

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE APPLICATION TO SUPPORT THE ELABORATION OF TIMBER CONSTRUCTION PROJECTS

Cuadrado Rojo, J.; Orbe Mateo, A.; Rojí Chandro, E.; Losada Rodríguez, R.

Universidad del País Vasco (UPV/EHU)

Construction in Spain uses in most cases concrete and steel as structural materials, in detriment of the wood. This material, used since the dawn of humanity, for the manufacture of numerous objects, tools, machinery ... has always been used in construction for light weight, easy handling and abundance in the environment.

Nowadays with the Technical Building Code, the wood is in the same regulatory conditions as steel, or concrete, but all this time of absence with almost no presence of this material in the curriculum of qualifications related to the construction, make it difficult to introduce this material in the work. Therefore must be promoted the creation of tools that enable technicians and students become familiar with this material, showing its advantages such as more sustainable materials.

Software application has been designed. as a set of modules that facilitate the work to the designer, provides the calculation of constructive sections, and additional information to ensure the durability of the proposed solution, or for the generation the specifications, drawings and budget of the project itself

Keywords: *software; projects; construction; timber structures*

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA DE AYUDA A LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN MADERA

La construcción en España utiliza mayoritariamente el hormigón y el acero como materiales estructurales, frente a la madera. Este material, usado desde los orígenes de la humanidad, para la fabricación de multitud de objetos, herramientas, maquinas... se ha utilizado desde siempre en la construcción por su ligereza, fácil manipulación y abundancia en el entorno.

Hoy en día y con la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación, la madera, está en las mismas condiciones normativas que el acero, o el hormigón, pero todo este tiempo de ausencia junto a la casi nula presencia de esta materia en los planes de estudios de las titulaciones relacionadas con la construcción, hacen difícil la introducción de este material en la obra. Por ello hay que potenciar la creación de herramientas que permitan a los técnicos y estudiantes familiarizarse con este material, mostrando sus ventajas, como material más sostenible.

La aplicación informática se ha planteado como un conjunto de módulos, que facilitan el trabajo al proyectista, aportando además del cálculo de las secciones constructivas, información adicional para garantizar la durabilidad de la solución planteada, o para la generación del pliego de condiciones, los planos y el presupuesto del propio proyecto.

Palabras clave: *software; proyectos; construcción; estructuras de madera*

Correspondencia: Jesús Cuadrado: jesus.cuadrado@ehu.es

1. Introducción

En España el sector de la construcción se ha caracterizado por el uso mayoritario del hormigón y el acero como materiales estructurales en construcción, dejando desplazado para usos de una menor relevancia la madera. Este material ha sido utilizado desde los orígenes de la humanidad en la construcción por su ligereza, fácil manipulación y abundancia en el entorno, siendo uno de sus principales destinos la construcción.

Una serie de problemáticas asociadas principalmente a una mala ejecución, han ido relegándolo hasta llegar al caso de encontrarse sin ningún tipo de normativa estatal en vigor, lo hacía impensable abordar cualquier proyecto constructivo. Hoy en día, la madera es un material técnico perfectamente competente, que dispone de su propia normativa en vigor, el Código Técnico de la Edificación (2006), en su Documento Básico Madera, CTE-DB-M. La madera, presenta una serie de características que le hacen ser un material muy útil en edificación, y es por ello que hay que tratar de incentivar su uso, con objeto de mejorar por un lado la sostenibilidad de los edificios, al ser un material que genera un menor impacto en el entorno, y por otro lado del entorno, al incentivar el sector forestal del entorno próximo, creando empleo y actividad productiva.

El hecho de haber estado mucho tiempo sin ningún tipo de normativa ha generado que la madera se encuentre fuera de las líneas curriculares, de las diferentes titulaciones existentes en el País (Orbe et al, 2010). De este modo, aunque el material tenga unas buenas propiedades y características, es difícil introducirlo en el mercado y que se proyecte con el mismo, ya que ello requiere en muchos casos, hacer un esfuerzo adicional, añadido al de conocer la gran cantidad de normativa existente en edificación. Por todo, se ha planteado la realización de una herramienta que trate de recopilar la mayor cantidad de información posible, de la propia normativa y que permita a los técnicos y estudiantes familiarizarse con este material, disponiendo de una herramienta que sirva de ayuda en el pre-diseño con el mismo, y que recoja información complementaria de ayuda en la elaboración de un proyecto constructivo en madera.

2. Objetivos

La aplicación informática que se presenta a continuación, se ha planteado como un conjunto de módulos que se encuentran separados e interrelacionados entre sí, de modo que facilitan el trabajo al proyectista, aportándole una herramienta de pre-dimensionamiento, que sirva para el cálculo de las secciones constructivas necesarias en base a las acciones contempladas.

Pero también facilita información adicional, con relación al material que se puede utilizar, así como a las diferentes clases de uso y servicio que permitan garantizar la correcta durabilidad de la solución planteada.

De cara a la realización del proyecto, se genera en el programa material para su utilización en el pliego de condiciones, existe una base de detalles constructivos que se pueden utilizar en los planos del proyecto y también se ha realizado un modulo que permite elaborar un presupuesto aproximado.

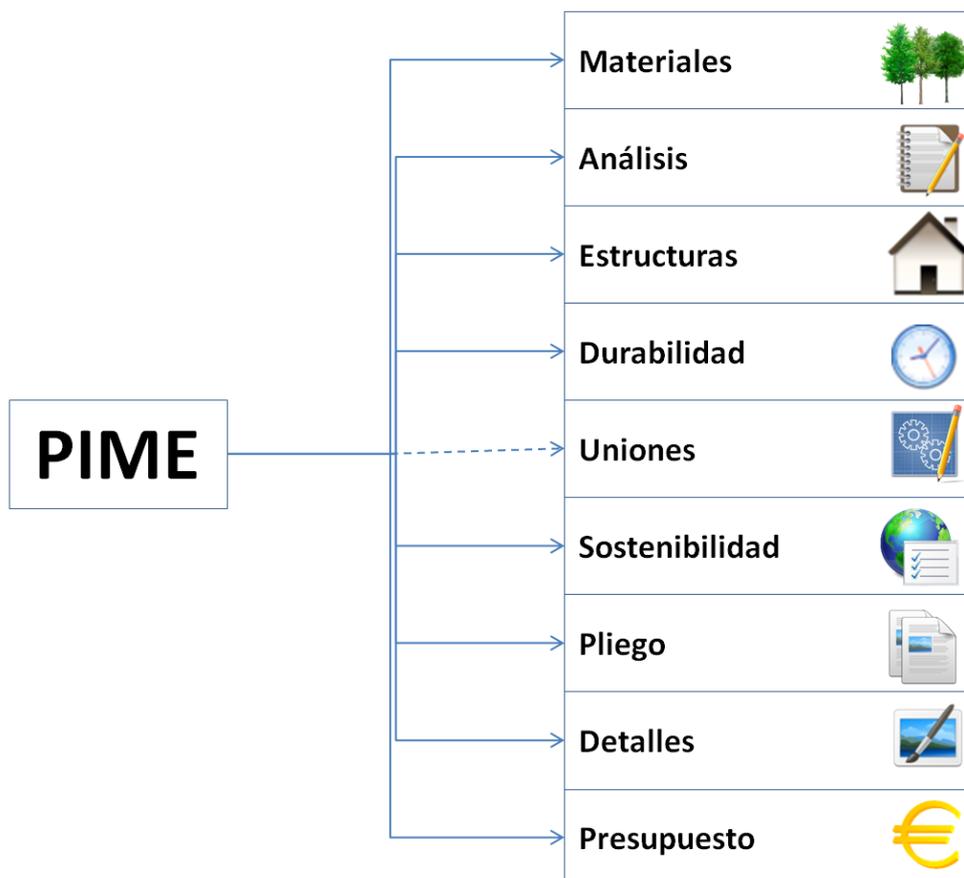
Se trata por tanto de ayudar al técnico, o estudiante poniendo a su disposición una herramienta gratuita y libre que le permita familiarizarse con este material de cara a tratar de incentivar su uso en construcción por las ventajas que presenta.

3. Metodología planteada

Esta aplicación informática denominada PIME (Prontuario Informático de la Madera Estructural), es de libre disposición y se puede descargar de forma gratuita. El programa se ha dividido en nueve módulos, cada uno de los cuales tiene una función diferenciada, aunque puede recoger información de otros módulos para su procesado.

El conjunto de módulos que se han planteado y que se van a pasar a describir con mayor detalle en los siguientes apartados, es el que se representa en la figura 1.

Figura 1: Conjunto de módulos planteados en el programa PIME



3.1 Materiales

En este módulo se pueden consultar las propiedades (flexión compresión tracción cortante...) asociadas a cada clase resistente (Figura 2), tanto en madera aserrada, como en laminada encolada, distinguiendo en este caso entre las que utilizan maderas de la misma especie o mezclando varias. También se puede consultar la clase resistente asociada a las diferentes especies que se contemplan en la UNE-56.544: 2003, o bien identificar las especies arbóreas por su nombre científico y común dentro de las recogidas en las normas UNE-EN 335-2: 2007 y UNE-EN 350-2: 1995. Del mismo modo para poder mostrar las diferentes texturas que presentan las diferentes especies se han recopilado algunas de ellas que se presentan como imágenes (Soler, 2001).

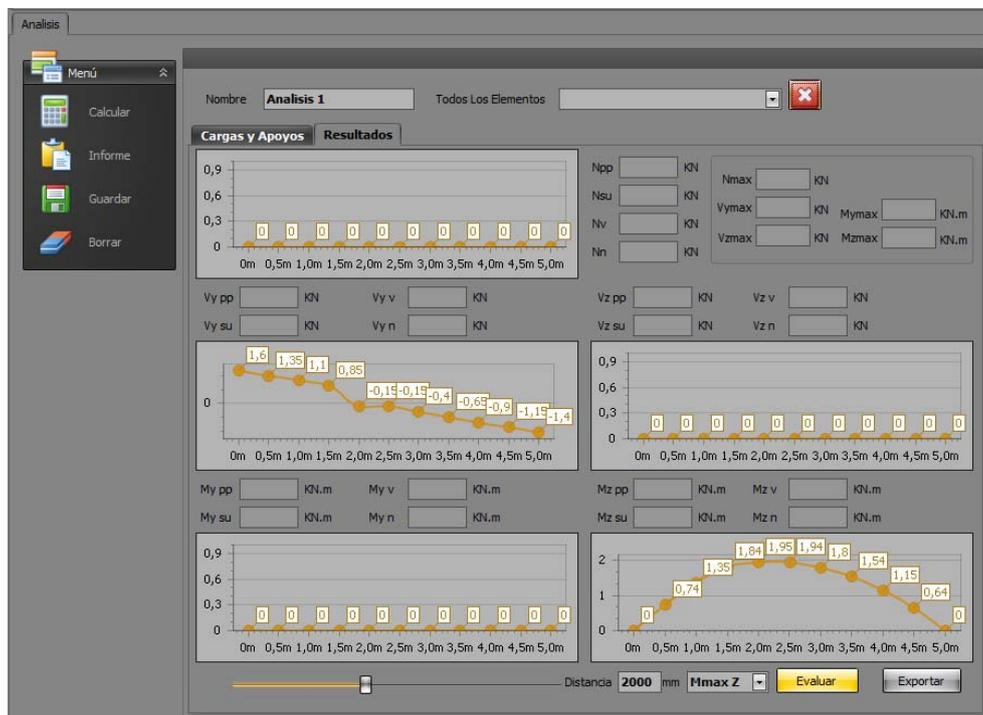
Figura 2: Propiedades de los materiales en función de la clase resistente.

PROPIEDADES	C14	C16	C18
> Flexion (fm,k) (Mpa)	14	16	18
Traccion paralela (ft,0,k) (Mpa)	8	10	11
Traccion perpendicular (ft,90,k) (Mpa)	0.4	0.4	0.4
Compresion paralela (fc,0,k) (Mpa)	16	17	18
Compresion perpendicular (fc,90,k) (Mpa)	2.0	2.2	2.2
Cortante (fv,k) (Mpa)	3.0	3.2	3.4

3.2 Análisis

En este caso, se trata de un módulo que sirve de ayuda al usuario en la definición de los esfuerzos que tienen que soportar las diferentes secciones de una estructura, para ello hay que introducir las dimensiones de la pieza a estudiar así como la tipología de unión que se va a materializar, junto con las diferentes acciones, así como sus correspondientes coeficientes de mayoración y de combinación de hipótesis. Con todo este conjunto de datos se obtienen los resultados de los esfuerzos axiales, cortantes y momentos flectores de forma numérica y gráfica (Figura 3), siguiendo las pautas establecidas para ello, en el Código Técnico de la Edificación (2006).

Figura 3: Representación de los resultados del módulo de análisis.



3.3 Estructura

En este módulo se lleva a cabo el cálculo de las secciones de una estructura propiamente dicha y permite introducir los esfuerzos que tienen que soportar las diferentes secciones de forma manual (ya que se pueden haber calculado con otros programas) o bien se pueden importar del modulo de análisis dispuesto en el presente programa.

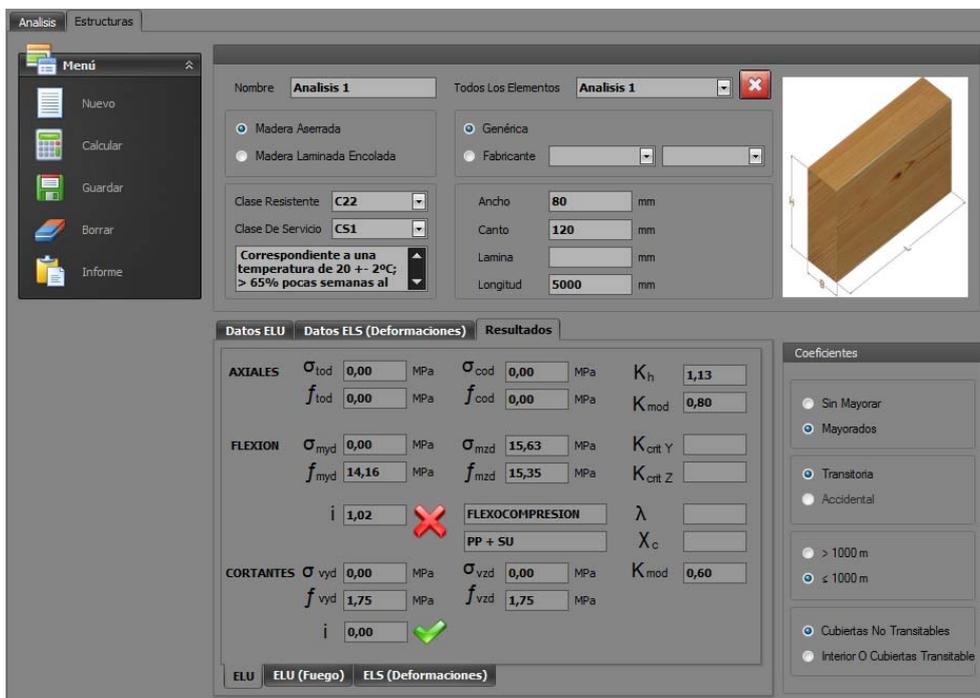
Este módulo permite realizar las comprobaciones frente a los Estados Límites Últimos (ELU), y los Estados Límites de Servicio (ELS). Dependiendo de la tipología de elemento planteado pilares o vigas, se puede plantear en las comprobaciones de cálculo a realizar el estudio del vuelco lateral en el caso de las vigas, o el pandeo en el caso de los pilares, y en ambos casos se podrá realizar una comprobación de la sección frente al fuego, en cuyo caso hay que identificar cuáles son las caras expuestas frente al fuego.

Para el caso de la comprobación de los Estados Límites de Servicio (ELS) en las vigas, hay que introducir cual es la tipología de solución de partición interior presente en el edificio que se está proyectando ya que de esta forma se establece la deformación máxima admisible para el citado elemento constructivo.

Con este módulo se puede comprobar si una determinada sección es capaz de soportar los esfuerzos en las condiciones de seguridad establecidas por el Código Técnico de la Edificación (2006), y si la sección introducida no cumple las mismas se pueden ir realizando diferentes iteraciones hasta encontrar aquella que cumpla todos los requisitos. El programa permite conocer que comprobaciones son las que no se cumplen (Figura 4).

Del mismo modo que el programa realiza las comprobaciones tiene la posibilidad de seleccionar dimensiones habituales de secciones con las que se suele trabajar en nuestro País y que se pueden encontrar en el mercado, facilitando así la posterior materialización del proyecto planteado y la reducción de precio al no utilizar secciones estandarizadas, aunque el usuario del programa puede definir y calcular la sección que desee.

Figura 4: Comprobación de secciones en el módulo estructura.



3.4 Durabilidad

Mediante este módulo se establece la solución de protección que es necesaria para garantizar la durabilidad de la solución constructiva planteada, teniendo en cuenta clase de uso y de servicio en las que se va a encontrar el elemento estructural de madera que se quiere proteger, en base a la especie utilizada y asociada a la durabilidad natural de la misma, así como a su impregnabilidad, (Figura 5), para ello se han tenido en cuenta las recomendaciones establecidas en el Código Técnico de la edificación, Madera (2009), y las normas UNE EN 351-1:2008, UNE EN 460:1995, UNE EN 599-1:2010.

Además de mostrar el tratamiento necesario para la especie de madera utilizada en la estructura, como en una gran parte de las uniones entre piezas se utilizan herrajes metálicos, que pueden ser susceptibles de oxidarse sin son de acero, se plantea también el tipo de tratamiento que debe de realizarse en dichas piezas para evitar el proceso de corrosión.

Figura 5: Identificación protección necesaria en el módulo durabilidad.

The screenshot shows a software interface for wood durability assessment. The main area contains input fields for 'Nombre' (Durabilidad1), 'Especies' (PINO RADIATA), 'Clase De Servicio' (2), and 'Clase de Uso' (3.1). A table below lists biological agents and their natural durability. At the bottom, there are sections for 'Ilustración Esquemática de los Requisitos de Penetración' and 'Protección Contra la Corrosion de los Elementos Metálicos'.

AGENTES BIOLÓGICOS	DURABILIDAD NATURAL	¿REQUIERE PROTECCIÓN?	OBSERVACIONES
> HONGOS	POCO DURABLE - NO DURABLE	SI	LA DURABILIDAD NATURAL PUEDE S...
COLEOPTEROS HYLOTRUPES	SENSIBLE	SI	EL RIESGO DE ATAQUE PUEDE SER ...
COLEOPTEROS ANÓSIDOS	DURAMEN TAMBIEN SENSIBLE	SI	EL RIESGO DE ATAQUE PUEDE SER ...
TERMITAS	SENSIBLE	SI	
XILOFAGOS MARINOS			

TIPO DE PROTEC...	CLASE PENETRAC...	PENETRACIÓN	DURAMEN	ALBURA	ANCHURA ALBURA	TRATAMIENTO
> MEDIA	NP2	AL MENOS 3 MM E...	MEDIANAMENTE I...	IMPREGNABLE	GRANDE (>10 CM)	SUPERFICIAL / IMP...

Ilustración Esquemática de los Requisitos de Penetración

Protección Contra la Corrosion de los Elementos Metálicos

Elemento de fijación	Clase de servicio
Clavos y tirafondos con d ≤ 4 mm	Fe/Zn 12c ⁽¹⁾
Pernos, pasadores y clavos con d > 4 mm	Ninguna
Grapas	Fe/Zn 12c ⁽¹⁾

3.5 Uniones

Con este módulo se plantea la realización de una serie de uniones mediante elementos metálicos entre piezas, en este caso se puede establecer los elementos de conexión necesarios para unir un pilar con la cimentación, y varias soluciones diferentes de conexión entre un pilar y una viga o entre viga principal y vigas secundarias, de modo que en función del tipo de construcción, se pueda utilizar una solución de las denominadas ocultas, que permiten proteger al herraje metálico del efecto del fuego, o bien mediante elementos de conexión vistos, que son más sencillos de disponer en obra pero que presentan la problemática de la protección frente al fuego.

Mediante este modulo se cierra el proceso de cálculo al disponer de una módulo que permite realizar el dimensionamiento de la sección de madera necesaria en el elemento

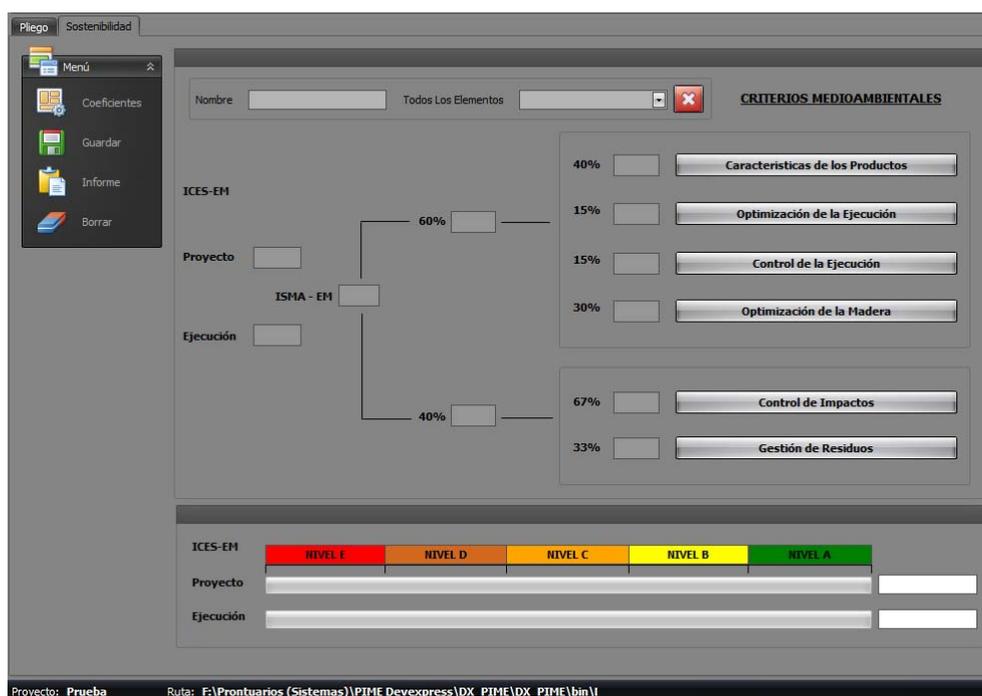
estructural y mediante el módulo de uniones se resuelve la conexión entre diferentes piezas, algo que en algunos programas de cálculo no se realiza.

3.6 Sostenibilidad

Este módulo, se plantea como una “propuesta”, de Índice Contribución de las Estructuras a la Sostenibilidad (ICES), en este caso, para una estructura de madera. La metodología utilizada “MIVES”, es la misma que se ha utilizado para llevar a cabo la evaluación de la sostenibilidad en el caso de las estructuras de hormigón, o acero en sus correspondientes normativas, para el caso del hormigón armado se encuentra el anejo 13, de la EHE-08 (2008), y en el caso de las estructuras de acero se trata del anejo 11, de la EAE (2011).

De esta forma se aporta a la madera una herramienta similar a la que ya tienen el hormigón y el acero en sus normativas, de forma que el planteamiento que presenta una gran parte de los criterios e indicadores utilizados en la misma (Figura 6), son similares a los de ambas normativas, identificando para el caso de la madera los criterios relacionados tanto con el material, como con las posibles medidas para reducir impactos. Hay que tener en cuenta que la madera es un material que requiere una menor energía en su fabricación y por lo tanto de entrada es más sostenible, pero hay que tener en cuenta una serie de criterios que permitan tener una mayor garantía en este concepto tan utilizado en nuestros días.

Figura 6: Conjunto de criterios en el módulo sostenibilidad.



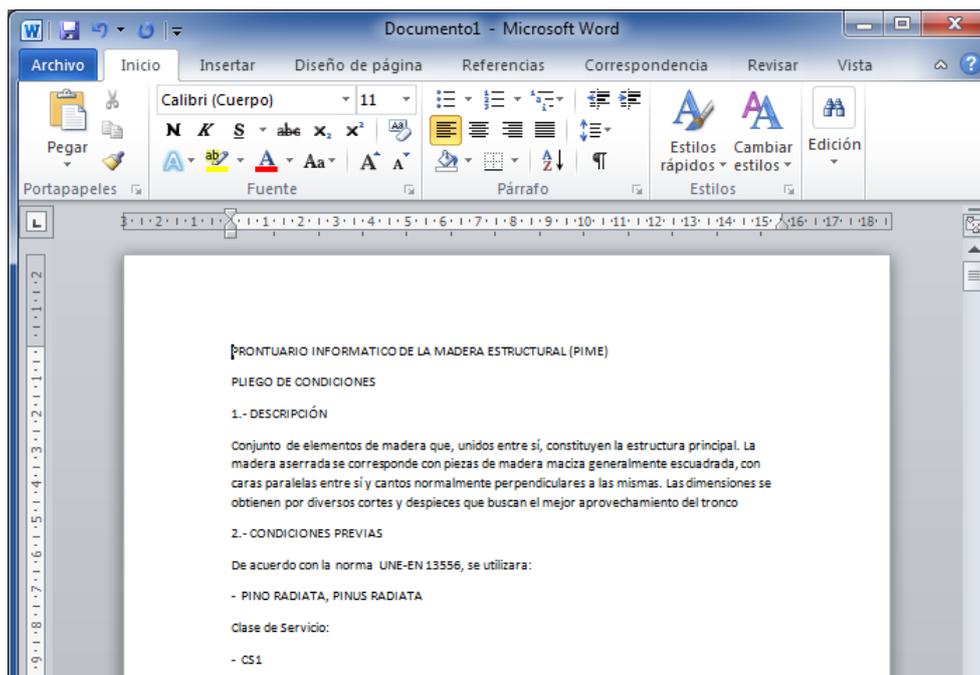
3.7 Pliego

El presente módulo, permite al proyectista generar un pliego de condiciones técnicas, que ser podrá clasificar según el tipo de madera utilizada (aserrada o laminada), relacionándolo con la especie, o especies que van a ser utilizadas en el desarrollo de la obra y las clases de uso y de servicio en las que se van a encontrar.

En función de las clases de uso y de servicio, se establecen los requisitos exigibles a los diferentes tipos de protección establecidos como adecuados para los elementos mecánicos de fijación y conexión entre piezas.

Con objeto de facilitar la labor del proyectista el programa genera un documento en formato texto para que se pueda añadir en el pliego de condiciones establecido para el proyecto que se esté realizando, (Figura 7).

Figura 7: Documento generado en el módulo pliego.

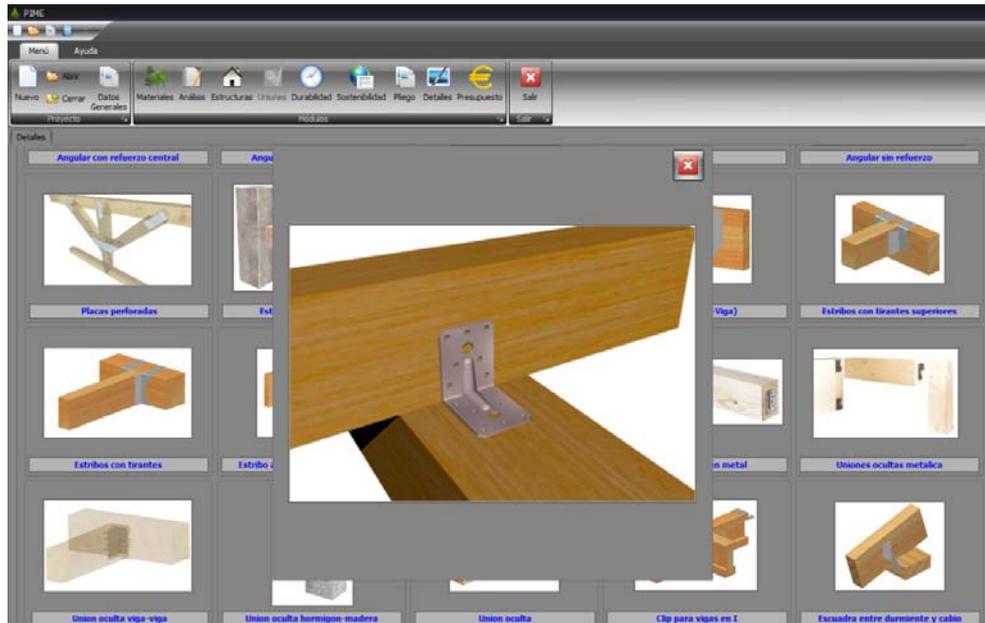


3.8 Detalles

En este módulo aporta una colección de cincuenta detalles constructivos divididos en varios grupos, que pueden servir al proyectista para conocer diferentes soluciones que se plantean en la realización de diferentes uniones entre piezas, algunas de ellas, se plantean mediante uniones carpinteras, esto es, en ausencia de herrajes de conexión, y también se plantean uniones realizadas mediante herrajes metálicos, que pueden encontrarse tanto ocultos, como vistos.

Todo este conjunto de detalles constructivos, aparece en una serie de imágenes que permiten visualizar el tipo de unión seleccionada, y se puede obtener dicho detalle constructivo en formato "dxf", para poder exportarlo a cualquier programa de dibujo y de esta forma añadir detalles de las uniones planteadas en la estructura de madera, al documento de planos del proyecto que se esté realizando.

Figura 8: Detalles constructivos del módulo detalles.



3.9 Presupuesto

En este último módulo, se plantea de cara a la realización del presupuesto del proyecto, la posibilidad de obtener un precio de la estructura de madera propuesta. Para ello se ha tomado como base de precios de referencia, la base de precios correspondiente al Gobierno Vasco. La entrada de datos se realiza de forma que se van agregando los tipos de piezas planteadas (pilares, vigas o correas), su número y el material utilizado. Al introducir las dimensiones de las piezas agregadas (ancho, canto, largo y cantidad), se genera el precio unitario de dicha geometría y la valoración de las mismas, permitiendo obtener el presupuesto final, que se puede añadir al documento presupuesto del proyecto.

Figura 7: Documento generado en el módulo presupuesto.

Codigo	UD.	Descripción	Ancho (cm)	Canto (cm)	Longitud (m)	Precio Unit.	Cant.	Total
CPI_A	nd	Costas de madera Aserrado de Pino Radiata injeta mediante medios mecanicos, incluso protección con insecticidas y fungicidas, para barnizar.	10	20	2	37.37003	1	37.37003
	m3	Pino Radiata				579.43	0.04	23.1772
	kg	Punta a picos 17x70 caja 3kg				0.79	0.017	0.01343
	kg	Plata-molié tact 30 kg				3.39	0.24	1.2936
	h	Oficial I° construcción				21.55	0.3	6.465
	h	Peto especializado construcción				18.96	0.3	5.688
	%	Costes directos complementarios				36.64	0.02	0.7328

4. Resultados y Conclusiones

Con esta herramienta de libre acceso se quiere potenciar el uso de la madera, como material estructural. Potenciando la utilización de madera de nuestros bosques para de esta forma poder potenciar el sector, generando empleo y desarrollo en el País.

La aplicación informática, que se ha mostrado en el apartado anterior ha sido fruto de una serie de reuniones con técnicos proyectistas, y empresas de estructuras de madera, de sistemas de protección, así como de sistemas de unión mediante herrajes.

Se ha generado una herramienta que permita a los usuarios de la misma tener una herramienta de cálculo de las secciones constructivas en madera, que por otro lado sirva para obtener los esfuerzos a soportar por los elementos estructurales con sus disposiciones más habituales y sencillas.

Se trata de una herramienta de cálculo, genérica para cualquier tipo de especie y clase resistente, frente a otras herramientas existentes, más sencillas y que se han particularizado para una especie particular. Permite además realizar el cálculo con madera aserrada y madera laminada encolada, disponiendo de una base de datos de secciones habituales presentes en el mercado, pero dejando libertad para realizar un diseño con una sección libre.

Por último la aplicación informática recopila para el usuario, información útil de cara a la realización de los diferentes documentos necesarios en la materialización del proyecto constructivo, como son los Planos, el Pliego de Condiciones y el Presupuesto.

5. Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen a la financiación concedida por la Universidad del País Vasco UPV/EHU a través del Programa Universidad-Sociedad con número de referencia EHU11/22 "Prontuario Informático de Elementos Estructurales de Madera". Igualmente quieren agradecer al Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca, la financiación de los trabajos de programación de la aplicación informática realizados por Yokasta García Frómata, alumna del Máster en "Ingeniería de la Construcción" de la UPV/EHU.

6. Referencias

- España. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Boletín Oficial del Estado, de marzo de 2006, núm. 74, pp. 11816-11831
- España. Real Decreto 751/2011, de 27 de mayo, por el que se aprueba la Instrucción de Acero Estructural (EAE). Anejo 11: "Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad" Boletín Oficial del Estado, de junio de 2011, núm. 149, pp. 670-682
- España Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08). Anejo 13: "Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad" Boletín Oficial del Estado, de agosto de 2008, Suplemento del BOE núm. 203, pp. 239-246
- Orbe, A., Cuadrado, J., Roji, E., Maturana, A. (2010) Arquitectura y Madera. Guía de diseño de elementos estructurales adaptada al CTE. Bilbao: Servicio Editorial del Gobierno Vasco
- Soler, M. (2001). Mil Maderas. Valencia: Servicio Editorial Universidad Politécnica de Valencia.

- UNE EN 335-2:2007, Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Definición de las clases de uso. Parte 2: Aplicación a la madera maciza. AENOR
- UNE-EN 350-2: 1995, Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera. Durabilidad natural de la madera maciza. Parte 2: guía de la durabilidad natural y de la impregnabilidad de especies de madera seleccionadas por su importancia en Europa. AENOR
- UNE EN 351-1:2008, Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Madera maciza tratada con productos protectores. Parte 1: Clasificación de las penetraciones y retenciones de los productos protectores. AENOR
- UNE EN 460:1995, Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera. Durabilidad natural de la madera maciza. Guía de especificaciones de durabilidad natural de la madera para su utilización según las clases de riesgo. AENOR
- UNE EN 599-1:2010, Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Eficacia de los protectores de la madera determinada mediante ensayos biológicos. Parte 1: Especificaciones para las distintas clases de uso. AENOR
- UNE 56544: 2003. Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural. AENOR