



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LOS MONUMENTOS  
FALLEROS EN VALENCIA. PROPUESTA DE MODELO  
ESTRUCTURAL EN MADERA.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

AUTOR/A: García Moya, Javier

Tutor/a: Fernández Forcada, Mario

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR DE  
ARQUITECTURA

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LOS MONUMENTOS FALLEROS EN VALENCIA.  
PROPUESTA DE MODELO ESTRUCTURAL EN MADERA.

AUTOR: Garcia Moya, Javier

TÍTULO: Análisis estructural de los monumentos falleros en Valencia. Propuesta de modelo estructural en madera.

TUTOR: Fernández Forcada, Mario.

ESCUELA: Escuela Técnica Superior de Arquitectura

CURSO: 2020-2021

TITULACIÓN: Grado en Fundamentos de la Arquitectura.







## INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.
2. ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE.
  - 2.1 EVOLUCIÓN DEL MONUMENTO FALLERO.
  - 2.2 ANÁLISIS DEL PROCESO EVOLUTIVO DE LA FALLA.
3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.
5. CONCLUSIONES.
6. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.



## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.

Las fallas de Valencia suponen una de las festividades más singulares del mundo, la construcción de grandes monumentos que pueden alcanzar una altura de 25m de altura, fabricados en madera y poliestireno para su posterior quemado en pleno espacio público, las convierte en un evento único. La profesión de artista fallero históricamente ha sido transmitida de maestro a aprendiz, creciendo y desarrollándose desde la experiencia y el ensayo.

No podemos dejar de lado el enorme valor que tiene esta profesión y esta festividad para la ciudad y el conjunto de habitantes de la Comunidad Valenciana, es por ello que este estudio considera importante aportar una visión técnica y un análisis que permita entender mejor el funcionamiento de estas estructuras. Este trabajo pretende no solo analizar, y aportar una mejor comprensión de las fallas, sino también poner el valor el trabajo de esta profesión en muchos casos olvidada y entender el mérito de los artesanos para engrandecer esta festividad.

La complejidad estructural de las fallas suponen un reto admirable, difícil y costoso, es por ello que en este trabajo se pretende estudiar a través de los métodos de cálculo estructural conocidos y establecer un análisis que permita conocer mejor cómo funcionan estas estructuras, analizar los procesos de fabricación, ensamblajes, geometrías utilizadas, y concluir con un análisis computacional del funcionamiento de una estructura de falla, y determinar fallos o ventajas destacables. Suponen un tema poco analizado y revisado a través de los mecanismos que hoy día existen, y es interesante el punto de vista que la tecnología y la matemática puede aportar, todo ello sin olvidar la tradición y la experimentación que los maestros falleros han aportado al oficio.

## 2. ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE.

La fiesta de las fallas es una de las festividades más reconocidas y populares dentro del ámbito de la Comunidad Valenciana, y una de las más conocidas también dentro de España. En términos locales, se trata de la que más fama posee, reportando un enorme beneficio para la Comunitat. A nivel económico supone un fuerte reporte en prácticamente todos los sectores económicos de la ciudad, y en términos culturales, es una de las tradiciones más importantes de nuestro territorio. Desde el punto de vista económico, un estudio realizado por la Ínter agrupación de fallas en 2008, las fallas tuvieron una repercusión de más de 750 millones de euros para la ciudad de Valencia, y 7.580 empleos creados.

En datos únicamente del monumento fallero, se puede hablar de un amplio abanico de precios, partiendo de los 1.800€ para fallas de categorías inferiores, hasta los 210.000€ en la sección especial, estos datos sirven para reflejar la enorme importancia que tiene esta fiesta en el desarrollo económico de la ciudad

A nivel cultural, La festividad de las fallas nace entorno a finales del siglo XVIII principios del XIX, cuando aparecen los primeros bocetos y artículos en torno a instalaciones (todavía no calificadas como fallas) que se apropiaban del espacio urbano para posteriormente ser quemadas. Esta fiesta tiene un importante valor identitario para la cultura del territorio Valenciano, siendo esta fiesta uno de sus estandartes. La falla es más que una fiesta, es la identidad de un territorio, la expresión máxima de la cultura de Valencia y de sus pueblos, La fiesta de las fallas es el reflejo de la cultura mediterránea .

El trabajo del artesano de las fallas ha sido siempre una profesión multidisciplinar, originalmente existían distintas figuras que se encargaban de la materialización de los diferentes campos que intervenían en la realización de las fallas, tales como el carpintero, el ebanista, pintor, pasando por otros como el costurero, zapatero...Con el paso del tiempo se forja la figura del maestro fallero, que llega hasta nuestros días, como el especialista que posee conocimientos en todos los aspectos que se llevan a cabo en la falla, y dedica el 100% de su vida laboral a esta profesión. No es hasta principios del siglo XXI, cuando se comienza a buscar un reconocimiento profesional, un título oficial como técnico artista fallero y en escenografías, que oficialice la profesión y otorgue un título técnico a la labor del artesano.

Los primeros proyectos de falla se realizaban con telas viejas, muebles viejos, trapos, paja, y otros residuos que los artesanos que participaban en su construcción tenían en sus talleres, por lo que las fallas también ayudaban a vaciarlos.

Poco a poco fueron reduciendo y tecnificando la profesión incorporando materiales propios como el barro, cartón piedra, cera, madera, ropa vieja, pintura al óleo, etc.

Más tarde, llegaron técnicas de otras disciplinas, como la vareta, procedente del mundo del modelismo, la aeronáutica, o la ingeniería naval, que consistía en construir los volúmenes más grandes a partir de "dogas", o cuadernas, y posteriormente construir una "piel" sobre esta subestructura, una cáscara con la forma final de la pieza construida con finas varillas de madera.

La llegada del poliestireno expandido durante los años 90 supuso una revolución en la industria,

permitiendo realizar grandes volúmenes con relativa facilidad y reduciendo considerablemente los tiempos de producción. También supuso un gran avance para la realización de nuevas formas y figuras, así como la introducción de un material mucho más versátil y ligero, que permitía a la falla crecer considerablemente sin ganar excesivamente en masa.

Con las nuevas tecnologías y nuevos materiales la profesión se diversifica dando lugar a nuevos profesionales que desempeñan labores dirigidas a tecnificar la profesión a través de tecnologías innovadoras de escaneado y digitalización de ninots. Esta novedad atrae a profesionales del sector de la escultura 3D que introducen programas de modelado y amplían las posibilidades en el diseño de fallas.

## 2.1 EVOLUCIÓN DEL MONUMENTO FALLERO.

En sus orígenes en el siglo XVIII y durante el siglo XIX, falla se denominaba a cuatro tipos diferentes de hogueras, entre estas destacaban unas de carácter satírico, por su singularidad, estas estaban compuestas por una base o tablado y figuras situadas sobre este "escenario" llamado comúnmente cadafal.

Habitualmente, este cadafal tenía forma prismática cuadrangular, los laterales se cubrían con bastidores decorados, fabricados con telas, cartón y madera.

En el interior de estos tablados se escondían materiales combustibles, como sillas, mesas, telas, objetos que sobraban en casa.

La parte superior del tablado era la base sobre la que se montaban los ninots que conformaban la escena a representar. Inicialmente estas escenas eran de una composición sencilla, pero poco a poco, cada año se iba incrementando el número, pasando de 3-4 figuras, hasta las 15 en 1867. Compositivamente, se trata de escenas de lectura frontal, al igual que lo hace cualquier escena teatral, esto se debe a que estos primeros monumentos se instalaban adosados a la fachada, por tanto, solo era posible la lectura frontal, pero más tarde fueron ubicadas en plazas o cruces de calles, dándoles una nueva perspectiva de 360°.

Estas primeras fallas podían tener una altura máxima de 3-4 metros. Hasta que a principios del siglo XX se dio comienzo a una corriente que buscaba la monumentalidad, con nuevas obras de alturas hasta de 8m. A partir de este momento encontramos un cambio de tendencia, pasando de un cadafal, o escenario de entorno a los 3 metros, a monumentos de alturas cercanas a los 10 metros. Por este motivo, también se da un giro de 180° en la dinámica general de las fallas, por ejemplo, dado el carácter monumental, se profesionaliza la labor del constructor de fallas y se designa a un artesano profesional para su diseño y construcción, se diversifica su construcción recurriendo a otros profesionales de otros sectores que dan a la falla un acabado más profesional.

La falla debía ser monumental, este era un requisito necesario para la provocación de efectos, deslumbrar al público, impactar al espectador, y conseguir que el mensaje calase lo máximo posible. Se pretendía que, al entrar por una calle, la presencia de la falla debía cautivar al espectador. Dadas estas nuevas exigencias creadas en el primer tercio del siglo XX, una vez consolidado el festejo, las fallas vuelven a crecer en altura, hasta los 16m alcanzados en 1931.

Esta tendencia crea nuevas estéticas, en esta época nace la necesidad de una figura central que actuaba como eje vertebrador y soporte del resto de elementos. La intención de esta figura es dar

una nueva dimensión a la falla, impactar, atraer al espectador, intimidarlo y potenciar el mensaje de la falla. También tiene el objetivo secundario de romper con la idea central de escenas laterales con figuras que fuesen dando la vuelta completa al eje central.

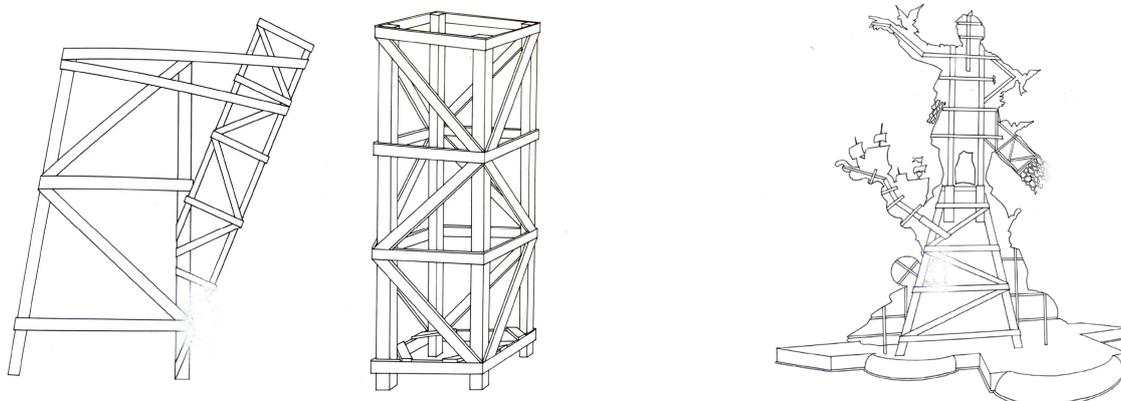
Para componer las diferentes escenas y focalizar la visión en una única secuencia narrativa, el artista dividirá la estructura de la base mediante cartelas, barrocas ornamentaciones, que encuadran las diferentes escenas y las ensamblan al núcleo central. (Hernández García et al., 2019)

El crecimiento en vertical supone un nuevo reto para los artistas, que se resuelve mediante la aparición del remate, normalmente constituido por una figura de grandes dimensiones que conforma un elemento alegórico de la temática de la falla.

Estas nuevas estructuras traen nuevos retos externos a la falla propiamente dicha, problemas relacionados con su montaje, la planta se convierte en un evento en sí mismo, espectacular por su complejidad y peligrosidad, nace el reto de elevar el volumen anteriormente planificado, la necesidad de una subestructura que se adosa durante el tiempo de montaje a la falla, y mediante un quinal se elevan las parte. Esto también obliga a replantear la estructura interna de la falla, esta adquiere más masa, surge el problema del equilibrio de fuerzas, las acciones por viento cobran más relevancia.

Aquí surge el primer elemento estructural relevante que sigue empleándose hoy en día, el caballete central, que constituye la base sobre la que descansa la falla.

A partir de este momento, se vuelve esencial la figura del carpintero que se centra en el diseño y construcción de la parte sustentante de la falla.



*Boceto básico de un caballete. Fig.2.0*

Para abordar el estudio de los materiales en cualquier periodo de la fiesta, hay que tener en cuenta un factor determinante: las fallas se construyen para ser quemadas, y por tanto hay que tener en cuenta ciertos aspectos, entre ellas, está la ley no escrita de que para la construcción de la parte sustentante no se debe emplear metal para reforzar o unir partes.

La técnica de construcción de las fallas no es ningún secreto, por el contrario, los artistas falleros han ido incorporando habitualmente procedimientos, técnicas y herramientas propias de otras profesiones, inicialmente, de profesiones relacionadas con la artesanía y el arte, o procesos manufacturados, y actualmente se están incorporando, con frecuencia, técnicas industriales que facilitan tanto el diseño como la construcción de las fallas.

En los últimos años se ha introducido un nuevo material que ha resultado decisivo para la producción de las fallas que hoy en día existen, el poliestireno.

Este material habitual en muchas industrias por su capacidad como aislante térmico y en otros campos como amortiguador de impactos para casco, para embalajes, rellenos... En la industria de las fallas se ha convertido en el material de referencia para la fabricación de figuras, en sustitución por técnicas como la vareta, o los moldes de escayola, estos se han empleado históricamente, sin embargo debido al coste de producción, dificultad para la fabricación de grandes volúmenes, y su menor flexibilidad frente al poliestireno ha ido cediendo terreno en los últimos años hasta finalmente desaparecer en la gran mayoría de la industria.

El poliestireno, a pesar de ser más caro que otros materiales, aporta multitud de ventajas frente a los otros, algunas ya comentadas, como su flexibilidad, facilidad de manejo, trabajabilidad, y posibilidad de diferentes acabados, también destacan su poco peso, unos 10 Kg./m<sup>3</sup>, también es una ventaja la facilidad de combinarse con otros materiales de la industria, como la madera, cartón para el empapelado, el gotelé... Únicamente es necesario utilizar un adhesivo de un material de la familia de los polímeros, la espuma de poliuretano, que se comercializa como botes presurizados y se aplican mediante una pistola sobre una de las superficies a unir, ya sea la superficie del propio poliestireno, la madera o el papel, se unen ambas partes y se deja hasta su completo secado. El poliestireno es un material que se comercializa esencialmente en forma de placas, habitualmente de 5-10-15-20-30cm de espesor y unas dimensiones de 2x1,20m.

La aparición de estos materiales trajo la introducción de nuevas herramientas que se adaptasen a las nuevas necesidades, principalmente, novedades en herramientas eléctricas, que permitían la manipulación del poliestireno, como el caso del hilo de nícrón, un tipo de herramienta que se basa en hacer circular una corriente de alta intensidad por un hilo metálico de aproximadamente 1mm que al paso de esta corriente alcanza elevada temperatura fundiendo el poliuretano y la espuma de poliestireno y cortándolo fácilmente.



*Proceso de ensamblaje de la estructura con el volumen de poliestireno expandido empapelado.  
Fig 2.1*

## 2.2 ANÁLISIS DEL PROCESO EVOLUTIVO DE LA FALLA.

A pesar de haber visto fallas y se hayan admirado sus equilibrios imposibles, o se haya tenido la oportunidad de contemplar la complejidad de las estructuras que las sustentan, si no se ha conocido un taller fallero por dentro y se ha visto el trabajo de un carpintero de primera mano, no es posible apreciar la verdadera importancia que tiene un armazón, un caballete o una torre en el mundo de las fallas.

Desde el exterior, es habitual subestimar esta parte del trabajo de un artista fallero, existe mucho desconocimiento sobre la verdadera complejidad de una estructura de falla, aparentemente la parte menos creativa, pero que sin embargo constituye todo un reto de ingenio y destreza resolver la complejidad que muchas fallas presentan en sus diseños.

El proceso comienza con la confección de los bocetos, que más tarde se complementan con la fabricación de maquetas, descompuestas en diferentes partes más pequeñas que conforman el total de la falla, este proceso ayuda a entender los diferentes volúmenes

que la componen y que facilitan su construcción, esto determina las piezas que son necesarias unir mediante la estructura.

También es de vital relevancia la consideración del transporte y del montaje, las limitaciones de dimensiones que es posible transportar en una plataforma de un camión, puesto que, según el tamaño de la falla, es más apropiado un tipo de vehículo u otro, existen restricciones legales que constriñen las piezas, habitualmente, y como norma general, la altura camión, que restando su elevación (normalmente 1m) deja un máximo de 3.5m de altura, para vehículos de hasta tres ejes, y 2,4m de anchura. La longitud es más flexible, ya que se pueden encontrar plataformas de gran longitud, siendo el máximo permitido por el ministerio de transporte de 12m para vehículos rígidos. Según las condiciones particulares del vehículo contratado, es posible adaptar las dimensiones finales del volumen, por ejemplo, en caso de alquilar un vehículo especial para cargas de cierta altura, cuya plataforma se encuentra a pocos centímetros del suelo, es posible la fabricación de piezas de mayor altura, hasta los 4m máximo permitido por la DGT (4,5 para *\*Datos obtenidos del reglamento sobre vehículos pesados, prioritarios, de transporte de personas y mercancías y tramitación administrativa. Edición del 2015, DGT.*)

Conviene tener en cuenta que, según el destino final de la falla, es necesario considerar la complejidad de maniobrar un vehículo de estas dimensiones por dentro de una población, considerando la dimensión de sus calles, los giros, altura de semáforos, arbolados, túneles, pasarelas, catenarias, es realmente complejo considerar la variedad de condicionantes a la hora de mover los volúmenes. (6. ANEJO)

Todas estas limitaciones convierten al carpintero en más que un técnico encargado de construir la estructura, en el responsable que todo el proceso de construcción, transporte y montaje de la falla se realice correctamente, supervisando cada fase, y diseñando cada una según las necesidades y adaptándose a la problemática singular de cada una.

Una vez se ha diseccionado la maqueta para poder adaptar la falla tanto al transporte como al montaje, comienza el proceso de diseño para que cada parte se sustente por sí misma y pueda

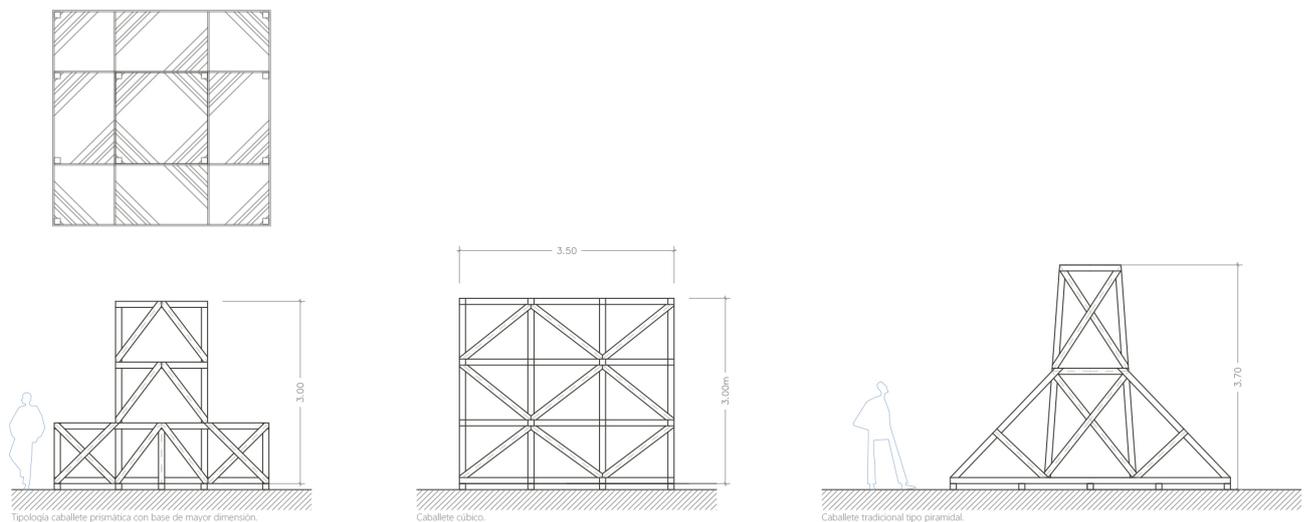
ser ensamblada con la continua. Como hemos comentado, actualmente, la estructura más común es una sucesión de torres verticales que se ensamblan a través del sacabutx, un machihembrado empleado en las fallas para la unión de partes.

Este diseño comienza desde la base, con el planteamiento del “cimiento” comúnmente conocido como “caballete”, la base de la estructura.

Las fallas van únicamente apoyadas sobre el suelo, las reacciones que se oponen a las acciones externas se generan a través del peso añadido en esta parte de la falla a través de sacos de arena apilados, según la altura es necesario mayor cantidad. Es habitual, en fallas de grandes dimensiones (sección 1ª y Especial), introducir entre 2000 y 4000 Kg. en su base.

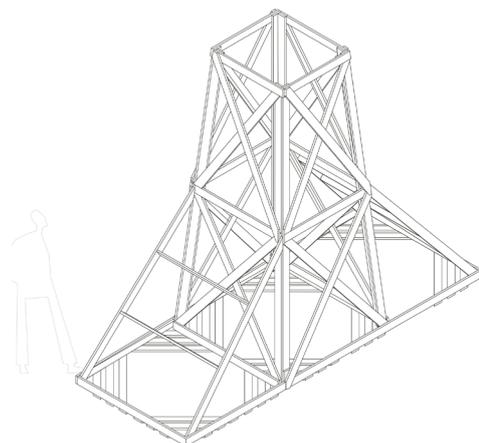
El caballete central, está formado por una gran caja de madera que habitualmente adopta forma prismática, piramidal... generalmente estas estructuras se pueden definir como cerchas tridimensionales, ya que están compuestas por 4 lados (lo más habitual), organizados según una retícula tipo cercha, que se diseña en base a las necesidades.

La función del caballete es servir de soporte de toda la falla, es decir, absorbe todos los esfuerzos generados en cualquier punto del conjunto. Generalmente el peso propio que corresponde al volumen de la figura de falla es despreciable, en la actualidad, el uso del Poliestireno permite generar grandes volúmenes con el mínimo peso, como ya hemos comentado, la densidad de este material es muy baja, . Sin embargo, la aplicación de los materiales de acabado, aportan un peso a considerar, que sí se tendrá en cuenta. Además, uno de los esfuerzos más problemáticos para una estructura de falla es el generado del viento, La fabricación de grandes volúmenes, es, simplifícadamente , “una gran vela” que recibe un esfuerzo considerable, esfuerzo que ha de ser redirigido a la estructura central y a través de esta, hasta a la base, donde se encuentra la masa que va a asegurar todo el conjunto al suelo.



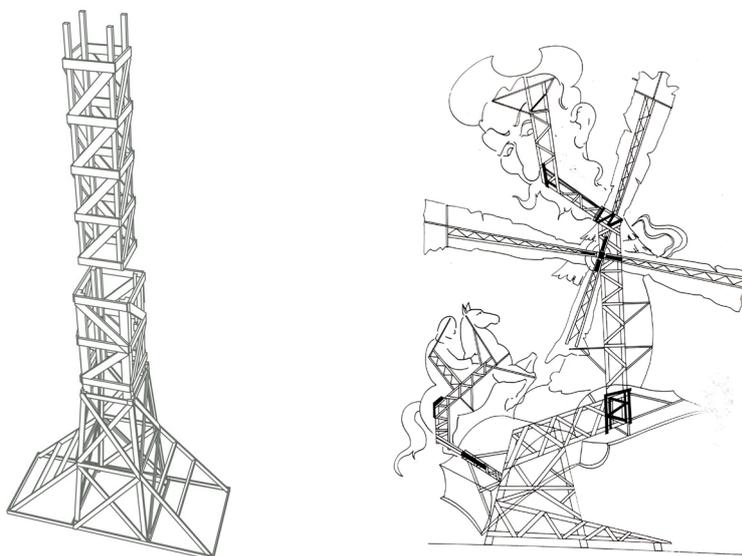
*Tipologías de caballetes centrales. Fig. 2.2.1*

Como se ha comentado con anterioridad, existen infinitos tipos de caballetes, tantos como ingenio tenga el carpintero a la hora de crearlo, sin embargo, podemos resumir este elemento en los tres grandes grupos representados en la imagen superior. La idea es crear una base sólida, resistente y con la mayor superficie posible para cargar los sacos de arena que van a hacer de masa para fijar el elemento y toda la falla al suelo. Los laterales que conforman el caballete se construyen a partir de barras y uniones clavadas y encoladas, el funcionamiento es similar al de una torre de alta tensión, cuatro lados que son, en esencia, cuatro cerchas planas que agrupadas conforman una unidad tridimensional



caballete. Fig. 2.2.2

Secuencialmente la falla crece en altura mediante la adición de torres habitualmente de planta cuadrada, también es frecuente que no lo hagan verticalmente, sino que podemos encontrar piezas que crecen diagonalmente, según el diseño y el riesgo que se le quiera dar a la falla.



Torre y esquema estructural. Fig. 2.2.3

El material que más se utiliza para realizar la carpintería es la madera, la más habitual es el chopo, o el pino, o combinado ambas, usando el pino para los elementos a compresión como los pilares, más concretamente pino de Suecia, y el resto de la estructura en chopo, esta madera destaca por su economía, pero también por ser una madera muy fibrosa y flexible.

Para componer los elementos estructurales se selecciona la madera más sana, el carpintero realiza una inspección visual de la superficie del tablón, pero los más experimentados, son capaces de detectar la calidad del material solo por el peso, y el sonido al golpear la madera contra otra madera, o al golpearla con el puño, no debemos olvidar que se trata de una profesión artesanal, con un aprendizaje empírico y basado en la transmisión de conocimientos de maestros a aprendiz, y que tiene un valor intrínseco y de gran interés.

La cuestión es saber el lugar dónde reforzar la estructura, A falta de unos conocimientos científico-técnicos, la experiencia lleva a los maestros a garantizar colocando más madera de la que las matemáticas podrían recomendar, es habitual encontrar pieza sobredimensionadas, esto no es impedimento para que continuamente, la profesión se supere a si misma y se construyan proyectos cada vez más arriesgados e impresionantes.

Anteriormente se ha comentado el hecho de que las piezas que en los camiones y que no supongan un riesgo para la circulación de estos tanto por carretera como por dentro de la ciudad. El transporte es un proceso delicado, supone para las piezas un estrés y un riesgo de sufrir daños que deben ser resueltos una vez en la plaza. Independientemente de los materiales empleados en la construcción de las fallas, siempre son susceptibles de sufrir algún daño, ya estén construidas el poliestireno o en cartón, cualquier golpe, o rozadura marca la pieza o la perfora. Una vez en la plaza, los volúmenes de mayor tamaño son elevados mediante grúas hasta el lugar de destino. La unión se realiza mediante un machihembrado simple y a plomo entre torres.

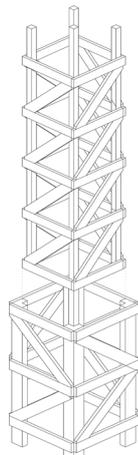


Fig. 2.2.4

En ocasiones, se encolan las superficies en contacto, para facilitar el ensamblaje y reducir la fricción, y rigidizar la unión.

Este sistema tiene una particularidad, normalmente quedan en el interior de los volúmenes de la falla, inaccesibles, es por ello por lo que se ensamblan y se mantienen estables por su propio peso, son capaces de absorber fuerzas horizontales, pero conlleva el riesgo de que pueden salir de la misma manera que se colocan, ya que no conllevan un tipo de anclaje sólido. Los volúmenes más grandes y arriesgado a los que sí es posible acceder al interior, sí se aseguran con clavos y adhesivos tipo colas para madera, e incluso gatos cuando hay riesgo de que el viento pueda levantarlos.

Tradicionalmente, cuando no existía tecnología capaz de elevar los volúmenes hasta su altura, existían tres métodos para levantarla. El primero, denominado al tombe, cuando es posible ensamblar la falla tumbada sobre el suelo, y a continuación levantarla y darle verticalidad. Por otra parte, para fallas de mayor altura y complejidad, se empleaban estructuras secundarias, andamios, con un quinal en la parte superior mediante el cual se elevaban las distintas partes de La falla.



*Los dos métodos tradicionales de plantar, el andamiaje entorno a la falla, y el tombe respectivamente. Fig. 2.2.5*

Y finalmente el más particular, empleado en contadas ocasiones debido a su dificultad, el método denominado "a cadiretes", este método se introduce cuando la falla alcanza una altura de unos 5m aproximadamente. Se basa en un grupo de personas que se colocan alrededor de la pieza, dejando libre uno de los laterales, el grupo eleva la pieza sosteniéndola en el aire mientras otro grupo introduce bajo esta pieza sostenida por el primero grupo, cuando se coloca correctamente, el primer grupo desciende el primer volumen encajándolo sobre el segundo, de este modo, se completa un tramo. Hay que tener presente los inconvenientes que este método conlleva. Para empezar, conforme se avanza en el montaje por secciones, el volumen a elevar cada vez posee más peso, también la inestabilidad de elevar una pieza cada vez mayor, pudiendo alcanzar un volumen de 5-7m. (Ariño Villarroya, 1993)

Sin duda, es posible concluir que el proceso de construcción de una falla es particular, una profesión con denominación de origen, que cuenta con una potente tradición que hoy día sigue muy viva, a pesar de nuevos materiales, nuevas técnicas y procesos, la esencia y la peculiaridad de esta profesión consigue, cada año, progresar y sorprender las generaciones que llegan y las que llevan años viviendo esta fiesta.

Para proceder al análisis de una estructura de falla es necesario primero conocer cual es el proceso de diseño.

Inicialmente la falla nace de una idea que representar mediante bocetos, ilustraciones y unas líneas generales, a continuación se establece cuál será su elemento central, el más representativo y el que va a definir cuál será la estructura que seguirá el monumento. No solo es la pieza central la que lo define, sino también las piezas que lo acompañan, si son exentas o van adosadas a él.



*Boceto falla l'Antiga de Campanar, de los hermanos Garcia Ribas. Fig. 2.2.6*

Tras un estudio previo de las necesidades y las características del proyecto, conviene realizar maquetas que aporten una visión tridimensional del volumen, de esta forma podemos comprobar cuales son los puntos claves, las características propias de las geometrías que componen la estructura.



Fig. 2.2.7

A través de pequeñas maquetas es posible facilitar la ejecución del proyecto. Es obligado ser consciente de subdividir la pieza en otra más pequeñas que faciliten el transporte teniendo en cuenta consideraciones comentadas a principios del actual punto 2.2

Por otra parte también ha de considerarse los acabados que van a acompañar a la estructura, es decir, dicha estructura es el esqueleto interno de una pieza concreta, fabricada normalmente en poliestireno, acabada en gotelé y pintura, por lo que hay que tener en cuenta su fragilidad y facilidad para dañarse en transportes.

Como se acaba de comentar, la partición de una pieza completa en partes de menor volumen, hace necesario realizar una subestructura que acompañe a la pieza para hacer posible su transporte y manipulación.

Para el cálculo estructural de este trabajo se ha seleccionado una estructura central de la falla realizada por los Hermanos García Ribas en el año 2009 para la comisión avenida. Reino de Valencia-Duque de Calabria, para la sección de Especial.

Este proyecto consta de una base de sección rectangular ejecutada en madera de una altura de 4m y dos brazos laterales que se extienden otros 4m cada uno, apoyados en dos torres. Estas estructuras soportaban 3 piezas cada una de ellas.

La totalidad del proyecto alcanzaba los 18m de altura, y constaba de 5 secciones, la base (elemento a calcular este trabajo) una estructura secundaria montada sobre esta base, y las figuras centrales (cada una dividida en dos piezas).

En la base se añadió una masa de 2.000 Kg. a base de sacos de arena, más el peso propio de la estructura, algo considerable dada la envergadura.

La construcción se realiza íntegramente en madera aserrada de chopo, calificación C-20, con uniones mixtas de clavos de 50 y 70mm de longitud aplicados con clavadora neumática y Cola de carpintero de alta resistencia.

Las secciones empleadas son secciones normalizadas dentro del sector. Esta normalización viene impuesta por las dimensiones estándar de los tablones aserrados, en este caso, tablones de 3m de longitud, y una sección de 5cm de espesor y anchura variable entre los 20 y los 30 cm. Al tratarse de madera procedente directamente de aserradero, dependiendo del punto de extracción del tronco, esta anchura se ve modificada. (Arriaga Martitegui, 2018)



Fig. 2.2.8

Por lo que las secciones mayormente empleadas, son las derivadas de estas dimensiones de tablero, partiendo de una sección de 25x25mm para el listón más pequeño, pasando por 50x25, 75x25, 50x50, 50x75 etc. En la siguiente imagen se pueden ver todos los tipos comentados.

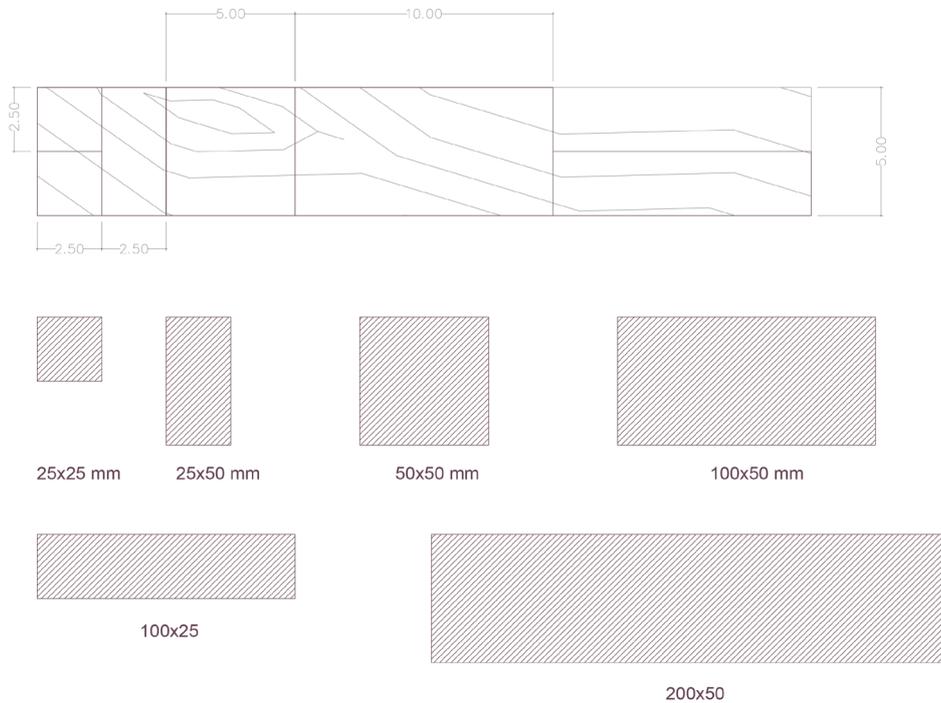


Fig. 2.2.9

Como se acaba de comentar, el proyecto de análisis de este trabajo, una falla realizada por el taller de los hermanos García Ribas en 2009 consta de una base que es el centro del análisis y cálculo.

En la página siguiente podemos observar el boceto del proyecto junto con algunas fotos en las que se definen gráficamente el objeto de análisis.

*nota: La información obtenida para la redacción de este apartado ha sido obtenida a través de la entrevista al final del trabajo (6.ANEJO).*



Boceto de la falla. Fig. 2.2.10



Fig. 2.2.11



Fig. 2.2.12

En las imágenes superiores se observan dos perspectivas desde dos puntos diagonalmente opuestos del monumento en su totalidad, y marcado en azul, la base que se someterá al análisis. Fig. 2.2.12

La construcción de la estructura se realiza en el interior del taller, donde se monta la pieza completa, y se ensambla por completo tal y como irá transportada en el camión hasta la plaza. El proceso se inicia partiendo de la misma estructura, hasta que finalmente se “envuelve” por la escenografía que corresponde a la falla.



Fig. 2.2.13

La estructura se ensambla desde el plano horizontal, hasta elevarla y situarla vertical para continuar con el montaje.

Como aclaración, los “pilares” verticales son tablonces de sección 50x200mm y 4m de altura, el resto de elementos los componen barras de sección 25x50mm encoladas y clavadas.

Una vez ensamblada la estructura básica, es necesario probarla junto a aquellos elementos que deberá sostener, de esta manera se realiza el machihembrado en albas piezas, se ajusta, y se corrigen posibles errores.

Durante su ejecución también es necesario incorporar estructuras auxiliares que sirven para sostener la estructura en su construcción.



Fig. 2.2.14 y 2.2.15

En estas imágenes se puede observar el proceso de unión de la base con una de las piezas que soportará, la cual, corresponde a la resaltada en la imagen siguiente.



Fig. 2.2.16

Una vez terminado este proceso, se continúa añadiendo las piezas que faltan, en este caso, dos brazos laterales que abren voluméticamente la estructura, dando mayor superficie de apoyo y la composición final de la falla.

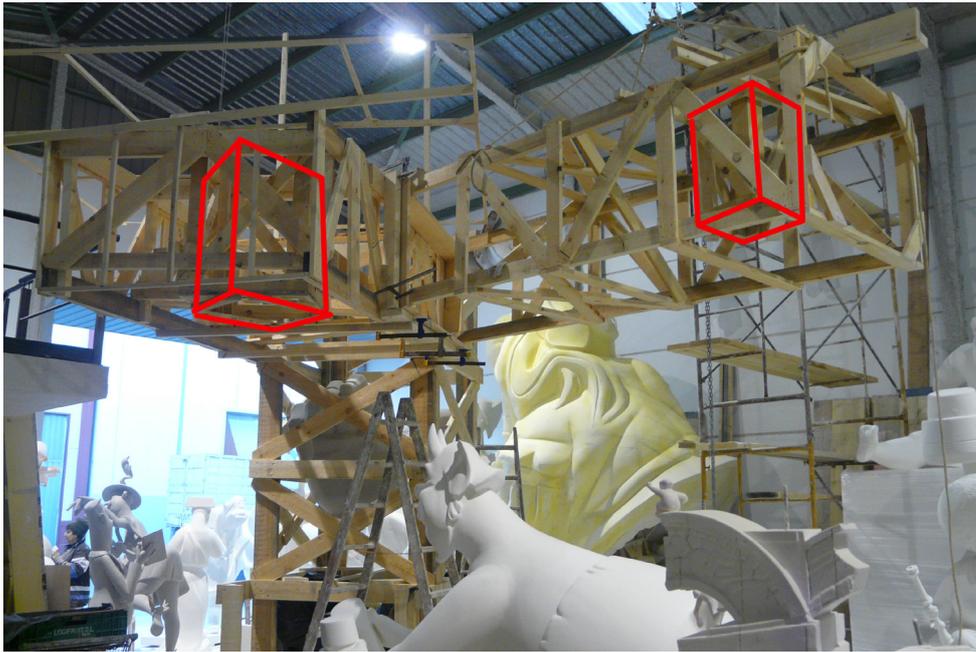


Fig. 2.2.17

Como puede verse en la parte superior de la imagen, dos tirantes sirven de soporte para evitar el vuelco de la estructura, que en este instante descansa sobre la estructura principal o primera fase de ejecución.

Como no es fácil de apreciar, se han marcado en rojo las estructuras que se incorporan a modo de "esperas", donde se ensamblarán las piezas que descansan sobre esta base y que más adelante se comentarán.

Estas esperas son cajones de madera en los que luego descansan las piezas mediante un machihembrado.



Fig. 2.2.18 y 2.2.19

El penúltimo paso es ejecutar los soportes sobre los que descansan los brazos laterales, y que se encargan de estabilizar la estructura, y que sirven para transportar las cargas desde las piezas que se ensamblan hasta el suelo y proteger la estructura del vuelco.

La estructura está compuesta de igual manera que lo hace una cercha, a través de bielas y tirantes que aportan rigidez.



Fig. 2.2.20



Fig. 2.2.21

Los soportes están constituidos por elementos verticales continuos formados por dos barras de 50x50mm en cada esquina y bielas de 25x100mm y estribos con esta misma dimensión.

De todo esto podemos concluir en un esquema básico la composición de la estructura, desde su forma inicial, hasta su composición final.

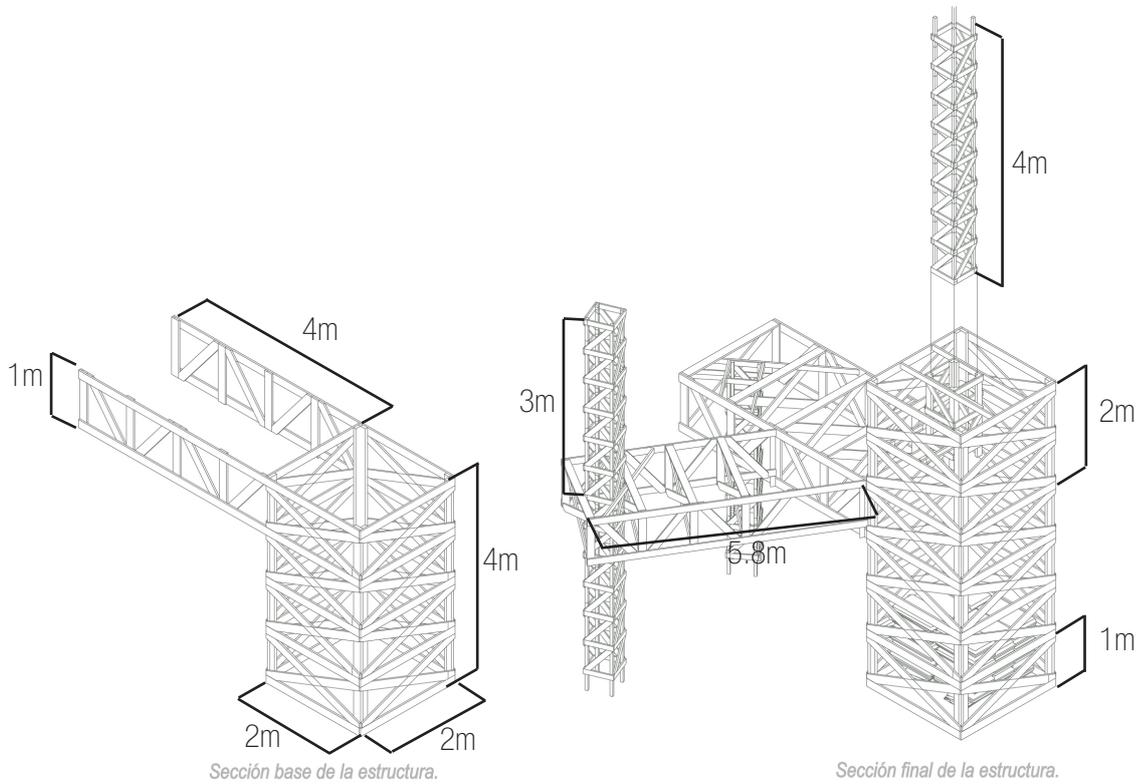


Fig. 2.2.22

## BASES DE CÁLCULO.

Una vez entendida y analizada el objeto de cálculo de este trabajo, se procede a determinar cuales son los datos esenciales que componen el análisis computacional.

### MATERIAL EMPLEADO:

- Madera, tipo chopo, conifera, clase C-20.
- Peso específico 3.9 KN/m<sup>3</sup>.
- Módulo elástico 9500 N/mm<sup>2</sup>.

### HIPÓTESIS:

Las principales Hipótesis a emplear son el peso propio del objeto, y la acción del viento. Esto se debe a que son las fuerzas que mayor destrucción puede ocasionar en una falla, dada su temporalidad, no se van a calcular las hipótesis de SISMO.

Sí se va a considerar la hipótesis de vuelco debido a la ausencia de cimentación que garantice la fijación de la estructura al suelo.

- ELU RESISTENCIA PERSISTENCIA: VIENTO, GRAVITATORIA.
  1. PESO PROPIO.....1.35
  2. USO.....1.05
  3. VIENTO.....1.50

$$(1.35 \times \text{HIP01}) + (1.50 \times \text{HIP03}) + (1.05 \times \text{HIP02})$$
$$(0.58G + 1.5W)$$

### UNIONES:

La ejecución de las uniones se realiza a través de clavos de acero de diferente calibre, aplicado normalmente con herramienta percutora neumática o clavadora neumática junto con cola de carpintero o cola blanca, de esta forma y tal y como se ha introducido en el programa de cálculo, se puede considerar que las uniones son uniones rígidas en su totalidad.



Fig. 2.2.23

## APOYOS:

Como se ha comentado con anterioridad, las fallas se montan en la calle sin una cimentación sólida que afiance la estructura al suelo, se apoyan sobre este, y en su interior se amontonan sacos de arena para mantener el centro de gravedad lo más bajo posible, y ejercer una fuerza suficiente contra el pavimento, y resistir ante el peligro de vuelco, ya se ha comentado que el mayor enemigo de un monumento fallero, es el viento.

Es habitual acumular entorno a 2.000 Kg. (o más, según la altura que alcance la falla) en forma de palets de arena en el interior.

De esto podemos concluir que el volumen es susceptible al vuelco y es necesario incluir este dato en el cálculo.

Para ello, los apoyos se han combinado apoyos con reacción libre en el eje Z, y apoyos articulados, de este modo poder saber si el sistema es susceptible de volcar dadas las acciones de viento introducidas.

Para simular la fuerza ejercida por los sacos, en cada barra vertical unida a un apoyo, se ha introducido la carga correspondiente a aplicar un peso de 2.000 Kg. en la base de la estructura, de esta forma, en la torre central, cada apoyo recibe una carga extra de 5 kN, habiendo 4 apoyos, se simula un total de 20 kN, o 2.000 Kg.

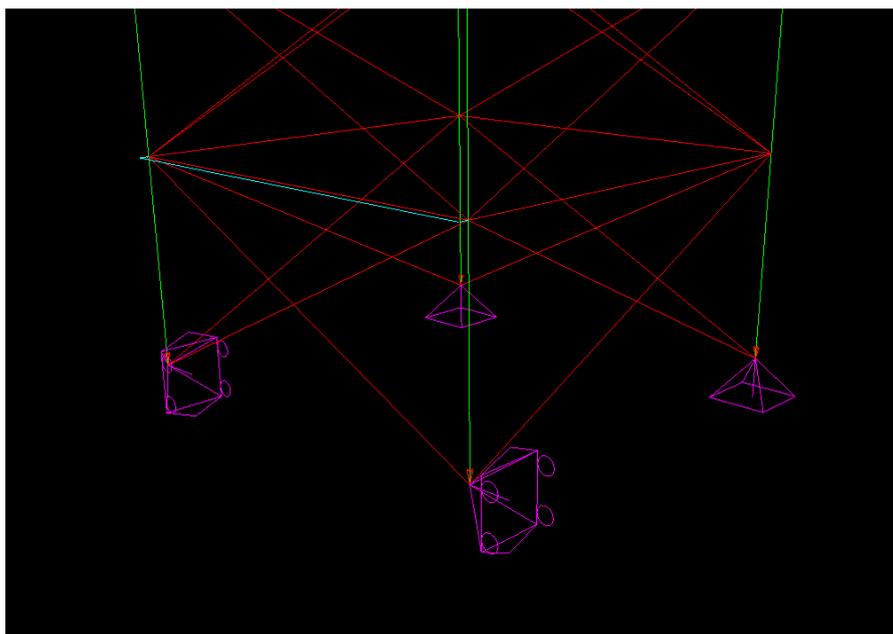


Fig. 2.2.24

## SECCIONES:

Como se puede comprobar en la figura 2.2.9, las secciones empleadas de forma general en el ámbito de la carpintería fallera, y así, en este proyecto, abarca 6 secciones distintas, que nacen de las dimensiones naturales que da la propia sección de corte de un tablero de madera aserrada. Estas secciones están directamente relacionadas unas con las otras.

La resistencia de cada sección viene determinada por su geometría, pero también en gran medida por la calidad del propio tablero y así mismo, de la calidad del tronco del árbol del que procede.

Así pues, una patología como puede ser un nudo, y una fibra retorcida para a condicionar en gran parte la resistencia y la calidad de la estructura.

Para realiza el cálculo de este trabajo, se ha asumido que la calidad del material era óptima. El artista, o el carpintero, son capaces de determinar a través de una revisión visual la calidad de la madera, sin embargo no es la única forma, con la experiencia son muchos los que son capaces de determinar si un tablón es bueno o no solo con dar unos golpes a la madera, ya que según el sonido, esta puede contener una patologías u otra, por ejemplo, al golpear una madera retorcida, el sonido es más seco, esto también se puede apreciar con el peso del material, ya que, esta patología aumenta la densidad del material, haciéndolo más compacto y aportándole una sonoridad más seca.

También es fácil identificar otras patología determinantes, como la fibra defectuosa, que produce deformaciones, ondulaciones y curvas en el propio tablón.

Una vez aprobado un tablero, se procede a su corte en las secciones ya comentadas.

### Listado de secciones

#### BxH 5x5

Tipo: Sección rectangular

Área: 25,00 cm<sup>2</sup>

Base 5,00 cm

Ix: 88,13 cm<sup>4</sup>

Altura 5,00 cm

Iy: 52,08 cm<sup>4</sup>

Iz: 52,08 cm<sup>4</sup>

#### BxH 2,5x10

Tipo: Sección rectangular

Área: 25,00 cm<sup>2</sup>

Base 2,50 cm

Ix: 43,61 cm<sup>4</sup>

Altura 10,00 cm

Iy: 13,02 cm<sup>4</sup>

Iz: 208,33 cm<sup>4</sup>

#### BxH 15x5

Tipo: Sección rectangular

Área: 75,00 cm<sup>2</sup>

Base 15,00 cm

Ix: 489,44 cm<sup>4</sup>

Altura 5,00 cm

Iy: 1406,25 cm<sup>4</sup>

Iz: 156,25 cm<sup>4</sup>

**BxH 5x15**

Tipo: Sección rectangular

Área: 75,00 cm<sup>2</sup>Ix: 489,44 cm<sup>4</sup>Iy: 156,25 cm<sup>4</sup>Iz: 1406,25 cm<sup>4</sup>

Base 5,00 cm

Altura 15,00 cm

**BxH 10x2,5**

Tipo: Sección rectangular

Área: 25,00 cm<sup>2</sup>Ix: 43,61 cm<sup>4</sup>Iy: 208,33 cm<sup>4</sup>Iz: 13,02 cm<sup>4</sup>

Base 10,00 cm

Altura 2,50 cm

**BxH 2,5x20**

Tipo: Sección rectangular

Área: 50,00 cm<sup>2</sup>Ix: 95,70 cm<sup>4</sup>Iy: 26,04 cm<sup>4</sup>Iz: 1666,67 cm<sup>4</sup>

Base 2,50 cm

Altura 20,00 cm

Fig. 2.2.25

### 3. ANALISIS ESTRUCTURAL.

#### REACCIONES:

En cuanto a las reacciones aplicadas, para aproximar lo máximo posible a las cargas gravitatorias, el propio programa realiza de forma automática el cálculo de peso propio y lo incorpora al cálculo. las cargas aplicadas proceden de las figuras que descansan sobre la base que se calcula, y esta se van a aplicar en los extremos de cada torre, haciendo una estimación del peso que pueden tener a partir de los datos recogidos durante la *plantà*.

Por un lado, las cargas en las torres laterales: (página siguiente)

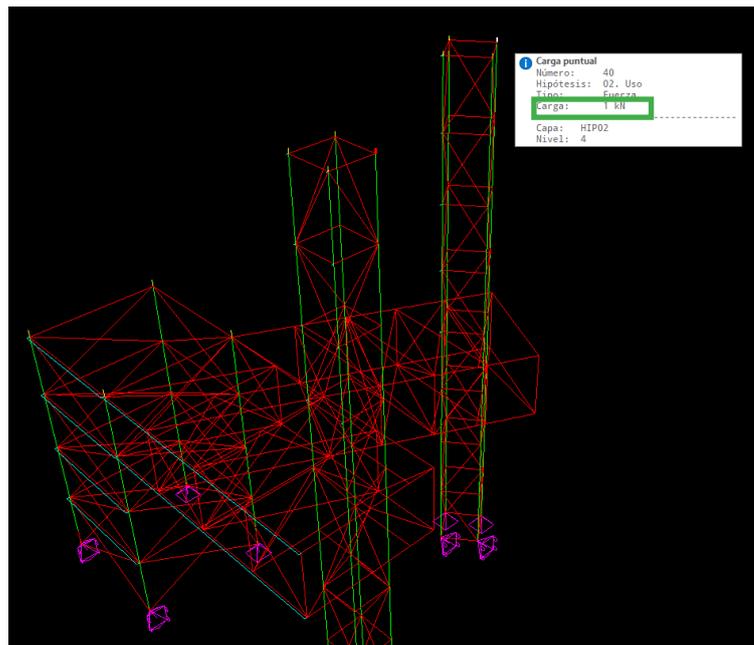


Fig. 3.0

Se aplican las cargas en los vertices superiores de las torres, estimando que cada torre soporta 4 kN procedentes del peso de la pieza que soporta.

De igual modo ocurre con la torre central, pero con una pieza estimada de 8kN.

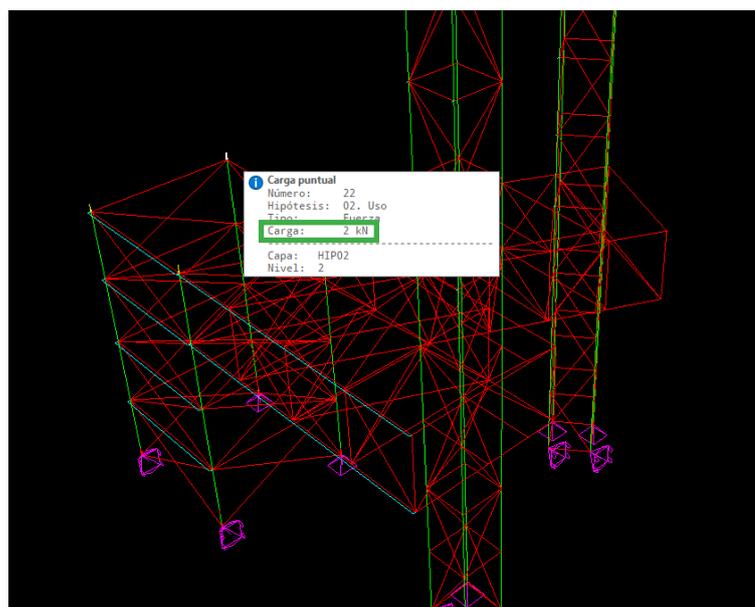


Fig. 3.1

Las cargas de viento, aplicadas horizontalmente y en perpendicular a la superficie de la estructura son:

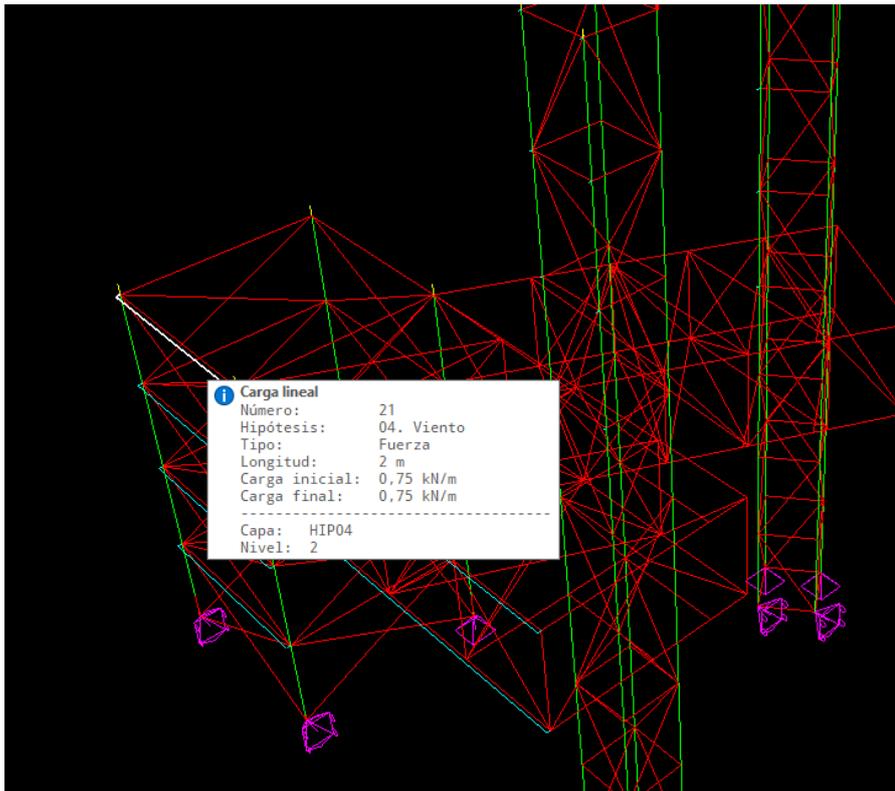


Fig. 3.2

De este modo, vemos gráficamente el punto y la magnitud de las cargas aplicada. Estos valores son una aproximación, ya que el valor real de las cargas de viento requieren de un estudio de la geometría y de la aerodinámica de la pieza, y tener en cuenta que la geometría de las piezas generan turbulencias que modifican estas cargas, tanto en su magnitud como en su punto de aplicación, y generan diferenciales de presión que se traducen en puntos de empuje y puntos de succión, lo que genera, no solo diferencias en las cargas, sino también vibraciones dentro de la estructura.

Es por ello, que esta aplicación de cargas de viento es una estimación muy simplificada, pero que da una visión general de cómo se comporta la estructura frente a acciones de este tipo.

Fig. 3.3

Respecto a la configuración del software empleado (Architrave), y para poder tener un modelo de cálculo normalizado, se va a aplicar la normativa establecida en el CTE, teniendo en cuenta que la duración de la construcción es corta.

Se mantienen los mismos coeficientes de minoración y mayoración para elementos aserrados y encolados, se aplica, como se ha establecido con anterioridad el tipo de madera C-20, se respetan los mismos criterio de cálculo para Estados Límites de Servicio en cuanto a las deformaciones activas, instantáneas y casi-Permanentes.

De esta forma se efectúa el análisis de la estructura y sus partes. En el siguiente apartado se procede a exponer los resultados del análisis computacional y la discusión de los mismos.

#### 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Para la discusión de los resultados, en primer lugar se va a proceder a efectuar un análisis visual de los gráficos, de esta forma poder entender de un vistazo qué está ocurriendo en la estructura. Se ha seleccionado la hipótesis 2, en la que se tiene en cuenta la acción gravitatoria, el uso y la acción del viento, tal y como se ha presentado en la figura 3.3.

Se comenzará por el análisis del gráfico de axiles.

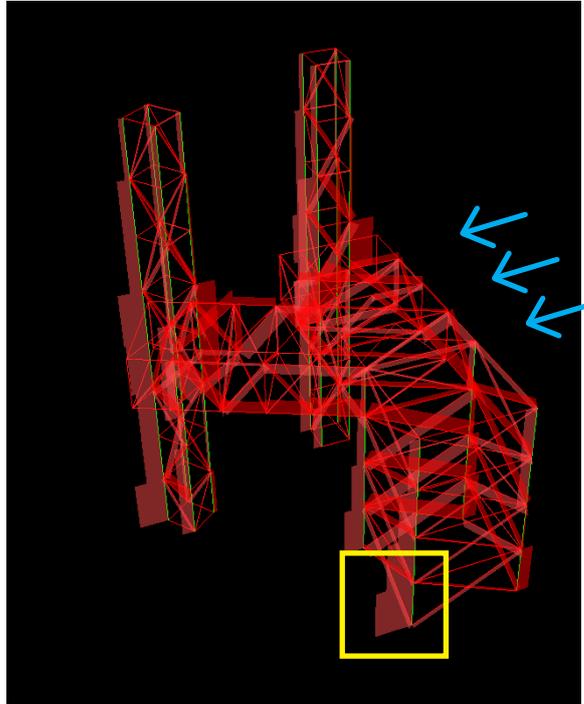


Fig. 4.0

Observando, podemos comprobar como debido a los empujes generados por la acción del viento existe un reparto de cargas que descansan sobre los soportes traseros con respecto a la acción del viento, remarcado con flechas azules junto a la gráfica.

El valor máximo de axil se obtiene en el soporte exterior de la estructura central, remarcado en e rectángulo amarillo, con un valor de 13.434 KN.

Por este mismo efecto vemos un reparto de esfuerzos e dirección a la torre en el extremo diagonal, que también contribuye a contrarrestar las fuerzas del viento y así evitar el vuelco de la estructura.

Pasemos ahora a ver los esfuerzos de cortante:

Aclarar que para este gráfico, los diagramas azules corresponden a los cortantes en Vz y los verdes a Vy.

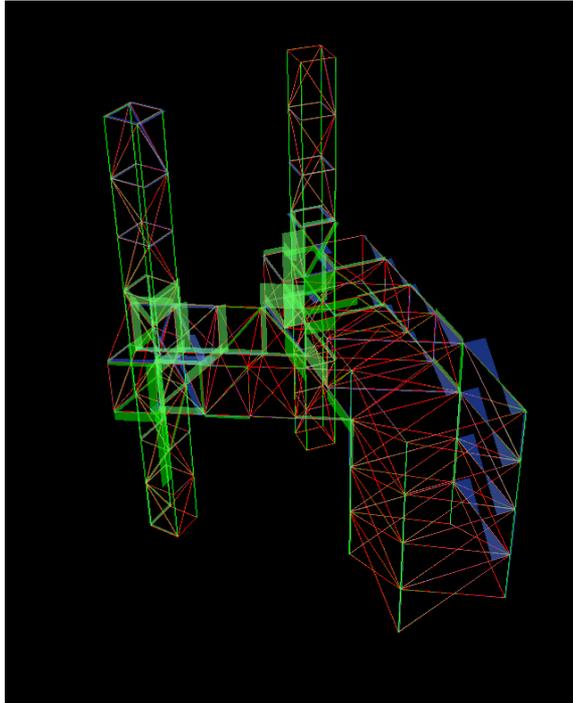


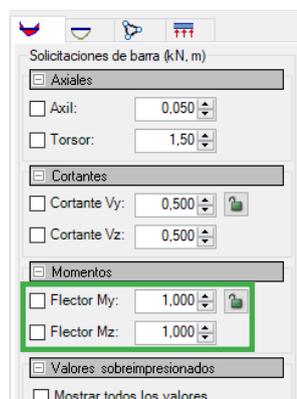
Fig. 4.1

En primero lugar podemos destacar que de nuevo, la zona con mayores esfuerzos por cortantes se concentra en el extremo izquierdo de la estructura, concretamente en la zona próxima a la torre lateral de la izquierda de la imagen, aunque también lo hace de manera similar en la otra torre de mismas características geométricas.

Esto se puede deber a este mismo reparto de cargas, que se trasladan a los extremos del objeto contrarrestando el efecto de vuelco.

Y por último, estudiaremos los esfuerzos flectores. De este punto hay que destacar que no suponen esfuerzos significativos.

Aunque sí se aprecian esfuerzos, concentrados de una forma similar a los esfuerzos de axil y flector, la escala de estos es mayor, por lo que su magnitud es de orden inferior a 1 KN·m.



Factor de escala gráfica superior al resto de gráficos

Fig. 4.2

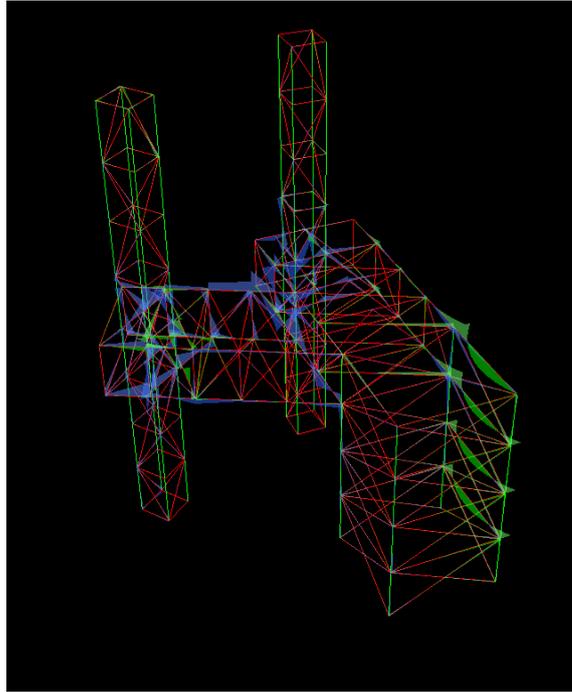


Fig. 4.3

Se aprecia como el sector con mayor incidencia de momento flector, son las barras sometidas directamente a la acción del viento.

Procedemos a continuación a ver la gráfica de deformada para entender de forma más visual cuál es el efecto de esas gráficas.

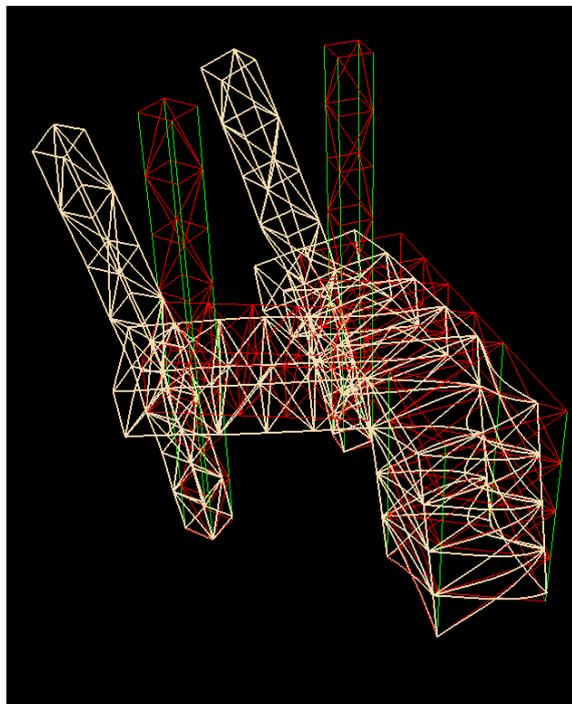


Fig. 4.4

Observamos en esta deformada cómo la acción del viento somete a la estructura a un desplazamiento debido a esta acción, así mismo, vemos una elevación de los apoyos con libertad en el eje Z, de modo que confirmamos el riesgo real de vuelco de la estructura.

Se aprecia una deformación de las dos torres laterales debido también a esta acción horizontal. El vuelco está contrarrestado por la carga que simula la acción de los sacos de arena, con una carga de 20 KN en total, y comparando la deformación sufrida por la torres, con el desplazamiento vertical de los apoyos, podemos constatar cómo resulta esencial esta carga para afianzar la estructura de forma segura al suelo, ya que vemos más deformación en las torres que desplazamiento en el eje Z.

Por otro lado vemos cómo la acumulación de esfuerzos en el saliente diagonal se traduce en mayores deformaciones, no solo en el elemento vertical, sino también en las propias torres, siendo estas las más afectadas en términos de deformación.

El brazo superior también sufre una gran deformación respecto a su posición inicial, también debido a que actúa como un voladizo ante la acción horizontal del viento, empotrado a la torre central.

Las barras con mayor deformación se encuentran en la torre central, aquellas que reciben la carga horizontal del viento, en este análisis plástico, es evidente su deformación debido a estas acciones, así como el pandeo de las barras que conforman la cercha perpendicular a la dirección del viento.

Finalmente, vamos a completar este análisis visual por medio de un gráfico que indica la magnitud con la que cada barra sobrepasa los coeficientes de seguridad. Esto nos sirve para ponderar visualmente aquellas zonas o barras que sufren más y en qué escala los esfuerzos y necesitan ser re dimensionados para estar dentro de los coeficientes permitidos por el CTE.

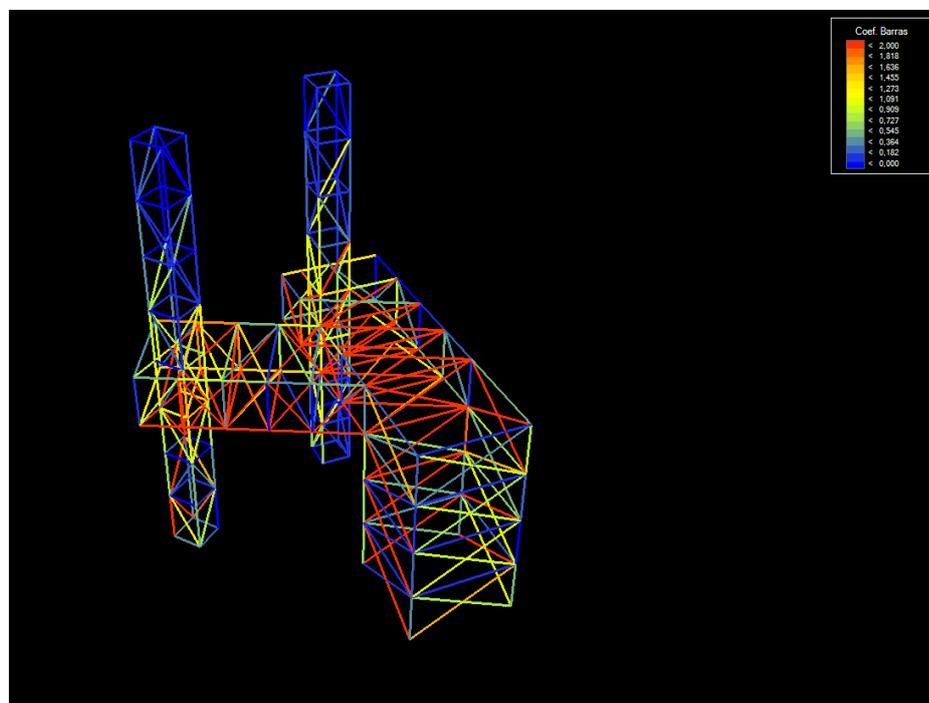


Fig. 4.5

A simple vista vemos cómo aquellas barras que más sobrepasan los coeficientes establecidos, se encuentran en la torre central. Algunos de estos elementos llegan a exceder los coeficientes en más del doble, y mucho más como veremos en el análisis pormenorizados. Existen muchas barras que necesitan de un re dimensionamiento para poder adaptarse al código.

Tras este primer análisis, podemos concluir que hay ciertos elementos que sí necesitan ser re dimensionados para adaptarse correctamente a lo establecido en el Código Técnico de la Edificación.

Para un análisis pormenorizado, vamos a basarnos en la columna de Peritación proporcionada por el propio programa de Architrave, en el que podemos ver directamente aquellos elementos que por cualquier razón no cumplen, clasificados por si fallan a Resistencia, Pandeo o Flecha.

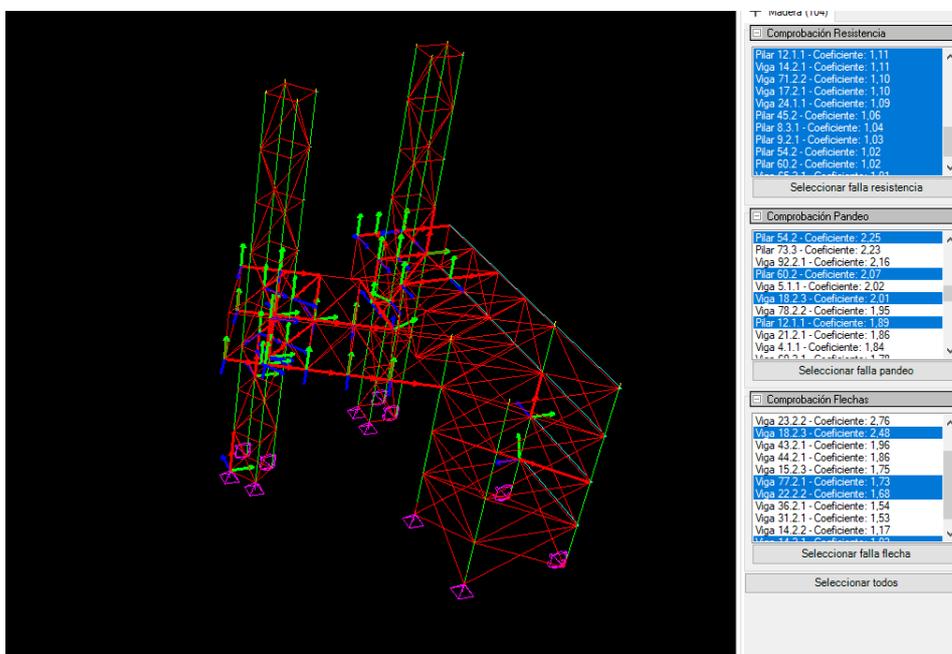


Fig. 4.6

Se aprecia, cómo el fallo por resistencia se concentra en los brazos laterales.

Cogeremos 3 barras con diferentes grados de fallo, para aportar una visión aproximada del orden de re dimensionamiento que hay que aplicar para redimensionar de forma óptima la estructura.

La barra seleccionada y resaltada en la figura 4.6, nos proporciona información acerca de aquellos requisitos en los que el elemento no cumple.

Para este caso, la barra falla claramente a resistencia, aportando un elevadísimo grado de fallo, 34.14 puntos por encima del coeficiente permitido, debiendo ser menor o igual a 1. Menos significativo es el fallo a pandeo, con 1.68 puntos, cumpliendo correctamente a pandeo lateral, pero volviendo a mostrar datos muy desfavorables en la flecha donde rebasa claramente todas las flechas límite.



En segundo lugar procedemos a analizar una segunda barra:

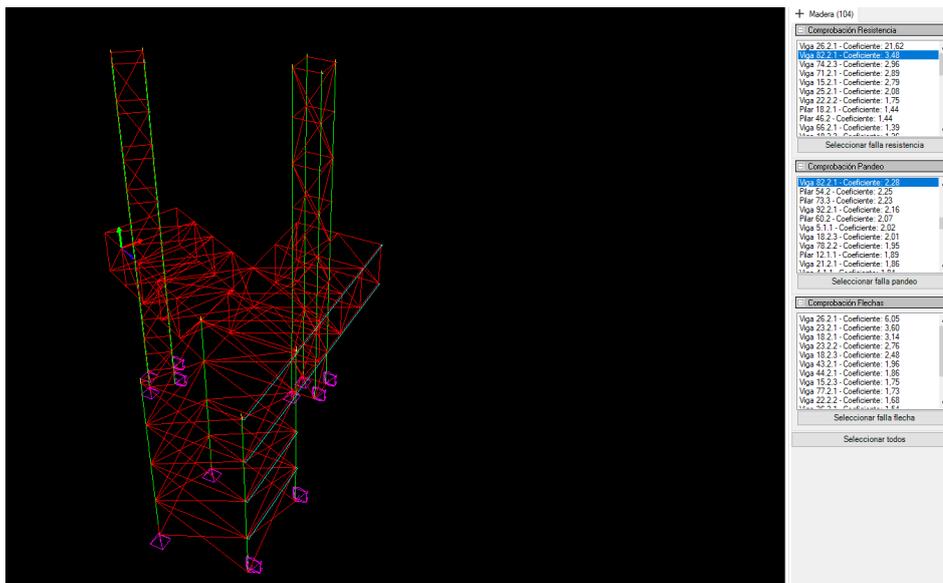


Fig. 4.9

Para esta barra cabe destacar que cumple en lo que respecta a deformación, pero no a pandeo ni a resistencia, veamos más en detalle esta situación:

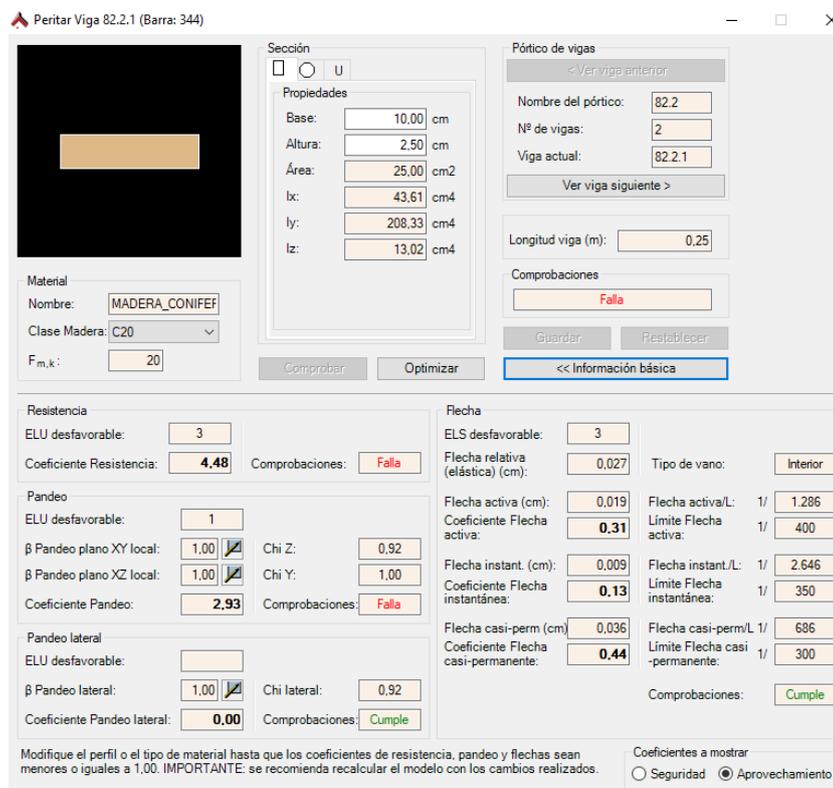


Fig. 4.10

Como se observa, en lo referente a Estados Límites Últimos, la barra no cumple las condiciones de resistencia ni pandeo.

La resistencia lo hace por encontrarse 3.48 puntos por encima de lo exigible, mientras que la falla a pandeo excede 1.93 puntos el coeficiente de pandeo.

En cuanto a flecha, las deformaciones cumplen con los máximos exigibles. Encontrando una deformación máxima en la flecha casi-permanente, con una deformación de 0.036 cm.

Para este caso, optimizando la barra, pasamos de una sección de 100x25mm a una sección de 200x50mm, es decir, una sección dos veces superior a la ejecutada.

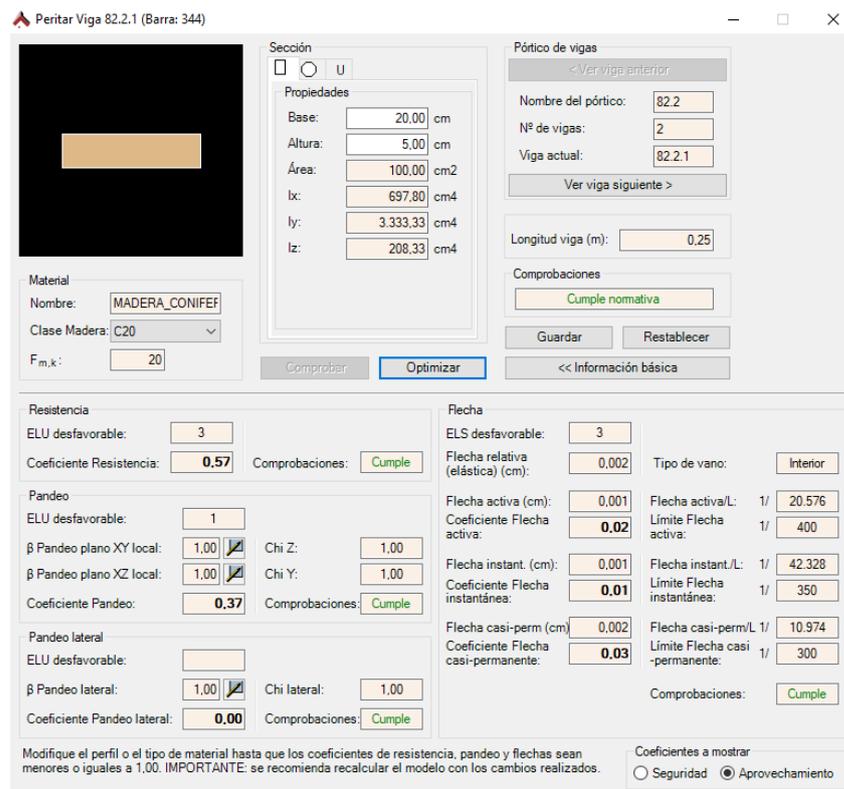


Fig. 4.11

Por último vamos a analizar una de las barras que menos modificaciones requiere, y la que más se aproxima a los coeficientes máximos establecidos.

Se trata de una viga de 0.82m en la que encontramos fallas tanto en resistencia como en pandeo y pandeo lateral, también excede las deformaciones máximas permitidas.

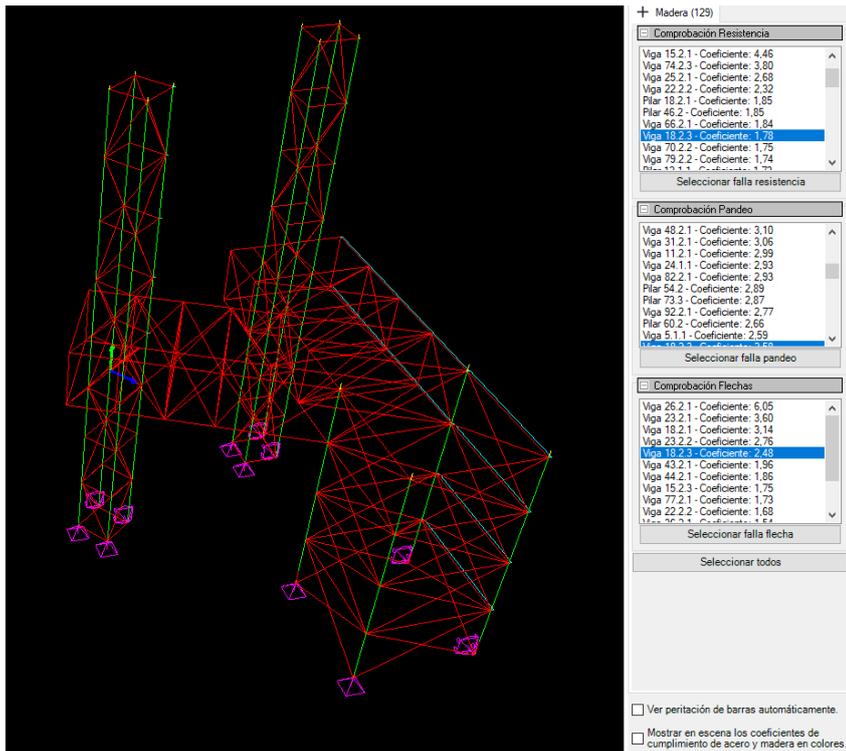


Fig. 4.12

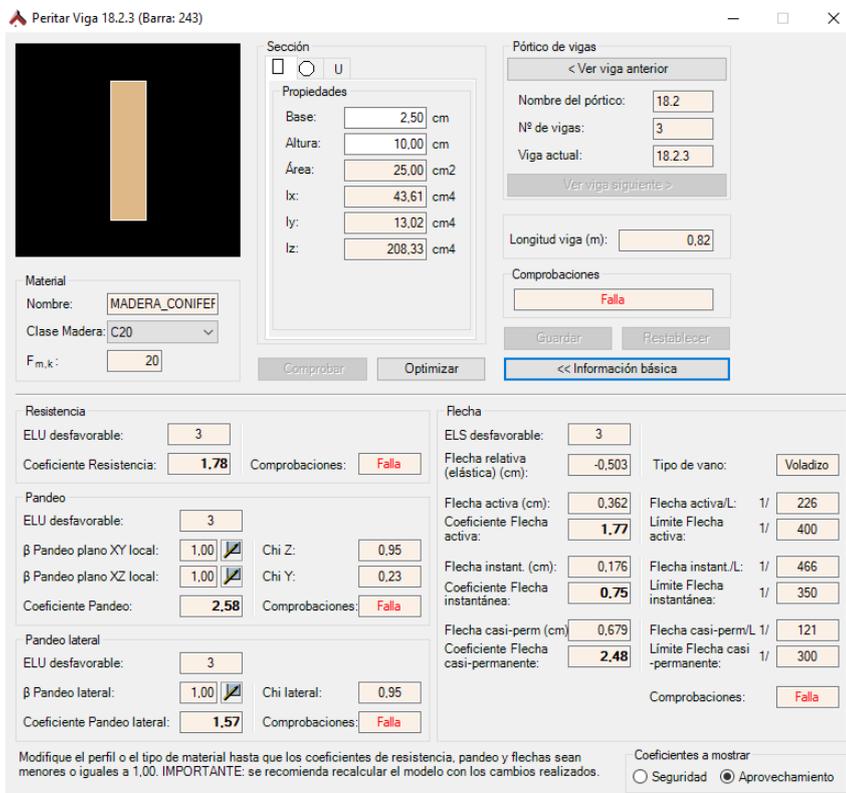


Fig. 4.13

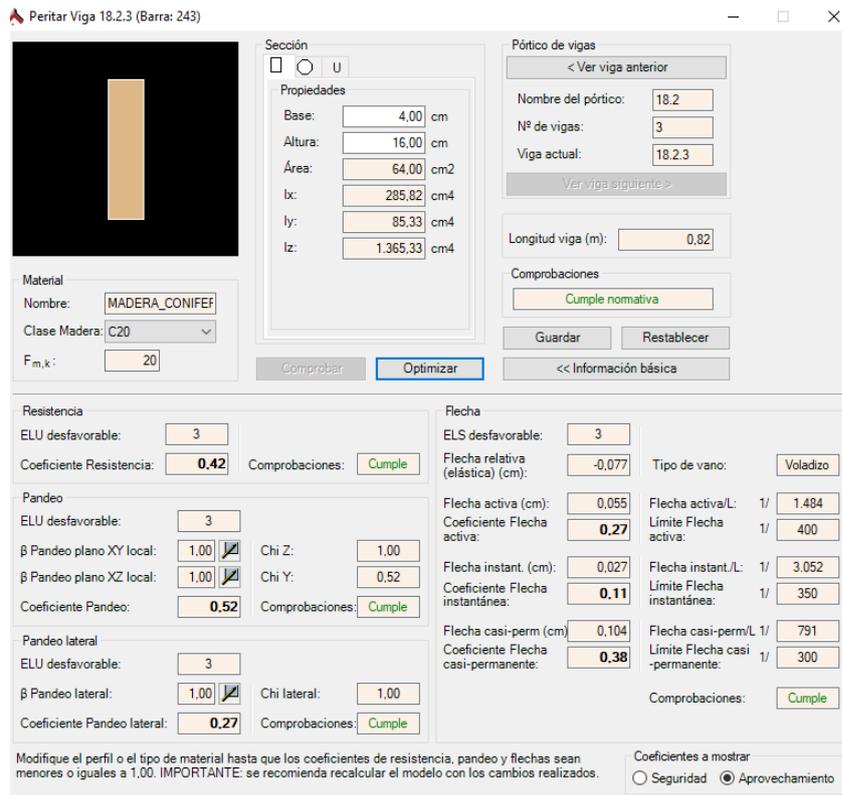


Fig. 4.14

Como ya hemos comentado, el coeficiente se sobrepasa por 0.78 puntos, El coeficiente de pandeo por 1.58 puntos, y en pandeo lateral por 0.57 puntos.

Por otro lado, la flecha excede considerablemente las deformaciones permitidas, llegando a los 0.36 cm la flecha activa, 0.176 cm la flecha instantánea, y 0.679 cm la casi permanente.

Una vez optimizada, encontramos que se modifican las dimensiones de la sección de 25x100mm a 40x16mm, incrementándola en un 60% las dimensiones de la sección.

Finalmente, y una vez visto un detalle de las barras más características, se procede a realizar una visión conjunta de las barras que son necesarias reajustar, para, de este modo, poder obtener una visión conjunta de las zonas que sufren mayores esfuerzos.

Tal y como se ve en la imagen de la página que sigue (Fig. 5.14), seleccionando todas aquellas barras que requieren de ser re dimensionadas para adaptarlas a los requerimientos, encontramos en primer lugar que los soportes de la torre central requieren esta modificación. Y del mismo modo encontramos un gran grupo de barras en la extensión izquierda de la estructura que también la requiere, probablemente debido a la redistribución de los esfuerzos ocasionados por el viento, ya que esta acción provoca un intento de vuelco que el contrarrestado por esta extensión de la estructura que hace las veces de tercera pata sobre la que se redistribuyen dichos esfuerzos.

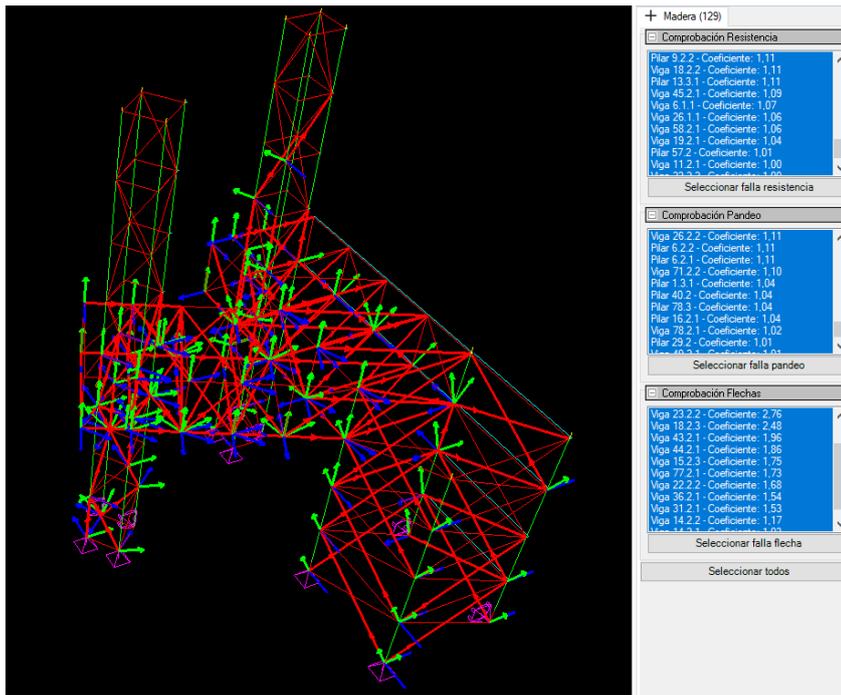


Fig. 4.15

Para el caso de la comprobación a resistencia (Fig. 5.15), observamos como los soportes de la estructura central, cumplen en su mayoría si lo comparamos con el análisis global, pero siguen concentrándose los problemas en el brazo izquierdo, y algunos problemas, pero considerablemente menos, es el brazo superior.

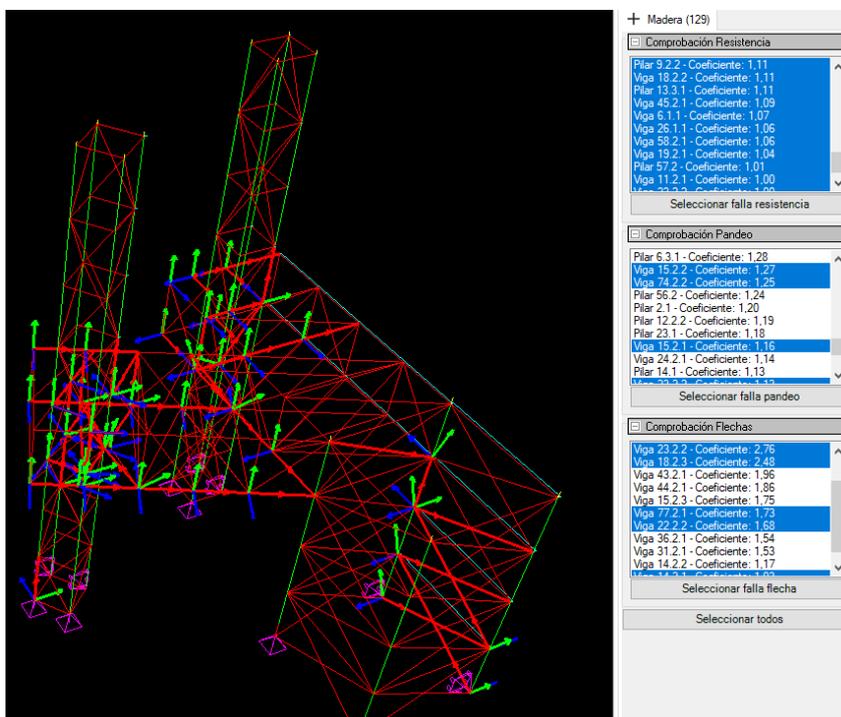


Fig. 4.16

En cuanto al pandeo, observamos que los soportes de la torre central que comentábamos con anterioridad con respecto al análisis general, fallan a pandeo, por lo que sería necesario reforzarlos con sistemas de bloqueo que impidiesen su deformación de forma más eficiente, o aumentando su sección. (Fig. 4.17). Del mismo modo, se vuelven a concentrar grandes esfuerzos en el brazo izquierdo de la estructura.

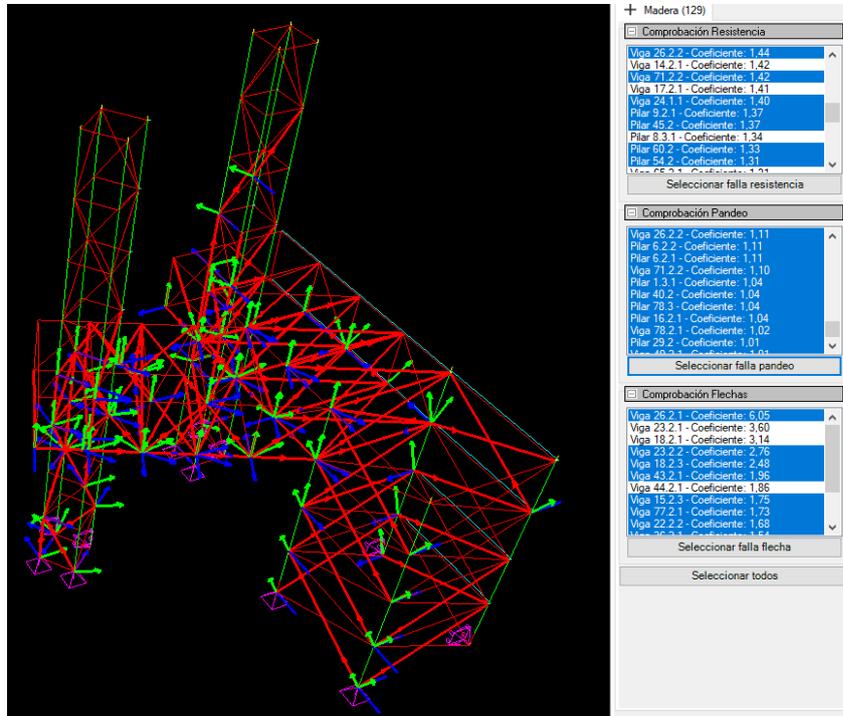


Fig. 4.17

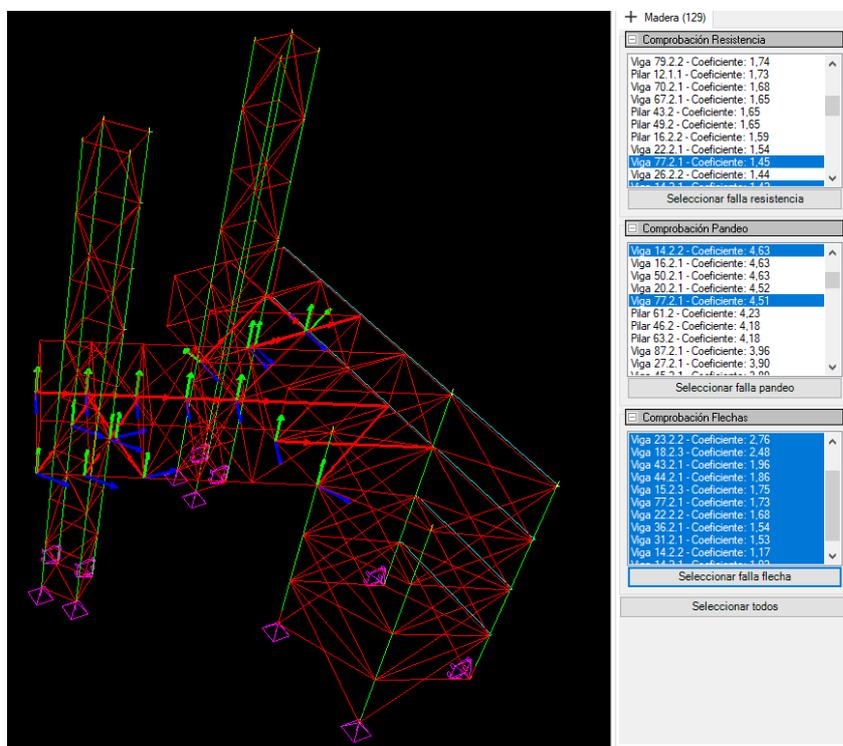


Fig. 4.18

Y finalmente, encontramos la comprobación a flecha (Fig. 4.18) de nuevo, concentrándose, prácticamente en su totalidad en el brazo diagonal (izquierdo).

Por último, realizando una breve comparativa, podemos observar similitudes entre las barras que presentan mayores problemas para cumplir con la normativa frente a las deformaciones observadas. Esto será detallado más en profundidad a continuación en el siguiente punto de CONCLUSIONES.

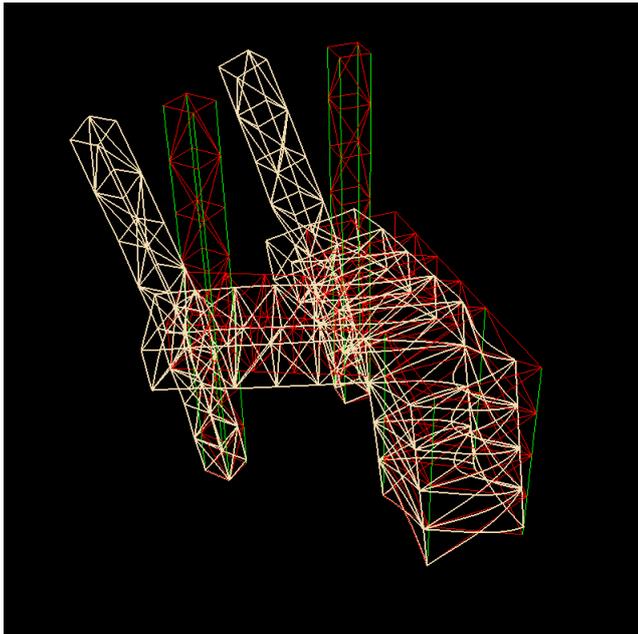


Fig. 4.19

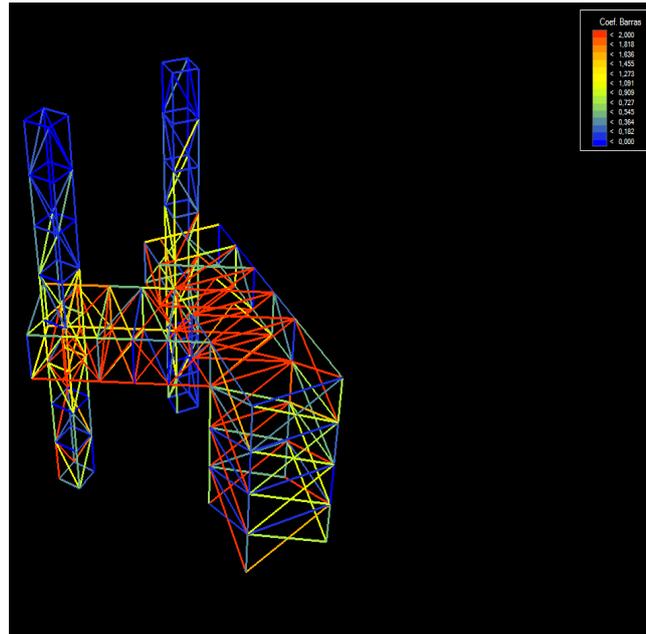


Fig. 4.20



## 5. CONCLUSIONES:

Tras el análisis efectuado en el punto anterior, podemos destacar algunos aspectos importantes que influyen a la hora de determinar la funcionalidad de la estructura.

El primero de ellos, es tener en cuenta, como analistas externos, que el examen desarrollado para estudiar este proyecto, se basa en criterios muy técnicos, fundamentados en un análisis no solo geométrico, sino también matemático y científico, a través de criterios creados expresamente para diseñar construcciones orientadas a ser usadas por personas, y que deben exigir unos estándares altísimos en términos de seguridad. Lo que aquí estamos exponiendo es un elemento fabricado por manos de un artesano, con fines expositivos, que bajo ningún concepto va a tener otro uso que el de ser observado por un espectador. Esto es muy determinante a la hora de analizar los datos expuestos, ya que en todos los casos analizados, han surgido fallos que deben ser analizados desde el prisma que se comenta sobre estas líneas, es decir, se han realizado cálculos con coeficientes de seguridad muy altos, tanto en las cargas, como en la minoración de los elementos, además de aplicar un material con la mínima capacidad resistente (madera tipo C-20), cuyo empleo es muy poco recomendable para proyectos de construcción.

En segundo lugar, cabe destacar que se trata de un proyecto ejecutado en el 2008, y que cumplió a la perfección con las exigencias que se requieren para un monumento fallero.

A pesar todo es labor de este trabajo comentar aquellos resultados interesantes que sí ofrecen una visión crítica constructiva y que pueden ayudar a detectar fallos o sugerir posibles mejoras.

Los resultados arrojados, podemos visualizarlos comparando las imágenes de las figuras 4.4 y 4.5:

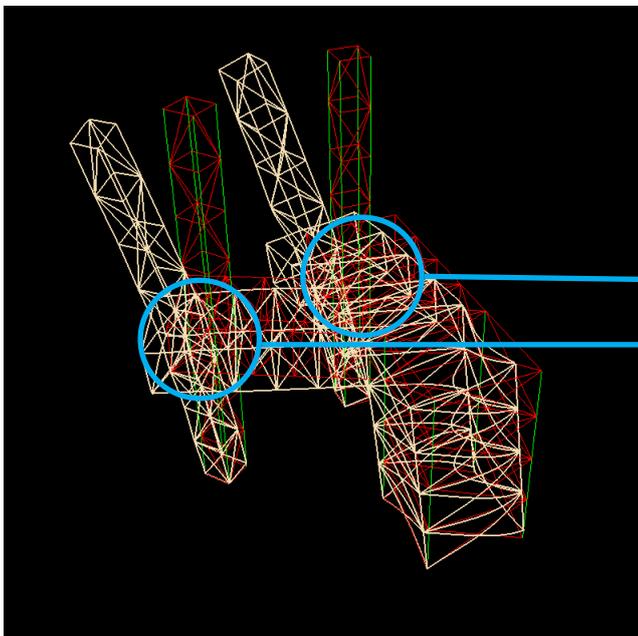


Fig. 5.0

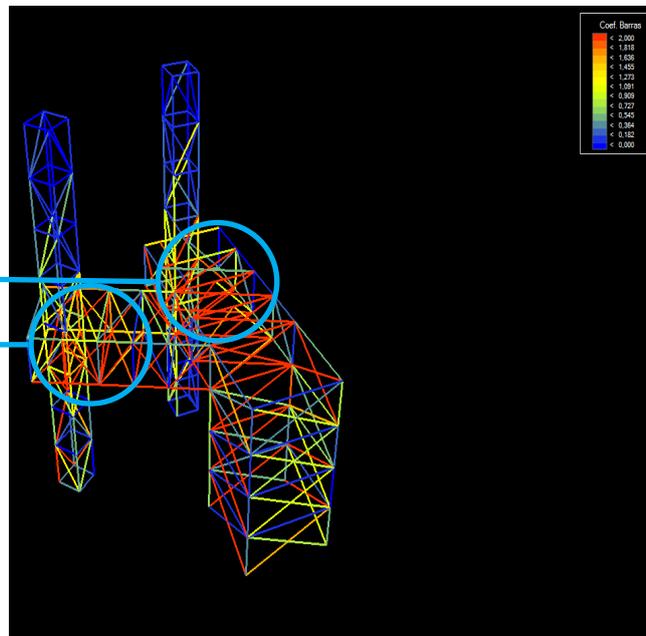


Fig. 5.01

Podemos encontrar paralelismos que explican las deformaciones que estamos observando, así como el gráfico que nos proporciona la figura 4.5, dónde observamos una incidencia mayor de los esfuerzos en los dos brazos, tanto izquierdo como superior, que coinciden fielmente tanto con las deformaciones de estos dos elementos (figura 4.4), como con lo que se observa en la figura 4.5 con el gráfico de coeficientes.

Principalmente, podemos determinar que el viento es el fenómeno que más problemas proporciona a cualquier estructura de falla, ya que, en comparación con todos los demás, es el de mayor magnitud. Desechamos las cargas de uso, prácticamente inexistentes en esta clase de estructuras, ni las de peso propio, y menos las acciones por sismo. Sin embargo, estas últimas sí podrían tener cierta similitud con las acciones que sufren las piezas durante el transporte, ya que aunque en un tiempo muy breve, suelen ser motivo de daños, y someten a la estructura a fuertes sacudidas que ponen a prueba su solidez.

Podríamos aportar soluciones para solventar, o tal vez, liberar a la estructura de esfuerzos como momentos flectores, introduciendo la unión articulada de una manera más eficiente. Hay que recordar que la ejecución de las uniones se realiza mediante *colas de carpintero*, y clavos, lejos de un procedimiento industrial técnico, rigurosos y controlado, que permita asegurar este tipo de uniones. De este modo, a pesar de incrementar las deformaciones, liberaríamos a la estructura de tensiones innecesarias que pueden ocasionar algunos de los problemas que hemos analizado.

Sin embargo, existen otros mecanismos que se podrían adoptar para solventar estos errores, como un estudio pormenorizado de las uniones y de las geometrías del conjunto y de este modo mejorar la triangulación de la estructura, sin embargo, este trabajo pretende analizar aquello que un día fue ejecutado por medio del conocimiento artesanal del artista y que no puede ser minusvalorado por no ajustarse a lo que la técnica científica dictamina, Todo lo contrario, debe ser puesto en valor como un conocimiento experimental de indudable valor, y que en los resultados queda como un método perfectamente funcional para los requisitos que se le exigen.

No podemos pasar por alto, que para este trabajo hemos sometido a análisis una estructura artística mediante un prisma científico-técnico y con unos estándares propios de la ingeniería de la edificación, unos requerimientos que nunca serán exigidos para una estructura que pertenece al ámbito del arte efímero. Para poner en valor su buen hacer, apreciar su trabajo, y rendirnos a su buen funcionamiento, debemos observarla como lo que es, una representación de la artesanía y del valor intrínseco del conocimiento popular, transmitido de maestro a aprendiz, generación tras generación.

Así mismo, este trabajo pretende poner el valor a todos los artistas falleros, artesanos y carpinteros que dedican su vida a la construcción de estructuras de madera a través del conocimiento adquirido a través del tiempo y la experimentación, un conocimiento hoy en día desprestigiado, por una sociedad en constante evolución y cambio y los requerimientos que hoy en día son necesario en un mundo globalizado. No cabe la figura del artesano, no puede competir contra el mundo actual, pero este mundo no podría existir sin estas figuras, que pusieron la primera piedra para construir lo que hoy somos.

Es por ello que lo que aquí se ha analizado es el bagaje cultural de una profesión pequeña, pero que representa el enorme valor del trabajo artesanal. Muchos de los principios que hoy asumimos absolutos y demostrados desde hace siglos, fueron planteados por artesanos, y mejorados generación tras generación.

Es necesario comentar además, vistos los resultados, y a pesar de las condiciones exigidas por el software para cumplir a las distintas condiciones, muy rigurosas debido a los coeficientes de mayoración, requisitos de estructuras de edificación, y la precisión de cálculo que un programa de estas características posee, que la estructura construida en 2008, así como la enorme mayoría de las estructuras ejecutadas para fallas y carpinterías de características similares soportaron perfectamente en sus condiciones sin sufrir daños estructurales ni daños visibles en los acabados exteriores.

## 6. BIBLIOGRAFIA

-Arriaga Martitegui, F., 2018. Estructuras de madera. 3ª ed. [Madrid]: AITIM.

-Ariño Villarroya, A., 1993. Los escultores del fuego. 1ª ed. VALENCIA: Diputació de València.

-1999. Regino Mas. 1ª ed. Valencia: Albatros.

-1990. historia de las fallas. 1ª ed. VALENCIA: Levante EMV.

-Associació d'estudis fallers, Junta Central Fallera. (2007). Vicente Luna. L'art de fer falles (1st ed., Vol. 1, Ser. 1).

Software:

-Hernández García, V., Alonso Abalos, J., Campos Berga, F., Lozano Lloret, P., de la Fuente Aragón, P., Pérez García, A., Alonso Durá, A., Guardiola Villora, A., Gomez Martinez, F., Llopis Pulido, V. and Martín Vertedor, M., 2019. Architrave. VALENCIA: Universidad Politécnica de Valencia.

## REFERENCIAS:

Fig. 2.0 : Ariño Villarroya, A., 1993. Los escultores del fuego. 1ª ed. VALENCIA: Diputació de València. Pàgina 158-159

Fig. 2.1: Autoría propia.

Fig. 2.2.1: Autoría propia.

Fig. 2.2.3: Autoría propia.

Fig. 2.2.4: Autoría propia.

Fig. 2.2.5: izq: Associació d'estudis fallers, Junta Central Fallera. (2007). Vicente Luna. L'art de fer falles (1st ed., Vol. 1, Ser. 1). pg. 113. Der: Autoría propia.

Fig. 2.2.6: Autoría propia.

Fig. 2.2.7: Autoría propia.

Fig. 2.2.8: Autoría propia.

Fig. 2.2.9: Autoría propia.

Fig. 2.2.10: Autoría propia.

Fig. 2.2.11: Autoría propia.

Fig. 2.2.12: Autoría propia.

Fig. 2.2.13: Autoría propia.

Fig. 2.2.14: Autoría propia.

Fig. 2.2.15: Autoría propia.

Fig. 2.2.16: Autoría propia.

Fig. 2.2.17: Autoría propia.

Fig. 2.2.18: Autoría propia.

Fig. 2.2.19: Autoría propia.

Fig. 2.2.20: Autoría propia.

Fig. 2.2.21: Autoría propia.

Fig. 2.2.22: Autoría propia.

Fig. 2.2.23: Autoría propia.

Fig. 2.2.24: Diseño realizado por el autor mediante el programa de diseño vectorial Autocad y la extensión de diseño de estructural de Architrave ®.

Fig. 2.2.25: Autoría propia.

Fig. 3.0: Diseño realizado por el autor mediante el programa de diseño vectorial Autocad y la extensión de diseño de estructural de Architrave ®.

Fig. 3.1: Autoría propia.

Fig. 3.2: Autoría propia.

Fig. 3.3: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.

Fig. 3.4: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.

Fig. 4.0: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.

Fig. 4.1: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.

Fig. 4.2: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.

Fig. 4.3: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.

Fig. 4.4: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.

Fig. 4.5: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.

Fig. 4.6: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.

Fig. 4.7: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.

Fig. 4.8: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.

Fig. 4.9: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.  
Fig. 4.10: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.  
Fig. 4.11: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.  
Fig. 4.12: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.  
Fig. 4.13: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.  
Fig. 4.14: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.  
Fig. 4.15: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.  
Fig. 4.16: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.  
Fig. 4.17: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.  
Fig. 4.18: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.  
Fig. 4.19: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.  
Fig. 4.20: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.  
Fig. 5.00: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.  
Fig. 5.01: Autoría propia mediante el software de cálculo estructural Architrave ®.

