

## LA PARED VENTILADA EN EL NOA EN BASE A MATERIALES RECICLADOS

Eje 2: Tecnología para la construcción sustentable

**Arq. Doz Costa Marcela<sup>1</sup>**

**Arq. Pacheco Jorge<sup>2</sup>**

**Arq. Fajre Nora<sup>2</sup>**

**Arq. Elsinger Enrique<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, mdozcosta@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, jorpac@gmail.com

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, nfajre@gmail.com

<sup>4</sup> Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, arqelsinger@gmail.com

### RESUMEN

En la actualidad, uno de los problemas que se plantea a nivel mundial, es la necesidad del ahorro energético en la edificación. En ese sentido la tecnología de fachada ventilada, como sistema de revestimiento ligero exterior, constituye una respuesta válida en la medida que contribuye a reducir los problemas de frío en invierno con la incorporación de una capa continua de aislamiento térmico que impide la fuga del calor y se traduce en un ahorro en calefacción. En verano, la cámara ventilada entre el cerramiento y el muro del edificio produce una renovación continua por aire más fresco, impidiendo que el incremento de calor exterior afecte al interior de la vivienda.

Los problemas ambientales generados por el inadecuado manejo de los residuos en zonas urbanas, rurales y especialmente en las zonas industrializadas de los municipios, amenazan la sostenibilidad y la sustentabilidad ambiental. La reutilización de bienes o productos desechados constituye un proceso mediante el cual los productos de desecho son nuevamente utilizados y son numerosos los beneficios que se obtienen con su práctica, entre los que podemos mencionar, la preservación de los recursos naturales, reducción de basura, disminución de la contaminación, ahorro de energía, creación de empleos, todos de gran importancia tanto para el medio ambiente como para el ser humano.

Atendiendo las necesidades antes mencionadas, nos proponemos en el presente trabajo “el estudio de los aspectos constructivos de un prototipo de pared ventilada”, pensada para viviendas individuales o colectivas de baja altura, con la reutilización de materiales, según criterios tecnológicos, económicos, sociales y medioambientales.

El estudio de esta línea de investigación propone soluciones constructivas de aplicación para la región del NOA.



Estas soluciones presentan el estudio pertinente a las características de la región y propone mejoramientos para la práctica de obra ya implantada en el medio.

## **PALABRAS CLAVES: PARED - VENTILADA - MATERIALES - RECICLADO**

### **1. INTRODUCCION**

Las industrias son generadoras de importante cantidad de desperdicios, de gran diversidad y con distintos niveles de peligrosidad. Entre ellas, se puede mencionar a la industria de la construcción como una de las que más negativamente afecta al medio ambiente, se estima que consume el 50% de los recursos extraídos y el 40% de la energía urbana y produciendo el 50% del total de los desechos generados (Ferrero Ibarquén, 2015)

No todos los materiales descartados se constituyen en residuos, en numerosas ocasiones algunos pueden tener usos en otros procesos o actividades, convirtiéndose en subproductos que adquirirán un valor de mercado y serán capaces de producir ingresos a su generador en la medida que sean reutilizados y requeridos.

La crisis desencadenada en los últimos años y el creciente interés por el cuidado del medio ambiente nos lleva a buscar alternativas que potencien la sostenibilidad de nuestras construcciones minimizando su impacto. A partir del riesgo que implica la continuidad del hombre sobre la tierra en un futuro próximo, es que en los últimos años surge el concepto de sustentabilidad, las disciplinas implicadas en ello afrontan la problemática de encontrar soluciones que no comprometan el desarrollo y la permanencia de futuras generaciones y al mismo tiempo que sean aceptadas por la sociedad y realizables desde lo económico y tecnológico.

En el presente trabajo se aborda la temática desde dos perspectivas, desde el punto de vista del uso de los materiales, nos enfocamos en la revalorización de la madera y el poliestireno expandido, ya que su reciclaje implica introducirlos nuevamente en el ciclo de vida ante la perspectiva del agotamiento de recursos naturales y para eliminar de forma eficaz los desechos. Desde el punto de vista constructivo, se recurre al uso de la pared ventilada como una técnica constructiva eficaz para lograr el ahorro energético de los edificios y aboga por un sistema constructivo que facilite su desmontaje para facilitar la separación en el caso de un futuro reciclaje.

### **2. LA CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL MACIZA Y SU EVOLUCIÓN**

La denominada “construcción tradicional maciza”, o “construcción pesada”, es una de las técnicas de edificación más antiguas y universal. Ni la aparición de otros materiales y otras técnicas, la han marcado como obsoleta. Durante los casi 5000 años de uso siempre predominó en la delimitación de los espacios habitables la pared de una hoja que resuelve, según su espesor y características del material, todas las funciones que debe cumplir: su capacidad portante, como aislante climática y de protección a los agentes exteriores, etc.

Desde fines del siglo XIX e inicios del XX se produjo un gran salto tecnológico en la construcción, separando las funciones estructurales de las de cerramiento. Los edificios en altura comienzan a ser resueltos con una estructura de esqueleto de hormigón armado y las paredes con mampostería de ladrillos. Este cambio afectó directamente a las paredes, dejando atrás los muros portantes de



un solo material, “fachadas de mampostería pesada o sillería”, para dar lugar a paredes de escasos centímetros de espesor (Paricio, 1998).

Además, hacia fines de 1850 hacían irrupción en el mercado de materiales de la construcción los ladrillos huecos. Esta novedad planteaba no solo el problema de estabilidad de los muros por su escaso espesor sino problemas de resistencia a la intemperie (Technical Notes 21, 1998).

Este nuevo concepto, el de las paredes sin función portante y delgadas, construidas con mampuestos huecos, desvió la atención de las consideraciones estructurales y se enfocó en desarrollar mejoras en el aspecto del confort, ya que la reducción del espesor implica la pérdida de capacidad en otras funciones que debe cumplir el cerramiento como ser la protección climática, aislación termoacústica, etc.

Como respuesta a esta situación se desarrollaron las paredes de dos hojas, en principio paredes pesadas (Paricio, 1998).

### **3. PARED PESADA DE DOS HOJAS**

La pared de dos hojas pesadas consiste en dos paredes de mampostería separadas, levantadas una a la par de la otra dejando una pequeña distancia entre ellas.

Después de un largo periodo de predominio del muro macizo de una hoja, los británicos “redescubren” la pared hueca en el Siglo XIX, presentando una estructura que responde al concepto actual “de pared

de dos hojas”. Hay planos que se remontan a 1805 que dan cuenta de paredes “separadas” y vinculadas puntualmente mediante ladrillos transversales a través del hueco. Recién alrededor de 1850

se comenzaron a utilizar vínculos metálicos y la denominación “Cavity Wall”.

En el idioma español a cada una de estas dos paredes se las llama “hoja” y se las integra con la expresión “pared de dos hojas”. Para ello es necesario que ambas hojas estén regularmente vinculadas mediante conectores puntuales. Cada hoja puede ser construida con distinto tipo de mampostería.

Esta pared de dos hojas aísla más eficientemente que la pared maciza de una sola hoja. La humedad que absorbe la hoja exterior puede drenar por la cámara intermedia y ser canalizada hacia fuera en el pie de ésta.

En esta cámara intermedia se puede agregar una capa termoaislante, con lo cual se denomina a esta estructura como “pared de dos hojas con ventilación y capa termoaislante”. Si el espacio intermedio está totalmente relleno con material aislante, se denomina pared de dos hojas con núcleo aislante o “pared sándwich” de dos hojas.

La pared de dos hojas se usa tanto como cerramiento no portante vinculado a esqueletos resistentes o como pared portante. En este último caso, suele ser la hoja interior de mayor espesor la que cumple con la función portante, mientras que la exterior es de menor espesor y con funciones climáticas.



En las soluciones constructivas se observa en nuestro medio una marcada tendencia a resolver la hoja exterior en ladrillos macizos comunes a la vista (pared de 15 cm), la cual se protege con pinturas transparentes e impermeables. A la cámara de aire se le incorpora un aislante térmico rígido de 5 cm de espesor (generalmente se utiliza poliestireno expandido de alta densidad) y a la hoja interna se la resuelve con ladrillos huecos de 8 o 12 cm revocados (Fig.1).



Fig. 1. Detalle de sector de pared doble, de ladrillo visto.  
Fuente: Fotografía de los autores.

La cámara de aire puede ser cerrada, estanca, o ventilada. Las que responden al último caso son conocidas como “paredes ventiladas”.

#### 4. LA PARED VENTILADA

La pared ventilada es la que se caracteriza por resolver la estanquidad al agua por medio de una cámara drenante continua en todo su plano. Para la definición de dicha cámara se precisan dos hojas que la limiten: la exterior, normalmente de juntas abiertas, y la interior.

Dado que los requerimientos que debe satisfacer el cerramiento para la obtención del adecuado nivel de confort no se pueden reducir, las funciones exigidas a cada una de estas hojas son varias. Para la hoja exterior, salvo la estanquidad al agua, una cierta aportación a la aislación acústica y a la disipación de la radiación directa del sol por convección en el interior de la cámara; el resto de los requerimientos quedan delegados a la hoja interior.

La evolución de este cerramiento fue el de sustituir la hoja exterior pesada, de mampostería de ladrillo, por otra liviana. Por supuesto que en esta sustitución no se debían perder los atributos que poseía la anterior. Se trata de sustituir el muro apoyado de ladrillo por una hoja exterior, formada por unas piezas ligeras colgadas de la hoja interior mediante fijaciones (Paricio, 2006). Entonces se comienza a hablar de una “fachada ligera”, o con más propiedad una “fachada ventilada ligera” (Fig. 2 y Fig. 3).



Fig. 2 Hoja exterior de grandes piezas de gres cerámico.  
Fuente: Internet.



Fig. 3 Fachada ventilada en proceso de ejecución.  
Fuente: Internet

## 5. LA PARED VENTILADA DE MADERA CON HOJA INTERIOR DE MAMPOSTERIA

Tal como se explica en el párrafo anterior, reemplazando la hoja exterior pesada por otra liviana, se obtiene un cerramiento vertical de tecnología mixta. La hoja exterior de construcción en seco y la interior por vía húmeda, dos técnicas diferentes conviven en un mismo elemento constructivo. La hoja exterior confía en el desarrollo tecnológico, la interior lo hace en las capacidades de la mano de obra. La primera es limpia y seca, mientras la otra va acompañada de una considerable generación de escombros y de aglomerantes que necesitan de la presencia de agua, lo que conlleva un tiempo de fraguado y secado (Paricio y Pardal, 2006).

Una de las variantes posible es que para la hoja exterior se utilice como material la madera. En este caso se necesita una estructura soporte de esta hoja exterior, que se basa en una trama plana de elementos lineales (montantes, travesaños y diagonales). La rigidización de esta trama ante fuerzas horizontales coplanares se puede realizar de dos formas:

- 1- con la triangulación mediante diagonales (Fig. 4).
- 2- con la utilización de un revestimiento colaborante (Fig. 5).



Fig. 4 - Rigidización con triangulación mediante diagonales. Fuente: Internet.



Fig.5 - Rigidización con revestimiento colaborante  
Fuente: Internet.





Los sistemas tradicionales materializan la hoja exterior con tablas que pueden disponerse en forma vertical (Fig. 6), horizontal (Fig. 7) o diagonalmente. Con respecto al tipo de juntas, es posible utilizar abiertas o cerradas, aunque en la actualidad es frecuente recurrir al sistema constructivo de fachada ventilada con junta abierta, la cual permite la ventilación del revestimiento en todas sus caras y evita condensaciones en el interior del muro.



Fig. 6 - Fachada ventilada de madera con lamas verticales. Fuente: Internet



Fig. 7 Fachada ventilada de madera con lamas horizontales. Fuente: Internet

## 6. RESIDUOS. REHUSO, REMANUFACTURA Y RECICLAJE

Residuo, palabra de origen latino (*residuum*), es definida en el diccionario de la lengua española de la Real Academia Española como: “material que queda inservible después de haber realizado un trabajo u operación”.

Una primera clasificación de los residuos puede hacerse de acuerdo con su estado, resultando residuos, sólidos, líquidos o gaseosos. Los sólidos son los que revisten un particular interés, a los efectos del presente trabajo. Estos pueden dividirse en diferentes categorías en base a distintos criterios: según el origen de estos podemos encontrar, residuos domiciliarios, industriales, comerciales, institucionales, públicos, etc.; de acuerdo con su composición encontramos materia orgánica, vidrio, metal, papel, textiles, plásticos, inertes y otros y en relación a su peligrosidad, pueden ser tóxicos, reactivos, corrosivos, radioactivos, inflamables, infecciosos. (Ferrero Ibargüen, 2015)

En la actualidad, la presencia de grandes volúmenes de residuos o desperdicios constituye uno de los apremiantes problemas a nivel mundial. Esta situación se plantea como consecuencia del crecimiento de la población, el sobreconsumo y una cultura de producción que privilegia lo desechable por sobre lo retornable.

“Según datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el mundo produce anualmente unos 13.000 millones de toneladas de residuos, de los cuales no se recoge ni se somete a tratamiento ni la mitad de ellos y se pronostica que dicha cifra aumente un 70% para el 2025.” (Ferrero Ibargüen, 2015)



*“...podemos afirmar que por cada tonelada de residuos que se genera en el momento del consumo de cualquier producto, se han producido 20 toneladas de residuos en el proceso de extracción de las materias primas necesarias para su producción y 5 toneladas de residuos durante el proceso de fabricación...”.* (Pérez Gómez, 2010). Esta situación, demuestra la ineficiencia del modelo lineal de producción y consumo utilizado por el hombre, lo que implica una gran pérdida de energía en su desarrollo.

A esta situación hay que sumarle el incorrecto manejo y disposición final de los residuos que provocan un impacto negativo tanto en las personas como en el medio ambiente, entre los que podemos citar la degradación de los servicios ecosistémicos, la pérdida de biodiversidad y el cambio climático. Simultáneamente se ve afectada la disponibilidad de alimentos, agua y energía, promueve desastres naturales y epidemias y origina conflictos por los recursos.

La tendencia debe estar dirigida entonces, a realizar un total aprovechamiento de cada recurso extraído de la naturaleza, minimizando los residuos generados. Para su consecución surgen diferentes estrategias, unas vinculadas con el diseño con conciencia ecológica, social y económica, a la revalorización de los desperdicios.

Podemos encontrar tres métodos de revalorización, el reuso, la remanufactura y el reciclado, que implican tres procesos diferentes.

El reuso, se refiere a volver a aprovechar el producto con la función para la que fue creado, tras ser utilizado y descartado, es recolectado, acondicionado y puesto nuevamente en circulación (botellas retornables).

La remanufactura, es un objeto que se ha manufacturado nuevamente, es el resultado de una restauración o modificación de otro que se había fabricado y utilizado anteriormente (cartuchos de tinta para impresoras).

El tercer método que se puede emplear es el reciclado, proceso en el que se recupera por medio de transformaciones las propiedades de la materia para utilizarla en un nuevo diseño, implica dar una nueva vida al material (baldosas en base a caucho reciclado).

## **7. PROTOTIPO PARED VENTILADA. MATERIALES**

Son numerosos los materiales reciclados que pueden emplearse nuevamente en la construcción, entre los que podemos mencionar: polietileno; moqueta, plástico, vidrio, aluminio, etc.

A los fines de nuestro trabajo revisten particular interés:

- La madera natural, como las tablas de pallets, tarimas surgidas en la industria del embalaje y el transporte, con posibilidades de utilizarse tanto en el interiorismo como en la construcción (Fig. 8 y Fig. 9). Constituyen en sí mismas una pequeña estructura que gracias a su diseño puede soportar grandes cargas y presentan además elevadas posibilidades de unión y combinación.
- Los residuos de madera, empleados por ejemplo en la fabricación de tableros industriales como el OSB de laminillas prensadas de madera (Fig. 10) o tirantillos de madera reconstruida en base a fibras y viruta de madera prensadas (Fig. 11), utilizados en la construcción de paredes exteriores y otros elementos constructivos.



Fig. 8 - Vivienda realizada con madera de pallets  
Fuente: Internet



Fig.9 - Casa MB. Sistema de fachada ventilada.  
Uruguay. Fuente: Internet



Fig. 10 – Paredes exteriores con tableros de OSB  
Fuente: Internet



Fig. 11 - Tirantillo de madera reconstruida  
Fuente: Internet

- El poliestireno expandido, utilizado en el sector del envasado, embalado y la construcción principalmente como aislante térmico. Los residuos obtenidos pueden ser de origen industrial, comercial o doméstico (Fig. 12) y una vez reciclados mecánicamente a través de diferente formas y para distintas aplicaciones, entre otras pueden fabricarse nuevas piezas (Fig. 13); mezclarse con la tierra para mejorar el drenaje y la aireación, o tras su molido a diferentes granulometrías puede mezclarse con otros materiales de construcción para fabricar ladrillos livianos y porosos, morteros y enlucidos aislantes, hormigones livianos, etc.



Fig. 12 – Residuos de poliestireno expandido  
Fuente: Internet

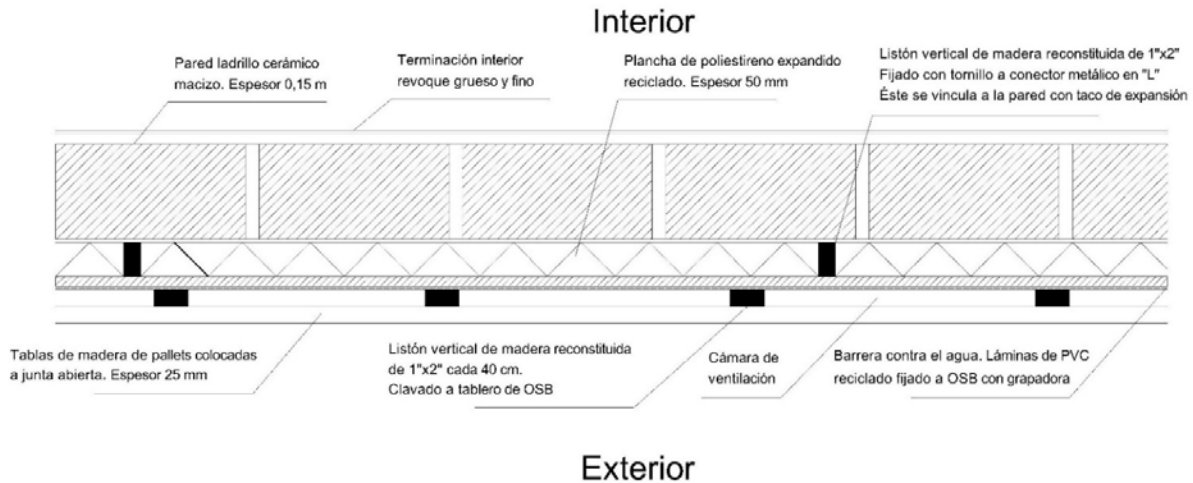


Fig. 13 – Planchas de EPS expandido reciclado.  
Fuente: Internet





El presente estudio busca profundizar en los aspectos constructivos de un prototipo de pared ventilada en base a la utilización de materiales reciclados, solución constructiva que posibilita “refrigerar o ventilar” la pared exterior y así reducir las cargas térmicas de las edificaciones principalmente en verano.



## SECTOR PLANTA

Fig. 14 – Detalle del sector en planta. Elementos constitutivos de la pared ventilada. Fuente: Dibujo de los autores

La pared ventilada está compuesta por capas interpuestas, una hoja interior opaca de mampostería de ladrillos macizos comunes, donde se fijan listones verticales de madera reconstituida de 1" x 2". La vinculación a la hoja interior se realiza por medio de un conector en L, atornillado al listón y fijado a la pared con taco de expansión y tornillo. Entre los listones verticales, se ubica la aislación térmica de poliestireno expandido alta densidad, de 50 mm de espesor. Como placas rigidizadoras ante fuerzas coplanares, se colocan placas de OSB de 15 mm, clavadas a los listones verticales ya mencionados y protegidas contra la humedad con láminas de P.V.C. reciclado fijadas con grapadora.

La hoja de terminación al exterior se resuelve con tablas de pino de pallets de 1" de espesor, previamente tratadas contra diferentes tipos de plagas. Son colocadas en forma horizontal con junta abierta y clavadas a listones verticales de pino de 1"x2", ubicados cada 40 cm, delimitando de esta manera una cámara de ventilación. La madera de pino se protege con barniz al agua, que posee un reducido impacto sobre el ambiente, no emite vapores tóxicos y contaminantes al ambiente (Fig. 14).

Al diseñar una pared ventilada con las tablas dispuestas horizontalmente y con junta abierta, se garantiza la ventilación del revestimiento y todas sus caras, y evita condensaciones en el interior del muro. Es necesario tener en cuenta ciertas consideraciones constructivas en cuanto a la resolución de las juntas y sus funciones. Por un lado, estas deben garantizar el libre movimiento de las piezas como consecuencia de la dilatación que pudiera producirse y evitar también la absorción del agua por capilaridad. Atendiendo a estos requerimientos, es recomendable no colocar las tablas demasiado próximas. Por regla general se adopta 8 mm como mínimo, en nuestro caso adoptamos 10 mm, medida que no será constante, debido a que no todas las tablas de la madera de pallets presentan el mismo ancho.



Otras medidas a tener en cuenta para garantizar la evacuación del agua, es conferirle al borde inferior una pequeña inclinación con el fin de que el agua no quede retenida en esos puntos. (Fig. 15).

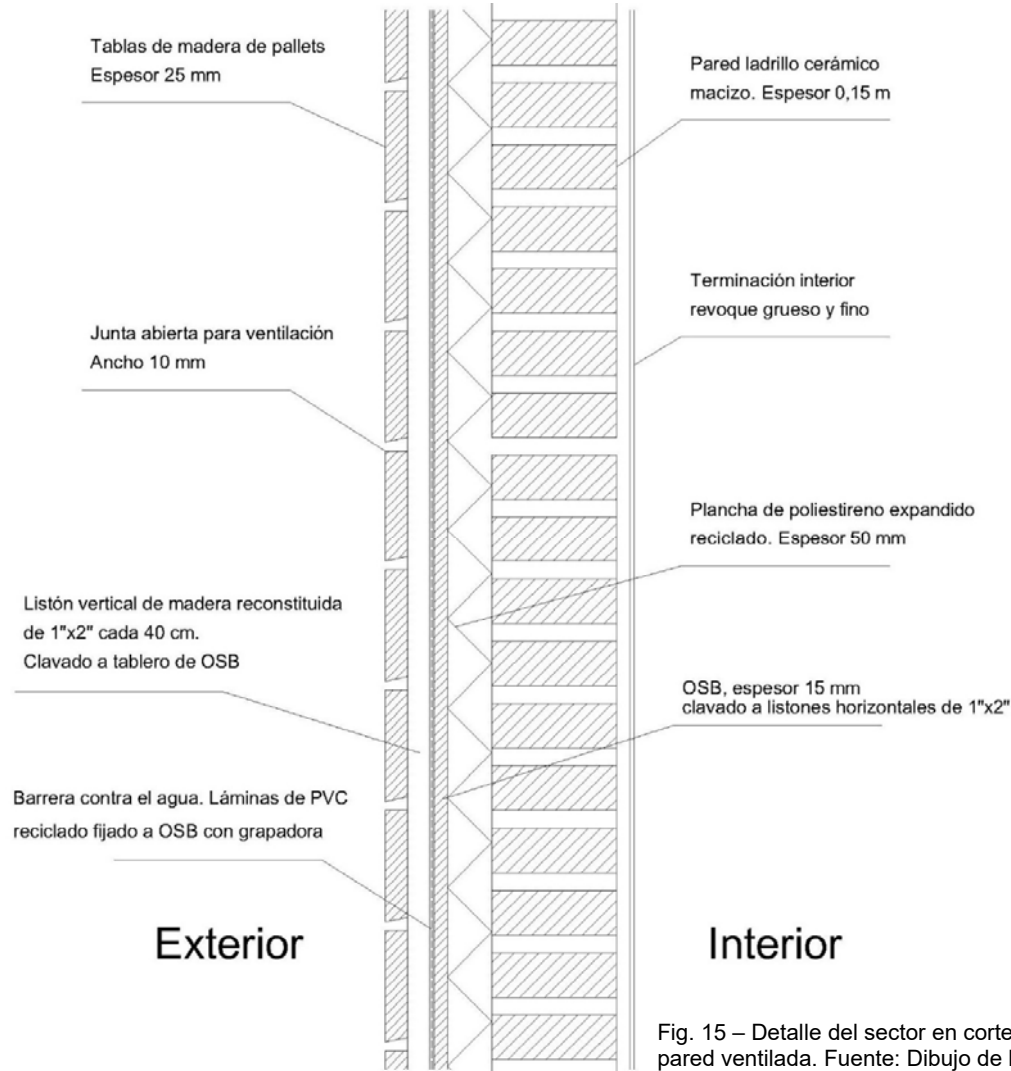


Fig. 15 – Detalle del sector en corte de la pared ventilada. Fuente: Dibujo de los autores

## 8. CONCLUSIONES

- La tipología constructiva de “Fachada Ventilada” se impone cada vez más a nivel internacional y en algunas regiones de la Argentina, ante los requerimientos de un menor consumo energético y de protección del medio ambiente. La tendencia constructiva es el de reemplazar una o ambas hojas por construcción con tecnología en seco, sustituyendo la mampostería por un entramado con placas de cierre.
- El empleo de materiales reciclados junto con técnicas de construcción sencillas en la materialización de paredes ventiladas en el N.O.A., contribuyen en forma directa a una optimización del edificio desde el punto de vista energético.
- La incorporación de materiales reciclados en nuevos procesos productivos disminuye los grandes volúmenes de residuos y a la vez permite la recuperación de materia prima y energía, cerrando los ciclos de producción, consumo, reutilización.



- La utilización de desechos en la fabricación de nuevos productos es eficiente tanto desde el punto de vista ecológico como económico, en la medida que la recuperación de materiales puede generar un mercado alternativo de productos, que por haber sido utilizados anteriormente resulten más económicos.

## CITAS

- Bernstein, D.; Champetier, J. y Peiffer, F. (1985). Nuevas técnicas en la obra de fábrica. El muro de dos hojas en la arquitectura de hoy. Barcelona (España). Ed. G. Gili.
- Bento Fernández, M. (2000). Los sistemas de cerramiento de fachadas ventiladas y el CTE. Barcelona (España). Ed. Hispalyt.
- Brick Industry Association (1998). Technical Notes on Brick Construction, N° 21B. Virginia, USA.
- Ferrero Ibarguen, M. J. (2015). Materiales de descarte industrial y su aplicación en el diseño de la vivienda social.
- Paricio, I. (1998). La fachada de ladrillo. Barcelona (España). Ed. Bisagra.
- Paricio, I. y Pardal, C. (2006). La Fachada Ventilada y Ligeras. Barcelona (España). Ed. Bisagra.
- Pérez Gómez, J. (2011). Gestión de Residuos Industriales. Daphnia 56. Madrid (España). Paralelo Edición S.A.

## BIBLIOGRAFIA

### Libros

Doz Costa, M., Fajre, N., Elsinger, E., Pacheco, J. y Holgado, P. (2013). *Cerramiento Vertical Exterior con Tecnología en Seco en el N.O.A. 6º Congreso Regional de Tecnología de las facultades del Arquisur.*

Hanono, M. (2001). *Construcción en madera.* Rio Negro. (Argentina). Ed. Cima.

Holgado, P. y Fajre, N. (2003). *Introducción a la construcción con madera.* Tucumán (Argentina). Ed. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. U.N.T.

Sánchez de Colacelli, M. R., Costilla, M., Gallardo, H., Salvatierra, A., Leguizamón, J. (2006). *“Construcción y Sustentabilidad”.* Publicado en el Libro de Memorias del X Congreso Arquisur.

Villasuso, B. (2004). *La madera en arquitectura.* Buenos Aires (Argentina). Ed. El Ateneo.

### Revistas

Detail (2001). *Revista de Arquitectura y Detalles Constructivos.* Fachadas. Bilbao (España) Editorial Det.

Tectónica (1996), *Monografías de Arquitectura, Tecnología y Construcción.* Fachadas Ligeras. Madrid (España). Editorial ATC Ediciones.

Informes de la Construcción nº 499-500 (2005). Monjo Carrió, J. *La evolución de los sistemas constructivos en la edificación. Procedimientos para su industrialización.*