

CMMoST 2023

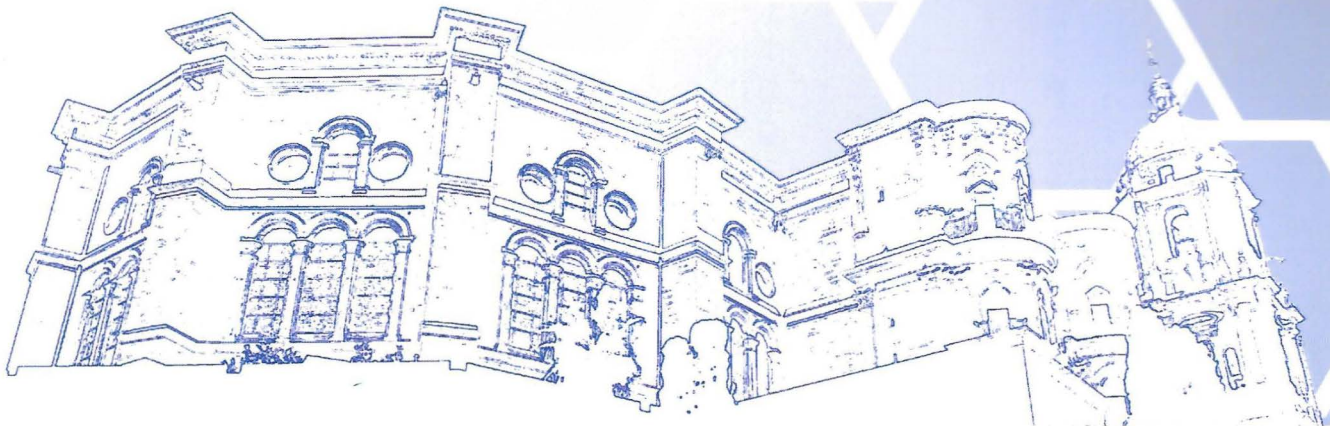
7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON

Mechanical Models in Structural Engineering

29 November - 01 December 2023

Escuela de Ingenierías Industriales
Universidad de Málaga

EXTENDED ABSTRACTS



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



UNIVERSIDAD DE SEVILLA

CONTENTS

Sponsors	v
Contents	vii
Organization	xiii
Preface	xv
Plenary speakers	xvii
Extended Abstracts	1
A simplified approach for modelling failure propagation of steel structures. L. Marin, A. Setiawan, N. Makoond, M. Buitrago and J.M. Adam	3
A stochastic data-driven model for the vertical Ground Reaction Force modelling. J.M. Garcia-Teran, C. Peláez and A. Magdaleno	7
Advances in the determination of the mechanical properties of thin membranes through dynamic tests. A. Lima-Rodriguez, L. Caminos, A. Gonzalez-Herrera and J.M. Garcia- Manrique	11
AI-driven approach for automated OMA of large-scale structures. I.A. Hernández-González and E. García-Macías	15
An efficient strategy for modeling the human auditory system from Micro- Computed Tomography Imaging.. L. Caminos, G. Chaves, A. Lima-Rodriguez, J.M. Garcia-Manrique and A. Gonzalez-Herrera	19
Analysis of the structural safety and proposals for intervention of a historic building: La Casa Rubio, Cartagena, Spain. A. Tomás, G. Sánchez-Olivares and C. Parra	23
Analytical stiffness of demountable joints with welded studs. I. García, C. López-Colina, M.A. Serrano and P. Vigón	27
Automatic creation of Moodle repositories for personalized evaluation of learning results in Strength of Materials subject. J. Cifuentes-Rodriguez, V. Gutiérrez-Posada, I. Ubero-Martínez and J. Vallepuga-Espinosa	31
Automatically generating problems/exams for structural engineering courses using MS Excel® and FastTest PlugIn for Moodle. M. Huerta, M.A. Fernández-Ruiz, J.J. Núñez-Almagro and M.V. Requena- García-Cruz	35
Bars overlapping in tensegrity structures belonging to the Octahedron family. J.F. Carbonell-Márquez and M.A. Fernández-Ruiz	39

ORGANIZATION

Organizers

Germán Castillo López	Universidad de Málaga
Luisa María Gil Martín	Universidad de Granada
Enrique Hernández Montes	Universidad de Granada
Margarita Cámara Pérez	Universidad de Sevilla
Víctor Compán Cardiel	Universidad de Sevilla
Andrés Sáez Pérez	Universidad de Sevilla

Local committee

José Bernardo Beltrán Ramos	Universidad de Málaga
Juan Francisco Carbonell Márquez	Universidad de Málaga
Manuel Alejandro Fernández Ruiz	Universidad de Málaga
Felipe García Sánchez	Universidad de Málaga
José Manuel García-Manrique Ocaña	Universidad de Málaga
Antonio González Herrera	Universidad de Málaga
Antonia María Lima Rodríguez	Universidad de Málaga
José Alberto Martín Romero	Universidad de Málaga
María Eugenia Parrón Rubio	Universidad de Málaga
Consolación Pedraza Rodríguez	Universidad de Málaga
Francisca Pérez García	Universidad de Málaga
Miguel Troyano Moreno	Universidad de Málaga

Conference Secretariat

Juan Francisco Carbonell Márquez	Universidad de Málaga
Germán Castillo López	Universidad de Málaga
Felipe García Sánchez	Universidad de Málaga

Scientific committee

Eduardo Bayo Pérez	Universidad de Navarra, Spain
David Becerra Alonso	Universidad Loyola, Spain
Federico Carlos Buroni Cuneo	Universidad de Sevilla, Spain
Antoni Cladera Bohigas	Universitat de les Illes Balears, Spain
Chiara Coletti	Università di Padova, Italy
Miguel Fernández Ruíz	Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Enrique García Macías	Universidad de Granada, Spain
María Dolores Gómez Pulido	Inst. Eduardo Torroja de la Construcción (CSIC), Spain
Salvador Ivorra Chorro	Universidad de Alicante, Spain
Javier Fernando Jiménez Alonso	Universidad de Sevilla, Spain
Mahdi Kioumars	Oslo Metropolitan University, Norway
María Jesús Lamela Rey	Universidad de Oviedo, Spain
Manuel López López	Universidade da Coruña, Spain
Antolín Lorenzana Iban	Universidad de Valladolid, Spain
Orlando Maeso Fortuny	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Spain
Alvaro Magdaleno González	Universidad de Valladolid, Spain
Antonio Marí Bernat	Universidad Politécnica de Catalunya, Spain
Stefano Miccoli	Università della Svizzera Italiana (USI), Italy
Pedro Miguel Sosa	Universitat Politècnica de València, Spain
Iván Muñoz Díaz	Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Javier Naranjo Pérez	Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Eva Oller Ibars	Universidad Politécnica de Catalunya, Spain
Pablo Pachón García	Universidad de Sevilla, Spain
Michele Palermo	Università di Bologna, Italy
Stravroula Pantazopoulou	University of York, Canada
Miguel José Pereira das Dores Santos de Oliveira	Universidade do Algarve, Portugal
Luis Rodríguez de Tembleque Solano	Universidad de Sevilla, Spain
Esperanza Rodríguez Mayorga	Universidad de Sevilla, Spain
Mario Rodríguez Rodríguez	Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico
Manuel Romero García	Universitat Politècnica de València, Spain
Alexander Safonov	Skoltech Faculty, Russia
Roger Señas López	Universidad Politécnica de Catalunya, Spain
José Manuel Soria Herrera	Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Alberto Taliercio	Politecnico di Milano, Italy
Antonio Tomás Espín	Universidad Politécnica de Cartagena
Chengxiang Yu	Universidad de Castilla La Mancha, Spain

Analysis of the structural safety and proposals for intervention of a historic building: La Casa Rubio, Cartagena, Spain

Tomás, Antonio¹; Sánchez-Olivares, Gregorio¹; Parra, Carlos²

ABSTRACT

The objective of this contribution is to analyse the structural safety and propose possible strengthening interventions in the Casa Rubio, a 19th century building in El Algar, Cartagena, Spain. This study should serve as a basis for the subsequent municipal project to rehabilitate the building for public use, but always avoiding major interventions to preserve the historical and architectural value of the building. A finite element model has been implemented to analyse the behaviour of the structure under vertical and seismic actions. In the case of gravity actions, interventions are proposed on the cast iron columns, on certain wooden elements, such as beams and part of the floor slabs, and on those masonry elements bearing stresses exceeding the strength of the material. In the case of seismic action, strategies are proposed for the masonry elements by means of perimeter strapping and a bracing system for the most deformable parts of the building.

Keywords: historic building, structural assessment, rehabilitation, strengthening, seismic resistance

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se analiza la seguridad estructural y se aportan propuestas de intervención para la Casa Rubio, un inmueble modernista del s. XIX ubicado en la localidad de El Algar, Cartagena, España (Fig. 1a), ante el propósito de la corporación municipal de dotarlo de espacios administrativos y de uso público.

Las plantas baja y primera son trapezoidales, siendo la segunda planta cruciforme y rematando el edificio una sobreelevación o linterna central. Las cubiertas inclinadas apoyan sobre correas de madera y están acabadas con teja cerámica plana o alicantina (Fig. 1b).

La estructura del edificio está compuesta por diversos subsistemas estructurales, los cuales han sido objeto de intervenciones parciales a lo largo del s. XX (muro perimetral, núcleo interior, forjados de madera y de hormigón, pilares interiores de fundición y de acero, vigas de madera y metálicas, y estructuras de cubierta). Estos subsistemas están dispuestos en diferentes direcciones, formando un conjunto rígido tridimensional (Fig. 2), cuya misión es la de recibir, soportar y transmitir las diferentes acciones a las que está sometido el edificio.

¹ *Departamento de Ingeniería Minera y Civil. Universidad Politécnica de Cartagena (SPAIN). antonio.tomas@upct.es (Corresponding author). gregorio.sanchez@upct.es*

² *Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación. Universidad Politécnica de Cartagena (SPAIN). carlos.parra@upct.es*

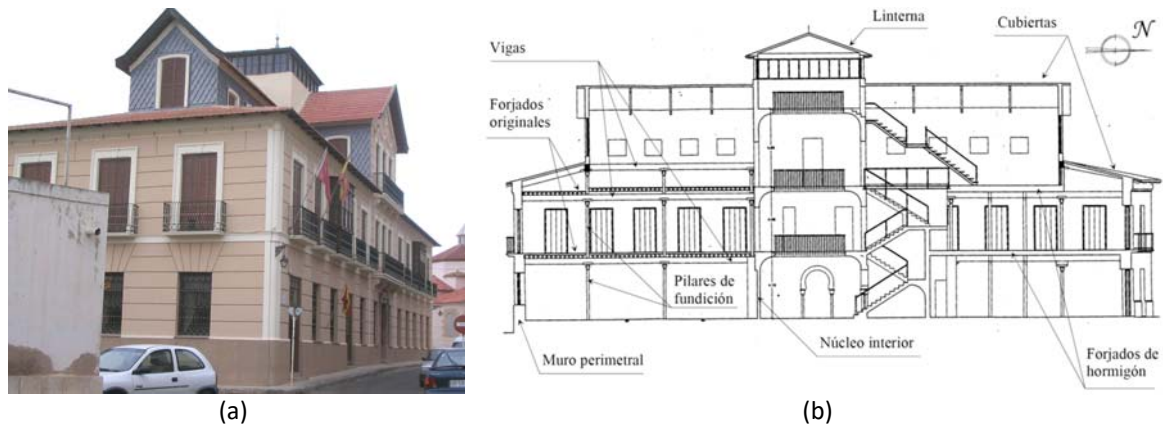


Figura 1. Casa Rubio. (a) Vista Sureste. (b) Sección Norte-sur.

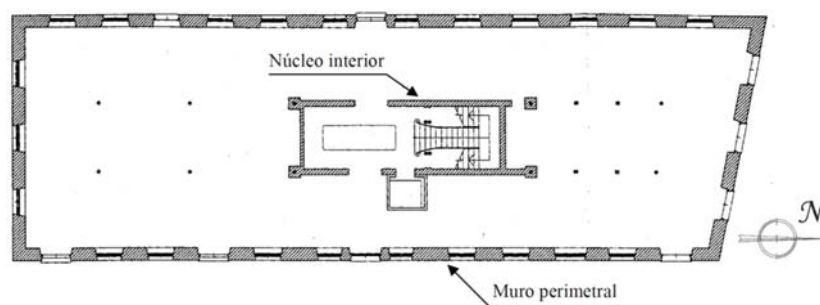


Figura 2. Planta estructural.

2. ANÁLISIS Y COMPROBACIONES ESTRUCTURALES

2.1. Modelo

A partir de estudios previos e inspecciones del edificio en su estado actual se ha propuesto un modelo estructural del inmueble (Fig. 3) empleando el *software* ETABS® [1], en donde predominan mayoritariamente los elementos de fábrica [2]. Se ha empleado análisis estático para las acciones gravitatorias y análisis dinámico lineal modal para la acción sísmica. En base a las necesidades transmitidas por el Ayuntamiento, la sobrecarga de uso adoptada es 3 kN/m^2 , correspondiente a zonas de acceso público con mesas y sillas y zonas administrativas.

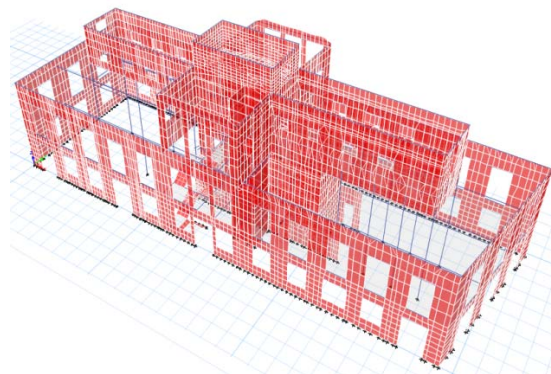


Figura 3. Modelo de elementos finitos mediante el *software* ETABS®.

2.2. Resultados

2.2.1. Análisis de la respuesta estructural frente a cargas verticales

Se han obtenido tensiones y realizado diversas comprobaciones de resistencia: (i) estado tensional en los muros de fábrica, considerándose un valor de 1,33 MPa como límite para la tensión de compresión media en la fábrica (valor reducido debido al escaso conocimiento del estado del material); (ii) tensiones en la base de los muros que se transmiten a la cimentación y, de esta, al terreno, siendo el valor de la tensión admisible 0,35 MPa según el estudio geotécnico realizado; y (iii) el valor del axil en los pilares de fundición, que se compara con la resistencia del material -hierro de fundición-, considerando el valor límite frente a pandeo [3] y, de nuevo, el axil que se transmite a la cimentación y, de esta, al terreno.

En la Fig. 4a se observan las tensiones normales en los muros de fábrica, yendo la escala cromática desde violeta (-1,2 MPa) a azul (1,2 MPa). La presencia de la escalera de hormigón añadida posteriormente en la zona Este del núcleo central, junto con la abertura de huecos de puertas en sus paños, provoca concentración de tensiones, tanto de compresión como de tracción, de valor máximo 2,6 MPa.

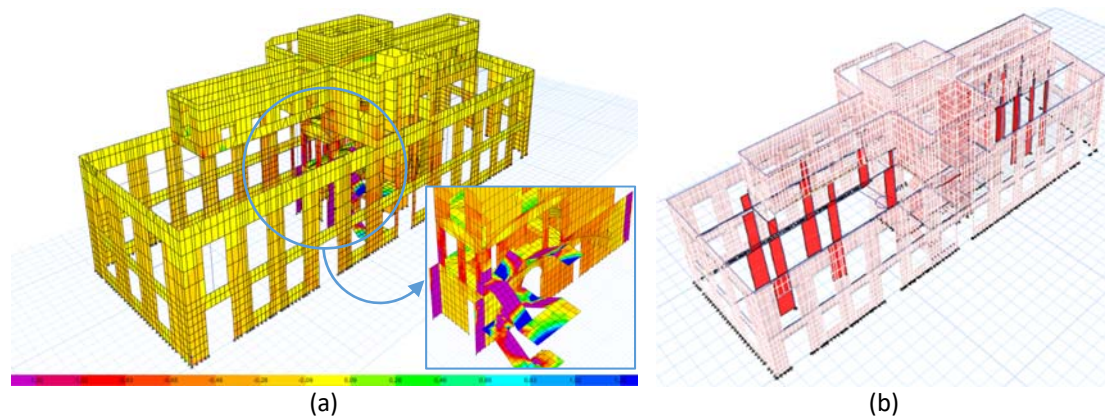


Figura 4. Resultados del análisis. (a) Estado tensional normal en los muros de fábrica (muro perimetral y núcleo interior). (b) Esfuerzo axil en pilares.

Los elementos más afectados por la nueva sobrecarga son las columnas de fundición del ala Sur. En la Fig. 4b se puede apreciar la variación del axil en ellas, apareciendo el valor máximo (482,33 kN) en una de las dos columnas interiores (en la zona Norte los axiles son menores por haberse dispuesto, con posterioridad, cuatro pilares de refuerzo de acero laminado). La tensión máxima transmitida por las columnas al terreno es 438,48 kN/m², superior a la tensión admisible 0,35 MPa. Para obtener esta cifra, con la escasa información disponible, se ha estimado un tamaño de cimentación de 1,0x1,1 m. Frente a este nivel de incertidumbre se considera necesario, y así se transmite a la administración local, efectuar ulteriores catas y evaluar la posibilidad de que sea necesario un refuerzo de la cimentación (el tamaño mínimo para el cumplimiento de la tensión admisible sería 1x1,4 m).

2.2.2. Análisis de la respuesta estructural frente a sismo

Tras realizar un análisis modal con el espectro de respuesta de la norma española, se aprecia que los tres primeros modos movilizan el ala Sur del edificio (Fig. 5a-c), por ser esta la parte más deformable, siendo el cuarto modo el que comienza a movilizar el ala Norte -el brazo de la planta cruciforme- (Fig. 5d). En términos de desplazamientos, destacar que los nodos en las extremidades superiores del brazo Sur de la planta segunda sufren movimientos en horizontal $d_x = 1,9$ mm, $d_y = 68,2$ mm, y en vertical $d_z = 4,7$ mm, lo que provocaría el despegue del muro a lo largo del contacto con el cuerpo central, provocando un mecanismo lábil y, consecuentemente, el colapso. El coronamiento Sur del muro perimetral sufre un desplazamiento $d_y = 46,1$ mm, provocando un desplome relativo 1/185 y, por tanto, la rotura de la fábrica.

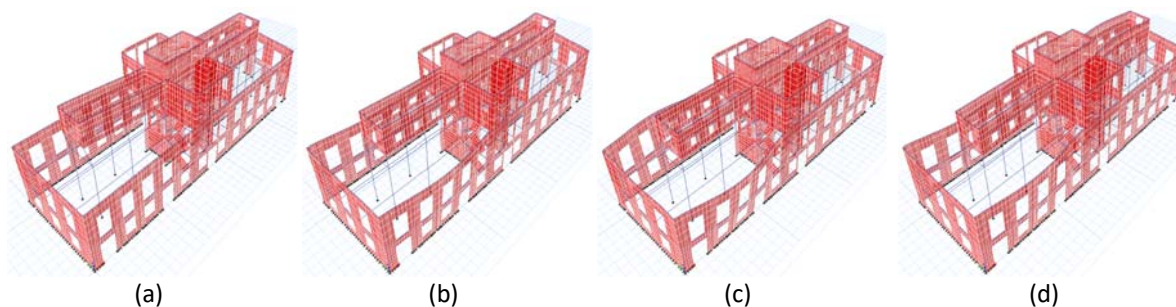


Figura 5. Modos de deformación. (a) Primero. (b) Segundo. (c) Tercero. (d) Cuarto.

3. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE REFUERZO

Se ha analizado la estructura de la Casa Rubio, un edificio modernista del s. XIX ubicado en Cartagena, mediante modelos de cálculo que han puesto en evidencia los puntos más críticos en su comportamiento resistente, tanto bajo cargas verticales como, sobre todo, bajo la acción sísmica.

A continuación, se enumeran de modo resumido las propuestas de refuerzo, procurando la menor intervención posible que preserve el genuino patrimonio arquitectónico del edificio:

(i) elementos estructurales de fábrica: al aparecer tensiones que superan la resistencia del material, se propone volver a cegar ciertos huecos en el núcleo central mediante piezas de fábrica de adecuada resistencia, recuperando de este modo la distribución homogénea de las cargas en esa zona del edificio;

(ii) elementos de madera de las vigas y del forjado del ala Sur: al no poder asegurar suficiente margen de seguridad frente a esfuerzos de flexión ante el nuevo valor de la sobrecarga de uso, se propone reconvertir las secciones de madera a secciones mixtas hormigón-madera, aunque garantizando la correcta transmisión de esfuerzos mediante conectores y aplicando una adecuada protección impermeabilizante a la madera;

(iii) columnas de fundación: para adecuar el edificio a las cargas verticales impuestas por el nuevo uso previsto, se propone reforzarlas mediante un encamisado exterior con perfiles tubulares de acero laminado; y

(iv) estrategias de refuerzo sísmico de los elementos estructurales de fábrica: se proponen zunchos perimetrales y un sistema de arriostramiento de las partes más deformables del edificio a través de cruces de San Andrés, poniendo especial atención en el adecuado diseño de las conexiones entre los elementos existentes y los añadidos.

REFERENCIAS [CALIBRI, 11PT, NEGRITA, MAYÚSCULA, ALINEADO A LA IZQUIERDA]

- [1] ETABS. (2013). [Software]. Extended three dimensional analysis of building systems. Berkeley: Computers & Structures, Inc.
- [2] Lourenço, P.B., Rots, J.G., & Blaauwendraad, J. (1998). Continuum model for masonry: parameter estimation and validation. *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 124(6), 642-652.
- [3] Rondal, J., & Rasmussen, K.J.R. (2004). On the strength of cast iron columns. *Journal of Constructional Steel Research*, 60, 1257-1270.