

## El diseño estructural para el desarrollo de arquitecturas sostenibles

Rocío Bertello

Arquitecta. Becaria del Proyecto de Investigación Formar “Regularidad estructural como recurso para un diseño sostenible” SECyT. UNC.

Silvina Prados

Especialista. Ingeniería. Directora del Proyecto de Investigación Formar “Regularidad estructural como recurso para un diseño sostenible” SECyT. UNC. Titular de Estructuras IIB FAUD-UNC.

Fecha de recepción: 28/09/2023 Fecha de aceptación: 07/12/2023

### Resumen

El presente trabajo forma parte de la beca Estímulo a las Vocaciones científicas (EVC) del Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) 2021; en el marco del proyecto de investigación: “Regularidad estructural como recurso para un diseño sostenible”, dirigido por la Esp. Ing. Silvina Prados, acreditado y evaluado por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC). El proyecto se desarrolla en el Taller de Investigación de Diseño Estructural (TIDE) de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño.

La investigación propone como objetivo determinar estrategias de diseño sostenible para la definición de un mecanismo estructural en el inicio del proceso proyectual de una obra de arquitectura, considerando los recursos y tecnologías disponibles en el momento de su construcción y al momento de requerir su intervención futura. Se hace foco principalmente en la necesidad de dotar al objeto de arquitectura de una capacidad de transformación permanente para que sea usable más allá de la vida útil diseñada; y sobre todo cuando las intervenciones futuras sean extremas como las de vaciado interior.

Se estudian casos y autores con obras intervenidas, y se determinan su grado de sostenibilidad, el rol de la estructura, su conservación y materialidad, extrayendo conclusiones que son transferibles, desde el inicio del proceso proyectual, como criterios de diseño estructural sostenibles.

Finalmente, todos los criterios definidos son transferidos al trabajo final de la cátedra de Arquitectura VI C de la carrera de Arquitectura FAUD- UNC. El proyecto, que consiste en el diseño del “Instituto Técnico Despeñaderos” localizado en el área central de la ciudad, responde a las necesidades socioeconómicas y culturales de la región. Este trabajo aporta una propuesta innovadora para un diseño arquitectónico sostenible resaltando para ello el rol fundamental de su estructura.

Palabras claves: Diseño estructural sostenible; arquitecturas transformables; intervención por vaciado

### Abstract

*This work is part of the Encouragement of Scientific Vocations (EVC) scholarship from the National Interuniversity Council (CIN) 2021; within the framework of the research project: “Structural regularity as a resource for sustainable design”, directed by Eng. Silvina Prados, accredited and evaluated by the Secretariat of Science and Technology of the National University of Córdoba (UNC). The project is developed in the Structural Design Research Workshop (TIDE) of the Faculty of Architecture, Urbanism and Design.*

*The objective of the research is to determine sustainable design strategies for the definition of a structural mechanism at the beginning of the design process of a work of architecture, considering the resources and technologies available at the time of its construction and at the time of requiring future intervention. The*

*focus is mainly on the need to provide the architectural object with a capacity for permanent transformation so that it is usable beyond the designed useful life; and especially when future interventions are extreme such as interior emptying.*

*Cases and authors with intervened works are studied, and their degree of sustainability, the role of the structure, its conservation and materiality are determined, drawing conclusions that are transferable, from the beginning of the project process, as sustainable structural design criteria.*

*Finally, all the defined criteria are transferred to the final work of the VI C Architecture subject of the FAUD-UNC Architecture degree. The project, which consists of the design of the "Despeñaderos Technical Institute" located in the central area of the city, responds to the socioeconomic and cultural needs of the region. This work provides an innovative proposal for a sustainable architectural design, highlighting the fundamental role of its structure.*

*Keywords: Sustainable structural design; transformable architectures; intervention by emptying*

## **Introducción**

En los últimos años, numerosos estudios han responsabilizado a la industria de la construcción como una de las productoras del mayor impacto ambiental en el planeta, ya sea por la utilización de recursos no renovables o bien, por la huella de carbono que generan sus sistemas de producción. Esto nos obliga como profesionales a redefinir la sostenibilidad en la arquitectura, donde las estrategias de diseño terminan siendo determinantes en el grado de impacto de un proyecto, ya que permiten aprovechar los recursos disponibles de manera más eficiente en todas las etapas de la vida útil de la obra.

Es con esa inquietud que en la siguiente investigación nos propusimos determinar las estrategias de diseño estructural sostenibles que permitan un uso eficiente de recursos en el momento de la construcción de un edificio y también, cuando este requiera ser intervenido en el futuro.

La estructura cobra gran importancia si decimos que, para lograr la eficiencia en el uso de los recursos, la arquitectura debe ser duradera, con ciclos de vida prolongados, superando ampliamente su vida útil, pero garantizando la estabilidad y seguridad requerida en las construcciones en todo momento, dando la posibilidad al aprovechamiento acabado de la capacidad resistente de los materiales que se utilizan.

El proyecto fue desarrollado para la beca Estímulo a las Vocaciones científicas (EVC) del Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) 2021 y se plantearon tres objetivos específicos:

- Cuantificar y cualificar el impacto ambiental que producen las estrategias de intervención por vaciado en edificios reciclados, con diferentes tipos estructurales portantes y materialidades, a través del estudio de casos representativos.

Las intervenciones por vaciado son consideradas una de las menos sostenibles en sus etapas de gestión y construcción ya que involucran gran porcentaje de demolición y procedimientos muy complejos en la obra, donde solo se conservan la envolvente y en algunos casos la cubierta de la obra original. No obstante, es posible advertir que, a pesar de ello, son una de las intervenciones más elegidas por los arquitectos por la flexibilidad espacial que aporta, permitiendo adaptar una construcción existente a múltiples usos, similares o totalmente opuestos a los de su diseño original. Es por eso que, fijando esta variable, la incidencia del tipo estructural de la obra y su materialidad terminan definiendo la eficiencia de una estructura frente a una intervención.

- Evaluar la importancia de la utilización de materiales resistentes y duraderos, así como plantear mecanismos estructurales seguros y regulares que garanticen períodos de vida útil superiores a los de diseño.

Prolongar la vida útil de las construcciones permite un máximo aprovechamiento de los recursos utilizados en la industria de la construcción, sobre todo cuando estos no son renovables o bien generan un alto impacto al medioambiente. Para ello, el diseño de la estructura resistente debe garantizar la integridad y

seguridad de las edificaciones a lo largo del tiempo, ya que muchas veces las estructuras fallan por un mal diseño o imprevistos derivados de su uso, no contemplados por los proyectistas, mucho antes de que la capacidad de los materiales de su estructura resistente haya caducado.

- Proponer una metodología de diseño arquitectónico-estructural sostenible que contemple las posibilidades de su rediseño en el futuro, para lograr edificios versátiles, que puedan adaptarse con el paso del tiempo utilizando la menor cantidad de recursos, atendiendo las necesidades de la sociedad que en la actualidad se encuentran en constante cambio y evolución.

El trabajo se divide en tres etapas que se corresponden con los objetivos planteados y con una planificación programada para los 12 meses de duración de la beca.

Este proyecto de investigación, busca aportar una metodología novedosa que permita el diseño de edificios sostenibles y adaptables, que ponga en valor el diseño de su estructura y promueva un uso responsable y eficiente de los recursos naturales en todo su ciclo de vida.

## **Desarrollo del proyecto de investigación**

A continuación, se presentan las actividades y metodologías utilizadas en las distintas etapas del proyecto de investigación.

### **Etapas 1**

Esta etapa se planificó con dos meses de duración con el fin de definir los criterios que se consideran para la intervención de una obra de arquitectura, según la tipología de la obra a intervenir y su tipo estructural resistente.

Para ello, se inicia con una búsqueda de casos de estudio representativos los cuales son elegidos, analizados y clasificados según las siguientes consideraciones:

- Haber sido intervenidos mediante el vaciado de su interior, para analizar la flexibilidad y adaptabilidad del sistema estructural del proyecto original.
- Haber sido intervenidos en la última década para considerar tecnologías actuales correspondientes con las corrientes arquitectónicas contemporáneas (enfoques, autores, etc.).
- Estar ubicados en diferentes partes del mundo para evaluar las condicionantes y requerimientos derivados de su ubicación geográfica (vientos, sismos, suelos, etc.).

Los casos elegidos, además debían ser aquellos cuya estructura original tenía un nivel de conservación adecuado para no condicionar la estrategia de intervención a la demolición de parte de la edificación por peligro de derrumbe. De esa manera la decisión de una demolición no era establecida por cuestiones de proyecto.

Se escogieron casos donde la estructura original era de muros portantes y otros con estructura independiente, para permitir comparar cuál de los dos mecanismos se mostraba más eficiente frente a una intervención, destacando el carácter sostenible que se deben tener en todas las etapas de proyecto como eje primordial de la investigación.

La eficiencia de las intervenciones es determinada mediante la cuantificación de ciertos factores como ser, volumen de material desperdiciado, inversión económica y de tiempos, superficie demolida y/o adosada.

En las intervenciones mediante el vaciado interior se requiere la eliminación de los muros interiores del edificio, cumplan una función resistente o no, manteniendo y reforzando los elementos del sistema estructural requerido para sostener la cubierta y envolvente, generándose una estructura contenedora reforzada. Es así que, la estructura de la obra original termina siendo determinante del grado de eficiencia de la obra de intervención definiendo métodos constructivos y procesos muy diferentes.

Los casos de estudio seleccionados son:

- MACRO (Museo de Arte Contemporáneo de Roma) – Decq y Cronette. Roma, Italia (2002-2010).
- Caixa Forum – Herzog y De Meuron. Madrid, España (2001 – 2008).
- Centro Cívico Lleialtat Santsenca 1214 – HARQUITECTES. Barcelona, España (2014-2017).

- Renovación de la bodega Mason Bros – Warren y Mahoney. Auckland, Nueva Zelanda (2013-2016)
- Refuncionalización ex molino Marconetti – Subsecretaría de Obras de Arquitectura. Gobierno de la ciudad de Santa Fe, Argentina (2017-2018).
- Centro Cultural Daoíz y Velarde – Rafael De La-Hoz. Venturada, España (2013-2015).

Para sistematizar la información, se elaboraron fichas (Figura 1) donde se registraron las principales características de la obra original, como su fecha de construcción y uso para el cual fue diseñado el edificio, haciendo énfasis principalmente en el sistema estructural elegido por los autores, así como también en su materialidad y el estado en el cual se encuentran los elementos estructurales que lo componen al momento de la intervención.

Además, se registraron los datos relacionados con la obra de intervención, como la fecha en la cual se llevó a cabo y el tiempo requerido para la misma, los autores de la obra para comprender su enfoque sobre las intervenciones arquitectónicas, los nuevos requerimientos de diseño y las decisiones tomadas en el proyecto en cuanto a materialidades elegidas, dimensiones y elementos estructurales adicionales o sustraídos de los originales para permitir relacionar la influencia en esas elecciones de la estructura original a reforzar.

Si bien en todos los proyectos estudiados la intervención es mediante el vaciado, se registra en cada una de ellas el nivel de obra intervenida, clasificando la sostenibilidad de la intervención como ALTA (con modificaciones entre el 60% y el 100% del total de la obra), MEDIA (entre el 30% y el 60% del total) y BAJA (entre el 0% y el 30% del total) (Álvarez y Prados, 2021). De esta manera es posible evaluar el porcentaje de material demolido, entendido como material de descarte o desperdicio, ya que este tipo de decisiones se asocian a la flexibilidad espacial que posibilita la estructura. Se incluyen para este análisis los elementos no estructurales significativos, como muros divisorios interiores.

Los casos de estudio se clasifican según su sistema estructural resistente original en De Estructura Independiente o De Muros Portantes, para poder elaborar conclusiones sobre la versatilidad de estos mecanismos frente a los procesos requeridos para la intervención.

Las fichas, además, permiten incorporar un registro fotográfico de las obras analizadas, la relación de esta con su entorno inmediato, los espacios interiores logrados, etc.

Por último, se incorpora una descripción de la idea generadora del proyecto junto con las acciones que posibilitaron su concreción y una conclusión sintética de cada una de las obras estudiadas. Estas conclusiones tienen como principal objetivo asociar el tipo y material estructural original con el grado de sostenibilidad de la intervención realizada. La evaluación de la sostenibilidad de las intervenciones se basa en criterios tales como la eficiencia energética requerida durante su uso, la calidad del aire interior, la reducción del impacto ambiental (menores recursos) y la reutilización de materiales existentes (menores desperdicios).

1

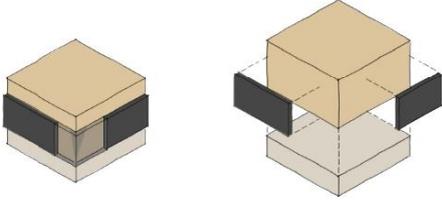
MACRO (Museo de Arte Contemporáneo de Roma)				
				
<a href="https://www.archdaily.com/476869/museum-of-contemporary-art-in-rome-studio-odile-decq">https://www.archdaily.com/476869/museum-of-contemporary-art-in-rome-studio-odile-decq</a>				
<b>Ubicación</b>	Roma		Italia	
<b>Fecha construcción</b>	1912	<b>Superficie</b>	4.320 m2	
<b>Autor/a</b>	arq. Gustavo Giovannoni			
<b>Uso original</b>	Fábrica de Cerveza			
<b>Sist. estructural</b>	Muros de carga	<b>Materialidad</b>	Mampostería cerámica	
<b>Estado de conservación de la estructura</b>				
		BUENO	REGULAR	MALO
	Techo	-	-	X
	Muros	-	X	-
	Columnas	-	-	-
	Vigas	-	-	-
<b>Esquema</b>				
				
<b>INTERVENCIÓN</b>	<b>Fecha intervención</b>	2002-2010	<b>Superficie</b>	14.320 m2
	<b>Autor/a</b>	arq Odile Decq y arq Benoît Cornette		
	<b>Nuevo uso</b>	Museo de arte		
	<b>Tipo intervención</b>	Vaciado Total	<b>Nivel Intervención</b>	ALTO
<b>Sistema estructural</b>	Independient	<b>Materialidad</b>	Acero	
<b>Descripción general del proyecto</b>				
<p>El nuevo programa necesita de un espacio que ofrezca la libertad de trabajar con obras de arte de grandes dimensiones, a su vez que ofrecer al visitante un recorrido dinámico por el espacio, por eso se optó por un sistema estructural independiente materializado en acero, aumentando la luz de los módulos estructurales que poseía el edificio originalmente. Diseñando una cubierta de módulos de 5x5 metros aprox con apoyos en ambas direcciones (cubriendo una luz total de 16x46 metros en la galería principal), y con columnas de 5 metros de altura en promedio.</p>				
<b>Conclusiones</b>				
<p>La estructura del edificio original quedó obsoleta frente al nuevo uso propuesto, ya que difícilmente podría ser cumplida contando con la estructura de muros portantes de mampostería del edificio histórico. Esa es la razón por la cual se optó por el vaciado total del mismo. Dejando una fachada restaurada como objeto simbólico, sin vinculación portante con la nueva estructura.</p>				

Figura 1. Ficha de relevamiento y análisis de antecedentes, correspondiente a la obra MACRO.

Fuente: Elaboración propia

Como conclusión de esta etapa se puede mencionar que los edificios construidos originalmente con un sistema estructural independiente presentan una mayor flexibilidad en el diseño de los nuevos espacios, así como también un nivel de intervención bajo en comparación con aquellos que dependen de muros portantes para sostenerse. Este fenómeno se atribuye sobre todo a la menor complejidad técnica y a la mayor seguridad que supone la demolición de muros utilizados solo como cerramiento. En todos los casos analizados, los refuerzos estructurales se llevan a cabo mediante la incorporación de estructura independiente de refuerzo con piezas prefabricadas, ya sea para considerar las adaptaciones a las exigencias reglamentarias por el aumento de superficie y de usuarios que albergarán los nuevos edificios, como también a las adaptaciones de estas normativas a través del tiempo fundadas en los avances de las investigaciones científicas. Según este aspecto, es importante destacar que el refuerzo de los elementos estructurales es más eficiente cuando la estructura original es independiente, ya que los elementos a reforzar, como vigas y columnas

existentes, están claramente identificados en su sistema estructural. En cambio, en estructuras con muros portantes, el diseño del refuerzo debe depender de los procesos constructivos propuestos, la secuencia de demolición, la accesibilidad y el estado de conservación de la obra. En los casos donde los elementos estructurales mostraban signos de deterioro, se tomaron dos decisiones cruciales: reforzarlos con elementos puntuales o demolerlos y reemplazarlos por construcciones nuevas diseñadas específicamente para el nuevo programa.

Los tiempos de las obras son variados y dependen en mayor medida del nivel de intervención proyectado (si es alto el lapso de años entre el inicio y fin de su construcción el nivel de intervención es mayor comparado con aquellos proyectos donde este lapso de tiempo es bajo). Esta variable también está estrechamente relacionada con el sistema estructural del proyecto original debido a la menor o mayor complicación que pueda presentarse en la etapa constructiva, pero también influyen otros factores como los económicos y sociales del lugar donde se implante la obra, así como también si la gestión de la misma es pública o privada. En este sentido, para reducir las incertidumbres, se decidió seleccionar solo aquellas gestionadas por entes públicos.

## **Etapas 2**

En esta etapa, era necesario profundizar en el estudio de los criterios de intervención utilizados según los diferentes sistemas estructurales que se presentan en las obras intervenidas para asociar el grado de sostenibilidad de las intervenciones con dichos sistemas.

Se definieron indicadores asociados a criterios de diseño que permitieran cuantificar según parámetros de sostenibilidad el tipo de intervención requerida. Con estos indicadores, se clasifican las obras analizadas según un grado de sostenibilidad definido.

Esta etapa tuvo una duración de 4 meses.

Uno de los indicadores para evaluar el nivel de sostenibilidad de la intervención fue su regularidad estructural, ya que se considera un recurso del diseño estructural que permite arquitecturas menos vulnerables con la posibilidad de ampliar su vida útil con el empleo de mínimos recursos.

Otro indicador es el uso de materiales reciclados durante la intervención. Esto permite poner en valor los materiales que se encuentran en buen estado, teniendo en cuenta el gran impacto que se produce para su fabricación, reduciendo la huella ecológica y los residuos o desperdicios que se generan.

Un indicador importante es la flexibilidad espacial del proyecto ya que esto presupone un mecanismo estructural simple y económicamente adaptable. Arquitectónicamente, la flexibilidad permite considerar no solo el uso inmediato que se le puede dar a la obra, sino su mutación y adaptación en función de las demandas que requiera en el futuro, reduciendo el impacto en esos procesos. Este indicador contempla además los beneficios de su empleo en áreas urbanas, minimizando la necesidad de procesos constructivos complejos que dificulten su gestión por la accesibilidad a la obra o bien, por la afectación que pueda producir en las construcciones aledañas.

Se definen entonces como estrategias de diseño sostenibles las propuestas con espacios de grandes luces, con estructuras independientes y contenedoras, que posibiliten el diseño de su interior con materiales prefabricados, para desmantelarse o modificarse sin afectar la estabilidad de la obra, "permitiendo una gran libertad programática y de uso" (Bernabeu Larena, 2007:92). Como la demanda de resistencia para la tabiquería interior es muy baja, se puede optar por la utilización de materiales reciclados, nuevos materiales o materiales alternativos en los cuales su fabricación posea una huella ecológica mínima en comparación con materiales y métodos tradicionales.

La elección de materiales resistentes y durables para la construcción de los elementos estructurales es otro indicador considerado para cuantificar sosteniblemente a la arquitectura. La resistencia está directamente relacionada con el uso de la obra a diseñar, ya que, a mayor demanda de cargas se requieren materiales más resistentes como el hormigón y el acero (Prados y Cardellino, 2020). El uso de materiales durables, con bajos requerimientos para su mantenimiento, permite garantizar el buen estado de la obra en un gran porcentaje de su ciclo de vida y, por ello, a la hora de realizarse su intervención.

Como dice Domingo Acosta (2009: 21), se debe "construir bien desde el principio", tomar "acciones que conduzcan a aumentar la durabilidad y calidad de las edificaciones y por tanto su vida útil."

Por último, la utilización de elementos estructurales prefabricados, para la estructura principal del edificio, construidos con materiales como el acero, permite desarmar la estructura y reutilizar dichos elementos estructurales en otra obra o inclusive en otro sector de la misma edificación, reduciendo al máximo los desperdicios.

Según el análisis mencionado anteriormente, se puede concluir que el diseño del sistema estructural en un proyecto intervenido desempeña un papel fundamental en la sostenibilidad de la intervención y en la reducción de su impacto ambiental. Un sistema estructural que sea flexible y adaptable permite intervenciones más sencillas, con tecnologías poco sofisticadas y con un bajo consumo de recursos. Esta característica es esencial, ya que implica que la mano de obra requerida no necesitará ser altamente especializada, generando oportunidades de empleo para los habitantes del sector. Al implementar estas estrategias desde el momento inicial del proyecto arquitectónico, se genera una conciencia de diseño más sostenible resguardando el medio ambiente y proporcionando beneficios a las generaciones presentes y futuras. Este enfoque integral no solo apunta a la eficacia técnica, sino también al desarrollo económico local.

### Etapa 3

Durante la tercera y última etapa de la investigación, se realiza un ejercicio de diseño, donde se aplican todos los criterios definidos en la etapa anterior, permitiendo vincular la investigación realizada con la práctica proyectual, retroalimentando todas las etapas y procesos.

Esta etapa se desarrolló en los últimos seis meses de la beca y tiene por objetivo plantear y calibrar una metodología de diseño arquitectónico-estructural sostenible que contemple las posibilidades de un rediseño e intervención futura con un mínimo de recursos.

Para lograrlo se trabajó en el diseño de arquitecturas flexibles, con estructuras independientes y espacios de grandes luces, empleando materiales alternativos en el diseño de interiores, que posean procesos de fabricación con reducida emisión de gases contaminantes. Además, se propone que estos elementos sean montados por vía seca para facilitar su desmontaje cuando se requieran modificar y la posibilidad de su reutilización en otro sitio.

### Ejercicio proyectual



Figura 2. Render a vista de vuelo de pájaro del proyecto "Instituto Técnico Despeñaderos".

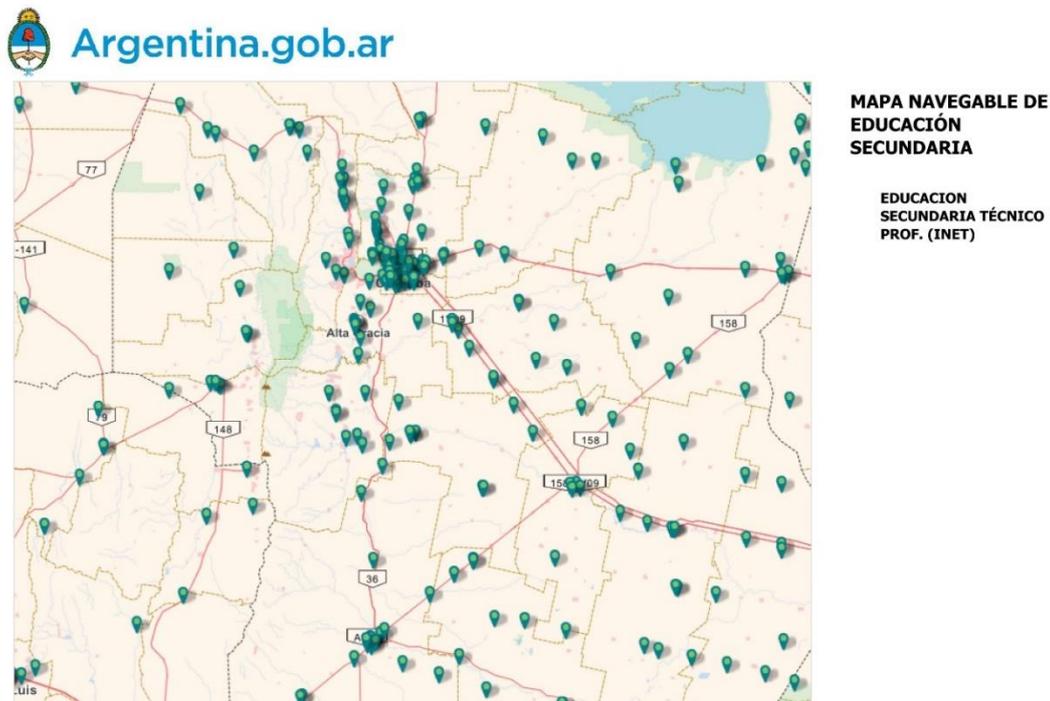
Fuente: elaboración propia.

El proyecto, parte integral del trabajo de grado en arquitectura, se realiza en coautoría con Lucía Di Chiacchio Pestchanker y Luciana Jaime, bajo la conducción y asesoramiento del Arq. Humberto Billia de la cátedra de Arquitectura VI C, cuyo titular es el Profesor Arquitecto Patricio Mullins (Figura 2).

Se propone un programa enfocado en la educación técnica, abordando las carencias de centros educativos secundarios de este tipo en algunas localidades de la provincia de Córdoba. La elección de Despeñaderos

como sede, se basa en la escasa y deficiente oferta de establecimientos técnicos al sur de la provincia, según el mapa del Ministerio de Educación de la Nación (Figura 3). Además, se tuvo en cuenta su cercanía con las ciudades de Córdoba y Río Cuarto y su fácil accesibilidad por la ruta nacional 36, lo que garantiza la conexión con los centros educativos universitarios más importantes de la provincia, de tal forma de fomentar su interrelación y permitir así un futuro laboral para los jóvenes residentes de esa localidad y de las ciudades que la rodean.

El objetivo es descentralizar Córdoba Capital como polo educativo, brindando formación técnica de calidad, con la misión de que puedan obtener los conocimientos necesarios para el desarrollo de actividades productivas locales sin tener que acceder necesariamente a una formación universitaria, contribuyendo a mejorar la economía de la región.



**Figura 3.** Mapa Navegable de Educación Secundaria, del Ministerio de Educación de la Nación. Relevamiento Anual 2019 DIEE. Fuente: <https://mapa.educacion.gob.ar/>

La ciudad de Despeñaderos se encuentra caracterizada por edificaciones existentes de la primera década del siglo pasado, con dificultades para su reuso debido a sus sistemas constructivos que presentan gran rigidez para la definición programática de nuevos proyectos, con un precario estado de conservación de los mismos, constituyendo un sector ideal para el ensayo de la investigación.

Se propone utilizar el predio del ferrocarril como sitio para la implantación del proyecto educativo técnico-profesional, que como se dijo antes tendrá un alcance regional, ya que se encuentra en una ubicación privilegiada, alrededor de las calles más importantes de la ciudad, que la conectan directamente con las ciudades vecinas y garantiza la fácil accesibilidad al lugar. Este sector además concentra la mayor actividad social y económica de la ciudad, generando una oportunidad para concentrar la oferta educativa que se encuentra dispersa.

Urbanísticamente, se decide dividir al predio en dos macro manzanas mediante la creación de un eje vial que unifique las calles Santa Fe y Belgrano. Este planteamiento tiene como finalidad articular tres instituciones educativas ubicadas en la zona aspirando a reducir la fragmentación social observada entre las áreas este y oeste de la localidad. Esta división se ve acentuada por la presencia de las antiguas vías del ferrocarril que, a pesar de su importancia como medio de conexión regional, atraviesan la ciudad creando una barrera simbólica entre ambos sectores. El sector este, más consolidado, refleja un estrato social de mayor estatus, en contraste con el oeste, que se observa más debilitado en ese sentido.

En ese fragmento urbano conformado por el predio del ferrocarril y dividido en dos macro manzanas, se propone la creación de un polo educativo estructurado en cuatro áreas funcionales (Figura 4).



**Figura 4.** Fotomontaje satelital de la propuesta del Fragmento Urbano del proyecto "Instituto Técnico Despeñaderos".  
Fuente: elaboración propia.

En la primera, denominada prexistencias, se opta por la preservación de las estructuras arquitectónicas preexistentes que lo caracterizan entre las que se destacan la plaza Evita, la terminal de ómnibus, la sede administrativa de la escuela ProA<sup>1</sup> y el Tribunal de faltas. Esta estrategia no solo tiene como objetivo reconocer las infraestructuras y las actividades arraigadas en el lugar, sino que también busca conferir un sentido de identidad a la comunidad de Despeñaderos.

En la segunda área, denominada bosque nativo, se decide conservar los silos de la Asociación de Cooperativas Argentinas con un uso exclusivo para el establecimiento educativo, sirviendo como depósito de los alimentos producidos por los estudiantes, pero también, como elemento simbólico de la historia del predio del ferrocarril y cultural de la ciudad. Aquí se propone el diseño de un bosque nativo con vegetación autóctona, zonificado según las características de cada tipo de flora seleccionada: se prevén sitios con vegetación en altura cuyo follaje es de hoja perenne, otorgando espacios acogedores de sombra durante todo el año y zonas de árboles de menor escala y arbustos que emiten aromas, aportando una experiencia sensorial al recorrido interior del parque. En las veredas perimetrales se diseñan paseos con vegetación que cambian el color de su follaje a tonos amarillentos y anaranjados en el otoño y un camino central que acompaña la traza longitudinal del predio del ferrocarril, con árboles aromáticos de altura que florecen en primavera, estimulando el olfato de los usuarios. La escasa vegetación existente del lugar se mantiene que junto con lo antes descrito crean un espacio de dispersión para los habitantes de la ciudad que rememora la identidad rural de la localidad.

En la tercera, denominada agro-ecológica, se sitúa el edificio del instituto técnico-profesional, ubicado en cercanía a la calle transversal propuesta que divide las macro manzanas. De esta forma se facilita el acceso directo e independiente al sector de metal-mecánica, respondiendo a los requerimientos propios de su función y al estacionamiento diseñado para uso exclusivo de los usuarios del establecimiento educativo. El instituto se inserta próximo al área de actividades deportivas, que se encuentra en la cuarta y última área del

<sup>1</sup> Escuela del Programa Avanzado de Educación Secundaria con énfasis en Tecnologías de la Información y de la Comunicación.

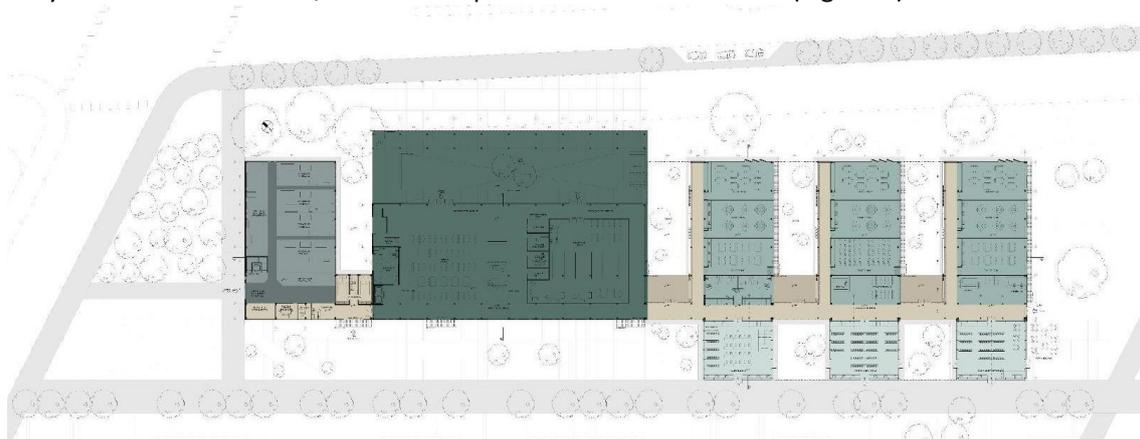
programa. En las inmediaciones del instituto se piensa el sector productivo, el cual se usará para ejercer prácticas agrícolas en huertas y vegetación en altura. En este sector se producirán alimentos y sustancias medicinales. El punto de encuentro será una plaza seca que permita conservar la antigua estación de ferrocarril de pasajeros como elemento patrimonial del lugar.

La cuarta y última área, como se mencionó anteriormente, se destina a actividades físicas e incluye canchas de fútbol, básquet, vóley, hándbol y tenis, una pista de patinaje, una pista de skate, palestra, posta de entrenamiento físico, gradas, un mirador y servicios. La decisión de ubicar estas actividades en este sitio se fundamenta por la existencia de infraestructuras similares y afines a este programa, como canchas y rampas de skate.

La propuesta busca integrar el proyecto educativo con el entorno urbano, aprovechando las preexistencias y generando nuevos espacios verdes y deportivos para la comunidad. Como la reactivación del ferrocarril es un tema de debate en los tiempos actuales, por considerarse una alternativa ecológica de transporte, se diseña el proyecto en su totalidad respetando la huella de las vías del tren existente, dejando un espacio verde sin follaje ni edificaciones, como recurso de diseño sostenible para evitar su posible futura demolición. Esta decisión articula con un plan urbanístico desarrollado por la entidad municipal denominado el “Parque de la vida” que propone la creación de un parque lineal en los espacios disponibles en las proximidades de las antiguas vías del tren, ubicadas al oeste de la Plaza Evita.

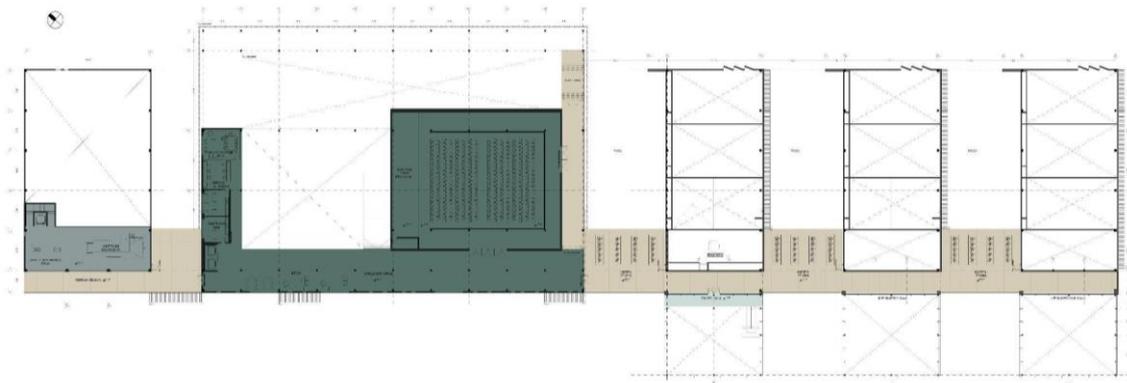
El proyecto arquitectónico se centra en un programa educativo que abarca dos especialidades principales: metal-mecánica y agropecuaria, alineándose con las actividades económicas locales, teniendo en cuenta que los habitantes constituyen la demanda del establecimiento. Su diseño se organiza según las cuatro actividades que allí se desarrollarán, las cuales son: espacio de metal-mecánica, espacio social, talleres, e invernaderos. Estas actividades se vinculan a través de una circulación lineal norte-sur (Figura 5) entre ellas y con el parque mediante huertas en la fachada sur de los invernaderos.

En el nivel de entresijos se ubican la sala de mecanizado del sector de metal-mecánica, el área social, un auditorio y huertas en la terraza, conectados por una circulación lateral (Figura 6).



**Figura 5.** Planta baja del proyecto “Instituto Técnico Despeñaderos”.

Fuente: elaboración propia.



**Figura 6.** Planta de entresijos del proyecto “Instituto Técnico Despeñaderos”.

Fuente: elaboración propia

Para el diseño del edificio se toma como punto de partida la importancia de su funcionalidad por tratarse de una arquitectura educativa con enfoque técnico. Esto se logra a través de la organización del diseño en módulos funcionales y autosuficientes, planificados para construirse en etapas sucesivas, como parte de la estrategia sostenible integral del proyecto.

La primera etapa se corresponde al módulo del área social, el cual cuenta con mayor complejidad constructiva que las demás y, en consecuencia, mayor utilización de recursos y tiempos de obra. La razón que lo fundamenta es que su función requiere espacios de mayores dimensiones, tanto en altura como en planta. Se propone una cubierta liviana de acero, material resistente y durable, que permite la eficiencia de las piezas y un rápido montaje. Esta obra no requiere de una mano de obra especializada constituyéndose una oferta laboral para los habitantes locales.

Para la elección del material, además, se tuvo en cuenta que, en Río Tercero, ubicada a 50km al sur de Despeñaderos, se concentra un importante desarrollo metalúrgico, lo que implica el uso de recursos disponibles en la región, favoreciendo la economía de la zona y evitando el transporte de larga distancia de los materiales.

Este módulo social se diseña con la premisa de crear un espacio que en su futuro podría mutar para responder a adaptaciones o nuevos usos. Para reducir el impacto que generaría su demolición parcial o total, la estructura es pensada como contenedora, con apoyos puntuales, de tal forma que permita albergar módulos en su interior resueltos con materiales alternativos de baja capacidad portante y prefabricados.

Para la segunda etapa constructiva, se planea el módulo que alberga el espacio de metal-mecánica, actividad principal de la institución, y la cual corresponde a una mayor rigurosidad de emplazamiento por las condiciones e instalaciones necesarias para su funcionamiento. Por ejemplo, necesita de un acceso independiente y diferenciado al ingreso principal de la institución, con exclusividad para el transporte de materiales, maquinarias y piezas fabricadas, ya que, es importante priorizar la seguridad de los usuarios, tanto estudiante como profesores y trabajadores del establecimiento.

El resto de los usuarios acceden por el interior del área social o, en ocasiones especiales, por el parque.

Los módulos poseen ingresos secundarios independientes para posibilitar su uso sin depender directamente del sector social, si así es requerido. En la planta baja de este establecimiento se encuentran, estrictamente señalizados, espacios con las maquinarias necesarias para desarrollar las actividades educativas y de producción metal-mecánica, su almacenamiento y control y el acceso al entrepiso donde se ubica la sala de mecanizado.

Si bien estas reglas funcionales condicionan el espacio de trabajo del sector de metal-mecánica, la estructura del mismo permite su mutación a lo largo del tiempo, entendiendo que las actividades y procesos que allí se desarrollarán no son estáticas y podrían ir cambiando en el tiempo, ya sea por requerirse una mayor eficiencia en la producción o por los cambios didácticos y pedagógicos que se implementen en el sistema de enseñanza.

En la última fase del proyecto, se planea la construcción de módulos de talleres teóricos/prácticos, integrando invernaderos. Estos espacios están interconectados por una circulación lineal en ambos planos, superior e inferior. Esta flexibilidad permite construir en etapas, agregar módulos en el futuro o incluso reducir el espacio, permitiendo una flexibilidad presupuestaria ante factores económicos, legales o de escasez de recursos.

La premisa clave para la sostenibilidad es la flexibilidad del espacio arquitectónico a largo plazo. La estructura independiente, compuesta por columnas mixtas de hormigón y acero, brinda la libertad de desarrollar espacios interiores sin restricciones significativas. Con doble altura y entrepisos, se adapta a las cambiantes necesidades de usuarios y actividades.

Otro de los elementos fundamentales a la hora de diseñar el edificio es la regularidad estructural, generando módulos de 3,00 m en una dirección y 6,00 m en la otra, utilizando eficientemente los materiales constructivos para evitar desperdicios. Esta estructura regular permite una previsión del comportamiento por parte de los diseñadores de forma precisa ante fenómenos ambientales, como viento y sismo, reduciendo incertidumbres en el diseño y asegurando un buen desempeño a lo largo del tiempo.

Se presta especial atención a los espacios que requieren mayor privacidad, como la zona de administración y la biblioteca. Estos espacios se diseñan también con criterio sostenible, utilizando materiales livianos, montados por vía seca para sus cerramientos, lo que permite su reutilización en el caso de ser necesario

alguna modificación. Se contempla el uso de materiales constructivos alternativos para los elementos no estructurales, cuya producción sea menos contaminante que la producción de materiales tradicionales, que sean también durables y que requieran poco mantenimiento (Figura 7).

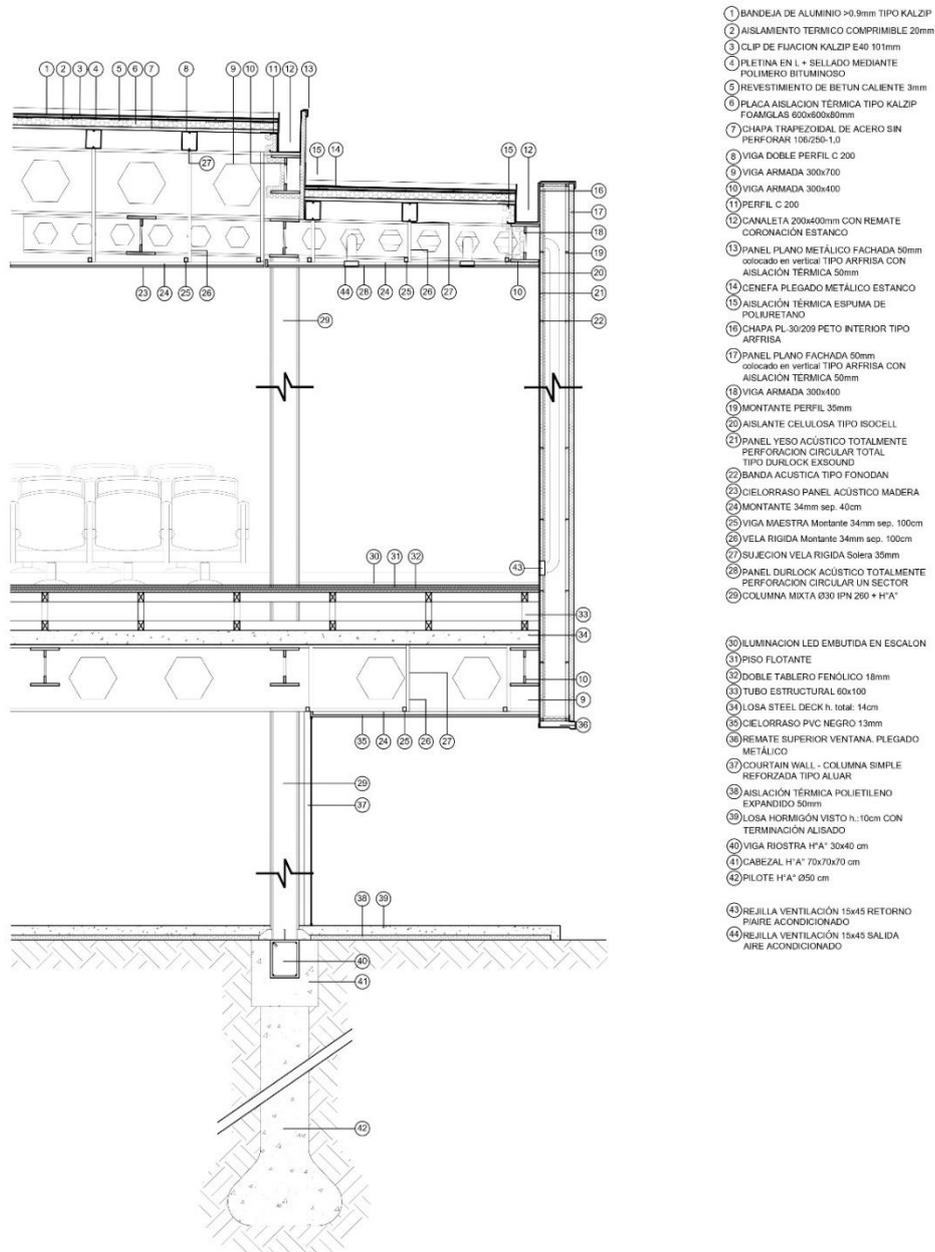
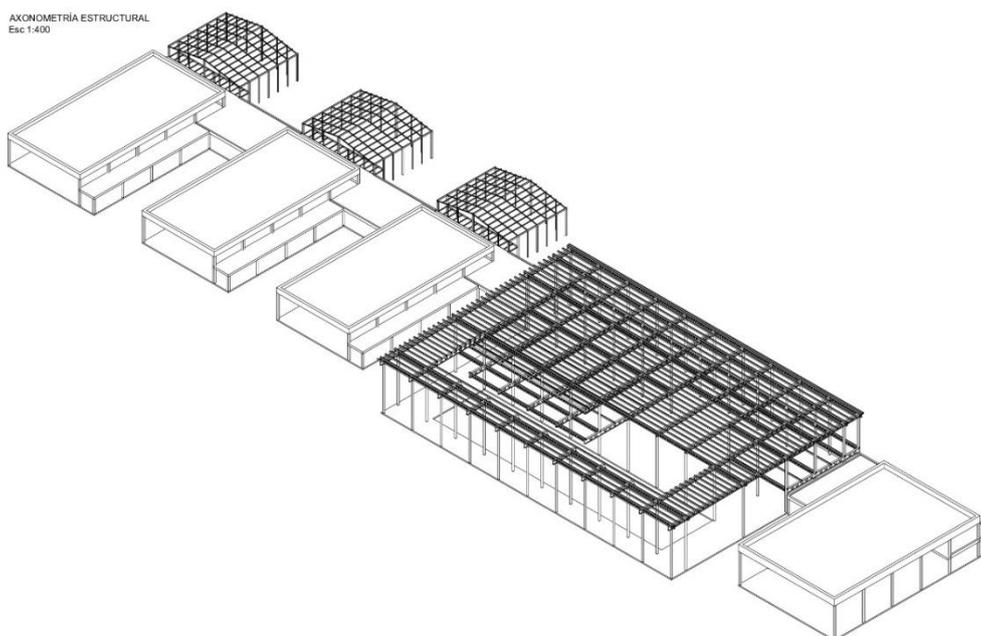


Figura 7. Detalle constructivo de la fachada principal del proyecto “Instituto Técnico Despeñaderos”.  
Fuente: elaboración propia



**Figura 8.** Axonometría estructural del proyecto “Instituto Técnico Despeñaderos”.  
Fuente: elaboración propia

## Reflexión final

Un diseño arquitectónico sostenible no solo implica el control del uso de recursos no renovables o la reducción del impacto ambiental durante la construcción, sino también la consideración del ciclo de vida del edificio y su capacidad para adaptarse a las necesidades cambiantes de los usuarios y el entorno, más allá de su vida útil. Como dice Hernández Moreno, “el Diseño Sustentable se relaciona estrechamente con el manejo del Ciclo de Vida de los Edificios, ya que, en cada etapa del proceso de creación del diseño, se encuentra una o varias fases del ciclo de vida de los edificios” (2008: 23).

A través de la creación de estructuras independientes y flexibles, se pueden diseñar edificios que perduren en el tiempo y contribuyan a un mejor aprovechamiento de recursos, sobre todo cuando estos no son renovables y producen gran impacto al medio ambiente durante su fabricación, como es el caso de los materiales tradicionales que se utilizan en la industria de la construcción. Al adoptar una estrategia de diseño sostenible y adaptable, se puede garantizar que los edificios del futuro sean funcionales, eficientes y respetuosos con el entorno natural.

La arquitectura sostenible no solo es una necesidad en términos de protección ambiental, sino que también es un desafío creativo para los arquitectos, quienes pueden aplicar su ingenio y conocimientos para crear edificios innovadores y perdurables en el tiempo sin perder de vista la seguridad de su estructura que es quien garantiza la estabilidad de la obra durante todo su ciclo de vida. Es por eso que, la arquitectura sostenible constituye una inversión a largo plazo para nuestro planeta y para las generaciones venideras.

## Bibliografía

- Acosta, D. (2009). Arquitectura y construcción sostenibles: Conceptos, problemas y estrategias. *Dearq*, (4), 14-23. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=341630313002>
- Álvarez, G. y Prados, S. (2021) El rol del diseño estructural en el grado de sostenibilidad de las intervenciones en edificios existentes (p.69-83). *De Res Architettura* (6), 69-83. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño - Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/drarchitettura/article/view/34527/34863>
- Bernabeu Larena, A. (2007). *Estrategias de diseño estructural en la arquitectura contemporánea. El trabajo de Cecil Balmond*. Tesis doctoral. E.T.S. Arquitectura (UPM). Madrid, España. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.910>
- Hernández Moreno, S. (2008). El Diseño Sustentable como Herramienta para el Desarrollo de la Arquitectura y Edificación en México. *Acta Universitaria*, 18(2), 18-23. Universidad de Guanajuato, México. ISSN: 0188-6266. <https://www.redalyc.org/pdf/416/41618203.pdf>

Prados, S.; Cardellino, A. (2020). Diseño estructural sostenible en Hormigón Armado. En: *VIII Jornadas de Investigación y II Jornadas de Investigación de Becarios y Doctorandos Encuentro y Reflexión: investigación + transferencia + desarrollo*. (p. 133-141). Editorial: FAUD-UNC. Córdoba.  
<https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/15566>