

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS

**EVALUACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE
CORTINA TÉRMICA PARA VENTANAS DE
VIVIENDAS**

Tesis de Grado presentada por

Pablo Castro Vargas

como requisito parcial para optar al grado de

Magíster en Innovación Tecnológica y Emprendimiento

Profesor Guía
Sr. Rodrigo Demarco

Marzo - 2017

TITULO DE LA TESIS:

EVALUACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE CORTINA TÉRMICA PARA VENTANAS DE VIVIENDAS

AUTOR:

PABLO CASTRO VARGAS

TRABAJO DE TESIS, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos para el Grado de Magíster en Innovación Tecnológica y Emprendimiento de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Sr. Nombre profesor guía. Rodrigo Demarco B.

Sr. Nombre Correferente Ex.

Sr. Nombre Correferente Int.

Valparaíso, Chile. Marzo de 2017

Resumen Ejecutivo

La **“evaluación de eficiencia energética de cortina térmica para ventanas de viviendas”** tiene el objetivo de valorar el desempeño en aislación térmica de un modelo innovador de cortina que trabaja en comunión con la ventana existente de la vivienda, logrando de esta forma una mayor eficiencia energética de lo que hoy permite el uso de cortinas disponibles en la actualidad. Por otro lado, la cortina térmica plantea ser una alternativa a las ventanas de doble vidrio (termopanel) dado su buen nivel de aislación térmica que proporciona, el cual si bien no obtiene la misma eficiencia que el termopanel, sí genera un ahorro energético atractivo, con una relación costo/ahorro energético por superficie (m² de ventana) conveniente, y que además permite estar al alcance de varios segmentos de la población, no sólo para quienes hoy pueden adquirir ventanas termopanel.

La regulación térmica y medioambiental coinciden en propiciar un menor consumo energético, tanto por el ahorro en costo de calefacción, como en la búsqueda de beneficios para la salud mediante la disminución de emisiones contaminantes (extra e intradomiciliarias) que provengan del uso de combustibles como leña, gas o parafina. La leña es considerada la mayor responsable de generación de material particulado. Cifras indican que el 58% de las viviendas en Chile utilizan leña y en Santiago la cifra bordea al 19%, mientras que en otras ciudades más australes del país pueden llegar a un 90% de uso. En Santiago es relativo evaluar si un 19% es mucho o es poco, sin embargo al considerar la variable de ser una ciudad con mala ventilación, toma relevancia la cantidad debido a la concentración de material particulado menor que PM 2,5 (menor a 2,5 micrómetro) y que es responsable del daño en la salud de la población generando enfermedades respiratorias. Al observar esta condición, se tiene que el uso de la cortina térmica aporta directamente a disminuir estos niveles.

Para el usuario de la vivienda, la cortina térmica genera una disminución de las pérdidas térmicas y por consiguiente un ahorro por el menor gasto de combustible. Permite además disminuir la humedad y contaminación al interior de la vivienda debido a la menor combustión de fuentes de calefacción, reduciendo la condensación y la formación de hongos, los que afectan la salud de los habitantes de la vivienda. También disminuye la cantidad de vidrios de ventanas mojados, manteniendo una temperatura más uniforme al interior de la vivienda.

Las alternativas existentes en aislación térmica para ventanas se concentran principalmente en ventanas de vidrio doble (termopanel), en cuanto a la oferta de cortinas éstas no están diseñadas para maximizar la aislación térmica, dejando un espacio para atender a quienes se preocupan por mejorar el desempeño energético de la vivienda. Como se indicaba anteriormente, la solución de “cortina térmica” plantea un producto que trabaja en conjunto con la ventana existente, compuesto por una cortina enrollable (roller) y un marco que permite un cierre de la cortina formando una cámara de aire entre ésta y la ventana. Así se logra una mayor aislación térmica, generando un ahorro energético según el consumo de energía calculado para mantener una cierta temperatura de confort. Esto y otros atributos forman parte de la propuesta de valor.

El plan de negocios, que en detalle se describe en este documento, contempla atender un porcentaje menor del segmento de la población que no puede optar por ventanas termopanel por su alto costo, es decir se apunta sólo a una porción de las viviendas del segmento socioeconómico no ABC1. Esto permite un costo de implementación menor y mantener el control de liquidez requerido para operar, para posteriormente generar un crecimiento gradual según la proyección de ventas. Respecto a la inversión inicial, ésta depende de la evaluación del proyecto, flujo de caja estudiado y rentabilidad, este análisis permite estimar el capital que se necesita para cubrir los costos durante el tiempo requerido y asegurar la rentabilidad del negocio.

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. TEMA Y OBJETIVOS.....	7
2.1. TEMA.....	7
2.2. OBJETIVOS.....	7
3. ALCANCES.....	9
4. METODOLOGÍA PROPUESTA.....	10
5. ESTADO DEL ARTE.....	11
6. RESULTADOS ESPERADOS.....	18
7. EVALUACIÓN DE TRANSFERENCIA DE CALOR.....	19
7.1. PROBLEMA O NECESIDAD.....	19
7.2. TRANSFERENCIA DE CALOR.....	20
8. ANÁLISIS DE LA AISLACIÓN TÉRMICA GENERADA POR CORTINA TÉRMICA.....	30
9. MATERIALIDAD DE LA CORTINA.....	36
10. DISEÑO DE LA CORTINA TÉRMICA.....	37
11. MODELO DE NEGOCIO.....	39
11.1. DESCRIPCIÓN.....	39
11.2. PROPUESTA DE VALOR.....	39
11.3. ANÁLISIS DE FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LA PROPUESTA DE VALOR:.....	40
11.4. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO.....	41
11.5. MERCADO.....	42
11.6. DIMENSIÓN DEL MERCADO.....	44
11.7. PLAN DE INGRESOS.....	45
11.8. FLUJO DE CAJA.....	45

11.9. EVALUACIÓN DE VAN.....	48
11.10. RENTABILIDAD	49
11.11. SUSTENTABILIDAD DEL NEGOCIO.....	49
12. CONCLUSIONES.....	53
13. BIBLIOGRAFÍA	55

1. Introducción

Actualmente en las viviendas existe una deficiencia energética, la cual es derivada de una baja aislación térmica. Sólo a partir del año 2000 se incorporaron a la Reglamentación algunas medidas orientadas a buscar mejoras en la aislación térmica, siendo estas medidas parciales aplicando sólo a techumbres y no abordando otros elementos de la vivienda. En 2007 se complementa la Reglamentación con otros requisitos, esta vez incluyendo requerimientos para muros y definiendo un porcentaje máximo de superficie de ventanas para las viviendas.

La pérdida de calor en una vivienda se genera en varias zonas de ésta y una de ellas corresponde a la superficie de ventanas. La gran mayoría de las viviendas del país cuenta con ventanas de vidrio simple, que no tienen medidas adicionales para otorgar una aislación térmica que aporte a la eficiencia térmica. Sólo algunos pueden optar a mejorar esta condición considerando alternativas de ventanas de doble vidrio hermético que permite una mejor aislación, sin embargo el costo es elevado. La falta de alternativas abre una oportunidad de evaluar alguna solución, la cual de otorgar una adecuada aislación y de ser económicamente viable permitirá estar al alcance de muchos, mejorando de esta manera la eficiencia térmica de ventanas de muchas viviendas que actualmente no tienen opciones. Al aportar a la aislación térmica, se reduce la generación de calor del hogar y por ende el consumo de combustible, lo cual es muy valorado no solo porque el usuario tendrá un menor gasto en calefacción, sino porque además disminuye la contaminación ambiental. Dado que la mayor cantidad de combustible destinado a calefacción es no renovable y corresponde a leña, al mejorar la aislación de ventanas se puede reducir el consumo de combustible y generar una menor cantidad de contaminantes.

2. Tema y Objetivos

2.1. Tema

Evaluación de eficiencia energética de cortina térmica para ventanas de viviendas.

2.2. Objetivos

Objetivo General:

Determinar la eficiencia energética al utilizar diseño de cortina térmica que permite la generación de cámara de aire con ventanas existente de una vivienda y generar un modelo de negocio en base a ésta.

Objetivos específicos:

- Determinar analíticamente la transferencia de calor del conjunto logrado con la cortina, la ventana y el espesor de cámara de aire que queda entre la cortina y la ventana.
- Analizar un material típico de cortina con bajo espesor que proporcione aislación térmica, deberá ser flexible y con un espesor que permita ser plegado para cubrir y descubrir la ventana, adaptándose a la estructura de la ventana y no generar obstáculo para la funcionalidad de ésta. El material debe ser de fácil acceso en el mercado y adaptado para cortinas enrollables, conocidas como tipo roller.
- Desarrollar un diseño de cortina que permita generar una cámara de aire con ventanas existentes.
- Definir un modelo de negocio en base a la propuesta de valor diferenciada de este concepto de cortina, considerando fortalezas y debilidades.

- Realizar una evaluación financiera del uso de la cortina para determinar si será una solución competitiva en el mercado que atiende mejoras en la eficiencia térmica de ventanas de vidrio simple.

3. Alcances

El estudio será descriptivo y se orientará a evaluar la eficiencia energética de cortina térmica de ventanas, en viviendas de no más de 120 m², ubicadas en la Región Metropolitana y considerando los requisitos para “zona 3” indicados en el Manual de Reglamentación Térmica de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

La idea apunta a otorgar una alternativa que permita aumentar la eficiencia energética del hogar, aportando a la disminución del consumo de energías para su calefacción. En este sentido el análisis estará orientado a evaluar la pérdida de calor de la vivienda más que al ingreso de calor a la vivienda, es decir, contempla una evaluación para condición de tiempo frío.

Los resultados pueden inferir alguna ventaja de eficiencia térmica si se compara con una ventana de vidrio simple sin ninguna medida adicional. Sin embargo, para determinar lo eficiente de la solución propuesta, se realizará una comparación de la eficiencia energética respecto a una alternativa existente en el mercado, la cual corresponde a ventanas de doble vidrio hermético (DVH).

El estudio considera sólo ventanas que estén limitadas en sus extremos horizontales por muros o estructuras. No se considerarán ventanas que tengan en sus extremos encuentros con otras ventanas (vértices formados por ventanas) como tampoco box windows.

El diseño de la cortina deberá considerar una longitud vertical de no más de 2 metros con ancho variable, el cual será definido según cálculos de transferencia de calor y que no deberá sobrepasar los 2 metros de ancho. Se considerará además una estructura para replegar la cortina, la cual no debe afectar el funcionamiento de la ventana. Otro aspecto relevante del diseño de la cortina es que debe permitir la generación de una cámara de aire en conjunto con la ventana existente.

Se considera que la cortina térmica será una alternativa de solución para aportar a la eficiencia energética, por tanto se debe analizar las fortalezas y debilidades para implementar la idea en el mercado que atiende esta demanda.

4. Metodología Propuesta

Primero, analizar literatura especializada en transferencia de calor, para obtener datos suficientes que permitan demostrar la eficiencia energética al aplicar la solución propuesta.

Luego se realizará una Evaluación de la conductividad térmica de los materiales considerados para la cortina, ya que dependiendo del material seleccionado se obtendrán diferentes niveles de transferencia de calor. A su vez se requiere también determinar que material es más flexible y de espesor apropiado para facilitar la confección de la cortina.

Una vez seleccionado los materiales y las condiciones de diseño funcional, se deberá determinar la eficiencia energética. Para lo cual se realizarán cálculos considerando la condición de ventana de vidrio simple sin la cortina térmica y otra condición considerando la cortina térmica.

A continuación se debe determinar un diseño de la cortina térmica el cual permita factibilidad de confección y que se pueda utilizar en un tipo de ventana determinada.

Finalmente se considera el análisis financiero para evaluar la entrada al mercado de la solución. Para ello se podrán utilizar cualquiera de las herramientas disponibles de la innovación tecnológicas, entre ellas, las 5 fuerzas de Porter, Canvas, determinación de mercado potencial, evaluación del punto de vista de competitividad y desarrollo, evaluar la viabilidad de un plan de negocios, propiedad intelectual, entre otros.

5. Estado del Arte

En las viviendas uno de los objetivos es proveer de adecuadas y permanentes condiciones de habitabilidad, con prioridad en el confort higrotérmico, requerimiento básico e imprescindible para la actividad humana ⁽¹⁾.

Existe la necesidad de alcanzar el confort térmico requerido para los usuarios, sin embargo ello no es suficiente, sino que además es necesario minimizar el uso de energía no renovable, la cual es la más utilizada en el país para calefacción. Este tema toma relevancia si se considera la relación directa que existe entre el consumo de energías no renovables y la contaminación ambiental, por tanto cada familia usuaria de una vivienda puede aportar en disminuir el consumo energético al aplicar medidas de aislación térmica. Estas medidas generan un gasto adicional, por lo que es importante que existan alternativas que puedan estar al alcance del presupuesto familiar.

En Latinoamérica, Chile es el primer país que ha incorporado en su reglamento de construcción exigencias de acondicionamiento térmico para todas las viviendas, lo cual tiene relación con la factibilidad de controlar ciertas variables que definen la temperatura de un ambiente, empleando métodos que no contaminen o que minimicen al máximo la emisión de elementos contaminantes.

En nuestro país, en el año 1994, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) definió un Programa de Reglamentación sobre Acondicionamiento térmico de viviendas con el objetivo de:

- Mejorar la calidad de vida de la población mediante un mejor confort térmico y los beneficios que ello reporta: mayor habitabilidad, mejor salud, menor contaminación y mayor durabilidad de la vivienda.
- Optimizar y/o reducir el consumo de combustibles destinados a calefaccionar y refrigerar las viviendas.

-Promover y estimular la actividad productiva, industrial, académica, gremial y de investigación aplicada.

El plan de estrategia definido por el MINVU ha modo de consolidar estos objetivos considera las siguientes tres acciones secuenciales:

-Disminuir al máximo las demandas de energía.

-Utilizar y optimizar las ganancias internas y externas.

-En el caso de requerir calefaccionar o refrigerar, utilizar sistemas no contaminantes, eficientes y de bajo costo.

El programa de reglamentación térmica consta de tres etapas. En el año 2000 partió en vigencia la primera etapa, aislación de cielos. Luego en el año 2007 comenzó a regir la segunda etapa, aislación de muros, ventanas y pisos, quedando por implementar la tercera etapa que considera la certificación energética sobre el comportamiento global, cuya definición se encuentra en proceso.

El aumento de la eficiencia energética en el interior de las viviendas contribuiría significativamente a la política de ahorro planteada por las organizaciones y los gobiernos alrededor del mundo. Por esta razón, es importante diseñar recubrimientos que sean resistentes térmicamente, en donde la aislación térmica constituye el freno al transporte de calor a través de un elemento constructivo.

Por otro lado, la eficiencia energética también apunta a la reducción de emisiones contaminantes proveniente de la combustión derivada de combustibles no renovables destinados a calefaccionar las viviendas. Cifras indican que el 58% ⁽²⁾ de las viviendas en Chile utilizan leña y en Santiago la cifra bordea al 19% ⁽²⁾. Otras ciudades más australes del país pueden llegar a un 90%⁽²⁾, lo cual según la zona y condiciones de ventilación, se tiene un deterioro en la calidad del aire, por la concentración de material particulado PM10 y PM2,5.

Internacionalmente se distinguen dos medidas de diámetro para el material particulado: una fracción gruesa (2,5 a 10 micrómetro) correspondiente al PM10 y otra fina (menor a 2,5 micrómetro) que corresponde al PM2,5.

Este tipo de partículas no son detectables por el ojo humano. Aquellas de fracción gruesa pueden atravesar los pulmones, mientras que las de fracción fina pueden penetrar los alvéolos y luego llegar a la sangre.

Conforme a la Organización Mundial de la Salud (OMS), un aire saludable no debiera superar los 20 microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de este componente. Como ya sabemos, la cantidad de material particulado con diámetro igual o menor a 10 micrones que circula en el aire, nos permite medir el grado de contaminación ambiental. Mientras menor sea el diámetro de estas partículas, mayor es el daño que éstas causan a la salud.

Lo antes mencionado nos hace ver que la problemática de la calidad del aire es una preocupación que está latente y que va en excesivo aumento tanto a nivel global como en nuestro país y en particular en Región Metropolitana por la mayor cantidad de habitantes en riesgo de enfermedades.

Hemos mencionado por un lado el confort térmico que se busca al habitar una vivienda, como también la relación que existe entre el consumo energético, la contaminación ambiental y la salud de las personas. Por tanto una aislación en las ventanas, sabiendo que por su superficie se tiene una pérdida de calor de al menos un 30% ⁽³⁾, aportará sin duda a proporcionar satisfacción y disminuir la contaminación, además de generar ahorro en costo de calefacción para los usuarios de las viviendas.

Entonces la pregunta es ¿cómo podemos ayudar a estos objetivos considerando una aislación en las ventanas?

Para responder a esta pregunta nos remontamos a los inicios de la ventana tradicional que hoy conocemos. En la era de los romanos, alrededor del año 60 DC introducen la utilización de vidrieras, donde en un principio consistían en pequeños trozos de vidrio sujetos con tiras de plomo. Se hará popular su uso en

la construcción de iglesias. Ya a partir del siglo XVII se introduce el bastidor de madera para sujetar el vidrio. En la medida que los sistemas de producción de vidrio van evolucionando se logra, en 1840, colocar vidrio plano de mayor dimensión y más económico. En 1959 se inventa el sistema de Flotado mediante el que se logran vidrios de grandes dimensiones, de espesor uniforme y gran calidad. Las ventanas irían evolucionando para servir de bastidor a los cada vez mayores tamaños y pesos del cristal, con el que se forma la unidad de cerramiento exterior ⁽⁴⁾

En principio y hasta una avanzada época la ventana no cumplía una función de aislación térmica, más bien se diseñó como elemento arquitectónico para cubrir un vano (espacio) en una pared o muro con la finalidad de proporcionar luz y ventilación a la habitación o vivienda correspondiente.

Las ventanas han mantenido su funcionalidad con el paso del tiempo, explorando con diversos materiales para la confección de marcos, donde hoy principalmente se pueden encontrar de madera, metálicos (acero y aluminio), de polímeros (PVC) y manteniendo el vidrio como complemento, el cual predomina como material en la ventana.

Respecto a la función de aislamiento térmico, a lo largo del tiempo no han existido muchas alternativas que permitan acreditar beneficios en este sentido. En conjunto con las ventanas se han utilizado cortinas o persianas (internas o externas) para reducir el paso de luz e infiltración de aire y en menor medida como función de aislamiento térmico efectivo, lo más utilizado en este sentido son las ventanas de doble vidrio hermético que han demostrado ser una alternativa viable para mejorar la aislación térmica en ventanas aportando a la eficiencia térmica en las viviendas. Si bien hace 30 años están disponibles en Chile, su uso aún no es masivo por el alto costo que estas tienen, de mínimo UF 4,0/m² y otras que aportan mayor aislación térmica pero de mayor costo. Sin duda esta solución se limita a quienes tienen un mayor poder adquisitivo, dejando a la mayoría de la población y viviendas sin poder optar realmente a esta tecnología.

De acuerdo a estadísticas del INE, desde enero de 1991 hasta mayo 2015 la cantidad de viviendas nuevas construidas fueron de 3.132.266 ⁽⁵⁾ y en región metropolitana 1.221.843 ⁽⁵⁾. De este total se debe considerar que a partir del 04 de enero de 2007 entra en vigencia la segunda etapa de la reglamentación térmica para viviendas nuevas (primera etapa el año 2000, con requisitos para techumbres), donde entre otros, restringe la superficie de ventanas de vidrio simple a un 25% de la superficie total de muros perimetrales, para el caso de ventanas de doble vidrio hermético, se permite un mayor porcentaje de superficie de ventana, el cual está comprendido entre un 60% a 80%, este porcentaje depende de la transferencia de calor que permita el tipo de ventana de doble vidrio a utilizar ⁽¹⁾. Es decir, proyectos aprobados bajo la reglamentación de 2007 consideran una restricción de superficie máxima de ventanas, lo cual permite estimar la cantidad de superficie de ventanas desde que comenzó a regir el requisito.

Por otro lado, la Asociación Chilena de investigación de mercado ⁽⁶⁾ presenta cifras respecto a la concentración de grupos socioeconómicos en el país, estas cifras también son publicadas por el INE, donde en la Región Metropolitana de Santiago el 10% de la población corresponde al segmento ABC1 (y en aumento) y el 20% corresponde al segmento C2. Mencionamos estos grupos socioeconómicos debido a que son los que podrían acceder con mayor facilidad a soluciones para mejorar la aislación térmica de sus ventanas. La cantidad de hogares del grupo socioeconómico ABC1 en Región Metropolitana es de 160.000 y C2 corresponde a 300.000, por lo que estas cifras nos orientan respecto al mercado disponible en dicha región. Algunas de estas viviendas cuentan con ventanas de vidrio doble, sin embargo la eficiencia en aislación dependerá del tipo de ventana y tecnología que disponga, por ejemplo existen aquellas que ofrecen una mayor aislación como las ventanas con vidrio Low-E ⁽⁷⁾, eso sí, considerando aun un mayor costo. Para este segmento que cuenta con alguna medida adicional de aislación térmica, también puede mejorar su nivel

de aislación térmica utilizando una cortina térmica, ya que es complementaria a una ventana de doble vidrio.

En el mundo, incluido Chile, la aislación térmica en ventanas ha evolucionado en relación al diseño de éstas, incorporando en su conjunto más capas de vidrio y aprovechando el aire atrapado en dichas capas para mejorar las condiciones de aislación térmica. Por otro lado, las necesidades de confort térmico dentro de la vivienda y las mejoras requeridas en la calidad del aire (interior y exterior de la vivienda), permiten pensar en la búsqueda de otras alternativas, las cuales puedan llegar a un mayor número de viviendas. De aquí nace la idea de poder desarrollar una innovación tecnológica, en base a la observación del uso de las ventanas con el de las cortinas, lo cual permita concretar una idea que puede ser muy eficiente en aislación térmica, respecto a las soluciones vigentes (fig. 1,2 y 3) y que en el caso de las ventanas de vidrio doble, los usuarios valoran como las más efectivas para aislación térmica de ventanas.

Una mirada diferente, salir de lo tradicional, permite que se generen ideas como la que desarrollaremos a continuación y que busque ser una alternativa viable para la aislación térmica de ventanas y aportar a la solución de las necesidades mencionadas, como también otorgar valor para los usuarios e interesados.

Fig. 2 Tipos de protección solar (interior) en ventanas

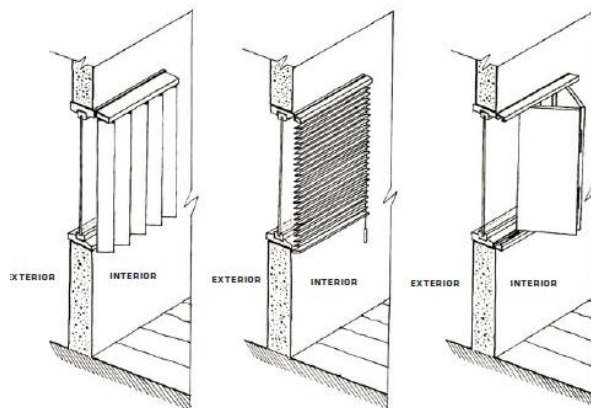


Fig. 1 Tipos de protección solar (exterior) en ventanas

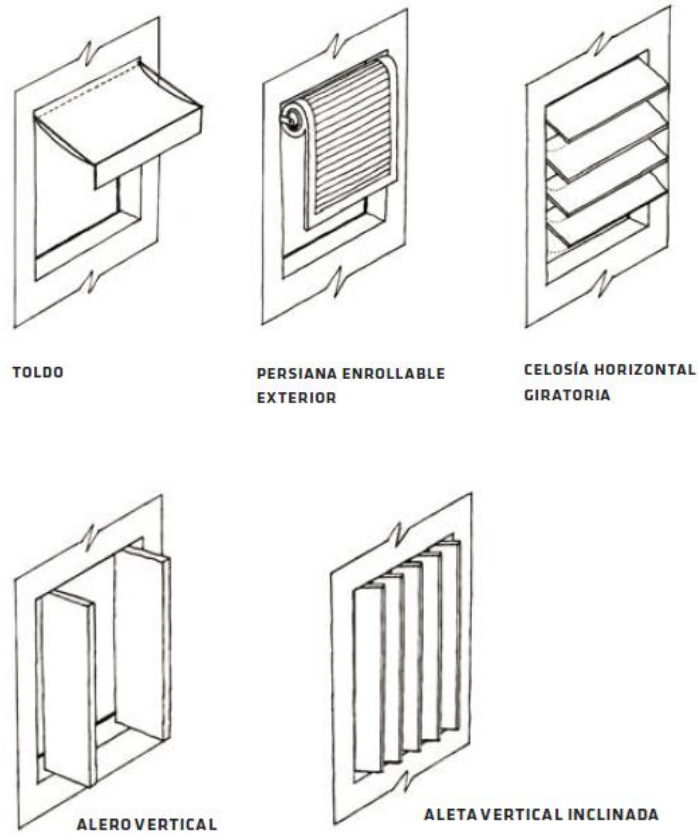
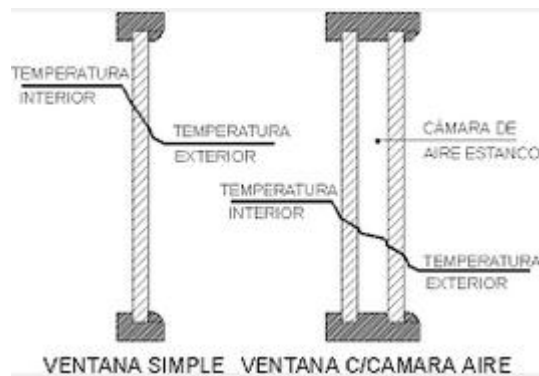


Fig. 3 Tipos de aislación térmica para ventanas (doble vidrio y cámara de aire)



6. Resultados esperados

Del tema propuesto y su desarrollo, se espera determinar la factibilidad de proporcionar una alternativa que permita mejorar la aislación térmica en ventanas y en base a ello generar eficiencia energética en viviendas. La solución a desarrollar deberá demostrar ser competitiva en aislación térmica, con otros medios disponibles actualmente en el mercado. De ser viable, entonces, se podrá aportar a la disminución de consumo de energías, en especial de las no renovables que principalmente se utilizan para calefacción, disminuyendo el gasto del usuario en calefacción con el consecuente beneficio en disminuir la contaminación del ambiente.

A través del análisis de transferencia de calor, se espera demostrar que la cortina térmica permite obtener los mismos o mayores beneficios que las alternativas actuales en aislación térmica para ventanas, donde predominan en este sentido las ventanas de doble vidrio hermético.

Tema no menor es que la evaluación pueda demostrar o no que la solución de cortina térmica sea viable de adquirir por usuarios de viviendas de grupos socioeconómicos C2 o menor. Ello porque el mayor porcentaje del mercado objetivo se encuentra en ese segmento. Sin embargo, grupos con mayor poder adquisitivo también pueden tener interés en usar soluciones complementarias que aporten a mejorar aún más la eficiencia energética de su vivienda.

Por otro lado, se espera obtener un diseño de cortina térmica que permita ser aplicado en la vivienda sin que genere un mayor impacto respecto a la funcionalidad de la ventana y su entorno.

Finalmente, determinar un modelo de negocio que permita generar interés en esta idea, mostrando una propuesta de valor diferenciada y que sea valorada por un potencial usuario o comprador.

7. Evaluación de transferencia de calor

7.1. Problema o necesidad

Existen varios motivos para aportar a la eficiencia energética en viviendas, uno de ellos es conseguir un mayor confort térmico que el que otorgan actualmente la gran mayoría de las viviendas, las cuales no fueron diseñadas bajo el concepto de eficiencia térmica, considerando una aislación ineficiente que en condición de invierno no permite mantener una temperatura uniforme dentro de la habitación (con una fuente de calor fija), lo que se traduce en un bajo o nulo confort térmico, generando zonas de la vivienda que son más vulnerables a presentar condensación, como las ventanas. A su vez se tiene un mayor gasto en consumo energético para calefaccionar.

El consumo energético está directamente relacionado con la contaminación ambiental extra e intra domiciliaria ⁽⁸⁾, por tanto mientras más medidas sean aplicadas para reducir el consumo energético en las viviendas, menor será la contaminación y sus efectos (calentamiento global, enfermedades, consumo de energías no renovables, entre otras), además de reducir el gasto y obtener mayor confort, lo que serían beneficios directos para los usuarios.

La pérdida de calor por las ventanas de vidrio simple es de al menos un 30%, cifra que es relevante si se considera que la mayoría de las viviendas no cuenta con medidas eficientes para aislación térmicas de sus ventanas, y una de las causas es el alto costo de implementar medidas eficientes, por tanto existe la necesidad de contar con alternativas más económicas y que puedan ser asequibles para la mayor cantidad de usuarios de viviendas.

7.2. Transferencia de calor

Para buscar una alternativa eficiente en aislación térmica se debe considerar los conceptos de transferencia de calor, aplicarlos a la vivienda y determinar de esta forma si la solución propuesta logra el beneficio de aportar en aislación y por consecuencia obtener la eficiencia térmica esperada.

Para comprender como será el comportamiento en aislación térmica de un determinado elemento (producto), es necesario revisar previamente algunos conceptos de transferencia de calor. Este análisis permitirá determinar en forma teórica si la solución propuesta genera una adecuada aislación térmica en comparación con alternativas existentes. Una evaluación de este tipo permite conocer las propiedades del producto antes de crear un prototipo o de generar una producción masiva, disminuyendo de esta forma el riesgo de lanzar un producto al mercado desconociendo su desempeño.

Para comprender, primero se debe realizar una introducción a la transferencia de calor, aplicar los conceptos y entender la conducción del calor que ocurre en un sistema donde participan principalmente las ventanas de una vivienda, temperaturas (interior, exterior) generadas por una fuente de calor al interior o sólo por las temperaturas de los ambientes interiores y exteriores y los flujos de aire.

Transferencia de calor estacionaria

El término estacionario (o estable) implica que no hay cambio de temperatura o flujo de calor con el tiempo en cualquier punto dentro del medio, esta condición es muy particular, ya que se espera al interior de una vivienda que la temperatura varíe a medida que pasa un determinado periodo de tiempo. Por ejemplo, la transferencia de calor a través de las paredes y el techo de una casa típica nunca es estacionaria, puesto que las condiciones en el exterior, como la temperatura, la velocidad, y dirección del viento, la ubicación del sol, etc.,

cambian en forma constante, estas condiciones variables con el tiempo generan que la transferencia de calor sea transitoria (y no estacionaria) y por tanto es casi imposible realizar un análisis de transferencia de calor de una casa con exactitud. Cuando la finalidad del análisis de transferencia de calor de una casa es determinar el tamaño apropiado del calefactor, se necesita conocer la razón máxima de la pérdida de calor de la casa, que se calcula al considerar la pérdida de calor en las peores condiciones, durante un periodo extendido; es decir, durante operación estacionaria en las peores condiciones. Si el calefactor es adecuado para mantener la casa caliente en las peores condiciones supuestas, es idóneo para cualquier situación. La mayoría de los problemas de transferencia de calor que se encuentran en la práctica son de naturaleza transitoria, pero suelen analizarse bajo condiciones que se suponen estacionarias, ya que los procesos estacionarios son más fáciles de analizar y suministran respuestas a nuestras preguntas.

Transferencia de calor unidimensional

La transferencia de calor puede ser multidimensional, es decir que el flujo de calor puede presentarse de forma unidimensional, bidimensional y/o tridimensional, siendo este último el caso más general, donde la temperatura varía a lo largo de las tres dimensiones primarias dentro del medio durante el proceso de transferencia de calor. Es decir, la temperatura varía a lo largo de las tres direcciones primarias dentro del medio durante el proceso de transferencia de calor. En este caso general, la distribución de temperatura de uno a otro lado del medio en un momento específico, así como la razón de la transferencia de calor en cualquier ubicación se pueden describir por un conjunto de tres coordenadas, tales como x , y y z , en el sistema de coordenadas rectangulares (o cartesianas).

Cuando la temperatura en un medio varía principalmente en dos direcciones primarias y la variación de temperatura en la tercera dirección es despreciable, es este caso se dice que la transferencia de calor es bidimensional.

Si la temperatura en un medio varía en una sola dirección la transferencia de calor es unidimensional. En este caso el calor se transfiere en la misma dirección, al mismo tiempo la variación de temperatura y como consecuencia, la transferencia de calor en otras direcciones es despreciable o cero.

La transferencia de calor a través de un vidrio de una ventana se puede considerar como unidimensional ⁽⁹⁾, ya que ocurrirá de manera predominante en una dirección, la perpendicular a la superficie del vidrio y la transferencia de calor en otras direcciones es despreciable (de los bordes laterales y borde superior e inferior).

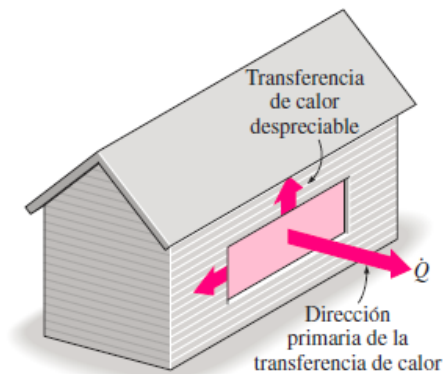


Fig. 4 Transferencia de calor unidimensional a través de una ventana.

La razón de la transferencia de calor a través de un medio en una dirección específica (por ejemplo, en la dirección x) es proporcional a la diferencia de temperatura entre uno y otro lado del medio y al área perpendicular a la dirección de la transferencia de calor, pero es inversamente proporcional a la distancia en esa dirección. Esto se expresó en forma diferencial por la ley de Fourier de la conducción del calor en forma unidimensional, como:

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = -kA \frac{dT}{dx}$$

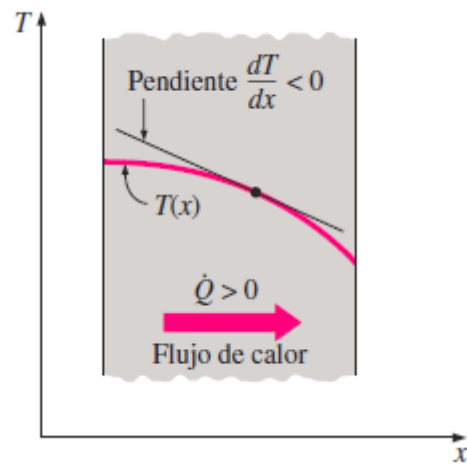


Fig. 5 El gradiente de temperatura dT/dx corresponde a la pendiente de la curva de temperatura en el gráfico T-x.

En la expresión k es la conductividad térmica del material, que es una medida de la capacidad del material para conducir el calor y dT/dx es el gradiente de temperatura, es decir, la pendiente de la curva de temperatura sobre un gráfico T-x (figura 5). En general, la conductividad térmica de un material varía con la temperatura. Pero se pueden obtener resultados suficientemente exactos al usar un valor constante para la conductividad térmica a la temperatura promedio.

Conducción unidimensional de calor en estado estacionario

Considere la conducción estacionaria de calor a través de las paredes de una casa durante un día de invierno. Se sabe que se pierde calor en forma continua hacia el exterior a través de la pared. Intuitivamente se siente que la transferencia de calor a través de la pared es en la dirección normal a la superficie de ésta y no tiene lugar alguna transferencia de calor significativa en ella en otras direcciones (figura 6).

La transferencia de calor en cierta dirección es impulsada por el gradiente de temperatura en esa dirección. No habrá transferencia de calor en una dirección en la cual no hay cambio en la temperatura. Las mediciones de la temperatura en varios lugares sobre la superficie interior o exterior de la pared confirmarán que la superficie de una pared es casi isotérmica. Es decir, las temperaturas en la parte superior e inferior de la superficie de una pared, así como en los

extremos derecho e izquierdo, son casi las mismas. Por lo tanto, no hay transferencia de calor a través de la pared de la parte superior hacia abajo, o de izquierda a derecha, pero se tiene una diferencia considerable en las temperaturas entre las superficies interior y exterior de dicha pared y, por tanto, transferencia de calor significativa en la dirección de la superficie interior hacia la exterior.

El espesor pequeño de la pared hace que el gradiente de temperatura en esa dirección sea grande. Además, si las temperaturas del aire dentro y fuera de la casa permanecen constantes, entonces la transferencia de calor a través de la pared de una casa se puede considerar como estacionaria y unidimensional.

En este caso, la temperatura de la pared presentará dependencia sólo en una dirección (es decir la dirección x) y se puede expresar como $T(x)$.

Nótese que la transferencia de calor es la única interacción de energía que interviene en este caso y no se tiene generación de calor, por tanto, el balance de calor para la pared se puede expresar como:

$$\left(\begin{array}{c} \text{Razón de la} \\ \text{transferencia de calor} \\ \text{hacia la pared} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{Razón de la} \\ \text{transferencia de calor} \\ \text{hacia afuera de la pared} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Razón del} \\ \text{cambio de la energía} \\ \text{de la pared} \end{array} \right)$$

o bien,

$$\dot{Q}_{\text{ent}} - \dot{Q}_{\text{sal}} = \frac{dE_{\text{pared}}}{dt}$$

Pero $dE_{\text{pared}}/dt = 0$ para la operación estacionaria, puesto que no hay cambio en la temperatura de la pared con el tiempo en ningún punto. Por lo tanto, la razón de la transferencia de calor hacia la pared debe ser igual a la razón de la transferencia hacia afuera de ella. En otras palabras, la razón de la transferencia de calor a través de la pared debe ser constante, $Q \cdot \text{cond, pared} = \text{constante}$.

Considere una pared plana de espesor L y conductividad térmica promedio k . Las dos superficies de la pared se mantienen a temperaturas constantes de T_1 y T_2 . Para la conducción unidimensional de calor en estado estacionario a través de la pared, tenemos $T(x)$. Entonces, la ley de Fourier de la conducción de calor para la pared se puede expresar como:

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = -kA \frac{dT}{dx}$$

Donde la razón de la transferencia de calor por conducción, \dot{Q}_{cond} pared y el área A de la pared será constante. Por lo tanto, $dT/dx = \text{constante}$, lo cual significa que la temperatura a través de la pared varía linealmente con x . Es decir, la distribución de temperatura en la pared, en condiciones estacionarias, es una línea recta (figura 3-2).

Al separar la variable en la ecuación anterior e integrar desde $x = 0$, donde $T(0) = T_1$, hasta $x = L$, donde $T(L) = T_2$, se obtiene:

$$\int_{x=0}^L \dot{Q}_{\text{cond, pared}} dx = - \int_{T=T_1}^{T_2} kA dT$$

Al realizar las integraciones y reacomodar da:

$$\dot{Q}_{\text{cond, pared}} = kA \frac{T_1 - T_2}{L}$$

Una vez más, la razón de la conducción de calor a través de una pared plana es proporcional a la conductividad térmica promedio, al área de la pared y a la diferencia de temperatura, pero es inversamente proporcional al espesor de la pared. Asimismo, una vez que se cuenta con la razón de la conducción de calor,

se puede determinar la temperatura $T(x)$ en cualquier ubicación x al reemplazar T_2 en la ecuación por T y L por x .

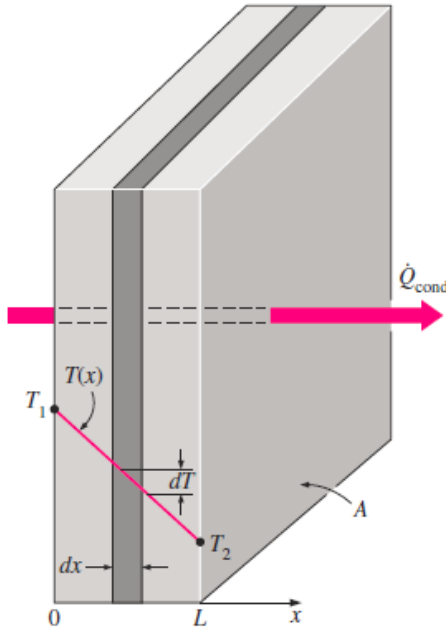


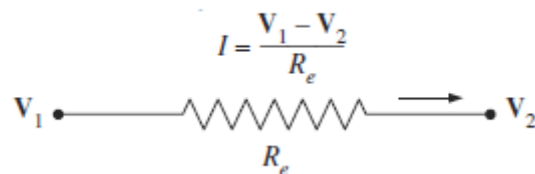
Fig. 6 En condiciones estacionarias, la distribución de temperatura en una pared plana es una línea recta.

Resistencia térmica

La Resistencia térmica es análoga a la relación de flujo de corriente eléctrica I , expresada como:

$$I = \frac{V_1 - V_2}{R_e}$$

Como se muestra a continuación, el concepto utilizado en el flujo de corriente eléctrica al pasar por una resistencia,



coeficientes de transferencia de calor por convección h_1 y h_2 , respectivamente, como se muestra en la figura 8. Si se supone que $T_{\infty 2} < T_{\infty 1}$, la variación de la temperatura será como se muestra en la figura. Note que la temperatura varía en forma lineal en la pared y tiende asintóticamente a $T_{\infty 1}$ y $T_{\infty 2}$ en los fluidos, a medida que se aleja de la pared. En condiciones estacionarias, se tiene

$$\left(\begin{array}{c} \text{Razón de la} \\ \text{convección de calor} \\ \text{hacia la pared} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Razón de la} \\ \text{conducción de calor} \\ \text{a través de la pared} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Razón de la} \\ \text{convección de calor} \\ \text{desde la pared} \end{array} \right)$$

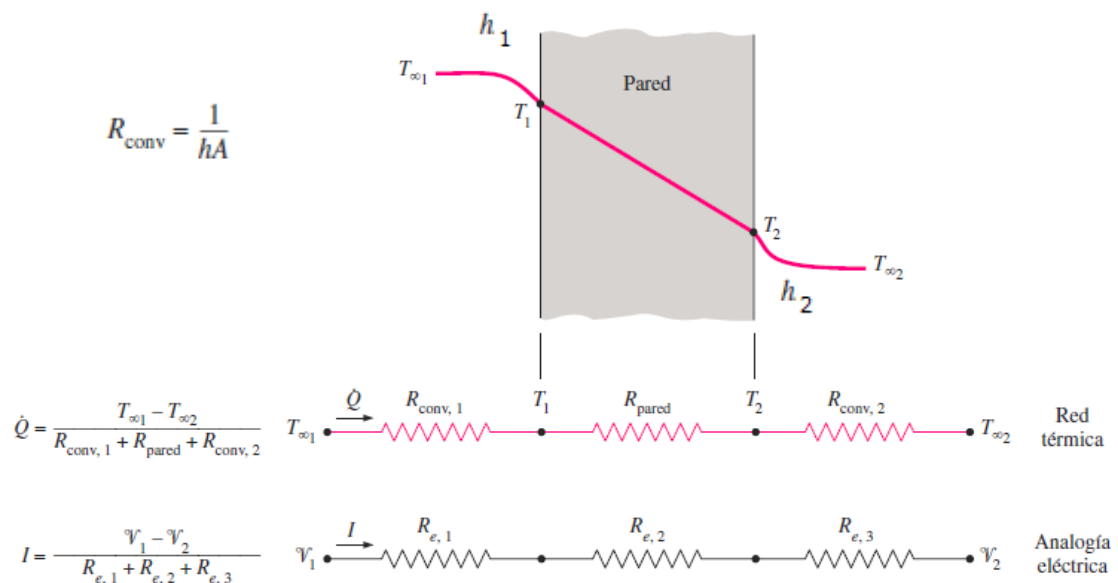


Figura 8. Red de resistencias térmicas.

Donde R_{TOTAL} es igual a la suma de las resistencias y se puede expresar como:

$$R_{\text{total}} = R_{\text{conv}, 1} + R_{\text{pared}} + R_{\text{conv}, 2} = \frac{1}{h_1 A} + \frac{L}{kA} + \frac{1}{h_2 A} \quad (^\circ\text{C/W})$$

El área A de la transferencia de calor es constante para una pared plana y la razón de esa transferencia a través de una pared que separa dos medios es

igual a la diferencia de temperatura dividida entre la resistencia térmica total entre los medios. Observe también que las resistencias térmicas están en serie y la resistencia térmica equivalente se determina simplemente al sumar cada una de las resistencias.

La razón de la caída de temperatura con respecto a la resistencia térmica a través de cualquier capa es constante y, de este modo, la caída de temperatura a través de cualquier capa es proporcional a la resistencia térmica de ésta. Entre mayor sea la resistencia, mayor es la caída de temperatura.

Por lo que la expresión:

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{\text{total}}} \quad (\text{W})$$

Se puede redefinir como:

$$\Delta T = Q R \quad (^\circ\text{C})$$

A veces resulta conveniente expresar la transferencia de calor a través de un medio de una manera análoga a la ley de Newton del enfriamiento, como:

$$Q = UA \Delta T \quad (\text{W})$$

donde U es el *coeficiente de transferencia de calor total*. La comparación de las ecuaciones anteriores revela que:

$$UA = 1/R_{\text{total}}$$

Por lo tanto, para una unidad de área, el coeficiente de transferencia de calor total es igual al inverso de la resistencia térmica total.

8. Análisis de la aislación térmica generada por cortina térmica

Evaluación de transferencia de calor en distintos tipos de ventanas

Considerando los conceptos tratados anteriormente, se puede determinar la pérdida de calor en una ventana en condición de vidrio simple, vidrio doble y de vidrio simple con la cortina térmica. Para estos cálculos se consideran algunos supuestos que facilitarán la evaluación de las diferentes condiciones a evaluar. Una vez obtenido los resultados se podrá concluir respecto a la transferencia de calor de cada condición y en base a ella determinar cual otorga una mayor eficiencia térmica.

Situación n°1

Para este ejemplo y los siguientes se considerará como supuesto un tamaño de ventana de 1,5 m de ancho por 1,5 m de alto, la temperatura ambiente exterior será de 5°C, la cual corresponde a la temperatura mínima promedio registrada en el mes de julio del año 2016 ⁽¹⁰⁾ y la temperatura del ambiente interior será de 22°C⁽⁸⁾ considerada como temperatura de confort. Con estos datos más los indicados en la figura n° 9 se calculará la razón de transferencia de calor

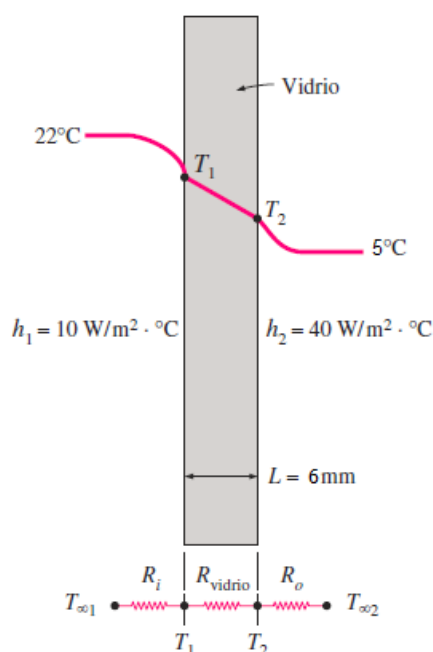


Fig. 9 Esquema de Ventana de vidrio simple

- Conductividad térmica del vidrio $k = 0,78 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$.
- La transferencia de calor se considera estacionaria y unidimensional.
- La conductividad térmica es constante.

Desarrollo

$$R_i = R_{\text{CONV},1} = \frac{1}{h_1 A} = \frac{1}{(10 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C})(2,25\text{m}^2)} = 0,04444 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

$$R_{\text{VIDRIO}} = \frac{L}{kA} = \frac{0,006}{(0,78 \text{ W/m }^\circ\text{C})(2,25\text{m}^2)} = 0,00342 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

$$R_o = R_{\text{CONV},2} = \frac{1}{h_2 A} = \frac{1}{(40 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C})(2,25\text{m}^2)} = 0,01111 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

Como las resistencias están en serie, la resistencia total es

$$R_{\text{TOTAL}} = R_{\text{CONV},1} + R_{\text{VIDRIO}} + R_{\text{CONV},2} = 0,04444 + 0,00342 + 0,01111 \\ = 0,059 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

Entonces la razón de transferencia de calor estacionaria a través de la ventana queda

$$Q = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{\text{total}}} = \frac{22 - 5}{0,059} = 288 \text{ W}$$

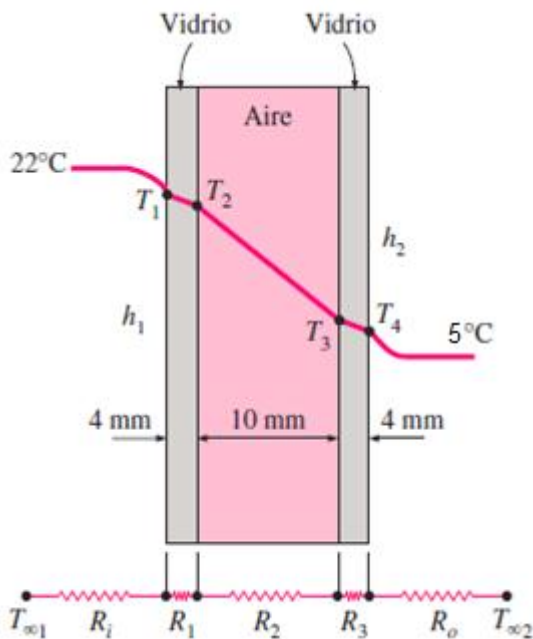
Conociendo la transferencia de calor, podemos determinar la temperatura interior de la superficie del vidrio T_1

$$Q = \frac{T_{\infty 1} - T_1}{R_{\text{CONV},1}} \rightarrow T_1 = T_{\infty 1} - Q R_{\text{CONV},1} \\ = 22 \text{ }^\circ\text{C} - (288 \text{ W} \times 0,04444 \text{ }^\circ\text{C/W}) \\ = 9,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

Situación n°2

Como se señaló anteriormente, las condiciones supuestas serán las mismas que se utilizaron en el ejercicio anterior. Con estos datos más los indicados en la figura n° 10 se calculará la razón de transferencia de calor en una ventana de doble vidrio con cámara de aire.

Fig. 10 Esquema de Ventana de doble vidrio



- Conductividad térmica del vidrio $k_1 = 0,78 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$.
- Conductividad térmica del aire $k_2 = 0,026 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$
- La transferencia de calor se considera estacionaria y unidimensional.
- La conductividad térmica es constante.
- $R_i = R_{\text{CONV}, 1} = 0,04444$
- $R_o = R_{\text{CONV}, 2} = 0,01111$

Desarrollo

$$R_1 = R_3 = R_{\text{VIDRIO}} = \frac{L_1}{k_1 A} = \frac{0,004}{(0,78 \text{ W/m } ^\circ\text{C})(2,25\text{m}^2)} = 0,00228 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

$$R_2 = R_{\text{AIRE}} = \frac{L_2}{k_2 A} = \frac{0,01}{(0,026 \text{ W/m } ^\circ\text{C})(2,25\text{m}^2)} = 0,1709 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

$$R_{\text{TOTAL}} = R_{\text{CONV},1} + R_{1(\text{VIDRIO})} + R_{2(\text{AIRE})} + R_{3(\text{VIDRIO})} + R_{\text{CONV},2}$$

$$R_{\text{TOTAL}} = 0,04444 + 0,00228 + 0,1709 + 0,00228 + 0,01111 = 0,231 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

Entonces la razón de transferencia de calor estacionaria a través de la ventana de doble vidrio queda

$$Q = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{\text{total}}} = \frac{22 - 5}{0,231} = 73,6 \text{ W}$$

Conociendo la transferencia de calor, podemos determinar la temperatura interior de la superficie del vidrio T_1

$$Q = \frac{T_{\infty 1} - T_1}{R_{\text{CONV},1}} \rightarrow T_1 = T_{\infty 1} - Q R_{\text{CONV},1}$$

$$= 22 \text{ } ^\circ\text{C} - (73,6 \text{ W} \times 0,04444 \text{ } ^\circ\text{C/W})$$

$$= 18,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Situación n°3

Para esta situación, las condiciones supuestas serán las mismas que se utilizaron en el ejercicio anterior. Con estos datos más los indicados en la figura n° 11 se calculará la razón de transferencia de calor en una ventana de vidrio simple considerando cortina y cámara de aire. La transferencia de calor se considera estacionaria y unidimensional.

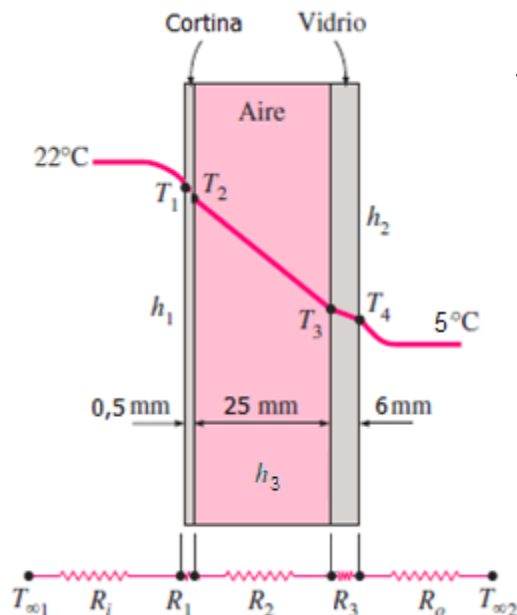


Fig. 10 Esquema de Ventana de doble vidrio

- Conductividad térmica de la cortina $k_1 = 0,078 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$.
- Factor de convección $h_3 = 4 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Conductividad térmica del vidrio $k_3 = 0,78 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$
- La conductividad térmica es constante.
- $R_i = R_{\text{CONV},1} = 0,04444$

$$- R_o = R_{CONV, 2} = 0,01111$$

$$R_i = R_{CONV, 1} = \frac{1}{h_1 A} = \frac{1}{(10 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})(2,25\text{m}^2)} = 0,04444 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

Desarrollo

$$R_1 = R_{CORTINA} = \frac{L_1}{k_1 A} = \frac{0,0005}{(0,078 \text{ W/m } ^\circ\text{C})(2,25\text{m}^2)} = 0,00285 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

$$R_2 = R_{CONV, 3} = \frac{1}{h_3 A} = \frac{1}{(4 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})(2,25\text{m}^2)} = 0,1111 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

$$R_3 = R_{VIDRIO} = \frac{L_3}{k_3 A} = \frac{0,006}{(0,78 \text{ W/m } ^\circ\text{C})(2,25\text{m}^2)} = 0,00342 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

$$R_{TOTAL} = R_{CONV, 1} + R_1(CORTINA) + R_2(AIRE) + R_3(VIDRIO) + R_{CONV, 2}$$

$$R_{TOTAL} = 0,04444 + 0,00285 + 0,1111 + 0,00342 + 0,01111 = 0,17292 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

Entonces la razón de transferencia de calor estacionaria a través de la ventana con cortina queda

$$Q = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{total}} = \frac{22 - 5}{0,17292} = 98,3 \text{ W}$$

Conociendo la transferencia de calor, podemos determinar la temperatura interior de la superficie del vidrio T_1

$$Q = \frac{T_{\infty 1} - T_1}{R_{CONV, 1}} \rightarrow T_1 = T_{\infty 1} - Q R_{CONV, 1}$$

$$= 22 \text{ } ^\circ\text{C} - (98,3 \text{ W} \times 0,04444 \text{ } ^\circ\text{C/W})$$

$$= 17,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Costo diario (8h) de energía por la pérdida de calor

Situación n° 1

$$Q = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R} = \frac{22 - 5}{0,059} = 288 \text{ W}$$

$$R \text{ total} \quad 0,059$$

$$288\text{W (8h)} = 2304 \text{ Wh} = 2,30 \text{ kWh}$$

Costo total

$$2,30 \times \$ 112,36 = \$ 258$$

Situación n° 2

$$Q = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R} = \frac{22 - 5}{0,231} = 73,6 \text{ W}$$

$$R \text{ total} \quad 0,231$$

$$73,6\text{W (8h)} = 589 \text{ Wh} = 0,59 \text{ kWh}$$

Costo total

$$0,59 \times \$ 112,36 = \$ 66$$

Situación n° 3

$$Q = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R} = \frac{22 - 5}{0,17292} = 98,3 \text{ W}$$

$$R \text{ total} \quad 0,17292$$

$$98,3\text{W (8h)} = 786,5 \text{ Wh} = 0,79 \text{ kWh}$$

Costo total

$$0,79 \times \$ 112,36 = \$ 89$$

Todos los casos consideran una superficie de ventana de 2,25m², por lo que el costo se considera para esta cantidad de m². Para superficies mayores se deberá calcular por la cantidad total de m² de la vivienda.

Una casa de 100m² puede tener un mínimo de 25% de ventanas y suponiendo que todas las ventanas tienen las mismas dimensiones, se tiene un total de 27m² de ventana (12 unidades de 2,25m²), por lo que el costo total de energía para la casa en 8h en este ejemplo sería:

Situación 1: $2,3 \text{ kW} \times 12 \Rightarrow 27,6 \times 112,36 = \$ 3.101$

Situación 2: $0,59 \text{ kW} \times 12 \Rightarrow 7,1 \times 112,36 = \$ 798$ (ahorro del 74%)

Situación 3: $0,79 \text{ kW} \times 12 \Rightarrow 9,5 \times 112,36 = \$ 1.067$ (ahorro del 66%)

Cada cálculo considera sólo el gasto para el propietario derivado de la pérdida de calor por las ventanas, a ello se debe sumar lo relacionado con las pérdidas de calor por techumbre y paredes, los que se escapan de los alcances de este estudio.

9. Materialidad de la cortina

El análisis de la aislación térmica generada por cortina térmica considera el esquema aportado por la ventana (vidrio), el aire y la cortina; de esta última se comentará respecto al material y su conductividad térmica. La cortina considerada corresponde al tipo enrollable o más bien conocida como Roller, las cuales son confeccionadas con telas que pueden proporcionar mayor o menor conductividad térmica y traspaso de luz, sin embargo para la evaluación realizada se considera que la tela es tipo "black out" la cual no permite el paso de luz y permite una mejor aislación respecto a las que filtran las luz. La composición de las telas black out corresponde a PVC (Policloruro de vinilo) y fibra de vidrio y el espesor típico es de alrededor de 0,5mm, dado esta

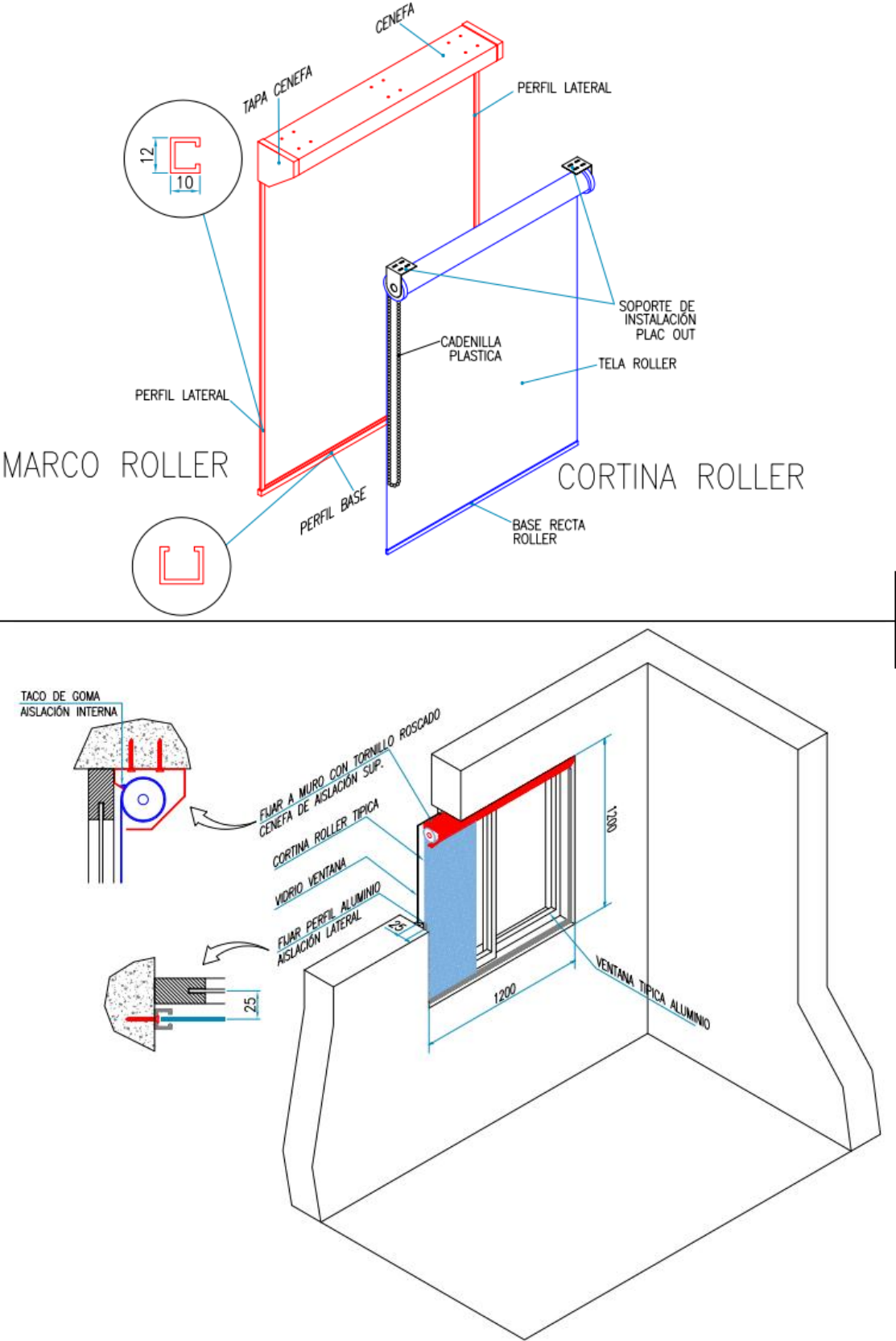
materialidad, se debe calcular la conductividad térmica de la cortina. Para ello se debe considerar que la composición de la cortina es variable y se pueden obtener telas con proporciones variables con PVC cercanas al 60-70% y fibra de vidrio del 30-40%. Para esta evaluación se consideró una proporcionalidad de 62% PVC y 38% fibra de vidrio. La conductividad térmica del PVC es de $0,1 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ⁽¹¹⁾ y de la fibra de vidrio es de $0,043 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ⁽¹¹⁾, por tanto según las proporciones la conductividad del material de la cortina es de $0,078 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, que es la considerada para los cálculos realizados de transferencia de calor realizados en el capítulo anterior. Cabe destacar que dado que el espesor de la tela es reducido, seleccionar otro material con una menor conductividad térmica no generará grandes cambios al resultado de la evaluación, por ejemplo si se dispone de un material que pueda proporcionar un 50% de la conductividad de $0,078 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ sólo lograría reducir la transferencia de calor en un 2%, lo cual es una reducción menor para evaluar alternativas de telas que no están disponible hoy con facilidad en el mercado.

De acuerdo a lo analizado, el material de cortina considerado será tipo black out disponible en mezcla PVC y fibra de vidrio.

10. Diseño de la cortina térmica

El diseño de la cortina térmica consiste en una cortina enrollable instalada de tal forma que junto a la ventana existente forme una cámara de aire. Para ello la cortina se despliega hacia abajo guiada por perfiles dispuestos en el interior del muro de la vivienda donde se encuentra la ventana. A continuación, en página siguiente se muestra la figura n° 11 que corresponde al esquema de la “cortina térmica para ventanas”, en el esquema se puede observar como es el funcionamiento de la cortina y como va dispuesta en la ventana, formado un sistema distinto a lo que habitualmente encontramos entre la combinación ventana / cortina.

Esquema de diseño de la cortina térmica



11. Modelo de negocio

11.1. Descripción

¿Qué necesidad se está atendiendo?, La cortina térmica para ventanas de viviendas, apunta a otorgar una alternativa que permita aportar a la eficiencia energética en viviendas aportando a la disminución del consumo de energías para calefaccionar. (al tener mejor aislación térmica disminuye consumo de energía)

La problemática actual es el consumo de energías no renovables al interior de las viviendas para calefaccionar, lo cual genera aumento de contaminantes y humedad al interior de la vivienda, propiciando la generación de enfermedades. Aumento de contaminación ambiental, derivado del consumo de leña usado para calefacción.

Por otro lado está la búsqueda de confort térmico dentro de la vivienda. Con mejor aislación térmica, la temperatura es más uniforme dentro de la vivienda y se tiene ahorro en gastos de calefacción.

11.2. Propuesta de valor

Introducir una alternativa en aislación térmica de ventanas a las que actualmente existen en el mercado, para competir con una de las más cotizadas, la cual actualmente es la ventana de doble vidrio hermético (DVH), solución que por su costo pocos pueden optar. La idea propone atender un segmento de clientes que hoy no tiene una solución a su alcance para mejorar la aislación térmica de su vivienda.

Propuesta de valor orientada al cliente objetivo segmento C2 o menor, quien no tiene actualmente acceso a alternativas para mejorar la aislación de sus ventanas.

Este usuario tiene el inconveniente de considerar un gasto en calefacción, por tanto cualquier ahorro para él es bienvenido.

Habitualmente las viviendas de este segmento generan alta concentración de humedad al interior y contaminación por gases (derivado consumo de combustibles no renovables, como gas, leña y parafina). La humedad se condensa en las ventanas generando incomodidad y los gases efectos negativos para la salud de los usuarios. El uso de “cortinas térmicas” permite que el usuario disminuya el consumo energético y obtiene una temperatura más uniforme lo que favorece a tener menor condensación, y dado la protección de la cortina, las ventanas no concentrarán humedad.

11.3. Análisis de Fortalezas y debilidades de la propuesta de valor:

Como toda propuesta existen fortalezas y debilidades o ventajas y desventajas, las cuales deben ser identificadas para orientar como penetrar la solución a los potenciales consumidores. Sin duda existen más fortalezas que debilidades (ver tabla n° 1), por tanto la forma de ofrecer la solución será considerando aquellas que son valoradas por los usuarios.

Respecto a las debilidades, éstas pueden ser atendidas mediante recomendaciones de uso y evaluaciones de nuevos diseños para los casos donde el modelo estándar de cortina no sea factible de usar, de esta forma se puede pensar en un servicio flexible que se adapta a las condiciones de ventana que tiene el usuario. Respecto a una menor aislación en relación a una ventana termopanel, se debe considerar que este punto queda atendido por el menor costo que tiene la cortina térmica.

Tabla n° 1. Fortalezas y debilidades

FORTALEZAS	DEBILIDADES
Ahorro en gasto de calefacción	La eficiencia depende del cierre total o parcial de la cortina
Menor concentración de humedad en la vivienda	Menor Visibilidad hacia el exterior
Menos vidrios mojados	Limitación de uso en casos de ventanas que no tengan suficiente espacio para colocar la cortina
Temperatura más uniforme en la vivienda	Menor aislación que ventanas termopanel
Menor contaminación intradomiciliaria (menor uso de combustibles)	
Menor contaminación ambiental	
Aporta a disminuir la contaminación ambiental	
Fácil de usar (sistema roller)	

11.4. Descripción del producto

La “cortina térmica” corresponde a una solución diferente y única en aislación térmica de ventanas en comparación con lo que actualmente existe en el mercado, donde una de las más cotizadas, corresponde a la ventana de doble vidrio hermético (DVH), solución que por su costo pocos pueden acceder. Sin embargo con la “cortina térmica” tendrá una alternativa a menor costo, aportando a la eficiencia energética.

Cortina térmica:

Cortina de sistema roller con cierre en su perímetro que genera cámara de aire la cual permite mayor aislación térmica, es fácil de instalar, bajo costo, baja mantención. El impacto en instalación para usuario es bajo, no altera la funcionalidad de su ventana, corresponde a un complemento a sus cortinas existentes o inclusive puede prescindir de ellas. Mínimo impacto visual del roller que enrolla la cortina. El costo de la cortina térmica se muestra en tabla n° 2.

Beneficios que puede percibir el cliente:

Ahorro en calefacción, menos requerimientos de combustible (menos salidas a comprar), aportar a disminuir la contaminación, mayor confort dentro del hogar

(permite más actividades dentro del hogar), menos vidrios mojados, y otros que se podrán conocer una vez que entre en uso la cortina térmica.

Tabla n°2 Costo de la cortina térmica ⁽¹²⁾

Cortina Térmica	\$/m2
Tubo hasta 38mm	\$ 1.112
Peso inferior 21 mm	\$ 980
Set mecanismo (simple un tubo) con cadena	\$ 1.660
Tope conector para cadena (ajustar cadena)	\$ 30
Gancho	\$ 100
Soporte doble	\$ 3.202
Cortina black out. br (sin iva)	\$ 1.795
Tela cortina (sin iva)	\$ 1.795
Cenefa plástica (sin iva)	\$ 2.310
perfil (sin iva)	\$ 1.414
Costo neto cortina térmica	\$ 12.603
IVA	\$ 2.395
Costo total materialidad cortina	\$ 14.998
Confección cortina (20% costo materiales)	\$ 3.000
Costo /m2 de cortina térmica	\$ 17.997

11.5. Mercado

Para dimensionar el mercado objetivo, definiremos cuál será el segmento de Clientes, los cuales se concentran en el usuario de viviendas y los que comercializan viviendas (Inmobiliarias).

Segmentación

- a) Usuarios de viviendas existentes (arrendatarios y/o propietarios) de grupo socioeconómico ABC1.
- b) Usuarios de viviendas existentes (arrendatarios y/o propietarios) de grupo socioeconómico C2 o menor. segmento más interesante
- c) Inmobiliarias

Mercado Potencial: Viviendas en Chile, segmento socioeconómico C1 y C2 o equivalente que consuma energías para calefacción o refrigeración (aire acondicionado).

Mercado Accequible: Usuarios de viviendas (arrendatarios y/o propietarios) de grupo socioeconómico C2 o menor.

Mercado Capturado: Usuarios de viviendas (arrendatarios y/o propietarios) de grupo socioeconómico C2 o menor, sólo de Región Metropolitana.

En forma indirecta, también puede incluirse en la segmentación de mercado, el gobierno, el estado o las municipalidades. A través de concursos o proyectos públicos estos organismos pueden ser los financiadores para usuarios de viviendas de grupos socioeconómicos menor a C2.

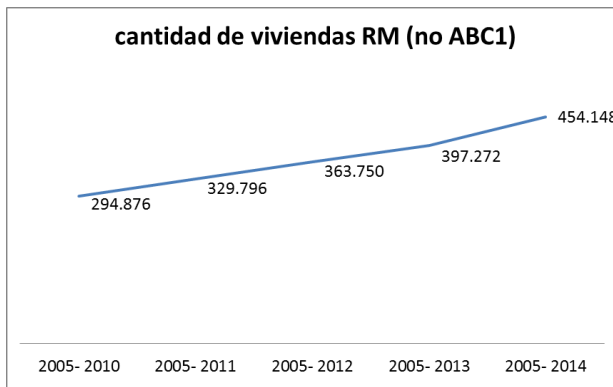
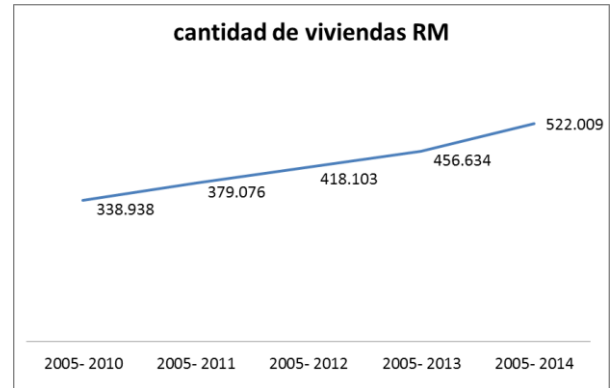
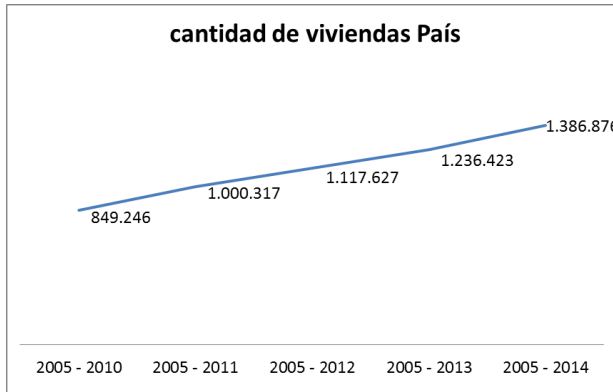
Para este mercado se difunden los puntos generadores de valor que proporciona la solución de cortinas térmicas, como:

- Ahorro energético
- Confort térmico
- Disminución de gasto en calefacción
- Menor contaminación
- Disminución de riesgo de enfermedades respiratorias
- No más vidrios mojados

El mercado potencial corresponde a la totalidad de viviendas en Chile que requieren algún sistema de calefacción, luego el mercado accequible corresponde a usuarios de viviendas (arrendatarios y/o propietarios) de grupo socioeconómico C2 o menor y el mercado objetivo corresponde al grupo de características definidas para el mercado accequible pero de una zona acotada, la cual corresponde a la Región Metropolitana de Santiago. El análisis del modelo de negocio, se orientará a este último grupo.

11.6. Dimensión del mercado

Viviendas construidas acumuladas en el periodo comprendido entre 2005 – 2014⁽¹³⁾



- Segmento de mercado objetivo tiene una tasa de crecimiento anual compuesta de 11,4%.
- Segmento ABC1 RM corresponde a 13%
- Número de viviendas no ABC1 desde 2005 a 2014 cifran una cantidad de 159.272 uni

Inicialmente se puede abordar el 5% de las viviendas construidas en los últimos 4 años en RM para el segmento no ABC1. Es decir de un total de 159.272 nuestro objetivo será 7.964. Con la reglamentación térmica se debe cumplir un máximo de 25% de superficie de ventanas (sin medidas de aislación) en las viviendas. Suponiendo un promedio de 60 m² de superficie del perímetro de vivienda, entonces la superficie de ventanas es 15 m². Se considerará que es factible atender el 75% de los 15 m², lo cual corresponde a 11,25 m² y que corresponderá a la superficie que deberá cubrir la cortina térmica. Sólo este segmento genera 89.595 m² a atender. Hoy por aislación térmica en ventanas mediante doble vidrio pagan alrededor de M\$ 100/m², el estimado a cobrar por la cortina térmica es de M\$ 30/m².

11.7. Plan de Ingresos

Se exploran varias alternativas, las cuales se pueden atender en forma simultánea, sin embargo las dos primeras que se presentan a continuación serían las seleccionadas para cumplir el objetivo de acceder al mercado objetivo.

- A) Comercialización directa a usuarios de viviendas nuevas y/o existentes
- B) Alianza con Inmobiliarias (vender casa o depto nuevo considerando el producto instalado)
- C) Generar alianza con Serviu, Municipalidades o juntas de vecinos mediante la participación de proyectos.
- D) Dirigir esfuerzos de venta a segmento no objetivo pueda estar interesado por mejorar su condición de aislación térmica y complementar la que tiene.
- E) Opción de venta de la idea (fabricantes de ventanas o de cortinas) y cobrar un royalties por la invención.

11.8. Flujo de caja

Para la elaboración del flujo de caja se consideran los ingresos y egresos que derivan de la actividad supuesta del negocio, considerando una baja penetración inicial, la cual va creciendo lentamente en el tiempo, considerando un crecimiento de ventas muy conservador. Se indicaba anteriormente tomar como objetivo el 5% de las viviendas construidas en los últimos 4 años en RM, lo cual proporciona una superficie aproximada de 89.595 m², por lo que el plan de ventas contemplará atender esta cantidad de superficie, lo que equivale aproximadamente a 7.964 viviendas. En Tabla n°3 se muestra un resumen de la proyección de ventas por año, en superficie (m²), número de viviendas que representan y rendimiento utilizado de la cuadrilla de técnicos de acuerdo al potencial de rendimiento por día. Para el rendimiento se considera la

incorporación de nuevos técnicos que van ingresando durante los 5 años de la evaluación.

Tabla n°3. Ventas realizadas por año

Ventas	Superficie (m2)	N° viviendas	N° Técnicos (promedio por año)	Rendimiento utilizado de los técnicos (*)
Año 1	2.005	178	2	15%
Año 2	8.910	792	4	25%
Año 3	18.711	1.663	6	35%
Año 4	29.938	2.661	8	42%
Año 5	29.938	2.661	8	42%
Total	89.501	7.956	8	

(*) Rendimiento del 100% de un técnico es instalar cortinas térmicas en 3 viviendas/día o equivalente a 66 viviendas/mes

Para ventas y costos, se considera un equipo reducido de personal, inicialmente un vendedor y dos técnicos (instalan las cortinas), posteriormente el segundo año se incorporan dos nuevos técnicos, luego se incorporan dos técnicos más cada año, finalmente para el quinto año la dotación termina con 10 técnicos y dos vendedores. Al costo de RRHH se suman otros costos relacionados con la confección de cortinas, costos administrativos (Gerencias y oficinas, telefonía, internet), vehículos, publicidad, impuestos y otros, los cuales se muestran en las tablas n°4 y n°5 siguientes. La tabla n°4 refleja el flujo de caja mensual, el cual ha sido abreviado mostrando los meses en que se originan cambios de comportamiento, normalmente por un mayor gasto registrado. La tabla n°5 muestra el resumen anual, considerando no solo ingresos y gastos, sino que también utilidades e impuestos y finalmente presenta el flujo de caja acumulado. El precio de venta inicial se establece en \$30.000/m², el cual va aumentando anualmente en 10% desde el segundo año (mes 25), también se considera el aumento de costo de la cortina térmica en el tiempo, considerando que éste se mantendrá en un 60% respecto al precio de venta (costo inicial de la cortina \$17.997).

Tabla n°4. Resumen de flujo de caja (comportamiento mensual)

INGRESOS													
INGRESOS POR VENTAS	MES 1	MES 2	MES 3	MES 12	MES 13	MES 19	MES 24	MES 25	MES 36	MES 37	MES 48	MES 49	MES 60
VENTAS													
INGRESO VENTAS CORTINAS TERMICAS				\$ 6.682.500	\$ 22.275.000	\$ 22.275.000	\$ 22.275.000	\$ 51.455.250	\$ 51.455.250	\$ 90.561.240	\$ 90.561.240	\$ 99.617.364	\$ 99.617.364
SUB TOTAL VENTAS				\$ 6.682.500	\$ 22.275.000	\$ 22.275.000	\$ 22.275.000	\$ 51.455.250	\$ 51.455.250	\$ 90.561.240	\$ 90.561.240	\$ 99.617.364	\$ 99.617.364
EGRESOS													
RRHH	MES 1	MES 2	MES 3	MES 12	MES 13	MES 19	MES 24	MES 25	MES 36	MES 37	MES 48	MES 49	MES 60
GERENCIA Y VENTAS													
GERENTE GENERAL	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
VENDEDOR			\$ 920.000	\$ 920.000	\$ 947.600	\$ 1.895.200	\$ 1.895.200	\$ 1.952.056	\$ 1.952.056	\$ 2.010.618	\$ 2.010.618	\$ 2.070.936	\$ 2.070.936
BONOS DE VENDEDOR 1					\$ 920.000			\$ 947.600		\$ 976.028		\$ 1.005.309	\$ 1.035.468
BONOS DE VENDEDOR 2								\$ 473.800		\$ 976.028		\$ 1.005.309	\$ 1.035.468
TECNICOS				\$ 1.520.000	\$ 3.131.200	\$ 3.131.200	\$ 3.131.200	\$ 4.837.704	\$ 4.837.704	\$ 8.304.725	\$ 8.304.725	\$ 8.304.725	\$ 8.304.725
EXTERNALIZACION CONTABILIDAD	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 150.000	\$ 150.000	\$ 150.000	\$ 150.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000
SUBTOTAL RRHH	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 3.020.000	\$ 4.590.000	\$ 7.148.800	\$ 7.176.400	\$ 7.176.400	\$ 10.411.160	\$ 8.989.760	\$ 14.467.399	\$ 12.515.343	\$ 14.586.279	\$ 14.646.598
OFICINA, LOGISTICA Y PUBLICIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 12	MES 13	MES 19	MES 24	MES 25	MES 36	MES 37	MES 48	MES 49	MES 60
DEPENDENCIAS													
ARRIENDO OFICINA	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000
INTERNET	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000
TELEFONIA MOVIL	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 60.000	\$ 180.000	\$ 210.000	\$ 270.000	\$ 270.000	\$ 330.000	\$ 330.000	\$ 330.000	\$ 330.000	\$ 390.000	\$ 390.000
PRODUCCION Y LOGISTICA							\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
ARRIENDO VEHICULO VENDEDOR			\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 800.000	\$ 800.000	\$ 800.000	\$ 800.000	\$ 800.000	\$ 800.000	\$ 800.000	\$ 800.000
ARTICULOS DE OFICINA	\$ 200.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
ARTICULOS DE ASEO	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
PUBLICIDADMARKETINGREPRESENTACION							\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
PUBLICIDAD INTERNET	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000
PUBLICIDAD GRAFICA	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 50.000
SUBTOTAL OFICINA, LOGISTICA Y PUBLICIDAD	\$ 1.550.000	\$ 1.390.000	\$ 1.820.000	\$ 1.940.000	\$ 1.970.000	\$ 2.430.000	\$ 2.430.000	\$ 2.990.000	\$ 2.990.000	\$ 4.490.000	\$ 4.490.000	\$ 4.550.000	\$ 4.550.000
ACTIVOS	MES 1	MES 2	MES 3	MES 12	MES 13	MES 19	MES 24	MES 25	MES 36	MES 37	MES 48	MES 49	MES 60
ACTIVOS FIJOS													
MUEBLES OFICINAS	\$ 3.000.000												
CAMIONETA GERENTE GENERAL	\$ 12.000.000												
FURGONES (PARA TECNICOS)			\$ 6.000.000		\$ 6.000.000	\$ -		\$ 7.000.000		\$ 16.000.000			
SUB TOTAL ACTIVOS	\$ 15.000.000	\$ -	\$ 6.000.000	\$ -	\$ 6.000.000	\$ -		\$ 7.000.000				\$ -	\$ -
GASTOS DIRECTOS	MES 1	MES 2	MES 3	MES 12	MES 13	MES 19	MES 24	MES 25	MES 36	MES 37	MES 48	MES 49	MES 60
CONFECCION DE CORTINAS				\$ 4.009.500	\$ 13.365.000	\$ 13.365.000	\$ 13.365.000	\$ 30.873.150	\$ 30.873.150	\$ 54.336.744	\$ 54.336.744	\$ 59.770.418	\$ 59.770.418
SUB TOTAL CONFECCION CORTINAS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4.009.500	\$ 13.365.000	\$ 13.365.000	\$ 13.365.000	\$ 30.873.150	\$ 30.873.150	\$ 54.336.744	\$ 54.336.744	\$ 59.770.418	\$ 59.770.418
TOTAL COSTO EMPRESA Y GASTOS OPERACIONALES	\$ 18.650.000	\$ 3.490.000	#####	\$ 10.539.500	\$ 28.483.800	\$ 22.971.400	\$ 22.971.400	\$ 51.274.310	\$ 42.852.910	\$ 73.294.143	\$ 71.342.087	\$ 78.906.697	\$ 78.967.016
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO	-\$ 18.650.000	-\$ 3.490.000	#####	-\$ 3.857.000	-\$ 6.208.800	-\$ 696.400	-\$ 696.400	\$ 180.940	\$ 8.602.340	\$ 1.267.097	\$ 19.219.153	\$ 20.710.667	\$ 20.650.348
IMPUESTO 25%	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 23.701.670	\$ -	\$ 53.169.445	\$ -	\$ 67.143.464
UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTO	-\$ 18.650.000	-\$ 3.490.000	#####	-\$ 3.857.000	-\$ 6.208.800	-\$ 696.400	-\$ 696.400	\$ 180.940	-\$ 15.099.330	\$ 1.267.097	-\$ 33.950.292	\$ 20.710.667	-\$ 46.493.116
FLUJO CAJA ACUMULADO	-\$ 18.650.000	-\$ 22.140.000	#####	-\$ 67.513.000	-\$ 73.721.800	-\$ 70.862.200	-\$ 74.344.200	-\$ 74.163.260	-\$ 3.239.190	-\$ 1.972.093	\$ 156.269.146	\$ 176.979.813	\$ 357.699.538

Tabla n°5. Resumen flujo de caja (comportamiento anual)

RESUMEN FLUJO CAJA	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS	\$ 60.142.500	\$ 267.300.000	\$ 617.463.000	\$ 1.086.734.880	\$ 1.195.408.368
EGRESOS	-\$ 127.655.500	-\$ 274.131.200	-\$ 522.656.320	-\$ 874.057.099	-\$ 926.834.512
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO	-\$ 67.513.000	-\$ 6.831.200	\$ 94.806.680	\$ 212.677.781	\$ 268.573.856
IMPUESTOS 25%	\$ -	\$ -	-\$ 23.701.670	-\$ 53.169.445	-\$ 67.143.464
UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTO	-\$ 67.513.000	-\$ 6.831.200	\$ 71.105.010	\$ 159.508.336	\$ 201.430.392
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-\$ 67.513.000	-\$ 74.344.200	-\$ 3.239.190	\$ 156.269.146	\$ 357.699.538

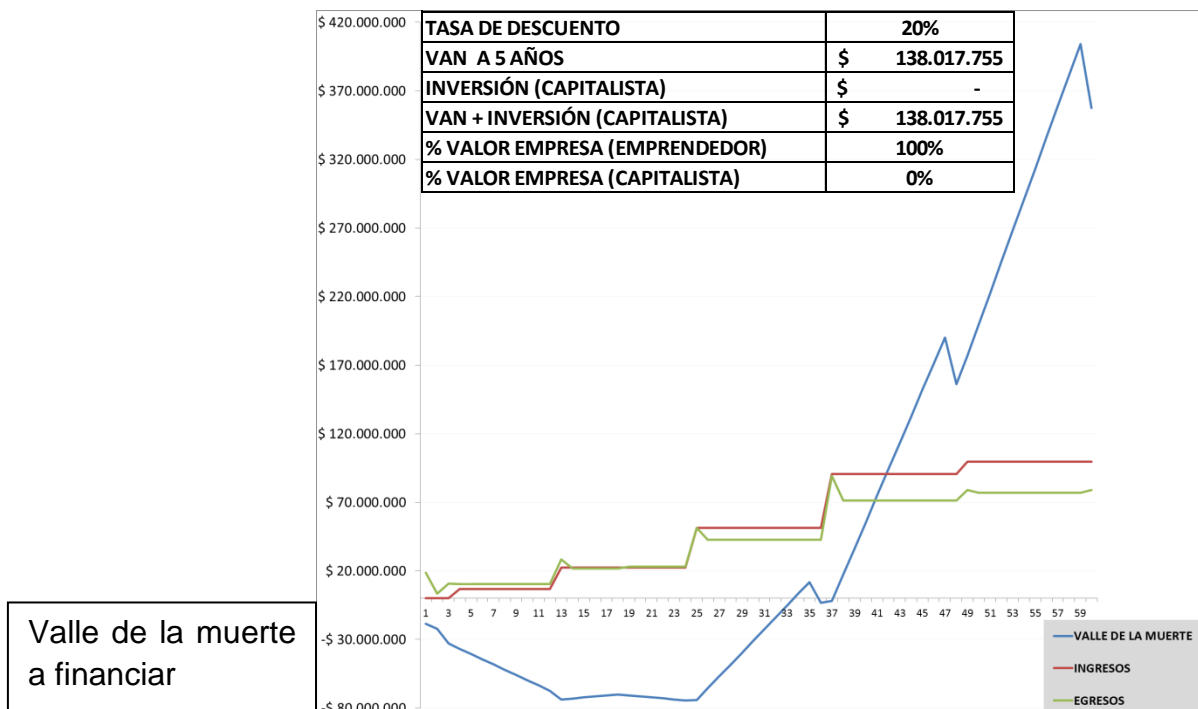
11.9. Evaluación de VAN

El Valor Actualizado Neto (VAN) permite valorar una inversión, si está positiva y mayor que cero, significa que el proyecto es rentable, considerando una rentabilidad mínima exigida para el proyecto, lo cual se representa por la tasa de descuento. Para el ejercicio se considera una tasa de descuento anual de 20% (Tasa de retorno real + tasa de inflación + tasa de riesgo), la cual se considera por sobre las tasas aplicadas a inversiones de proyectos inmobiliarios, que en estos casos fluctúan entre 9 y 10%. Se observa este segmento por la relación directa que tiene con este proyecto.

El valor obtenido del VAN es mayor que cero, por lo que demuestra que el proyecto es rentable y puede volver a ser analizado para determinar con mayor detalle la rentabilidad mediante un análisis de sensibilidad de precios de venta y costos.

Tabla n° 6 Evaluación del VAN

CLP\$	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS	\$ 60.142.500	\$ 267.300.000	\$ 617.463.000	\$ 1.086.734.880	\$ 1.195.408.368
EGRESOS	-\$ 127.655.500	-\$ 274.131.200	-\$ 522.656.320	-\$ 874.057.099	-\$ 926.834.512
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO	-\$ 67.513.000	-\$ 6.831.200	\$ 94.806.680	\$ 212.677.781	\$ 268.573.856
IMPUESTO 25%	\$ 0	\$ 0	-\$ 23.701.670	-\$ 53.169.445	-\$ 67.143.464
UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTO	-\$ 67.513.000	-\$ 6.831.200	\$ 71.105.010	\$ 159.508.336	\$ 201.430.392
FLUJO CAJA ACUMULADO	-\$ 67.513.000	-\$ 74.344.200	-\$ 3.239.190	\$ 156.269.146	\$ 357.699.538



11.10. Rentabilidad

Si bien el proyecto es rentable, se tiene un costo de implementación (costos de materiales, confección y distribución), el cual requiere de capital inicial para atender el mínimo porcentaje objetivo de viviendas requerido para los ingresos contemplados y cubrir de esta forma el valle de la muerte generado.

El Mercado actual considera altos precios por las alternativas existentes y que se pueden comparar en función a la aislación térmica a obtener. Se puede estudiar más detalladamente el precio de venta para entrar en el mercado y generar la rentabilidad esperada. La penetración de mercado inicial es baja, y el valle de la muerte es relevante, por lo que se debe contemplar el financiamiento para esa etapa que tiene una duración de 33 meses y un pick negativo de MM\$74 a los 25 meses. Se debe planificar las medidas de financiamiento, para lo cual no se descarta un socio capitalista (inversor) o acceder a créditos bancarios.

11.11. Sustentabilidad del negocio

La solución de la cortina térmica crea valor para los clientes al aportar en obtener mejor sistema de calefacción, menor gasto en combustible, disminuye la cantidad de contaminantes al interior y exterior de la vivienda y el costo es competitivo a otras alternativas que apuntan a aislación térmica para ventanas.

Respecto a la implementación, se requiere de un financiamiento inicial moderado, para los materiales, confección y distribución de las cortinas, considerando iniciar a una escala menor, para luego ir ampliando la capacidad acorde a la demanda.

La evaluación inicial sólo considera el 5% del mercado accesible (segmento objetivo), por lo que puede aumentar dicho porcentaje paulatinamente. Existe tasa de crecimiento del 11% anual del mercado accesible (Chile), por tanto espacio para atender existe.

La cortina térmica se diferencia de una cortina roller común debido a que su diseño contempla perfiles laterales e inferior generando una cámara de aire que permite una mayor aislación, este tipo de cortina no existen en el mercado, por lo que se puede proteger la idea mediante patente la cual puede ser discutible si es de invento o modelo de invención, sin embargo cualquiera de ellas protegerá por un tiempo el modelo.

El mercado objetivo inicial es menor y corresponde a una pequeña fracción, sin embargo existen un gran potencial derivado de las viviendas existentes en el país y también a nivel mundial.

Hoy se requiere de soluciones que aporten a la eficiencia energética, que permitan menor gasto de combustible. En la actualidad existen pocas alternativas en el mercado para atender esta demanda derivada también de mayor conciencia ambiental y de vida saludable.

La normativa ambiental es cada vez más exigente, como ejemplo en Santiago se aprobó para este año mayor restricción para el uso de leña, quedando ésta prohibida para la provincia de Santiago, lo que concluye que las regulaciones hacen más sustentables este tipo de iniciativas que puedan aportar a la disminución de consumo energético.

En línea con la normativa, está el contexto Político, Económico, Social y Tecnológico), donde al evaluar el punto de vista político, es favorable, ya que soluciones que apunten a un menor consumo energético y ayude a

descontaminar va en línea con lo que requieren las autoridades políticas. En lo Económico, depende fuertemente de la administración energética, por lo que la solución sigue la corriente económica, y además al atender la necesidad se mueven más recursos en el país agilizando la economía y el empleo. Respecto a lo social, existe la opción de atender proyectos municipales o ministeriales (Minvu) presentando la solución, la cual puede ser implementada en la etapa de diseño, si es así por ejemplo usuarios de menores recursos podrán tener acceso a esta tecnología y beneficios en menor gasto de combustible. Respecto a lo tecnológico, existe la tecnología para realizar una fácil implementación, eso sí, considerando la protección de la idea para que una vez que se inicie la comercialización no existan en el corto plazo nuevos competidores proporcionando la misma solución.

Si se analiza la sustentabilidad del negocio en términos de competidores, se puede encontrar con quienes comercializan ventanas termopanel o de vidrio doble, como también los proveedores de cortinas roller, eso sí estos últimos no son comparables, ya que estas cortinas no ofrecen aislación térmica probada. Para abordar una ventaja competitiva, se contempla socios estratégicos que corresponde a organismos certificadores, como Universidades o Instituciones de apoyo tecnológico.

Respecto a los clientes, como se ha indicado, existe una tasa de incremento anual y también existe un mercado potencial mayor, considerando las viviendas existentes que no cuentan con medidas de aislación térmica. Para el acceso al mercado, no se observan fuertes barreras de entradas que impidan o retarden el ingreso del producto o solución.

Para la implementación se consideran varios recursos necesarios, en ellos el recurso humano, el cual inicialmente será de perfil nivel técnico medio. Luego una vez que se obtengan más recursos se podrá contratar a profesionales para

ampliar la atención al mercado potencial. Como recurso estratégico para el proyecto está la confección de la cortina con materiales tanto para la tela como para rieles necesarios para el funcionamiento requerido. La infraestructura puede ser mínima si se subcontrata la confección de la cortina, por lo tanto sólo se requeriría de oficina, y camionetas con equipamiento necesario para la instalación de las cortinas.

Sin perjuicio del escenario favorable que se pueda visualizar, se deben evaluar riesgos, los cuales pueden estar asociados a aumentos de costos de fabricación de cortinas térmicas, ingreso de competidores con otras alternativas tecnológicas (sustitutos), copia del producto (mencionado anteriormente), un mercado no acostumbrado a la solución. Lo cual debe ser atendido mediante protección de la idea y ser también competitivo en costos.

Por otro lado, se evalúa el riesgo en inversión, el cual es moderado en capital inicial, el inicio de ventas es a menor escala, luego se evalúa comportamiento de compra de los clientes, para luego aumentar el volumen de venta, y de acuerdo a ello el aumento de costo por materiales, lo que finalmente permite un aumento controlado de gastos en recursos y atender adecuadamente la demanda con una rentabilidad adecuada.

12. Conclusiones

La evaluación realizada demuestra que la cortina térmica es una alternativa que entrega valor a quienes se preocupan por el ahorro energético de la vivienda, por la contaminación ambiental y/o por la salud de las personas. Es una opción que permite estar al alcance de un segmento de personas que no pueden acceder a ventanas de vidrio doble (termopanel) u otras alternativas de alto costo, por tanto se está entregando una solución que permite atender un mercado no atendido y que en su mayoría sólo cuenta con ventanas de vidrio simple, la cual sabemos que es deficiente en otorgar aislación térmica.

La cortina térmica nace de la observación realizada a diversas ventanas en viviendas, donde algunas de ellas cuentan con cortinas que no aprovechan todo su potencial para aportar a la aislación térmica. Con esta observación más el principio de las ventanas de doble vidrio (termopanel), el cual es generar una cámara de aire, se concreta la idea de tener una cortina que genere una mayor aislación térmica en conjunto con la ventana existente.

De acuerdo a la evaluación teórica realizada del gasto en energía, la cortina térmica logra un ahorro de 66% en el gasto de energía por pérdida de calor en las ventanas (no considera la pérdida de calor por otros componentes de la vivienda), lo cual es incluso competitivo con lo que otorga un termopanel, el cual llega a un 74%.

Si bien la cortina térmica es una solución innovadora, es de un concepto muy simple, lo que permite poder confeccionar e instalar fácilmente en las viviendas. Por este mismo motivo se debe tener en cuenta medidas de protección para esta solución, sobretodo de nuevos competidores. Una de ellas es la obtención de patente de invención y/o generar alianzas con entidades públicas y/o privadas para obtener demanda del producto y de

acuerdo a ello obtener ventajas en costos, para de esta forma negociar con proveedores.

Desde el punto de vista del plan de negocio, contempla una propuesta de valor orientada a beneficios para los usuarios, tanto en ahorro energético como beneficios para la salud y bienestar. Se considera un segmento de clientes objetivos muy bien definido de acuerdo a la tasa de crecimiento de viviendas en Chile y grupo socioeconómico, de este segmento sólo se considera un pequeño porcentaje con la idea de evitar un alto costo de inversión e ir creciendo paulatinamente. También forman parte del plan de negocios los partners o con quienes se puede realizar alianzas, los canales de comunicación y recursos claves. Junto con ello se considera los costos de operación y ventas, para finalmente obtener la rentabilidad esperada, la cual según la valorización del VAN, se tiene que el proyecto es rentable y con un alto potencial de crecimiento, lo que es atractivo para la participación de inversionistas.

13. Bibliografía

- (1) Manual de aplicación de Reglamentación Térmica – Instituto de la Construcción.
- (2) Diagnóstico del Mercado de la leña en Chile – Andrés Gómez-Lobo, José Luis Lima, Constanza Hill- Departamento de Economía de la Universidad de Chile. , Mario Meneses – Universidad austral de Chile.
- (3) Análisis comparativos de Ventanas de PVC versus Ventanas de aluminio. – Universidad Austral de Chile – Yankho Carrasco Meléndez
- (4) www.historiadelarte.us/notas-de-arquitectura/ventanas.html.
- (5) <http://www.ine.cl/>
- (6) AIM Grupo Socioeconómicos 2008 (<http://www.ine.cl>)
- (7) <http://www.termopanelplus.cl>
- (8) Informe Laboratorio Medioambiental 2011 (INF-AES-014-11) – Dictuc
- (9) Transferencia de Calor y Masa – Yunus A. Cengel (3ra Edición-2007)
- (10) Dirección Meteorológica de Chile (www.meteochile.cl)
- (11) Transferencia de Calor y Masa – Yunus A. Cengel (3ra Edición-2007).
Tabla 1-1 y Tabla A-8
- (12) Volgen Roller sistema – www.volgen.cl. Cotización de precios por mayor de piezas para cortinas roller.
- (13) INE - Número de Viviendas Autorizadas (www.ine.cl)