

Modificación de una estructura metálica por cambio de uso

J. L. Gómez^{1, 2*}, K. Klein^{1, 2}, G. Montiel²

*Autor de Contacto: ccp.cons316@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v14i1.716>

Recibido: 05/11/2023 | Correcciones recibidas: 16/12/2024 | Aceptado: 27/12/2023 | Publicado: 01/01/2024

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es discutir las modificaciones realizadas sobre una estructura metálica construida en 1930, conformada por vigas reticuladas triangulares apoyadas sobre muros perimetrales de 60 cm de espesor y 14 columnas metálicas interiores para cubrir una superficie de 875 m² que albergaba las actividades del mercado central de la ciudad de Deán Funes. En la década del 80 la gestión municipal plantea su recuperación para nuevos usos deportivos presentándose el desafío estructural de la eliminación de los apoyos intermedios. El proyecto y la construcción datan de esa época, y por ello se discuten la vigencia de los conceptos y soluciones adoptadas, así como la importancia de un plan de mantenimiento para garantizar el grado de seguridad de la obra.

Palabras clave: diseño estructural; acero; recuperación patrimonial.

Citar como: Gómez, J. L., Klein, K., Montiel, G. (2024), “*Modificación de una estructura metálica por cambio de uso*”, Revista ALCONPAT, 14 (1), pp. 70 – 81, DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v14i1.716>

¹ Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina,

² Alconpat Argentina, Córdoba, Argentina.

Contribución de cada autor

En este trabajo, la idea original y factibilidad del refuerzo - Ing. Gómez (100%); Predimensionado del refuerzo y desarrollo del modelo - Ing. José Luis Gómez (40%) y Arq. Karin Klein (60%); Recopilación de datos - Ing. José Luis Gómez (50%) y Arq. Guillermo Montiel (50%); Escritura del Trabajo - Ing. José Luis Gómez (20%) y Arq. Karin Klein (80%); Discusión del resultado y Conclusiones - Ing. José Luis Gómez (33%), Arq. Karin Klein (33%) y Arq. Guillermo Montiel (33%).

Licencia Creative Commons

Los derechos de autor (2024) son propiedad de los autores. Este trabajo es un artículo de acceso abierto publicado bajo los términos y condiciones de una licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 International License ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)).

Discusiones y correcciones posteriores a la publicación

Cualquier discusión, incluyendo la réplica de los autores, se publicará en el tercer número del año 2024 siempre y cuando la información se reciba antes del cierre del segundo número del año 2024.

Modification of a metal structure due to change of use

ABSTRACT

The purpose of this work is to discuss the modifications made to a metal structure built in 1930, made up of triangular lattice beams supported on 60 cm thick walls and 14 interior metal columns to cover an area of 875 m² that housed the activities of the central market in the city of Deán Funes. In the 1980s the municipal management proposed its recovery for new sports uses, presenting the structural challenge of eliminating intermediate supports. The project and construction date from that time, and for this reason it is discussed the validity of the concepts and solutions adopted, as well as the importance of a maintenance plan to guarantee the degree of safety of the work.

Keywords: structural design; steel; patrimony recovery.

Modificação de estrutura metálica para troca de uso

RESUMO

O objetivo deste trabalho é discutir as modificações realizadas em uma estrutura metálica construída em 1930. Essa estrutura é composta por vigas reticuladas triangulares apoiadas em muros perimetrais de 60 cm de espessura e 14 colunas metálicas internas, projetada para cobrir uma superfície de 875 m² destinada às atividades do mercado central da cidade de Deán Funes. Na década de 1980, a administração municipal propôs sua recuperação para novos usos esportivos, apresentando o desafio estrutural da eliminação dos apoios intermediários. O projeto e a construção datam dessa época, e, por isso, são discutidas a vigência dos conceitos e soluções adotadas, bem como a importância de um plano de manutenção para garantir o grau de segurança da obra.

Palavras-chave: projeto estrutural; aço; recuperação patrimonial.

Información Legal

Revista ALCONPAT es una publicación cuatrimestral de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, Internacional, A. C., Km. 6, antigua carretera a Progreso, Mérida, Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Página Web: www.alconpat.org

Reserva de derechos al uso exclusivo No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Editor responsable: Dr. Pedro Castro Borges. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de Informática ALCONPAT, Ing. Elizabeth Sabido Maldonado.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor.

La reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación se realiza en apego al código COPE y a la licencia CC BY 4.0 de la Revista ALCONPAT.

1. INTRODUCCIÓN

Deán Funes es una ciudad del noroeste de la provincia de Córdoba, Argentina, cabecera del departamento Ischilín. Sus orígenes coinciden con la expansión del sistema ferroviario hacia 1875, y durante los primeros años del siglo XX se construyeron sus obras más significativas entre ellas la del mercado central en 1930, caracterizado por un estilo arquitectónico Art Decó y ubicado frente a la plaza del mercado (figura 1). En los años posteriores, con el crecimiento de la población, las actividades de comercio son desplazadas hacia la periferia de la localidad, motivo por el cual la edificación sufre un estado de abandono. Recién en 1982, durante la gestión municipal de José Naveira Ferradanes, se decide recuperar la construcción y plantear allí un espacio cubierto de uso deportivo. A continuación, se desarrolla el proyecto estructural que posibilitó este nuevo uso, diseñado y construido en esa época, y que actualmente sigue vigente desarrollando dichas actividades.



Figura 1. Ex mercado central de Deán Funes.

2. PLANTEO ESTRUCTURAL ORIGINAL

El sistema estructural del planteo original del mercado cubría una superficie de 875 m² de 26,05 de ancho por 33,50 m de longitud. El plano superior constaba de una serie de tres vigas reticuladas triangulares metálicas de 8,7 m de luz que conformaban 7 ejes separados cada 4,19 m entre sí. Sobre sus nudos, con una distancia de 2,15 m y 2,20 m, se apoyaban una serie de correas de acero que terminaban de configurar la cubierta de tres secciones a dos aguas con terminación final de chapa. Las vigas principales se apoyaban interiormente sobre 14 columnas metálicas y en su perímetro sobre un muro de mampostería de 60 cm de espesor (figura 2 y figura 3).

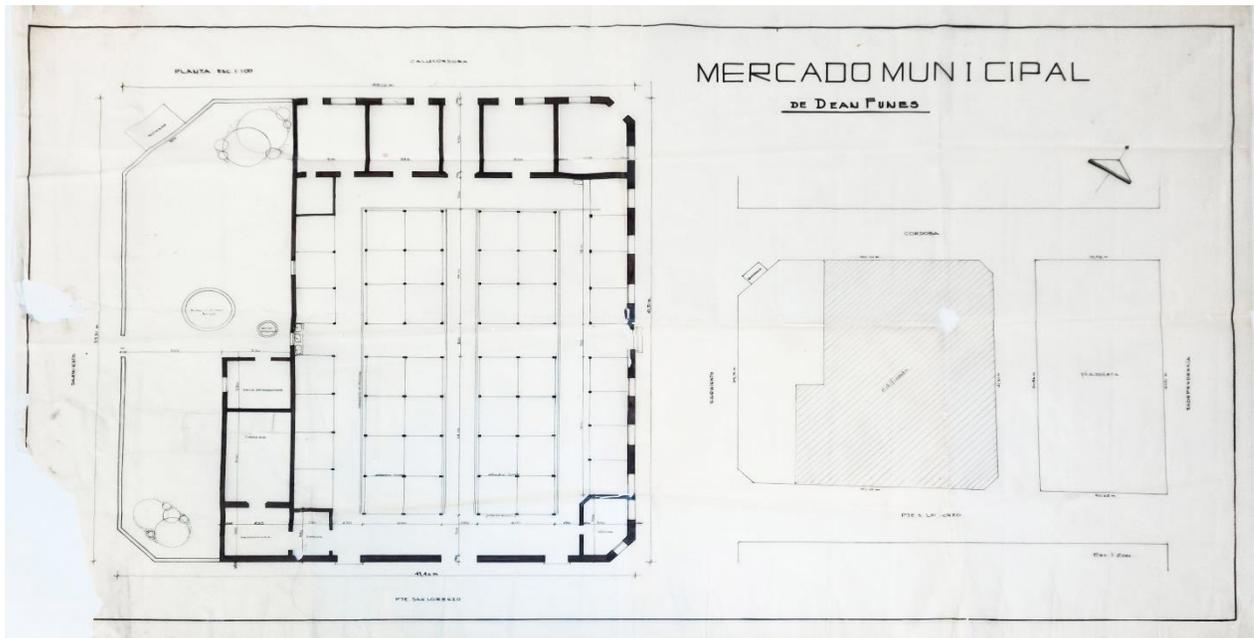


Figura 2. Foto del plano municipal original.

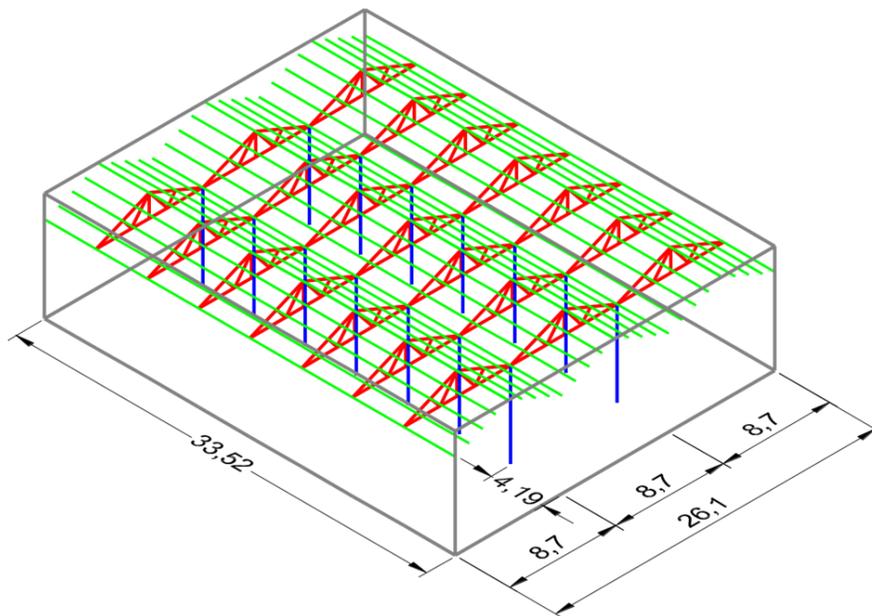


Figura 3. Axonométrica de estructura original.

3. NUEVO PLANTEO ESTRUCTURAL

Debido a la necesidad de contar con un único espacio interior libre a apoyos, la nueva concepción estructural se proyectó a partir de la generación de una única viga reticulada plana de 1,80 m de altura hacia el exterior, uniendo las existentes, reforzando barras y agregando nuevos elementos que permitan cubrir los 26,1 m de luz.

Para conformar el diseño de la nueva viga principal debieron construirse el cordón superior uniendo las cumbreras de las cabreadas existentes y dos montantes nuevos en coincidencia con el apoyo anterior que además de resistir los esfuerzos de compresión permitieron reducir la longitud de pandeo del nuevo cordón (figura 4).

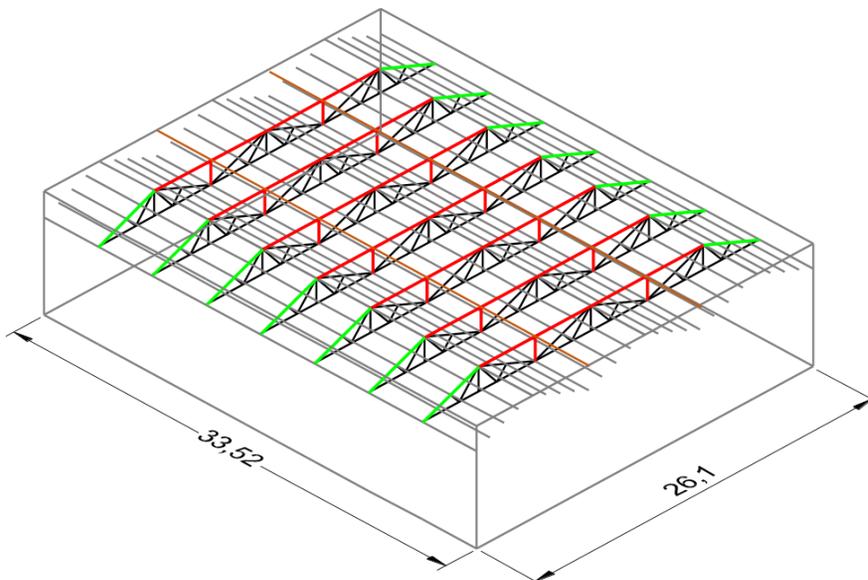


Figura 4. Axonométrica de propuesta estructural.

A su vez, para reforzar dicho concepto, se plantearon vigas de arriostamiento superior con dos perfiles UPN 80 para evitar la flexión lateral en sentido perpendicular al plano de la viga (figura 5).

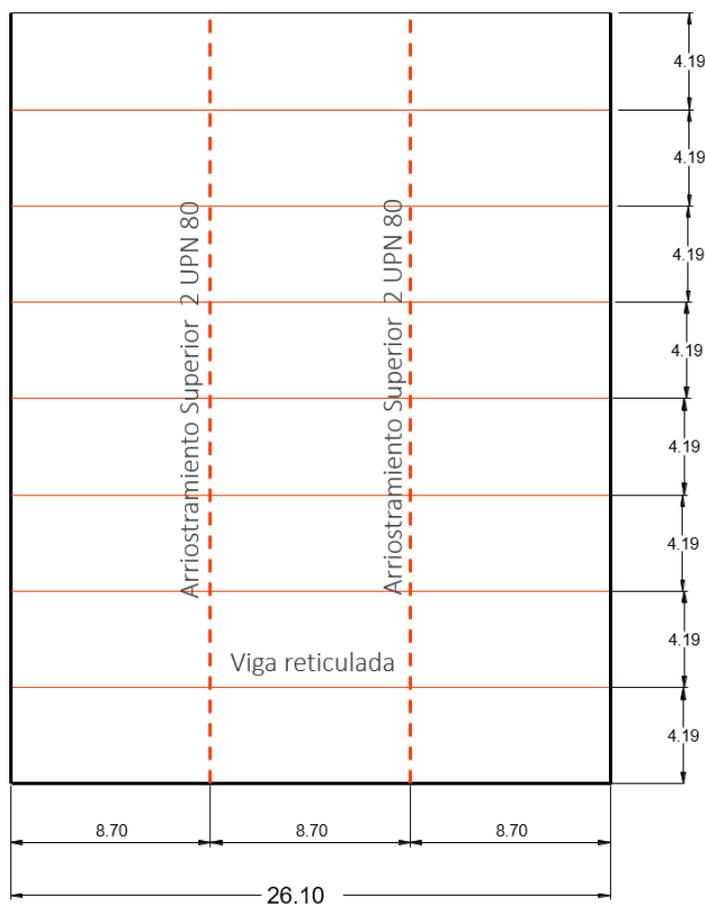


Figura 5. Planta de techos de nueva estructura exterior.

Por otra parte, se reforzaron tanto el cordón inferior como algunas de las diagonales existentes más solicitadas a los fines de resistir los esfuerzos internos de tracción y compresión a partir de la evaluación del nuevo comportamiento estructural.

4. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

A continuación, se presenta el procedimiento de cálculo elaborado de acuerdo a las reglamentaciones en esa época y con las herramientas disponibles pero que no dejan de tener vigencia como antecedente en la actualidad.

4.1 Análisis de Cargas.

En primera instancia se realizó un análisis por metro cuadrado para luego determinar la magnitud de las acciones puntuales sobre los nudos de la nueva viga reticulada (figura 6).

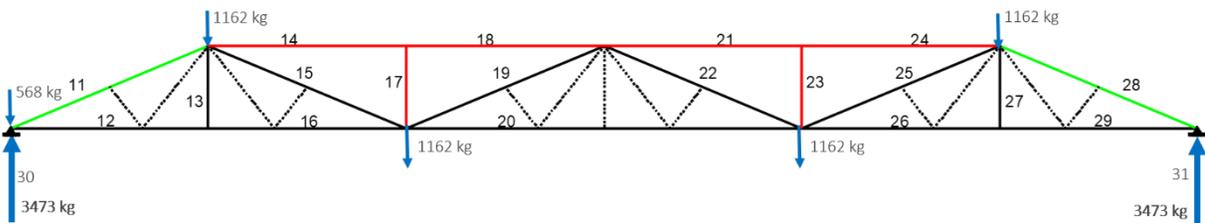


Figura 6. Viga reticulada con numeración de barras, nudos y cargas.

4.1.1 Análisis de cargas por metro cuadrado.

- Chapa acanalada ----- 10 kg/m²
- Correas de madera ----- 6 kg/m²
- Peso propio de la viga reticulada----- 22 kg/m²
- Sobrecarga de uso ----- 25 kg/m²
- TOTAL ----- 63 kg/m²

4.1.2 Análisis de cargas sobre nudos de viga.

- Cargas puntuales -----63 kg/m² x área de influencia (4,19 x 2,2 m x 2) = 1162 kg

4.2 Determinación de las solicitaciones.

Para el cálculo de los esfuerzos normales se utilizó el programa PPlan empleado en el Taller de Investigación de Diseño Estructural (TIDE) de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Córdoba. En ese momento se introducían manualmente las coordenadas que definían la geometría de la viga y las acciones sobre la misma. Como resultado se imprimían los valores de los esfuerzos en cada nudo que se resumen en la siguiente tabla 1.

Tabla 1. Solicitaciones y reacciones.

Barra	Esfuerzo normal (kg)
11	-7.598 Compresión
12	7.020 Tracción
13	0
14	-11.233 Compresión
15	4.559 Tracción
16	7.020 Tracción
17	-1.162 Compresión
18	-11.233 Compresión
19	-1.520 Compresión
20	12.637 Tracción
21	-11.234 Compresión
22	-1.519 Compresión
23	-1.162 Compresión
24	-11.234 Compresión
25	4.558 Tracción
26	7.022 Tracción
27	-1 Compresión
28	-7.600 Compresión
29	-7.022 Compresión
30	3.474 Reacción
31	3.474 Reacción

4.3 Verificación de las deformaciones generales.

En virtud de las dimensiones y el análisis de las sollicitaciones se predimensionó el cordón superior con dos perfiles UPN 120 conformando una sección cajón con un área de 27 cm² y el cordón inferior por dos perfiles apareados UNP 100 con un área de 22 cm² (figura 7). A partir del análisis de los parámetros que intervienen en la determinación de la flecha máxima se establecieron los siguientes datos:

- Momento de inercia del conjunto J =392.769 cm⁴
- Carga “q” 63 kg/m² x 4,19 m = 260 kg/m

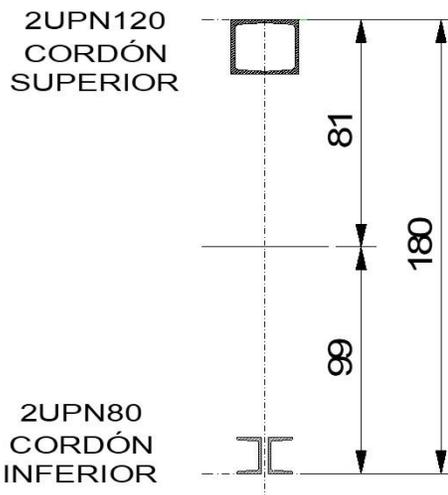


Figura 7. Sección compuesta de viga reticulada.

4.3.1 Cálculo de flecha máxima

$$f_{\text{máx}} = \frac{5}{384} \frac{q \times l^4}{E J} = \frac{5}{384} \frac{2,6 \text{ kg/cm} \times 2610 \text{ cm}^4}{2.100.000 \text{ kg/cm}^2 \times 392.769 \text{ cm}^4} \quad (1)$$

$$f_{\text{máx}} = 1,9 \text{ cm} \quad (2)$$

4.3.2 Cálculo de flecha admisible

$$f_{\text{adm}} = \frac{L}{200} = \frac{2610 \text{ cm}}{200} \quad (3)$$

$$f_{\text{adm}} = 13,05 \text{ cm} \quad (4)$$

4.3.3 Comparación flecha máxima < flecha admisible

$$1,9 \text{ cm} < 13,05 \text{ cm} \text{ Verifica} \quad (5)$$

4.4 Verificación seccional y propuestas de refuerzos de la estructura.

Luego del control de deformaciones se procedió a realizar la verificación seccional primero de los elementos estructurales nuevos del cordón superior y montantes como de la resistencia de los elementos existentes sometidos a nuevos esfuerzos como el caso del cordón inferior y de las diagonales (figura 8).

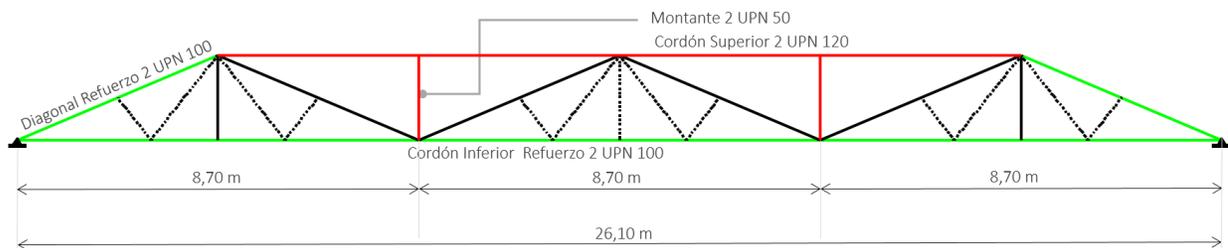


Figura 8. Sección de viga reticulada.

4.4.1 Cordón superior.

Como enunció precedentemente, el cordón superior se ejecutó mediante la sección cajón conformada por dos UNP 120. Los datos necesarios para su verificación de resistencia pueden verse en la tabla 2.

Tabla 2. Datos del cordón superior

Barra 11	2 UPN 120
Esfuerzo normal	11.234 kg (compresión)
Longitud	440 cm
Momento de inercia Jx	728 cm ⁴
Área del conjunto A	34 cm ²

Cálculo del radio de giro mínimo

$$i = \sqrt{\frac{Jx}{A}} = \sqrt{\frac{728 \text{ cm}^4}{34 \text{ cm}^2}} = 4,63 \text{ cm} \quad (6)$$

Cálculo de la esbeltez

$$\lambda = \frac{l}{i} = \frac{440 \text{ cm}}{4,63 \text{ cm}} = 95,03 \quad (7)$$

Coefficiente de pandeo para acero F24

$$\omega = 2,07$$

Cálculo de la tensión de trabajo

$$\sigma = \frac{\omega \times N}{A} = \frac{2,07 \times 11.234 \text{ kg}}{34 \text{ cm}^2} = 683,95 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 1500 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ Verifica} \quad (8)$$

4.4.2 Montantes

Las montantes fueron definidas también por una sección cajón pero conformadas por dos UPN 50. Los datos necesarios para su verificación de resistencia pueden verse en la tabla 3.

Tabla 3. Datos de montantes.

Barras 17/23	2 UPN 50
Esfuerzo normal	1.162 kg (compresión)
Longitud	180 cm
Momento de inercia J_x	52,8 cm ⁴
Área del conjunto A	14,24 cm ²

Cálculo de radio de giro mínimo

$$i = \sqrt{\frac{J_x}{A}} = \sqrt{\frac{52,8 \text{ cm}^4}{14,24 \text{ cm}^2}} = 1,92 \text{ cm} \quad (9)$$

Cálculo de la esbeltez

$$\lambda = \frac{l}{i} = \frac{180 \text{ cm}}{1,92} = 93,75 \quad (10)$$

Coefficiente de pandeo para acero F24

$$\omega = 2,05$$

Cálculo de la tensión de trabajo

$$\sigma = \frac{\omega \times N}{A} = \frac{2,05 \times 1162 \text{ kg}}{14,24 \text{ cm}^2} = 167,28 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 1500 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ Verifica} \quad (11)$$

Durante el proyecto ejecutivo se resolvió que las montantes fueran ejecutadas con dos elementos conformando una “V” invertida a los fines de resolver la canaleta de desagüe pluvial sobre la limahoyas de la cubierta (figura 9).



Figura 9. Foto de la estructura exterior.

4.4.3 Cordón inferior

Se diseñó un único cordón inferior uniendo los cordones existentes capaz de resistir un máximo esfuerzo de tracción de 12.637 kg con 2 UPN 80 (tabla 4). Para la determinación del empleo de los elementos estructurales existentes se trabajó con una tensión de 1500 kg/cm² y a partir de allí comparar la sección necesaria con el área de 22 cm² (figura 10).



Figura 10. Foto del cordón inferior.

Tabla 4. Datos de cordón inferior.

Barra 20	2 UPN 80
Esfuerzo normal	12.637 kg (Tracción)
Área del conjunto A	22 cm ²

Cálculo del área necesaria

$$A = \frac{N}{\sigma} = \frac{12.637 \text{ kg}}{1500 \text{ kg/cm}^2} = 8,43 \text{ cm}^2 < 22\text{cm}^2 \text{ Verifica} \quad (12)$$

4.4.4 Diagonales comprimidas extremas.

Se reforzaron las diagonales exteriores que trabajan con un esfuerzo de compresión de 7600 kg mediante la utilización de dos perfiles normales UPN 100 (tabla 5).

Tabla 5. Diagonales comprimidas

Barras 17/23	2 UPN 100
Esfuerzo normal	7600 kg (compresión)
Longitud	470 cm
Momento de inercia J_x	412 cm ⁴
Área del conjunto A	27 cm ²

Cálculo de radio de giro mínimo

$$i = \sqrt{\frac{J_x}{A}} = \sqrt{\frac{412 \text{ cm}^4}{27 \text{ cm}^2}} = 3,90 \text{ cm} \quad (13)$$

Cálculo de la esbeltez

$$\lambda = \frac{l}{i} = \frac{470 \text{ cm}}{3,9} = 120,5 \quad (14)$$

Coefficiente de pandeo para acero F24

$$\omega = 2,83$$

Cálculo de la tensión de trabajo

$$\sigma = \frac{\omega \times N}{A} = \frac{2,83 \times 7600 \text{ kg}}{27 \text{ cm}^2} = 796,6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 1500 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ Verifica} \quad (15)$$

5. ESPACIO RESULTANTE

La intervención estructural logró liberar de apoyos el espacio interior utilizando los elementos preexistentes y posibilitando la reutilización del edificio para las nuevas actividades planteadas logrando revertir el proceso de abandono en el cual se encontraba (figura 11).



Figura 11. Foto del espacio interior.

6. CONCLUSIONES

En este trabajo inédito se hacen algunas reflexiones importantes:

- Que con creatividad y firmes conceptos de estabilidad se ha logrado una intervención relativamente simple modificando radicalmente el espacio interior posibilitando nuevos usos.
- Que es importante tener en cuenta la durabilidad del acero en la construcción con mínimo mantenimiento teniendo en cuenta la fecha en que se construyó el mercado central y que en este caso se ha visto favorecido por el clima del lugar de implantación.
- Que es necesario advertir sobre la necesidad de contar con un plan de mantenimiento sobre todo de los elementos estructurales que quedan a la intemperie en continuo contacto con el medio ambiente que puede acelerar su corrosión de manera de contar con un grado de seguridad aceptable para este espacio convocante de la comunidad de Deán Funes.
- Que reutilizar construcciones “aparentemente obsoletas” siempre debe ser propiciado desde los actores intervinientes especialmente desde nuestra especialidad asesorando en pos de continuar el ciclo de vida de la edificación y así minimizar el impacto de la huella de carbono a partir de su reciclado.

7. AGRADECIMIENTOS

A la memoria del exintendente municipal José Navarro Ferradanes que gracias a su inquietud permitió transformar el ex mercado central en total desuso en un hermoso playón polideportivo cubierto.

8. REFERENCIAS

Nonnast, R., (1993), “*El proyectista de estructuras metálicas*”. PARANINFO, Madrid, España, Instituto Argentino de Siderurgia (1991) “El Acero y sus usos, ejemplo de cálculo de estructuras de acero”, Buenos Aires, Argentina.