

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

ESMAARQ

Todo proceso de actuación sobre una construcción existente, con algún grado de protección o no, requiere de la ejecución, en el orden que se indica, de los cuatro pasos siguientes:

- Comprensión del funcionamiento de la estructura existente y de sus elementos individuales.
- Acto proyectual, mediante el que se toman las decisiones pertinentes para permitir continuar, o modificar, el uso de la construcción.
- Ejecución de lo proyectado.
- Plan de conservación de lo ejecutado.

Si se trata de una nueva edificación, los pasos son similares con diferente organización:

- Redacción del Proyecto de Arquitectura que, entre otras cuestiones, requiere de la comprensión del funcionamiento de todos los elementos de la nueva estructura portante. El Proyecto incluirá el diseño estructural.
- Ejecución de lo proyectado.
- Plan de conservación de lo ejecutado.

En coherencia con estos pasos citados, el Grupo ESMAARQ plantea cuatro Líneas de Investigación relacionadas entre sí y conducentes a alcanzar su objetivo general y los particulares. Son las siguientes:

L1_Evaluación in situ de elementos portantes en servicio

L2_Evolución del sistema constructivo y tipologías estructurales de los elementos unitarios de la Arquitectura Tradicional y de la edificación en los cascos urbanos

L3_Generación de nuevas formas constructivas en madera

L4_Aplicaciones en el Proyecto de Arquitectura de Restauración/Rehabilitación y de obras de nueva planta

L1_ Evaluación in situ de elementos portantes en servicio

Vinculación con Áreas de Conocimiento en la UPV/EHU:

Física Aplicada, Mecánica de Medios Continuos y Teoría de las Estructuras, Construcciones Arquitectónicas

La madera estructural con elementos de gran escuadría ha sido de uso tradicional en el norte de España. Una gran parte de las edificaciones existentes, anteriores a los años cuarenta del pasado siglo, contiene ese tipo de elementos. En la mayor parte de los casos su estado estructural es desconocido, lo que repercute en la indecisión a la hora de la Restauración o Rehabilitación de construcciones históricas, singulares o, simplemente, existentes. Este desconocimiento está originado por la falta de Normas de clasificación de Clases Resistentes, Eurocódigos, Directrices por Inspección Visual y técnicas de evaluación estructural, para las maderas existentes en la edificación de nuestro entorno geográfico. Habitualmente se opta por un refuerzo o sustitución, parcial o total, producto de la experiencia del profesional y siempre del lado de la seguridad. Desde un punto de vista de la comunidad científica internacional, el problema que presenta una estructura en servicio es que las cargas que soporta están aplicadas desde el momento de su puesta en uso. Por otra parte, el estado de conservación (humedades internas, daños internos, etc.) y/o la detección de elementos ocultos también condiciona las pautas de Restauración o Rehabilitación. Se precisa de la puesta a punto de técnicas y métodos que permitan identificar ambos problemas y que, además, sean no destructivas y aplicables in-situ. Son técnicas que se enmarcan en una de las líneas de investigación de mayor calado a nivel internacional; es la denominada NDT (No Destructive Testing) en su terminología anglosajona. Se contempla una variante denominada MDT, acrónimo de Minor Destructive Testing, para aquellas técnicas de evaluación (Assessment) cuya aplicación infieren un daño asumible por la estructura. Al contrario de la problemática que presenta una estructura existente, las estructuras de madera laminada o similares, para obra de nueva planta, poseen una normalización bien definida (EN 14080 para productos transformados de madera). No obstante, el problema de su evaluación in situ, es el mismo, a pesar de la existencia de ciertos ensayos de auscultación (p.e. detección de delaminación).

En la comunidad científica internacional existen varias técnicas y métodos para explorar in-situ el estado de una estructura portante de madera. El Grupo ESMAARQ dedicará fundamentalmente sus esfuerzos a poner a punto dos de ellas. Serán las denominadas GPR (Ground Penetrating Radar) y la conocida como Hole Drilling. La primera tiene por objeto la caracterización interna, no estructural (daños, humedades, defectos, ...), mientras que la segunda se dirige a la deducción de estados tensionales en servicio. En el Apartado Antecedentes y estado actual del tema objeto de cada Línea de Investigación, se indica claramente la situación de ambas técnicas. Además, en el Apartado Descripción de las actividades que se propone desarrollar, se indican los pasos a realizar en base a acciones ya iniciadas. Se excluye conscientemente de las actividades de ESMAARQ, la investigación acerca del tratamiento de la afectación biótica sobre los elementos portantes de madera. Obviamente, se incluye la detección del grado de afectación de un elemento portante.

Esta Línea de Investigación se relaciona con el Objetivo General y con los Objetivos Específicos 1 y 4.

L2_Evolución del sistema constructivo y tipologías estructurales de los elementos unitarios de la Arquitectura Tradicional y de la edificación en los cascos urbanos

Vinculación con Áreas de Conocimiento en la UPV/EHU:

Mecánica de Medios Continuos y Teoría de las Estructuras, Construcciones Arquitectónicas, Proyectos Arquitectónicos

Una estructura existente no puede analizarse si no se "comprende". A lo largo de los años, los sistemas estructurales han evolucionado conforme la Sociedad cambiaba. Incluso en una misma construcción, es habitual encontrar modificaciones y alteraciones provenientes de diferentes usos que la edificación ha tenido. Cada sistema constructivo o cada entramado estructural existente, posee unas características que lo hacen singular, en ocasiones único. La detección de elementos ocultos estructurales, conduce a identificar la relación entre los diferentes elementos portantes unitarios cuya función es, a veces, incomprensible.

Uno de los objetivos de esta Línea de Investigación es determinar la evolución del sistema constructivo y de los elementos estructurales de las diferentes tipologías residenciales históricas del País Vasco, desde las Casas-Torre Bajomedievales hasta los Caseríos de principios del siglo XIX, entendiendo este período como el más interesante para el estudio de sus estructuras en madera. Se ha detectado más de 2500 construcciones de este tipo, en la Comunidad Autónoma Vasca. Mediante el estudio de edificaciones singulares, esta línea de investigación pretende elaborar un catálogo de tipologías estructurales, que sirva de guía e instrumento de conocimiento a los agentes intervinientes en el proceso de Restauración o Rehabilitación y ayude en la conservación de este amenazado patrimonio construido.

Desde las primeras Residencias Señoriales Bajomedievales hasta los caseríos de principios del siglo XIX, el sistema constructivo de las diferentes tipologías residenciales experimentó una gran evolución durante los siglos XIV-XIX, dando lugar a un extenso catálogo de tipologías estructurales de gran valor patrimonial, y generando una gran cantidad de elementos arquitectónicos heterogéneos y de difícil clasificación: jabalcones, pies derechos, zapatas, canes, rollizos, cerchas... En el País Vasco, el sistema estructural de las Casas-Torre Bajomedievales más antiguas (siglo XIV) se corresponde con un modelo isostático, donde los elementos de primer orden, vigas de gran escuadría, son introducidas directamente en los mechinales de los muros de mampostería. En una primera fase evolutiva, este sistema estructural es simplificado. Se opta por aumentar el grosor de los muros, para formar un escalonamiento o retranqueos en altura, de manera que las vigas y forjados puedan ir directamente apoyados en dichos salientes. Es decir, puede hablarse de que comienza a aparecer una concepción previa del diseño del sistema constructivo a emplear.

En la segunda mitad del siglo XV, debido al derribo de las Casas-Torre por parte de los Reyes de Castilla y al nuevo clima pacífico imperante, la arquitectura civil evoluciona a modelos más palaciegos, apareciendo nuevos sub-tipos residenciales como los Palacios-Torre, los Palacios Apaisados, los Caseríos-Torres o los Caseríos-Palacios. El sistema constructivo muta junto con estas nuevas formas, apareciendo uniones más hiperestáticas, creándose estructuras espaciales complejas, a modo de jaulas. De manera paralela, y también en el siglo XV, aparece en el medio rural una unidad constructiva que se implanta de forma genérica y que caracterizará este territorio rural hasta todavía hoy. El clima de paz que se establece en este territorio pasa de un carácter militar a un nuevo carácter económico, donde el Caserío será el nodo de una extensa red de diferentes actividades que pasará a gestionar los limitados y concretos valles del País Vasco: explotación de los bosques (madera para la construcción de barcos y edificios, carbón,...),

de los prados (pasto para el ganado), gestión de los ríos (como generadores de energía, vías de comunicación,...), etc. Los Caseríos se presentan dentro de este marco como un gran contenedor, que acoge diferentes usos para la gestión de su entorno: vivienda, cuadra, pajar, granero, lagar,... Los Caseríos, como unidad constructiva, comienzan como una gran estructura espacial de madera, con predominio de la cubierta, donde se organizan los diferentes usos en los vacíos que ésta genera. A partir de finales del siglo XVI, el sistema estructural tiende a simplificarse, donde predominará el plano estructural o pórtico, jerarquizándose mediante las diferentes familias estructurales: vigueta, viga o pilar, generalmente.

Para el Grupo, la Rehabilitación no debe ser una moda pasajera, un acto romántico de conservación. Las estructuras de madera, tanto de las edificaciones aisladas de la arquitectura tradicional como de los bloques de vivienda de los centros históricos, además de nuestro pasado, constituyen también parte de nuestro volumen edificatorio actual. Las patologías, que en la actualidad afectan a muchos de los inmuebles de los centros históricos, no sólo se deben a causas ajenas a la propia edificación. Desde el momento de su construcción, las actuaciones acometidas a lo largo de la vida útil de los inmuebles han ido dejando huella en lo que hoy son. Es así como el origen de las lesiones, que en la actualidad afectan a las estructuras de madera existentes, puede dividirse en dos grupos:

1. Pérdida de la capacidad portante de la estructura. Son múltiples las causas que dan lugar al deterioro de las escuadrías: el envejecimiento propio del material, la presencia de ataques bióticos u hongos de pudrición, filtraciones de agua a través de la fachada, la cubierta o la cimentación, etc.

2. Aumento de las solicitaciones a las que está requerida la estructura proyectada. Las edificaciones no son fotos fijas en la historia sino que van modificándose, adecuándose a los usuarios de las mismas. La ejecución de levantes, modificaciones de la distribución original de los inmuebles o la disposición de recrecidos con el objeto de nivelar los forjados flectados, con el paso de los años no han hecho sino aumentar las cargas que ha de soportar la estructura de madera. Los esfuerzos a los que están sometidos los solivos, vigas o pilares no siempre son compatibles con las secciones que presentan

En consecuencia, se establecerán protocolos de actuación estructural tendentes a facilitar el proceso de Restauración o Rehabilitación en las edificaciones de madera, existentes en la Comunidad Autónoma Vasca y, por extensión, en la cornisa cantábrica. Esta Línea de Investigación se relaciona con el Objetivo General y con los Objetivos Específicos 2 y 4.

L3_ Generación de nuevas formas constructivas en madera

Vinculación con Áreas de Conocimiento en la UPV/EHU:

Matemática Aplicada, Expresión Gráfica Arquitectónica, Mecánica de Medios Continuos y Teoría de las Estructuras, Construcciones Arquitectónicas, Proyectos Arquitectónicos

De modo concreto, **esta línea de trabajo tiene su ámbito en la construcción de superficies de forma libre mediante superficies desarrollables y su aplicación a la construcción con tableros de madera laminados.** Los aspectos principales a desarrollar serán las posibilidades de adaptación de los tableros de madera laminada, el sistema de fijación envolvente-estructura y la propia estructura de soporte, desde el punto de vista geométrico y estructural.

Las superficies de forma libre, profusamente utilizadas en arquitectura, plantean dificultades importantes desde el punto de vista de su resolución geométrica. En muchos casos, la solución pasa por conformar paneles de doble curvatura que reproduzcan la forma proyectada, con el inconveniente de tener que utilizar un amplio número de elementos diferentes y singulares, que si bien cada vez plantean menores dificultades técnicas en cuanto a su proceso de diseño y fabricación, suponen un costo en muchos casos inabordable o que obliga a reconsiderar el planteamiento de diseño inicial. En otros casos, recurrir a la triangulación de la superficie de doble curvatura como solución mediante elementos planos, supone una cesión importante desde el punto de vista del diseño. Plantea, además, dificultades técnicas cuando se trata de generar la malla estructural que la soporta, debido a la aparición de un mayor número de barras, en los nudos necesarios para resolver la geometría basada en triángulos. Se puede encontrar diferentes vías de aproximación a la resolución de superficies de doble curvatura o superficies de forma libre, mediante el uso de superficies desarrollables y elementos planos, como las planteadas por J. Glymph, D. Shelden, A. Killian y H. Pottmann.

Los profesores adscritos a ESMAARQ disponen de una base teórica importante, desde el punto de vista geométrico, habiendo generado reiteradamente prototipos reducidos, fabricados con materiales ligeros, en los que se ha podido observar un grado importante de fidelidad, desde el punto de vista de la adecuación de la forma. La propuesta de la investigación se centra en desarrollar estos prototipos y aplicar la base teórica de los mismos, en la resolución de elementos arquitectónicos reales. Para ello será necesario resolver varios puntos:

1. La posibilidad de adaptación de los tableros de madera laminada a los rangos de curvatura que la geometría del proyecto imponga. Para la adaptación de superficies libres, se utilizan superficies cónicas y cilíndricas de curvatura variable. Será necesario estudiar las posibilidades de curvado de los tableros comerciales y/o elaborar estrategias que permitan adaptar la curvatura de dichos tableros.
2. El sistema de fijación de los elementos de cobertura sobre el soporte estructural. Implica el desarrollo de diversos tipos de unión, aptos desde el punto de vista estructural y constructivo, capaces de transmitir cargas a la vez que adaptarse geoméricamente a la superficie que pretende reproducir.

ESMAARQ se apoyará en las posibilidades que ofrece el diseño paramétrico y la fabricación digital de elementos 3D. Las posibilidades que ofrece la parametrización son fundamentales si se pretende resolver elementos que tienen necesariamente geometría variable y, además, pretenden poder ser aplicados en la resolución de cualquier tipo de superficie. Se dispone para el desarrollo del Proyecto de diverso software CAD de diseño y

parametrización, así como un laboratorio de maquinaria de fabricación digital que cuenta con los siguientes elementos:

- 1 Fresadora de 4 ejes de gran formato. Mesa 2500x1200 mm.
- 1 Máquina de corte láser Epilog Legend EXT Engraver 75 w. 900.600 mm.
- 1 máquina de impresión 3D polvo. Zcorps Zprinter 450 volumen de impresión 200 x 200 x 200 mm
- 2 máquinas de impresión 3D plástico. Prusa i3 steel con volumen de impresión 200 x 200 x 200 mm
- 1 máquina de impresión 3D plástico. Mendel con volumen de impresión 200 x 200 x 200 mm

Esta Línea de Investigación se relaciona con el Objetivo General y con los Objetivos Específicos 3 y 4.

L4_Aplicaciones en el Proyecto de Arquitectura de Restauración/Rehabilitación y de obras de nueva planta

Vinculación con Áreas de Conocimiento en la UPV/EHU:

Física Aplicada, Matemática Aplicada, Mecánica de Medios Continuos y Teoría de las Estructuras, Construcciones Arquitectónicas, Expresión Gráfica Arquitectónica, Proyectos Arquitectónicos

Tal y como se ha mencionado en los objetivos de ESMAARQ, se plantea una doble dirección; hacia la Restauración/Rehabilitación y hacia la obra de Nueva Planta.

Como siempre que se interviene en edificaciones existentes, en la rehabilitación de estructuras de madera la intervención no comienza con la ejecución de los refuerzos necesarios. La rehabilitación comienza un paso antes, con la diagnosis estructural, como se menciona en otros párrafos de esta Memoria. En las edificaciones es necesario conocer, en primer lugar, las patologías que le afectan, así como su historial evolutivo. El objeto de la rehabilitación no es sólo subsanar las lesiones detectadas, ha de garantizarse, a su vez, que las intervenciones que pretendemos realizar no causen un daño mayor con la aparición de nuevas y no deseadas patologías. Una vez conocido el estado PLAN de conservación y la realidad constructiva del inmueble, se establecerá la necesidad o no de rehabilitación y el calado de las actuaciones a cometer. Desde la no intervención hasta la sustitución completa de la estructura, pasando por la ejecución de trabajos de refuerzo y consolidación. En ocasiones la rehabilitación no significa la ejecución de grandes actuaciones. Intervenir sobre una estructura existente es una labor de artesanía. Conocer la estructura, comprender el por qué de las soluciones que presenta y ser capaces de crear un diálogo entre estructura existente / refuerzo estructural, resultan imprescindibles. Profundizar en el conocimiento no sólo favorece el proceso de rehabilitación. Es necesario que los usuarios de un inmueble encargados de su conservación sean partícipes del proyecto de rehabilitación conociendo y comprendiendo el qué, el cómo y el por qué. La labor divulgativa del técnico encargado de la rehabilitación juega un papel fundamental. Este debe de ser capaz de transmitir, a los usuarios de los inmuebles, las actuaciones a acometer a corto y largo plazo que garanticen la conservación del inmueble, en los años venideros. Es el concepto de "Arquitecto de cabecera" descrito, hace varios años, por Dn. Javier Ramos Guallart. En la actualidad, el envejecimiento de nuestro patrimonio arquitectónico, transforma en una realidad palpable la necesidad de rehabilitación y restauración de las viejas estructuras de madera. Existen múltiples inmuebles que, por un motivo u otro, necesitan ser rehabilitados abriendo un nicho de mercado, no sólo por el volumen que supone sino también por lo que significa olvidar nuestras antiguas edificaciones. La madera, relegada a un segundo plano académica, técnica y normativamente, necesita aflorar nuevamente dotando a los técnicos, encargados de la rehabilitación, de las herramientas necesarias en esta andadura.

Forzosamente, lo apuntado para la edificación existente lleva a aplicarse para las de nueva planta. La madera transformada para su implementación en éstas, requiere una labor, por hacer, en cuanto a establecer una praxis adecuada en la redacción y ejecución del Proyecto de Arquitectura. Posiblemente, incluirá unas pautas de mantenimiento a lo largo del "ciclo de vida" de la construcción. Esta Línea de Investigación pretende aplicar en el Proyecto de Arquitectura, los logros de innovación alcanzados en las tres Líneas de Investigación anteriores, mediante la generación de diferentes protocolos de actuación. Incluirá la definición de la Clase Resistente de Roble por Inspección Visual y la posibilidad de generación de nuevas formas arquitectónicas.

Esta Línea de Investigación se relaciona con el Objetivo General y con todos los Objetivos Específicos.

