

## CAPÍTULO 6

### CASOS DE ESTUDIO: FASE DE DISEÑO

El capítulo 6 expone los casos de estudio desarrollados hasta la fase de diseño por parte del equipo de autores. La exploración de formas y geometrías ha contribuido a la demostración de la eficiencia de los criterios de diseño en productos para la construcción.

Aunque el ejercicio de proponer nuevos productos desde diseños de geometrías y superficies más complejas parece netamente estético. La contribución a la mitigación de la transferencia de calor es un avance para la transformación de industrias cerámicas y arcilleras tradicionales que se han conformado con una oferta limitada de soluciones constructivas.

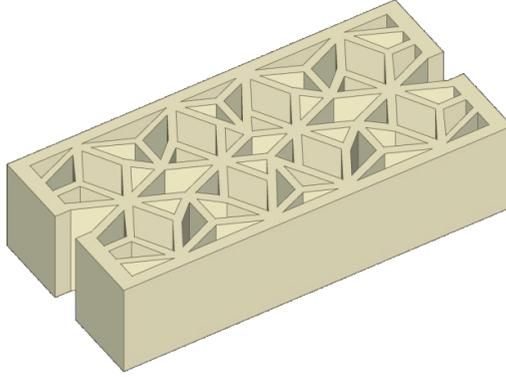
La metodología implementada en todos los casos es la apropiación de conceptos de los criterios de diseño expuestos en el capítulo 4 y la descrita en el capítulo 3 para los procesos de simulaciones de distribución de temperaturas y flujos de calor.

Los productos desarrollados en fase de diseño son:

- » Ladrillo caravista con Geometrías Disipadoras (GD-1, GD-2, GD-3)
- » Ladrillo ventilado (CAV-1, CAV-2, CAV-3)
- » Ecodiseño curvo con aditivos de nutrientes tecnológicos

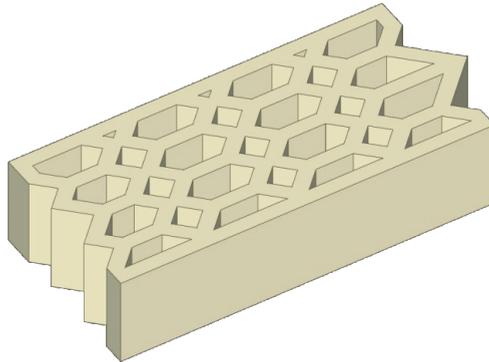
## Ladrillos caravista con Geometrias disipadoras

Figura 78. Ladrillo caravista GD-1



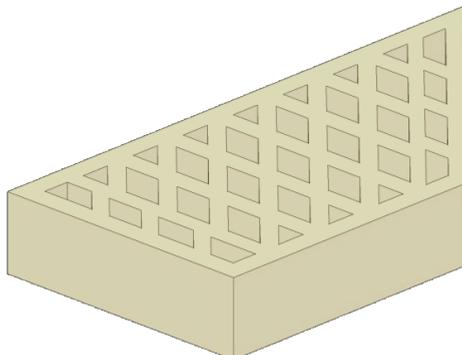
Fuente: Colmenares-Uribe *et al.* (2019).

Figura 79. Ladrillo caravista GD-2



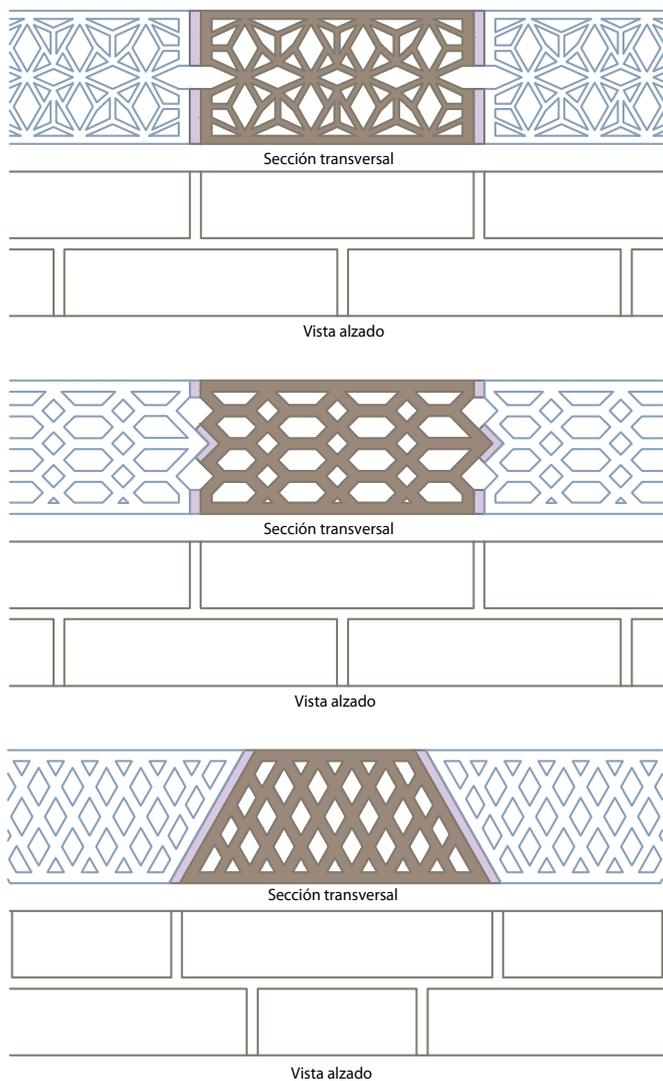
Fuente: Colmenares-Uribe *et al.* (2019).

Figura 80. Ladrillo caravista GD-3



Fuente: Colmenares-Uribe *et al.* (2019).

Figura 81. Secciones y vistas de Ladrillos caravista GD



Fuente: elaboración propia.

## Geometrías disipadoras

### Tratamiento de juntas de mortero

La oferta de productos para fachadas arquitectónicas debería considerar soluciones constructivas que mitiguen el calentamiento de las edificaciones, ya que el comportamiento térmico de los materiales de la construcción es factor elemental en el consumo energético de las edificaciones.

La metodología de la investigación se divide en 2 etapas: el diseño de los ladrillos y la validación térmica por transferencia y flujos de calor en el *software Ansys R16*, utilizando el método de elementos finitos.

Para el proceso de diseño se implementó la modificación de las celdas internas y la eliminación del puente térmico. Las simulaciones fueron configuradas bajo los valores más altos de radiación solar registrados en la ciudad de San José de Cúcuta, Colombia y el material de arcilla (conductividad: 0,30 W/m °C).

Los resultados indican que el diseño varía el comportamiento energético del producto, ya que puede reducir la temperatura de la superficie interior hasta 1,23°C o la puede aumentar hasta 2,25°C. Los resultados demuestran que la modificación de la distribución de las celdas y la eliminación de puentes térmicos son estrategias pasivas para la reducción de transferencia de calor en el diseño de producto cerámico para mampostería.

### **Ladrillo caravista GD-1**

El ladrillo caravista GD-1 mantiene las proporciones del ladrillo multiperforado. Sin embargo, crea una cámara de aire para bloquear la continuidad del puente térmico generado por la junta de mortero. Su beneficio térmico es de 1,23°C en comparación con el ladrillo multiperforado.

## **Tratamiento de junta de mortero**

La geometría de las celdas del ladrillo caravista GD-1 se compone de rombos en diferentes sentidos como ejes principales. Alrededor se distribuyen triángulos pequeños, que a su vez dan espacio para polígonos irregulares que responden a la orgánica de la geometría. Las cámaras de aire interiores (2) se sitúan en el medio de cada lateral para bloquear la conducción directa de energía desde la superficie exterior a la interior.

### **Ladrillo caravista GD-2**

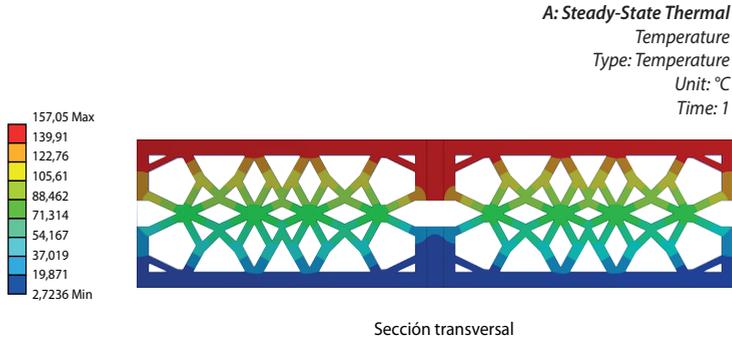
El ladrillo caravista GD-2 conserva las dimensiones del ladrillo multiperforado; sus modificaciones se evidencian en la morfología de las celdas y el puente térmico entre piezas y la geometría de las perforaciones está compuesta por hileras intercaladas de hexágonos, rombos y polígonos irregulares. La junta de mortero bloquea la conducción de energía directa por medio de cámaras de aire interiores, lo cual reduce 0,62°C la temperatura interior de la superficie interior del ladrillo tradicional.

### **Ladrillo caravista GD-3**

El ladrillo caravista GD-3 se caracteriza por su forma trapezoidal. El ancho del ladrillo es de 12 cm, igual que el ladrillo tradicional. La malla interna de rombos regulares se configura en 3 hileras.

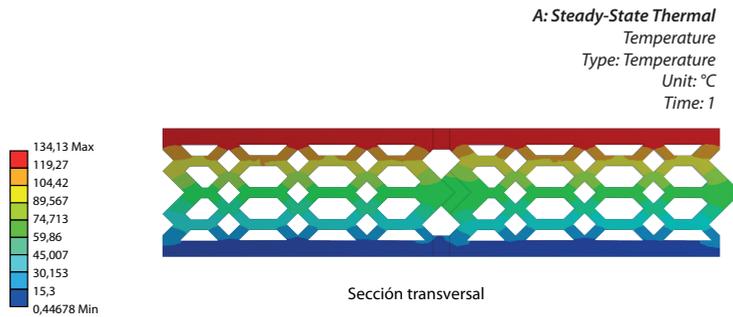
Los laterales inclinados de la pieza plantean un recorrido más largo de la junta de mortero, sin embargo, esta medida no representa un beneficio térmico, porque eleva la temperatura de la superficie interior 2,25°C más que el tradicional.

Figura 82. Distribución de temperaturas GD-1



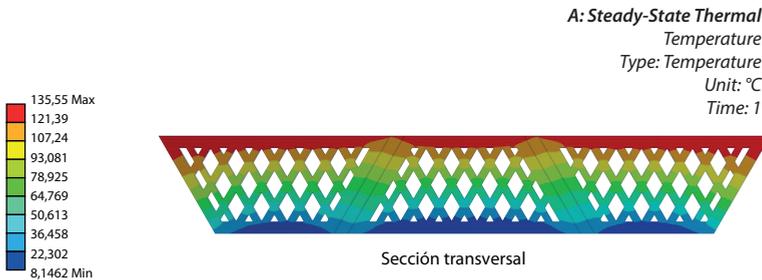
Fuente: elaboración propia.

Figura 83. Distribución de temperaturas GD-2



Fuente: elaboración propia.

Figura 84. Distribución de temperaturas GD-3



Fuente: Colmenares-Uribe *et al.* (2019).

Figura 85. Flujos de calor GD-1

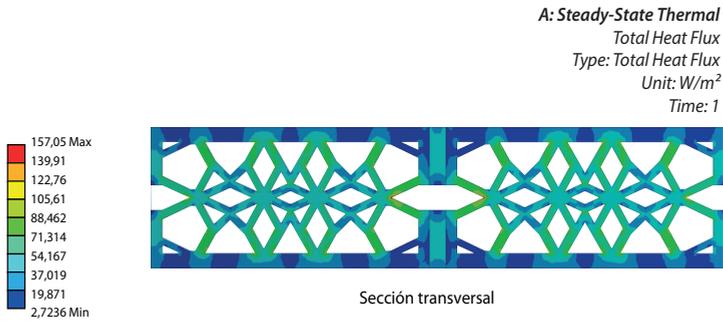
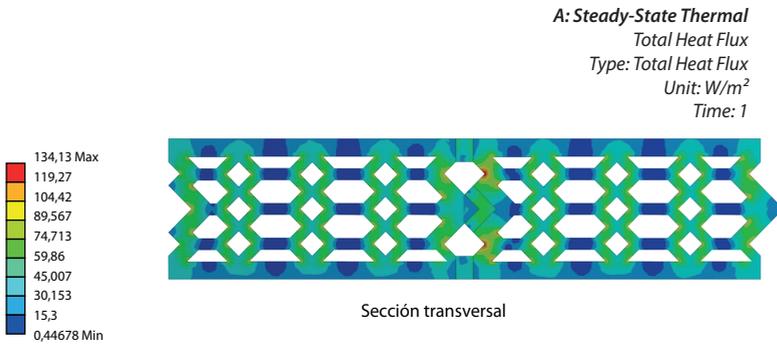


Figura 86. Flujos de calor GD-2



Fuente: elaboración propia.

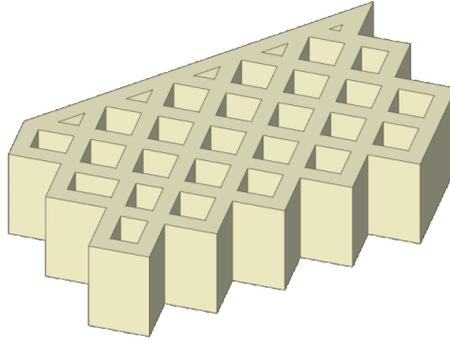
Figura 87. Flujos de calor GD-3



Fuente: elaboración propia.

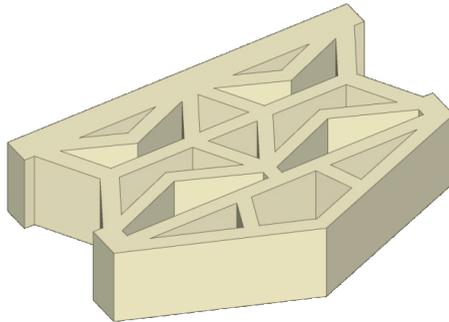
## Ladrillos ventilados

**Figura 88. Ladrillo ventilado CAV-1**



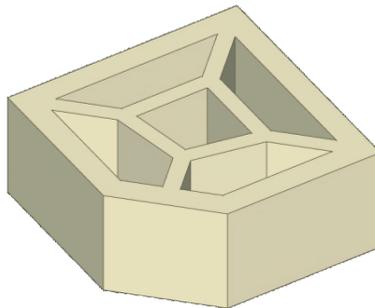
Fuente: Díaz-Fuentes *et al.* (2020).

**Figura 89. Ladrillo ventilado CAV-2**



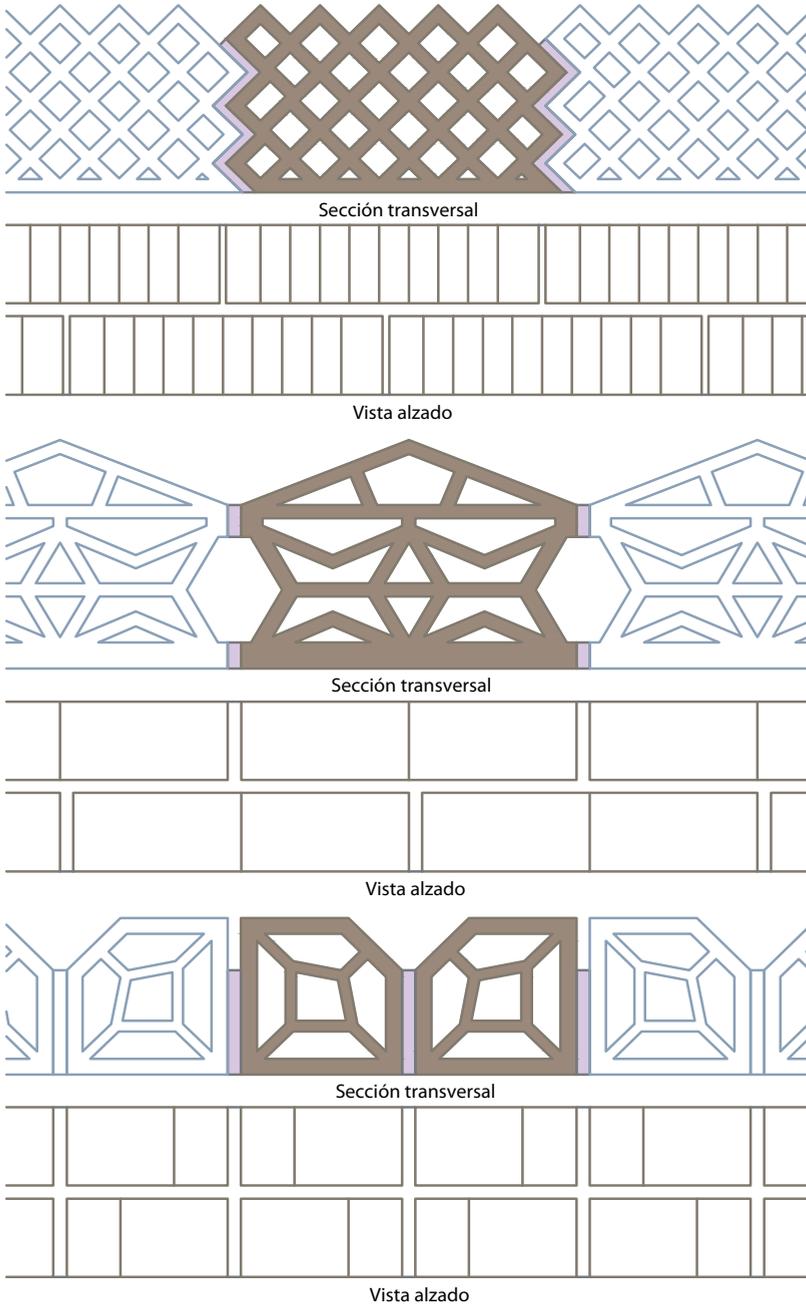
Fuente: Díaz-Fuentes *et al.* (2020).

**Figura 90. Ladrillo ventilado CAV-3**



Fuente: Díaz-Fuentes *et al.* (2020).

Figura 91. Secciones y vistas Ladrillos ventilados CAV



Fuente: elaboración propia.

Los productos y sistemas constructivos de fachadas regulan la transferencia de energía en las envolventes. Por tal motivo, se desarrolló una exploración de tipologías de cámaras ventiladas para mejorar la eficiencia térmica de ladrillos para muros de mampostería en arcilla cocida, teniendo en cuenta su uso en la construcción.

## Geometrías disipadoras

### Cámara de aire ventilada

### Cámara de aire ventilada

#### Sombreamiento

La metodología contempla el diseño, simulación y análisis de resultados. La etapa de diseño plantea 3 tipologías de ladrillo con cámara de aire ventilado. Las simulaciones registran el comportamiento de la transferencia y concentración de calor de los modelos (conductividad:  $0,30 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$ ) en condiciones climáticas extremas de San José de Cúcuta, Colombia, en septiembre, en el *software Ansys R16* a través del método de elementos finitos.

Los resultados indican una reducción considerable en la concentración de energía, gracias a la mitigación en la transferencia de calor de las cámaras de aire ventiladas; las mejoras varían entre  $2,52^\circ\text{C}$  y  $3,64^\circ\text{C}$  en las superficies interiores de los ladrillos propuestos.

### Ladrillo ventilado CAV-1

El ladrillo ventilado CAV-1 hace parte de los productos con cámara de aire ventilada vertical. El diseño de la superficie exterior se compone de varios planos inclinados que forman 6 conductos de aire de 6 cm de altura. La geometría de las perforaciones es una malla de rombos regulares que remata en con una hilera de pentágonos hacia el costado de la superficie interior.

La junta de mortero ladrillo ventilado CAV-1 propone laterales con planos inclinados para crear un ensamble entre piezas tipo ajuste. Sin embargo, en la simulación se observa que, a pesar de generar un recorrido más largo en la junta, la conducción de energía se concentra en esos puntos. No obstante, la temperatura de la superficie interior reduce  $2,52^\circ\text{C}$  más que el ladrillo multiperforado, esto gracias a la implementación de la cámara de aire ventilada vertical.

## **Tratamiento de junta de mortero. Sombreamiento**

### ***Ladrillo ventilado CAV-2***

El ladrillo ventilado CAV-2 rompe los esquemas de un producto tradicional por sus dimensiones, forma y configuraciones de muro. Su principal atributo son los planos inclinados sobre la superficie exterior, los cuales generan una cámara de aire ventilada vertical y, a su vez, brindan la posibilidad de configurar diferentes tipos de superficies. La geometría de las perforaciones se compone de triángulos de diferentes dimensiones y polígonos irregulares.

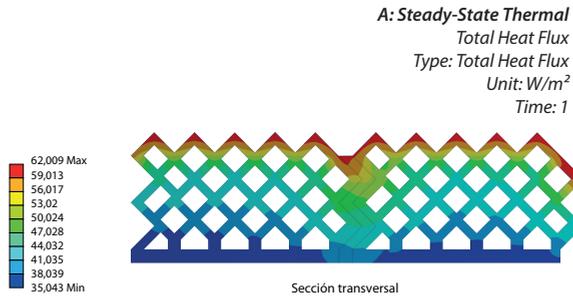
El ladrillo ventilado CAV-2 elimina los puentes térmicos por la junta de mortero a través de una gran cámara de aire en cada lateral, lo cual significa una reducción de la temperatura de la superficie interior de 3,54°C. No obstante, debe realizarse un análisis sobre las propiedades mecánicas de la solución constructiva.

### ***Ladrillo ventilado CAV-3***

El ladrillo ventilado CAV-3 es una propuesta más pequeña, sus dimensiones se adaptan al ladrillo tradicional, de tal manera que las posibilidades de configuración de muro son muy amplias porque puede configurarse con dicho producto.

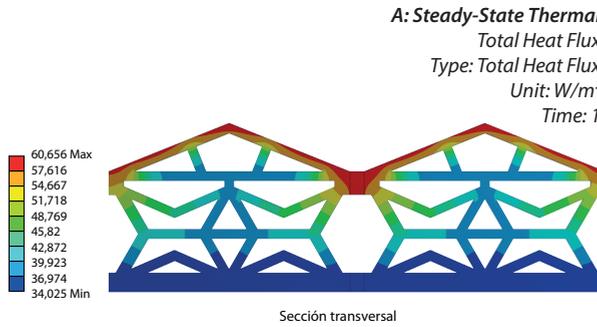
Es un formato cuadrado con una de sus esquinas suprimidas en un plano inclinado. La geometría interna se compone de un núcleo central trapezoidal y pentágonos irregulares alrededor. A pesar de ser una pieza pequeña, el diseño contempla una cámara de aire ventilada vertical que se reduce a 2,76°C.

Figura 92. Distribución de temperaturas CAV-1



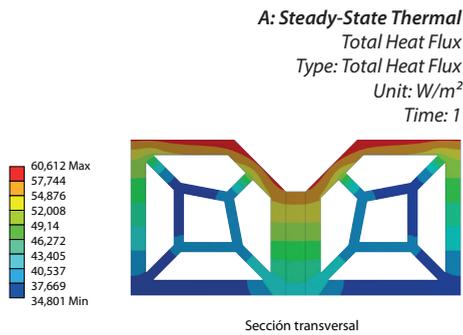
Fuente: Díaz-Fuentes *et al.* (2020).

Figura 93. Ladrillo ventilado CAV-2



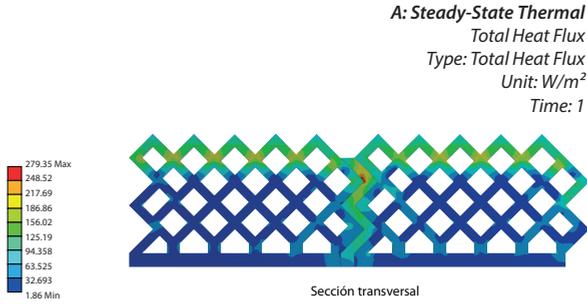
Fuente: Díaz-Fuentes *et al.* (2020).

Figura 94. Distribución de temperaturas CAV-3



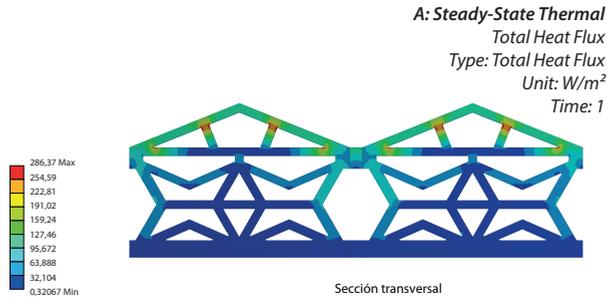
Fuente: Díaz-Fuentes *et al.* (2020).

**Figura 95. Flujos de calor CAV-1**



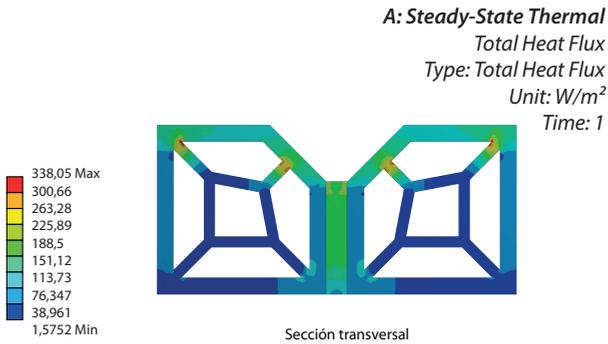
Fuente: Díaz-Fuentes *et al.* (2020).

**Figura 96. Flujos de calor CAV-2**



Fuente: Díaz-Fuentes *et al.* (2020).

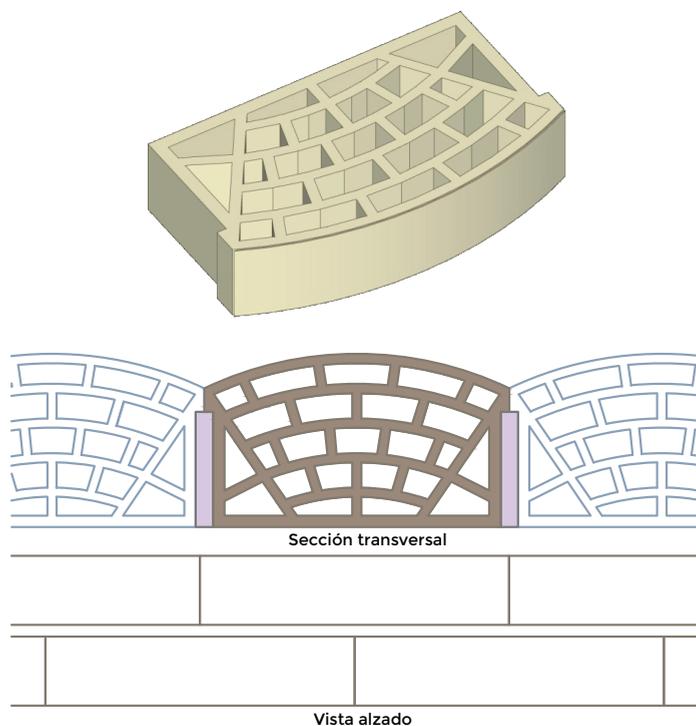
**Figura 97. Flujos de calor CAV-3**



Fuente: Sánchez-Molina *et al.* (2020). Geometrías disipadoras

## ECO Diseño Curvo

Figura 98. Ecodiseño curvo



Fuente: Sánchez-Molina et al. (2020).

## Geometrías disipadoras Tratamiento de junta de mortero

### Cámara de aire ventilada Aditivos de nutrientes tecnológicos

Ecodiseño es una propuesta cerámica de perforaciones verticales para muros de fachada. Su objetivo es mitigar la transferencia de calor desde el exterior hacia la superficie interior del ladrillo mediante una cámara de aire ventilada vertical, aislamiento del puente térmico y la modificación de las celdas.

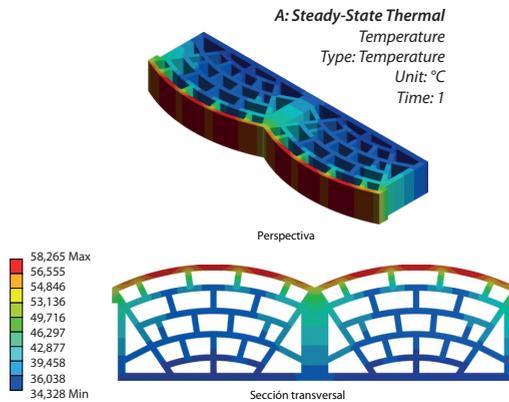
Eco D curvo propone fachadas orgánicas a través de su superficie exterior curva. La geometría de las perforaciones es irregular, ya que el arco exterior que delimita la cámara de aire se desfasa en celdas rectangulares hasta la superficie interior de la pieza. Las propuestas de Eco D plantean pestañas laterales para aislar completamente

los puentes térmicos generados por las juntas de mortero. Estas tipologías de producto están pensadas para combinarse con el ladrillo multiperforado y generar diferentes patrones de fachada.

En este caso, las simulaciones se realizaron en dos mezclas en M Ab y M-ACC 5 para evaluar la incidencia del aditivo de 5% de cisco de café. Sin embargo, los resultados demuestran que las variaciones son mínimas.

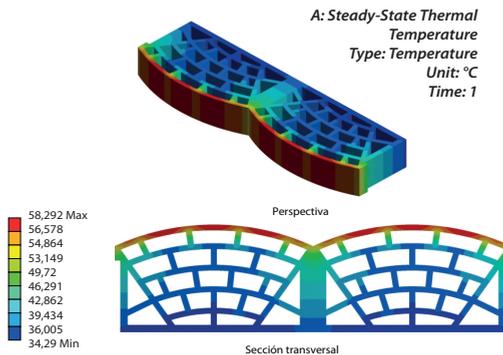
El primer beneficio térmico es la disminución de la temperatura de la superficie exterior de casi 4°C. De igual manera, la temperatura de la superficie interior disminuye 7,3°C en las mezclas con solo arcilla y con aditivos de cisco de café como nutriente tecnológico.

**Figura 99. Distribución de temperaturas de Eco D Curvo en arcilla**



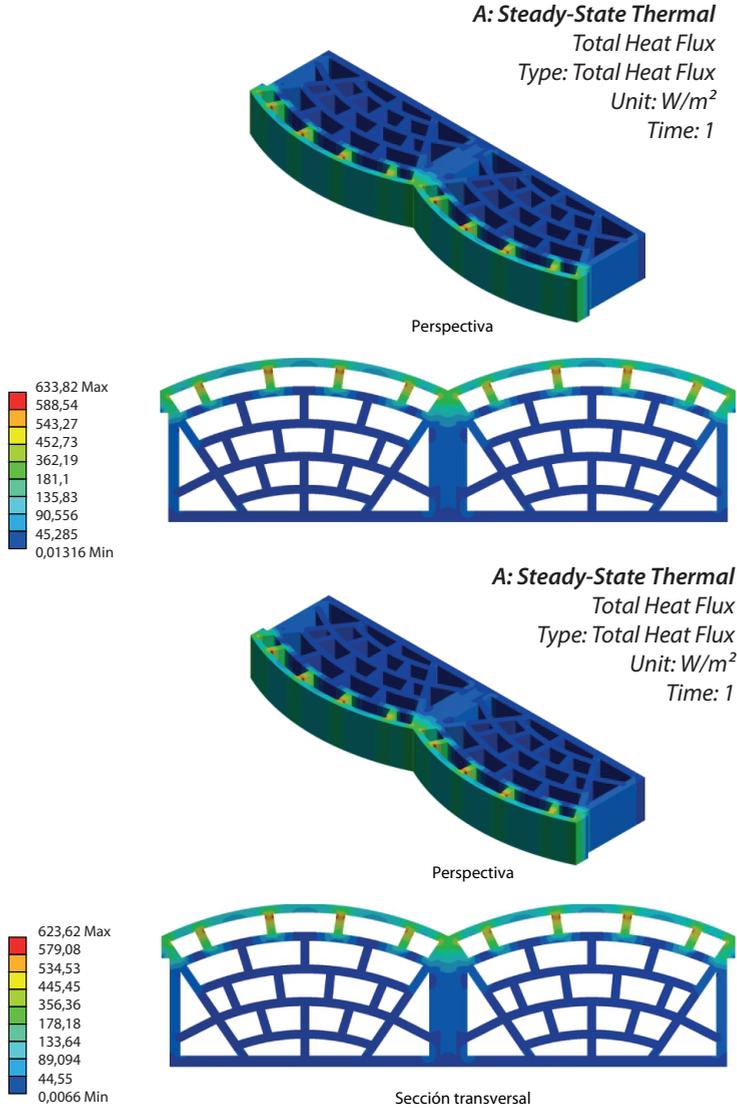
Fuente: Sánchez-Molina *et al.* (2020).

**Figura 100. Distribución de temperaturas de Eco D Curvo en arcilla y cisco de café**



Fuente: Sánchez-Molina *et al.* (2020).

Figura 101. Flujos de calor de Eco D Curvo en arcilla y arcilla con cisco de café



Fuente: Sánchez-Molina *et al.* (2020).