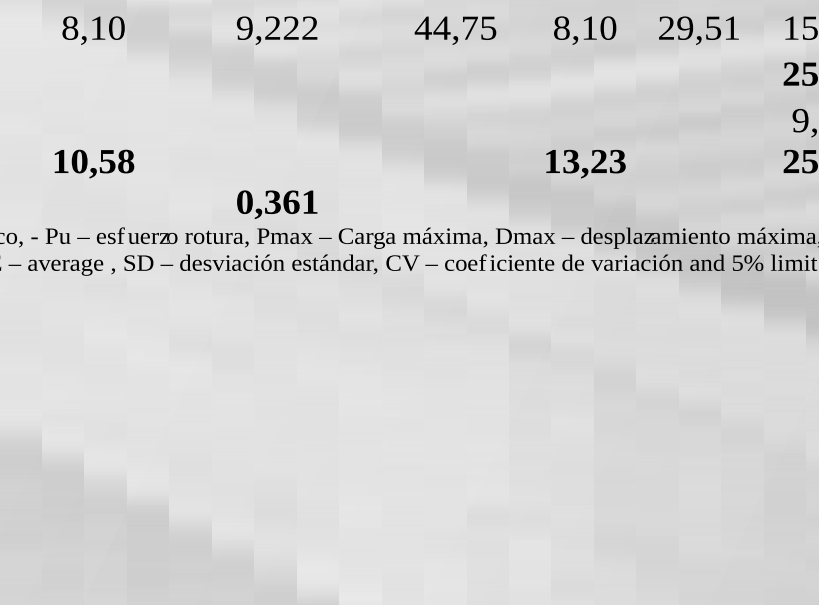
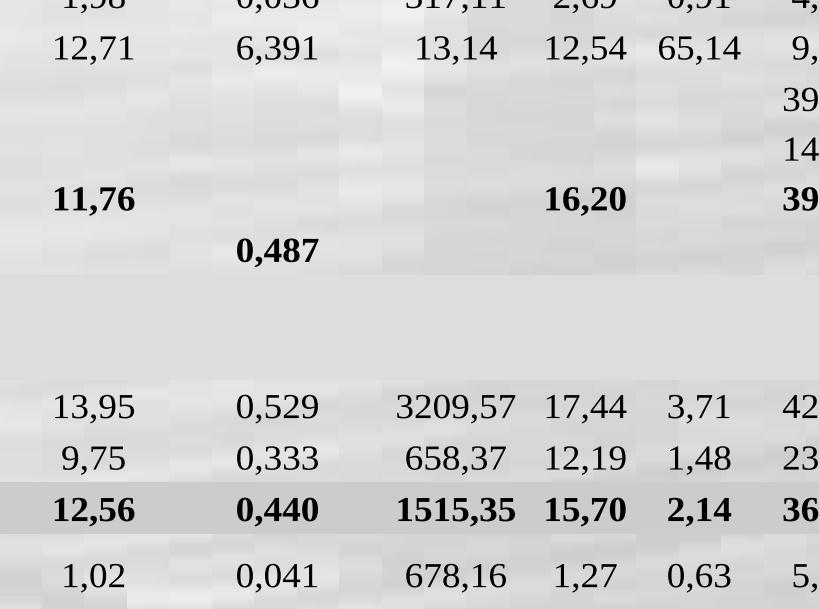
El proyecto "Pabellón" se consideró inicialmente como parte integral de un curso integral, en el cual elaborar las piezas parte y realizar el montaje también en el ámbito de un curso. En ese sentido se invitó a participar de la propuesta a la UTU y sus talleres de carpintería en las diferentes etapas (equipamiento y construcción) y así generar una sinergia interinstitucional. Fue así que tanto las empresas locales, involucradas en las donaciones, instituciones públicas como IDT, e INIA en cuanto a colaboración de logística. En lo particular, se capacita a los estudiantes de la UTU en cursos de propiedades mecánicas y comportamiento estructural, y así poder comprender la importancia de la investigación en el desarrollo de nuevos y mejores sistemas estructurales en madera. Es así que todas las piezas parte del proyecto fueron realizadas en el correr de 3 años para poder abastecer así el montaje de este proyecto.



Ejecución de obra:

CONSTRUCCIÓN

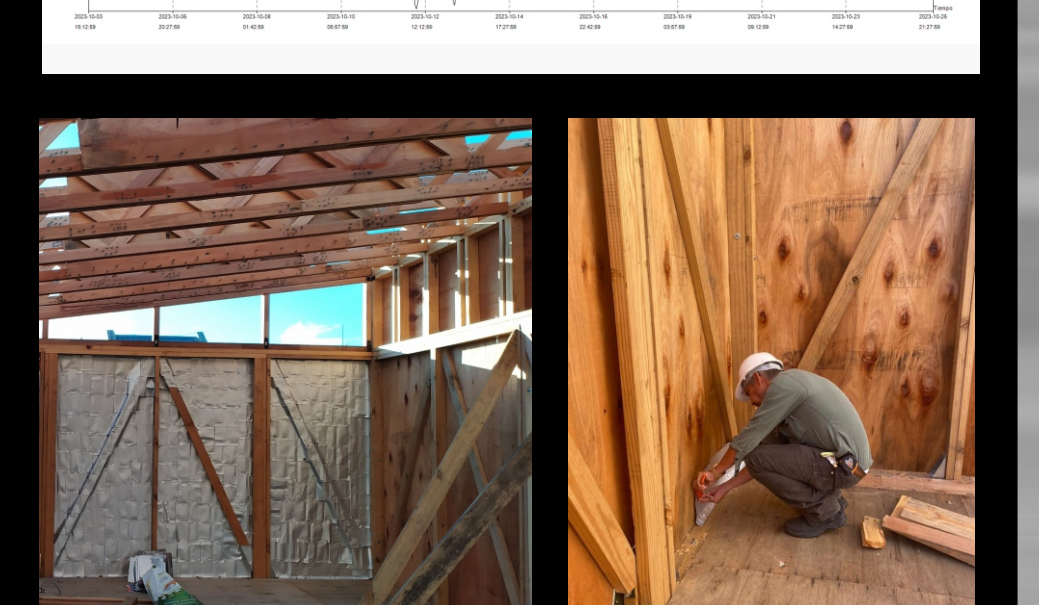
La construcción del proyecto "Pabellón", se vio afectada por la pandemia, lo que implicó adaptarse y adoptar para su ejecución, realizar un llamado a licitación y así llevar adelante la ejecución de la misma. La primera etapa implicó la ejecución de los datos en espera de la estructura de fundación, y tanto esta como la ejecución del montaje de la obra, demostraron la impericia en algunos aspectos del montaje. Pese a ello, y con el continuo apoyo por parte de la institución en asesoría como dirección de obra, el proyecto llegó a su fin, llevando para ello casi 4 meses. Respetando los criterios de diseño establecidos por el código de edificación japonés, la obra se mantiene actualmente sin problemas estructurales o cualquier otro referido a filtraciones u otros vinculados a deterioro. El delicado tema de uniones estructurales en madera tuvo que ser simplificado para poder ser abordado en su ejecución.



Aislación

Este proyecto, abordó dentro del apartado aislaciones, algunas variaciones. Entre ellas el uso de cajas tetrapack para aislaciones verticales. Fue así que se decidió al comienzo de este proceso de investigación, comenzar a juntar cajas de tetrapack para poder abordar adecuadamente esta temática. Otras experiencias internacionales abordan el uso de las mismas de manera individual, engrapadas como se decidió usarlas en esta propuesta y otra posibilidad es soldarlas con una fuente de calor tipo plancha eléctrica. Esta operativa puede ser otra opción como así también, el poder usar la caja sin desplegarla, y retener sus coqueadas con restos de PET o material cortado de otras cajas tetrapack y colocadas como ladrillos engrapados (opciones a ser evaluadas en un futuro cercano).

En primera instancia se decidió aplicar este aislante sobre la fachada oeste, por ser la más afectada en los meses de verano. Como pueda parecerse, la diferencia de temperatura superficial entre exterior e interior sobre paneles llegó a constatare diferencias de casi 20 grados Celsius. La conformación de las capas de tetrapack consideró paneles con una capa simple, dos y tres, para poder evaluar continuamente el cerramiento en las diferentes estaciones. El otro aislante utilizado fue la lana de vidrio de 5 cm con y sin aluminio según sea cerramiento vertical u horizontal.



Resultados:

Tabla: Resultados de probetas a compresión

Table with 11 columns: Nombre, Py (kN), Dy (mm), Pu (kN), Densidad (p) (g/cm³), E (N/mm²), Dmax (mm), Fc (N/mm²), f (N/mm²), Py calc (kN), and 5% LIMIT (pk). It lists results for PINE and EG 19 probetas.

Tabla: Resultados de densidad (APU y LATU)

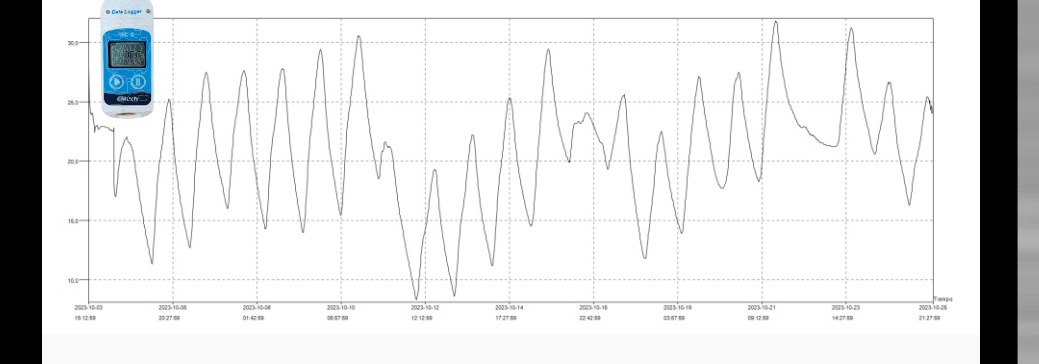
Table with 11 columns: Exp, Bending, Cw, Sw, Sv, Bending, Cw, Densidad, and LATU. It lists density results for APU and LATU.

Tabla: Resultados de compresión paralela (APU y LATU)

Table with 11 columns: Densidad, ARW, MC, E, CSw, Eo, CSwo, Densidad, CSw, and LATU Lab. It lists parallel compression results for APU and LATU.

Desde Py - límite elástico, Dy - desplazamiento límite elástico, Pu - esfuerzo último, Pmax - carga máxima, Dmax - desplazamiento máxima, Fc - resistencia a la compresión, E - módulo de elasticidad, ARW - módulo de resaca, MC - contenido de humedad, CSw - contenido de resaca para 50%, Eo - contenido de resaca para 100%, CSwo - contenido de resaca para 100%.

Gráfico mensual de comportamiento de Tetrapack



CRITERIO ANCLAJE DE CHAPONES - SOLERAS Y VIGAS



1 - PhD, Dept. of Architecture and Environment System Building Materials Laboratory, Faculty of Science and Technology, Akita Prefectural University, Akita, Japan, Research of MOMBUSHO, Profesor G° 3, PDU – Procesos Industriales de la Madera, CENUR Noreste – Sede Tacuarembó, UdelaR, Uruguay
2 - Profesor G° 2, Unidad de Gestión Edilicia, CENUR Noreste – Sede Tacuarembó, UdelaR, Uruguay

Esta investigación y el proyecto "Pabellón" tuvo el apoyo de CENUR Noreste, UdelaR, URUFOR S.A, FYMNSA, Aserradero Bonilla, Frutifor, Intendencia de Tacuarembó, INIA y Escuela Técnica UTU, Tacuarembó.

También la gran colaboración de los profesores Juan Pintos y Milton Vera de la Escuela Técnica de UTU, Bach. Ramiro dos Santos, Bach. Ernesto Meneses, Bach. Maicol Fagundes, Bach. Darwin Rodríguez, Bach. Jorge Rodríguez, Bach. Olga Etcheverría, Bach. Yennifer Silva, Bach. Brandon Barrios, Bach. Brahian Rodríguez, Bach. Estefani Silveira, Bach. Antony Benitez, Bach. Nicolas Leiva, Bach. Nahuel Conde, Bach. Ney sabia, Bach. Sebastián Rodríguez, Bach. Ximena Galarraga y Bach. Camilo Isidro.

