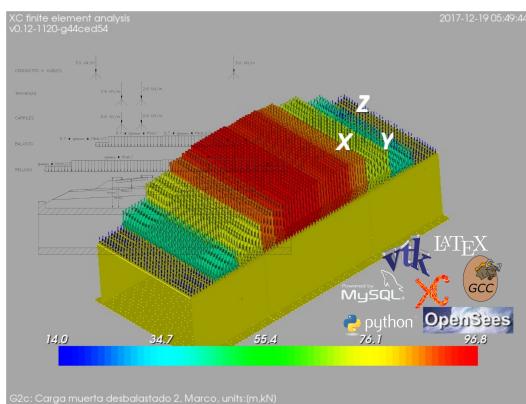


# Migración casi-completa a software libre en el proyecto de estructuras

---



## Introducción

Recientemente hemos trabajado en la modificación de varias obras de paso bajo el AVE que habíamos proyectado en el año 2013. Para desarrollar el proyecto original aplicamos una combinación de software libre y comercial al 50%. En esta ocasión, el rápido crecimiento de las herramientas libres disponibles en la red, así como las mejoras introducidas en nuestros propios desarrollos, nos ha permitido realizar el trabajo casi exclusivamente con software libre.

Este tipo de software permite su libre estudio, ejecución y modificación, con lo que podemos adaptarlo a nuestras necesidades y estilo y no a la inversa. Por otro lado, trabajar paramétricamente con distintas aplicaciones libres para el análisis, dibujo y medición de estructuras puede resultar muy útil para liberar al equipo de tareas repetitivas y reducir la probabilidad de cometer errores con las mismas.



Ana Ortega, Luis C. Pérez Tato

## Análisis de la estructura

En el mercado existe multitud de software propietario dedicado al cálculo de estructuras de distintos tipos. Sin embargo, el empleo de formatos cerrados, al margen de la dependencia del proveedor que genera, en muchas ocasiones no permite al usuario tener el control sobre el funcionamiento del progra-

ma, con lo que es el ingeniero el que debe adaptarse a los criterios, limitaciones o incompatibilidades del mismo y no a la inversa.

El software libre se basa en la libertad de poder ser estudiado, cambiado y ejecutado sin limitaciones. Entre las aplicaciones de código abierto en el campo de los elementos finitos se encuentra *OpenSees*, un

entorno de trabajo desarrollado en el *Pacific Earthquake Engineering Center* para el estudio de la respuesta de la estructura y el terreno en situaciones de sismo. A partir de este núcleo de cálculo y haciendo uso de otras bibliotecas libres para gráficos (*VTK*, *matplotlib*), geometría (*CGAL*), ... , hemos desarrollado un programa para el análisis de estructuras adaptado a nuestras necesidades (generación de geometría y mallado, materiales, acciones, generación de combinaciones, verificación de estados límite de acuerdo a distintas normas, generación de informes, resultados gráficos, ... ).

Una de las mejoras introducidas estos últimos años que más ha simplificado el trabajo con *XC* ha sido el exponer a Python alrededor de 800 de las 1500 clases de C++ de las que consta el programa. Trabajar con Python como lenguaje de scripts tiene múltiples ventajas, entre ellas:

- es de código abierto,
- es un lenguaje muy popular y su uso se extiende rápidamente,
- hay mucha documentación, cursos MOOC, ...
- existen librerías muy útiles para aplicaciones diversas (NumPy, Matplotlib, Scipy, Pandas, ...).

## Planos

FreeCAD es un programa de modelado 3D que permite la parametrización del dibujo mediante el uso de scripts en Python.

El dibujo paramétrico tiene múltiples ventajas; los parámetros que definen la estructura (geometría, armaduras, ...) se introducen en ficheros de texto y la generación de planos de geometría, replanteo, armados, despieces, ..., deriva de la lectura de estos. Esto permite modificar fácilmente los diseños (simplemente cambiando dichos parámetros) y reducir la actividad tediosa y repetitiva de producir y chequear trazos y textos en los planos, cediéndola al ordenador, con lo que la probabilidad de error por esta causa se elimina.

## Mediciones y presupuesto

Persiguiendo los mismos objetivos que con la parametrización del cálculo y el dibujo, hemos desarrollado un programa de mediciones y presupuesto al que denominamos PyCost, cuya forma de trabajo es a través de scripts en Python. El programa mantiene el intercambio con otras aplicaciones a través de la importación y exportación en formato BC3. El trabajo paramétrico permite confeccionar plantillas de mediciones fácilmente modificables que pueden incluso compartir parámetros con los cálculos, planos y textos.

## Textos

El uso de L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X para componer los textos del proyecto permite tratar fácilmente gráficos de resultados, tablas, fórmulas complejas, ... , e incorporarlos al documento, generando un texto de gran calidad. El formateo del documento se realiza al compilar el fichero; por ello, las personas que escriben documentos para el proyecto pueden despreocuparse del formato y centrarse en el contenido del texto.