

PROYECTOS DE APRENDIZAJE Y SERVICIO DE ACÚSTICA EN LA ESCUELA DE EDIFICACIÓN

SERVICE-LEARNING PROJECTS IN ACOUSTICS AT THE SCHOOL OF BUILDING

David Caballol Bartolomé ⁽¹⁾, Mónica Morales Segura ⁽²⁾

¹ Departamento de Construcciones Arquitectónicas y su Control, ETSEM-UPM, Madrid, España, david.caballol@upm.es

² Departamento de Construcciones Arquitectónicas y su Control, ETSEM-UPM, Madrid, España, monica.morales@upm.es

RESUMEN

En este trabajo se presentan los proyectos de aprendizaje y servicio (ApS) que se vienen realizando desde hace cuatro años con los estudiantes del Máster Oficial en Innovación Tecnológica de la Edificación. Este Máster se imparte en la Escuela Técnica Superior de Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid, y tiene dos asignaturas relacionadas con la acústica, Introducción al Aislamiento Acústico y Acondicionamiento y Aislamiento Acústico.

Los proyectos consisten en la caracterización acústica a través de diferentes ensayos in situ para la resolución de los posibles problemas relacionados con el confort acústico de espacios docentes. Han sido tres centros, todos públicos, dos de ellos de educación primaria y el tercero de enseñanza para adultos.

Los resultados técnicos obtenidos han servido para que los centros puedan mejorar sus condiciones de aislamiento e inteligibilidad, en concreto en uno de ellos, sirvieron para que se acometieron obras de acondicionamiento, con lo que se pudo volver a caracterizar y comprobar la mejora obtenida.

En cuanto a los resultados académicos, las experiencias han sido muy satisfactorias. Los estudiantes valoran especialmente enfrentarse a problemas reales, desde la toma de datos hasta la realización final de los informes que incluyen recomendaciones de mejora. Les motiva principalmente poder aportar soluciones que pueden llevarse a cabo y mejorar condiciones concretas de un edificio.

Los centros educativos agradecen la información técnica recibida y los informes que les pueden ser de utilidad para mejorar sus instalaciones. En ocasiones, también han aprovechado nuestras visitas para mostrar a los estudiantes lo que hacemos y enseñarles conceptos básicos sobre el ruido.

Las complejidades burocráticas y la dificultad para conciliar horarios y espacios entre los centros educativos y la universidad son inconvenientes menores comparados con lo gratificante que resulta llevar a cabo este tipo de proyectos.

Palabras clave: ApS, Acústica, Ensayos in situ, Aislamiento acústico, Acondicionamiento acústico.

ABSTRACT

This paper explains the Service-Learning projects (S-LP) that have been implemented over the past four years with students of the Official Master's Degree in Technological Innovation in Building. This master's program is offered at the ETSEM of the UPM, and it incorporates two courses relating to acoustics: Introduction to Acoustic Insulation and Acoustic Conditioning and Insulation.

The projects involve acoustic characterization through various in situ tests, with the purpose of attending potential issues concerning to the acoustic comfort of educational spaces. Three public education buildings have participated in this study, two of which are dedicated to primary education and one to adult's education.

The technical outcomes have contributed positively to the institutions in improving their insulation and intelligibility conditions. Notably, in one of the schools, the results helped make renovation works possible, which allowed us to recharacterize and verify the improvements.

Regarding academic outcomes, the experiences have been overwhelmingly positive. Students have reported a high level of satisfaction with the practical, hands-on approach, which engages them to solving real-world problems. This process spans from data collection to the development of reports that include actionable recommendations for improvement. The students are primarily motivated by the opportunity to propose viable solutions that can be implemented to improve specific conditions within a building.

The educational institutions have expressed their gratefulness for the technical information and the reports that have proven valuable in improving their facilities. On several occasions, they have taken advantage of our visits to engage students by showcasing our work and introducing fundamental concepts related to noise and acoustics.

The logistical complexities and scheduling challenges inherent in coordinating activities between the educational institutions and the university are relatively minor obstacles when viewed in the context of the profoundly rewarding nature of this activity.

Keywords: S-LP, service-learning, acoustic, in situ test, acoustic insulation, acoustic conditioning

1. INTRODUCCIÓN

El Aprendizaje-Servicio (ApS) (Furco, 2011) es una metodología educativa que combina la formación académica con el servicio a la comunidad, permitiendo a los estudiantes aplicar sus conocimientos en contextos reales mientras contribuyen a resolver problemas sociales. Dentro del Grupo de Innovación Educativa “Actitud Constructiva” de la UPM, somos un grupo de profesores que llevamos desde hace más de 4 cursos desarrollando una experiencia ApS que aborda desafíos como el confort acústico y la convivencia en edificios y barrios.

Todo comenzó como una colaboración con el Colegio Público de Enseñanza Primaria Eugenio María de Hostos de Madrid durante el curso 2018-2019. El director del centro nos comunicó los problemas acústicos que tenían, principalmente, en el comedor escolar y en el gimnasio del centro.

Ante estos problemas, nos planteamos que posiblemente podríamos ayudarles, enfocando las prácticas de varias asignaturas del Máster en Innovación Tecnológica en Edificación (MITE) a los problemas específicos que nos plantearon.

Esta primera colaboración, se concibió “extraoficialmente”, sin saber que lo que estábamos haciendo era un proyecto de Aprendizaje y Servicio. Simplemente se propuso con el ánimo de ayudar a la institución y de que nuestros estudiantes aprendieran, por lo que no se desarrolló bajo el amparo institucional.

A partir de la excelente experiencia, que describiremos a continuación, nos planteamos institucionalizar los proyectos de Aprendizaje y Servicio en dos de nuestras asignaturas como metodología habitual. Las asignaturas demandaban la realización de ensayos in situ y dentro de nuestro edificio estábamos agotando los espacios a ensayar.

Una vez decidimos llevar a cabo esta metodología como algo permanente, iniciamos una búsqueda de información sobre Proyectos ApS con la intención de aprender de las experiencias de otros. En concreto, buscamos proyectos ApS realizados que se hubieran dedicado a temas de confort acústico. Sin embargo, no hemos sido capaces de encontrar proyectos que hayan hecho algo parecido (Paterlini, 2018), es habitual que los proyectos se centren en enseñar a los estudiantes otros aspectos como la ecología (Blanco, 2018), (González plaza, 2024), la diversidad (Estrella, 2017), o competencias, como las finanzas personales (Moreno, 2025). Los escasos proyectos que hemos encontrado que se centran en mejorar el entorno docente, se suelen enfocar en mejorar el diseño de los espacios de juego (Múñoz, 2024), (Fuentes, 2020). Esto nos ha dado una idea de lo novedoso de nuestra propuesta.

2. OBJETIVOS

Los objetivos que perseguimos en nuestros proyectos ApS, son los siguientes:

- Ayudar a los centros implicados a caracterizar sus problemas acústicos con precisión.
- Proponer soluciones viables y económicas a los problemas acústicos de los centros implicados.
- Incentivar en los centros educativos los estudios STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) y específicamente los de Ingeniería en la Edificación.
- Que los estudiantes:
- Aprendan a hacer ensayos acústicos en un entorno real (con problemas y casuísticas reales).
- Se familiaricen con la normativa acústica actual y sepan aplicarla.
- Experimenten y asimilen como realizar un informe técnico profesional
- Sean capaces de diseñar y presupuestar una posible solución los problemas detectados.

3. METODOLOGÍA

La metodología empleada en los proyectos abordados hasta ahora tiene tres fases principales, una primera fase de evaluación de los problemas acústicos, una segunda fase de enunciado de propuestas de solución a los problemas y una última fase de redacción de los informes técnicos correspondientes.

3.1 Primera fase

Se basa principalmente en la aplicación de las normas ISO 16283 (ISO 16283, 2020) y ISO 3382 (ISO 3382, 2009) para la verificación de los resultados obtenidos y su comparación con los límites normativos impuestos por el documento básico de protección contra el ruido del Código Técnico (CTE, 2019).

En las normas ISO 16283 se especifican los procedimientos para determinar: el aislamiento acústico a ruido aéreo entre dos recintos (parte 1), el aislamiento acústico a ruido de impactos entre dos recintos (parte 2) y el aislamiento acústico de Fachadas y Cubiertas (parte 3)

Mientras que la ISO 3382 en su parte 1 se centra en como medir el tiempo de reverberación y otros parámetros acústicos relativos al confort acústico en el interior de un espacio.

Estos procedimientos están destinados a volúmenes de recintos que van desde 10 m³ hasta 250 m³ en el rango de frecuencias desde 50 Hz a 5000 Hz. Para conocer los distintos valores se utilizan mediciones de presión acústica proporcionados a través de los equipos. Durante el ensayo se generarán una serie de datos, resultados y gráficas.



Figura 1: Explicación del funcionamiento de los equipos

En todos los casos, el aislamiento acústico a ruido aéreo medido depende de la frecuencia y se puede transformar finalmente en un valor único que caracteriza el comportamiento acústico y que permite comparar los resultados obtenidos con los límites normativos actuales.

En el procedimiento para determinar el tiempo de reverberación se obtienen los segundos durante los que persiste el sonido en el recinto después de que este ha cesado, el llamado TR. Este TR se compara con los límites normativos actuales según el espacio que estemos analizando.

También se obtiene la inteligibilidad de la palabra, y la percepción de la privacidad en un recinto que lógicamente dependen mucho del tiempo de reverberación.

Las distintas normas que contienen estos procedimientos son presentadas durante las clases, se les da tiempo fuera del aula para que las conozcan y preparen guías de ejecución del ensayo, con el objetivo de que el día de los ensayos tengan una base. Aun así, ese día se les explica el funcionamiento de los aparatos, del software y los procedimientos (figura 1).

En esta primera fase participan los estudiantes del Máster Mite y en ocasiones también se ha invitado a participar a alumnado de grado que estuviera interesado. Al mismo tiempo estudiantes del centro donde estamos realizando los ensayos son invitados a verlos.

3.2 Segunda fase

En esta fase, una vez que los estudiantes conocen los valores acústicos y su situación respecto de la normativa, se comparten las ideas entre los compañeros/as y se proponen soluciones que podrían resolver los problemas detectados.

Entre todos se buscan las mejores propuestas y entre las que se consideren apropiadas se escogen las de más sencilla aplicación y/o menor coste. Por otro lado, se descartan aquellas propuestas erróneas y son utilizadas por los profesores para afianzar y repasar conceptos básicos de la acústica de recintos que no han sido entendidos.

3.3 Tercera fase

En esta última fase, los estudiantes redactan un informe técnico empleando como base del documento los datos obtenidos, las soluciones propuestas y un índice de informe proporcionado por el profesorado.

Esta etapa es, con diferencia, la más complicada de todas.

En nuestra experiencia de estos años, los estudiantes, acostumbrados a redactar textos académicos de otros tipos, redactan todo tipo de propuestas floridas, generalistas y sin rigor que es necesario corregir, una y otra vez.

Aunque en la segunda fase parezca que hayan quedado claras las propuestas de mejora, a la hora de redactar el informe es habitual encontrar errores conceptuales importantes y propuestas poco realistas.

En el caso de que el informe incorpore un presupuesto, es necesario revisarlo punto por punto y dar retroalimentación constante de los errores cometidos.

Cuando el documento está pulido, revisado y finalmente listo. Los estudiantes firman el documento y se le envía al director o responsable del centro educativo.

La segunda y tercera fase es realizada por estudiantes de Máster.

4. RESULTADOS

Hasta ahora hemos actuado en tres centros madrileños de educación pública y en una vivienda particular representativa de un barrio concreto de la ciudad de Madrid.

Los resultados en cada uno de los casos fueron los siguientes:

4.1 CEIP Eugenio María de Hostos

Probablemente el caso más ilusionante de todos, por su resultado final.

Los principales problemas de este colegio eran de inteligibilidad y niveles de ruido en el comedor escolar y en el gimnasio. En su informe los estudiantes recomendaron una serie de soluciones de acondicionamiento acústico de los recintos, que se tuvieron que adaptar debido a la escasa altura de los techos.

La Dirección del colegio, encantada con la propuesta, solicitó a la Comunidad de Madrid el presupuesto necesario para realizar las obras. No recibió respuesta positiva por parte de la administración, pero la empresa concesionaria del comedor del colegio, asustada por los elevados niveles de ruido que tenían que soportar sus trabajadoras (y que aparecían en el informe), se ofreció a financiar las obras de mejora.

Tuvimos la suerte de poder volver al centro una vez acabadas las obras y realizar de nuevo los mismos ensayos (Figura 2). Con lo que nuestros estudiantes pudieron comprobar que las soluciones propuestas estaban funcionando. También pudimos explicar a varios grupos de los últimos cursos del colegio los trabajos realizados.

4.2 CEPA Entrevías

En este edificio se realizaron los cuatro ensayos citados en el apartado correspondiente a la primera fase. En este caso los estudiantes detectaron deficiencias en el aislamiento de una de las fachadas, entre dos aulas y en el acondicionamiento del mini-teatro que tenían en el interior del centro.

Propusieron soluciones que incluyen la sustitución de determinadas ventanas, el trasdosado de algunos muros medianeros entre aulas y el acondicionamiento acústico del teatro.

Aún desconocemos si alguna de las propuestas realizadas, se ha podido llevar a cabo.



Figura 2: Preparación de los ensayos en el comedor reformado del colegio. El tiempo de reverberación inicial de 1,81 seg. disminuyó con las medidas adoptadas a 0,78 seg.

4.3 Barrio Ciudad de los Poetas:

Se ensayó una vivienda típica del barrio (por sus dimensiones y fecha de construcción) cedida amablemente por un particular. Los estudiantes además de los informes acústicos habituales realizaron una encuesta, que se difundió en el barrio, en la que se indagaba por las fuentes de ruido más molestas para el vecindario.

Se obtuvieron 731 respuestas y con las conclusiones obtenidas se realizaron una serie de trípticos con guías de buenas prácticas que se ofrecieron a la Asociación de vecinos y las Comunidades de propietarios del barrio. En este caso, no solo se trabajó a nivel técnico sino también social, en el sentido de proporcionar soluciones que están relacionadas con el buen uso de los espacios y el respecto al resto de ciudadanos, más que a que obras de reforma que implican un coste económico.

4.4 CEIP Claudio Moyano:

Colegio público en el barrio conocido como Chamberí de la ciudad de Madrid. El edificio está situado una vía principal con tráfico muy elevado. Se trata de un edificio histórico rehabilitado por el Ayuntamiento de la ciudad.

Nuestros estudiantes detectaron dos problemas principales en este edificio. La escasa inteligibilidad en el aula que se empleaba como estudio de radio y el problema de no poder abrir, cuando hace calor, las ventanas de las aulas colindantes con la calle Cea Bermúdez, por culpa del elevado ruido exterior.

Se realizaron dos informes, en el primero se propusieron soluciones para el acondicionamiento acústico del aula-estudio de radio. Y en el segundo se propusieron opciones de ventilación forzada con silenciadores o sistemas de aire acondicionado silenciosos.

En este caso tuvimos la oportunidad de mostrar a los más pequeños el funcionamiento de los equipos, incluida la máquina de impactos que golpea el suelo con una serie de martillos de tal manera que parece un taconeo (figura 3).



Figura 3: Grupo de niños del colegio Claudio Moyano descubriendo el funcionamiento de una máquina estandarizada de impactos.

En todos los casos los estudiantes se tuvieron que enfrentar a edificios reales, de características muy distintas, con condiciones diversas y buscar las mejores alternativas para cada uno de ellos.

5. CONCLUSIONES

La mayoría de las conclusiones que podemos extraer de los proyectos ApS realizados son tremendamente positivas para los estudiantes, para la sociedad y para la universidad en su conjunto.

Para los estudiantes:

Hemos detectado un incremento de la motivación de los estudiantes implicados en los proyectos y una drástica reducción del absentismo. Hasta ahora, los días que hay que ir a hacer mediciones acústicas, no falta ningún alumno, nadie se pone enfermo, ni tiene inconvenientes. Además, no se muestran molestos por tener que desplazarse hasta barrios alejados o porque la jornada se prolongue más de lo habitual.

Nuestros estudiantes desarrollan competencias técnicas, pero también numerosas competencias transversales como son el trabajo en equipo, la comunicación con el “cliente”, la resolución de imprevistos, etc.

Los estudiantes adquieren un aprendizaje significativo al trabajar en casos reales, fomentando su compromiso con la sociedad e incrementando su rendimiento académico.

Para la sociedad:

Aporta conocimiento y propone soluciones a problemas reales que de otro modo difícilmente podrían ser abordados.

Transforma y mejora el entorno urbano mediante soluciones técnicas y participación ciudadana.

Fomenta el conocimiento de la universidad, de sus titulaciones y fortalece el vínculo entre la universidad pública y la comunidad.

Para la universidad:

Permite a la universidad desarrollar su tercera misión, transmitiendo y difundiendo el conocimiento.

Demuestra el compromiso de la universidad con la sociedad.

Facilita al profesorado el trabajo y la evaluación (si procede) de competencias genéricas.

Hemos institucionalizado la metodología ApS en las guías docentes de dos de nuestras asignaturas de Master porque estamos convencidos de sus ventajas.

Estamos incrementando el ámbito de actuación invitando a otras asignaturas de Grado o Máster a participar, sumando sus conocimientos y actividades a las nuestras. Los edificios tienen muchos aspectos a mejorar y dentro del grado de edificación se pueden abordar la mayor parte de ellos.

Estamos muy satisfechos y esperamos poder continuar con la labor que hemos realizado hasta ahora.

Los únicos puntos negativos que podemos destacar son:

La dificultad para llegar acuerdos con determinados centros públicos. Concretamente, en nuestra experiencia es muy complicado trabajar con los Institutos de Educación Secundaria de Madrid.

Año tras año se van implementando mejoras, pero la necesidad de presentar un proyecto ApS “novedoso” cada año para que sea financiado por la Universidad es difícil. No entendemos la exigencia de incluir la novedad como un parámetro necesario para la aprobación del proyecto. Un proyecto puede haber salido muy bien y como ha sido tan bueno... se repite año tras año ¿Por qué no?

La escasa y extremadamente rígida financiación que se recibe en cada proyecto aprobado. Solo se admiten gastos de material fungible y muchas veces no es lo que el proyecto necesita.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blanco, P. J. C., Carrillo, G. D., Miranda, M. J., & Camacho, C. V. (2018). Jornada de aventura “Superhéroes en la ecoescuela: Una experiencia de aprendizaje servicio para conectar la universidad y el colegio. *EmásF: revista digital de educación física*, (54), 114-123. <https://investiga.upo.es/documentos/61b37c1e87eef62de67ce146>
- CTE DB-HR Real Decreto 732/2019 de 20 de diciembre. MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-18528
- Estrella, Á. M. C., Pareja, E. M. D., & Tudela, J. M. O. (2017). Aprendizaje-servicio en la universidad: Ayudando a la escuela a atender a la diversidad a través de las TIC. *Bordón: Revista de pedagogía*, 69(3), 73-87. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2017.51320>

- Fuentes, J. L., Martín-Ondarza, P., & Corcobado, P. R. (2020). El espacio como lugar para la educación cívica: diseño de un patio escolar mediante un proyecto de Aprendizaje-Servicio. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 23(1), 149-167. <https://doi.org/10.5944/ried.23.1.24496>
- Furco, A. (2011). El aprendizaje-servicio: un enfoque equilibrado de la educación experiencial. *Revista Educación Global*, 64-70. <https://www.zerbikas.es/wp-content/uploads/2015/09/0406FURapr.pdf>
- González Plaza, M. I. (2024). *Propuesta de intervención para promover la conciencia ambiental a través del reciclaje y la metodología de Aprendizaje-servicio en 2º ciclo de Educación Infantil* (Bachelor's thesis). https://repositorio.ucam.edu/bitstream/handle/10952/8422/Gonz%c3%a1lez_%20Plaza_%20Maria%20Isabel.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ISO 16283 Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. (3 partes). International Organization for Standardization. 2020. Geneva, Switzerland. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0057030>
- ISO 3382-2 Medición de parámetros acústicos en recintos. Recintos ordinarios. 2009. International Organization for Standardization. 2020. Geneva, Switzerland. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0042473>
- Moreno, C. A. F., Tallia, P. G. Z., Sánchez, E. J. K., & Fuentealba, C. L. D. (2025). Aprendizaje-servicio en finanzas personales: una experiencia práctica. *Revista Educación*, 49(1). <https://doi.org/10.15517/revedu.v49i1.61283>
- Muñoz, A., Calvillo, G., Arbaizar, I., & de Goñi, F. (2024). Renaturalización de los patios escolares del Centro de Educación Infantil y Primaria (CEIP) Joaquín Dicenta, Madrid. Experiencias de Aprendizaje y Servicio de la UPM. <https://oa.upm.es/88703/>
- Paterlini, L., Garzón, B., Panire, G., & Villarrubia, V. (2018) Experiencias y alternativas para la concienciación acústica en el hábitat escolar en el Gran San Miguel de Tucumán, Argentina.