

Evaluación del Plan de Reacondicionamiento Térmico en Temuco y Padre Las Casas

Thermal Reconditioning Plan Evaluation in Temuco and Padre Las Casas

INFORMACIÓN DEL ARTICULO

Historial del
artículo:

Recibido
12-06-2014
Aceptado
28-07-2014
Publicado
10-11-2014

Palabras Claves:
Demanda
energética,
reacondiciona-
miento
térmico,
MP10, Chile

Article history:

Received
12-06-2014
Accepted
28-07-2014
Available
10-11-2014

Keywords:
Energy
demand,
thermal
reconditioning,
PM10, Chile.

J. P. Cárdenas¹, C. Araneda², J.C. Beaumont³

¹ Departamento de Ingeniería en Obras Civiles, Doctorado en Ingeniería, UFRO, Chile.

E-mail: juanpablo.cardenas@ufrontera.cl

² Departamento de Ingeniería en Obras Civiles, UFRO, Chile. E-mail: caraneda@ufro.cl

³ Departamento de Ingeniería Mecánica, UFRO, Chile. E-mail: j.beaumont01@ufromail.cl

Resumen

Las ciudades de Temuco y Padre Las Casas en el Sur de Chile, han alcanzado altos niveles de contaminación atmosférica, principalmente debido al uso de leña para calefaccionar los hogares. Lo que ha implicado la implementación de un Plan de Descontaminación Ambiental, el cual dentro de uno de sus ejes de acción, contempla un subsidio estatal para el mejoramiento energético de viviendas que no cumplen con la norma térmica actual. La metodología empleada se basó en encuestas a los usuarios, mediciones in situ de Temperatura Interior y Exterior, mediciones de Infiltración de Aire y Termografía Infrarroja, luego con la información recopilada se estimó la disminución de demanda de energía, en cada vivienda, simulando térmicamente cada caso mediante un software computacional. Los resultados principales apuntan a la importancia de la infiltración en las viviendas, a que la solución EIFS obtuvo las mayores disminuciones de energía, reduciendo el consumo de leña y las emisiones de MP10.

Abstract

The cities of Temuco and Padre Las Casas in southern Chile, have achieved high levels of air pollution, mainly due to the use of firewood to heat homes. It has involved the implementation of a clean-up environmental Plan, which in one of its axes of action provides for a State subsidy for energy improvement of houses that do not comply with current thermal standard. The methodology used was based on surveys to users, in-situ internal and external temperature measurements, as well as measurements of infiltration of air and infrared thermography, then the information gathered to estimate the reduction in energy demand in each home, simulating heat each case by computer software. The main results point to the importance of infiltration in the energy performance of dwellings, and EIFS show it as a solution with the largest reductions of energy, decreasing fuelwood consumption and emissions of PM10.

1. Introducción

Temuco y Padre las Casas forman una conurbación ubicada en la Región de la Araucanía, 667 km al sur de Santiago, capital de Chile. Sus coordenadas geográficas son 38° 46' de latitud sur 72° 38' de longitud oeste, a 114 metros sobre el nivel del mar. En voz mapudungün (mapuche), Temuco significa "Agua de Temu", y es una de las ciudades de Chile que más ha crecido urbanamente en los últimos años. A partir de la década de los noventa, la ciudad vive un acelerado proceso de crecimiento y urbanización, e inicia un proceso de consolidación para transformarse en el principal centro de servicios del sur de Chile. El sitio de la ciudad morfológicamente corresponde a terrazas fluviales del río Cautín que se desarrollan en forma encajonada entre los cerros Ñielol (350 msnm) y Conun Huenu (360 msnm). La población de esta conurbación al 2010 se estima en 377.495 habitantes.

Con respecto al clima, estas ciudades pertenecen a una clasificación Sur Interior, esto es zona lluviosa y fría con heladas frecuentemente, veranos cortos de cuatro a cinco meses con insolación moderada. (NCh 1079, 2008). Por su parte, la leña es el combustible preferido en el sur de Chile causando altos índices de contaminación atmosférica: 5797,6 Ton MP10/año; 5390.3 Ton MP2.5/año, siendo un 92% del MP10 y sobre un 95% del MP2.5 generado por el sector residencial. (DICTUC, 2008)

Debido a estos altos índices de contaminación atmosférica se declaró a las comunas de Temuco y Padre las Casas como zonas saturadas en virtud de la ley 19400 de Bases Generales de Medio Ambiente en abril del año 2005 (D.S. No. 35 de 2005, MINISTERIO SECRETARIA GENERAL DE LA PRESIDENCIA, DO 11.05.2005) y en la actualidad se está implementando un Plan de Descontaminación Ambiental (PDA), el cual dentro de uno de sus ejes de acción, contempla el mejoramiento de la envolvente térmica de viviendas construidas antes de la normativa térmica vigente desde el año 2007. Coincidiendo este escenario con el hecho de que en los últimos años se han tomado decisiones políticas por parte del Ministerio de vivienda y urbanismo (MINVU) y Ministerio de energía (MINENERGIA antes CNE-PPEE) de subsidiar medidas de eficiencia energética en viviendas de segmentos vulnerables, con el objetivo de alcanzar la norma térmica con todas sus implicancias de mejora en calidad de vida y posible disminución de la demanda en calefacción.

Es así como mediante la acción conjunta del Ministerio de Energía a través del Programa País Eficiencia Energética y Ministerio de Vivienda y Urbanismo, se generó una línea de subsidio de Reacondicionamiento Térmico de la vivienda, el cual se implementa a través del Programa de Protección al Patrimonio Familiar, Título II, Subsidio de Mejoramiento de la vivienda, puesto en marcha como plan Piloto a nivel Nacional en las comunas de Temuco y Padre las Casas durante el año 2008, extendiéndose a las comunas de la zona Cordillerana de la novena región, como: Lonquimay, Melipeuco, Curarrehue y Pucón, durante el año 2009.

En este contexto se inicia este estudio, con el propósito de medir el impacto real de este subsidio en las viviendas seleccionadas con este beneficio y con el objetivo de evaluar con indicadores objetivos, el comportamiento térmico de una muestra de viviendas, en su estado inicial y reacondicionadas, determinando grados de mejora térmica en las viviendas intervenidas y con ello, la efectividad del programa de reacondicionamiento implementado por MINVU y MINENERGIA.

2. Contexto

La aplicación del Subsidio de Reacondicionamiento térmico en las comunas de Temuco y Padre las Casas comienza el año 2008, con la implementación del subsidio en estas dos comunas de la IX Región, como medida de aporte del Ministerio de Vivienda y Urbanismo en conjunto con la Comisión Nacional de Energía al Plan de descontaminación ambiental propuesto para estas comunas. Durante el proceso de postulación y selección de comités de vivienda que optaron a este tipo de Subsidio, que se inicia durante el año 2008 y durante el año 2009 existen dos etapas diferenciadas a partir del monto de subsidio asignado para reacondicionar térmicamente las viviendas, monto del cual depende la cantidad de partidas posibles de abordar en cada tipología de vivienda.

Una Primera etapa entre el año 2008 y 2009 bajo el Decreto Supremo Nº 255, (V. y U.) de 2006 que establece un monto de hasta US\$2325 destinado al Reacondicionamiento térmico de la vivienda y US\$2325 para el mejoramiento tradicional de la vivienda. Y una segunda etapa según lo establecido en Decreto Supremo Nº 6 del 23 de Enero del año 2009, que modifica el Decreto Supremo Nº 255 (V y U) de 2006, en el artículo 6 bis, donde el monto de subsidio asignado para el reacondicionamiento térmico de viviendas puede variar desde US\$2325 hasta US\$4650, con lo cual se determina claramente la posibilidad de abordar una mayor cantidad de partidas relacionadas a la mejora térmica en cada vivienda.

Según lineamientos regionales establecidos por la Unidad de Asistencia Técnica del Programa de Protección al Patrimonio Familiar, en cuanto a criterios de intervención de partidas necesarias de mejorar térmicamente en las viviendas, se priorizó la mejora térmica de partidas de la siguiente forma:

Viviendas de madera:

1° Complejo techumbre; 2° Infiltraciones de aire; 3° Pisos ventilados; 4° Muros perimetrales; 5° Ventanas.

Viviendas de Albañilería

1° Complejo techumbre; 2° Muros perimetrales; 3° Infiltraciones de aire; 4° Pisos ventilados; 5° Ventanas.

Las viviendas en general poseen una antigüedad de 7 a 35 años, por lo cual en el caso que sea necesario cada partida intervenida compromete la mejora de la estructura en la vivienda, costo considerado dentro de la partida correspondiente. Por su parte, el grado de intervención en la mejora térmica de la envolvente en todos los casos depende de la cantidad de superficie por solución constructiva abordada.

3. Metodología

La metodología empleada se basó en mediciones in situ de Temperatura Interior y Exterior, mediciones de Infiltración de Aire y Termografía Infrarroja. Por otro lado se estimó la disminución de demanda de energía de calefacción en cada vivienda, simulando térmicamente cada caso mediante software computacional. Posteriormente se analizaron los resultados obtenidos y se estimaron los porcentajes de variación de la demanda energética antes y después de la intervención con y sin considerar la variable infiltración (esto debido a que la normativa térmica Chilena no considera la infiltración como una variable).

3.1 Selección de la muestra

Para la selección de la muestra del grupo de viviendas mejoradas térmicamente de la segunda etapa del año 2009, con reacondicionamiento Térmico de más de 50UF, hasta 80UF, a un universo de 900 viviendas organizadas en treinta y tres comités estudiando tres comités por cada selección, esto es un total de nueve comités, tomando tres viviendas por cada comité, esto es una muestra total de veite y siete viviendas.

Los comités y las viviendas a estudiar fueron definidos por el SERVIU, luego una primera salida a terreno conjunta, considerando aspectos como orientación con respecto al norte, elementos que fueron reacondicionados, localización en el loteo y otros aspectos de particular interés para el objetivo de la evaluación energética.

3.2 Caracterización de las viviendas

La caracterización de las viviendas, se realizó mediante la información formal recopilada, esto es: Carpeta del proyecto de mejoramiento facilitada por el SERVIU con, planos, año de construcción, especificaciones técnicas, proyecto de mejoramiento.

Luego mediante una visita, se verificó la información que se poseía o en su defecto se procedió a levantarla. Para el levantamiento planimétrico se utilizó un distanciómetro digital y para la digitalización se utilizó un software CAD. Además en esta visita se levantó la ubicación geográfica y la orientación de la edificación mediante GPS, los datos geográficos fueron ingresados a una base de datos

compatible con el software Google Earth para su visualización.

3.3 Mediciones

3.3.1 Registro de variables

La temperatura del aire exterior se obtuvo durante la semana de medición de los datos horarios de dos estación meteorológicas propias, y de la estación Las Encinas perteneciente a la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA actualmente Ministerio del Medio Ambiente), todas ubicadas en un sector urbano de Temuco.

La temperatura superficial de las paredes se obtuvo a través de termómetro digital laser, y en caso de ser necesario, se registró mediante termocuplas con datalogger con un intervalo de una hora durante un día.

La temperatura del aire interior se registró mediante sensores de temperatura con datalogger que registran con un intervalo de una hora durante una semana en al menos dos puntos del recinto, por lo general en tres zonas de las viviendas.

La humedad relativa interior se registró mediante sensores de humedad con datalogger que registraron con un intervalo de una hora durante una semana en diferentes puntos del recinto. Por su parte, la Humedad relativa exterior se obtuvo durante la semana de medición de los datos horarios de las estaciones meteorológicas propias, o bien de la estación Las Encinas perteneciente a la CONAMA, todas ubicadas en un sector urbano de Temuco.

3.3.2 Termografía

Con los registros de temperaturas exterior e interior se confeccionó un gráfico de tiempo v/s temperatura, con el cual se determinó el horario en que se realizó la inspección termográfica, en función de las máximas diferencias de temperatura entre el exterior y el interior de la vivienda, como lo establece la Norma ASTM 1060.

3.3.3 Infiltraciones de aire

La determinación de la infiltración de las edificaciones se realizó mediante el Blower Door Test, aplicado según la norma ASTM E 779. Con este test obtuvimos información importante, la cual nos sirvió de input para la estimación dinámica de la demanda energética de la edificación.

3.4 Determinación de la percepción del usuario y condiciones de uso de la vivienda

La percepción del usuario y las condiciones de uso de la vivienda fueron levantadas mediante una encuesta donde se caracterizan las condiciones internas de uso de la vivienda, determinadas por la cantidad de personas, equipos existentes en la vivienda y su horario de actividad o uso, los hábitos y prácticas relacionados a la climatización, equipos para calefacción, horas de uso, hábitos de ventilación y algunos registros de consumo de energía históricos.

3.5 Estimación de la demanda de energía.

La estimación de la demanda de energía en régimen dinámico, se realizó a través de simulaciones con el software Design Builder™.

3.6 Instrumentos y equipos utilizados.

Para el estudio de termografía, se usó una cámara termográfica Fluke, modelo TiR. Y para el procesamiento de las imágenes se trabajó con el software Smartview. Para el análisis de infiltraciones se utilizó el equipo Door Fan Q46 de Retrotec. Para la elaboración de termogramas, se utilizó data loggers de temperatura y humedad interior, junto con datos de temperatura y humedad exterior obtenidos de los informes de SIVICA (Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire) y las estaciones meteorológicas propias.

4. Analisis de los resultados

4.1 Resultados de Infiltración

Los parámetros de infiltración fueron empleados para modelar las viviendas en su situación original y después del mejoramiento. Estos resultados permitieron obtener datos reales de infiltración de las viviendas haciendo las simulaciones, más representativas. Sin embargo al ser un parámetro no considerado en la norma los análisis fueron hechos con y sin considerar las pérdidas por infiltración. De los ensayos realizados se obtiene el grafico de renovaciones de aire naturales (4Pa) (Figura 4.1a) y el grafico de variación de infiltración entre antes y después de la mejora (Figura 4.2b)

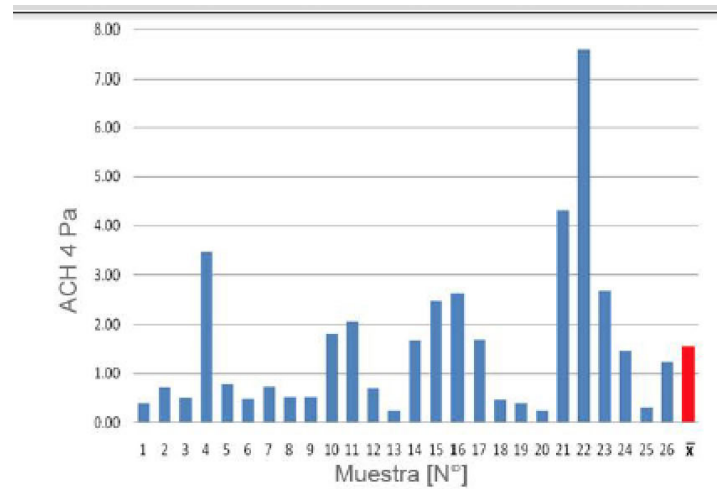


Figura 1.- Grafico de renovaciones de aire naturales a 4Pa.



Figura 4.1 – (a) Grafico de renovaciones de aire naturales a 4Pa.
(b) Grafico de % de variación en Infiltración.

Este comportamiento aleatorio tiene sentido considerando que no hay un control normativo de este parámetro, por lo cual, una mejora, se debe a un efecto indirecto de alguna medida o intervención en la envolvente de la vivienda o bien, en cambio de ventanas o puertas. Por su parte, cuando observamos porcentajes negativos, en general tienen que ver con fallas constructivas; cambio de puertas y ventanas principalmente, mientras que los casos intervenidos con sistema EIFS (Exterior Insulation and Finishing) se observó una mejora considerable, debido a la estanqueidad que presenta el sistema propia de su continuidad.

Cabe destacar que basados en la clasificación de la Norma ASHRAE 119, la mayoría de las muestras analizadas se clasifican por debajo de la peor clasificación, es decir J, pues presentan un Área Normalizada de Fuga (An) mayor a 1,6. Para lo que se propone una clasificación extendida a más letras después de la J, de modo que no se sature la escala, esto mientras no se tengan los datos para establecer una escala propia.

Ahora bien, es importante observar que el porcentaje de mejora es solo una referencia ya que el valor de renovaciones de aire antes de la intervención mostrado en la figura 4.1a indica si este es una

variable importante dentro del comportamiento energético de la vivienda y si este porcentaje de variación fue influyente en la intervención.

4.2. Resultados de simulaciones

4.2.1 Demanda de energía anual estimada

La Demanda de Energía Anual Estimada, Antes y Después del mejoramiento de las viviendas (Figura 4.2) muestra que el 100% de los casos de estudio se perciben mejoras, considerando y sin considerar la variable de infiltración.

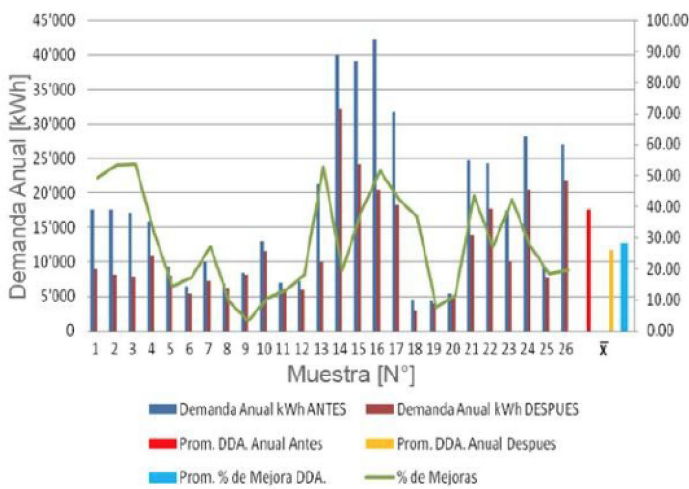


Figura 3 Gráfico de demandas anuales antes y después y porcentaje de mejora considerando infiltración [Kwh/año]

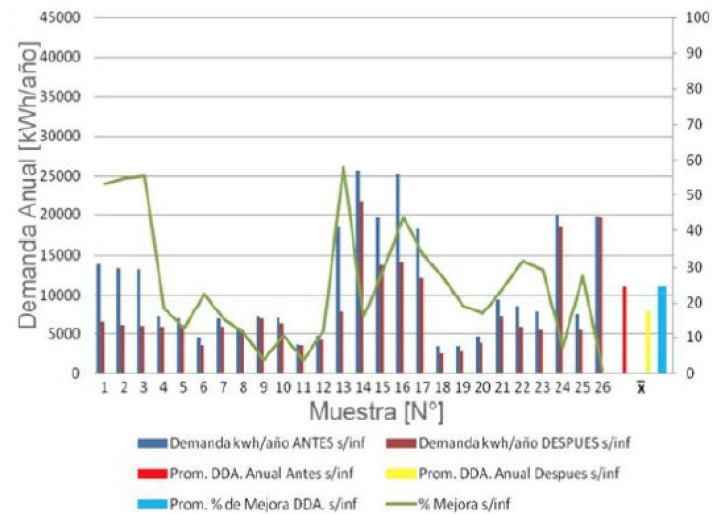


Figura 4 Gráfico de demandas anuales antes y después y porcentaje de mejora sin considerar Infiltración [Kwh/año]

Los promedios de variación de la demanda se presentan en la Tabla 4.1. debido a que las desviaciones estándar de dichos valores demuestran que existe una alta dispersión de datos, lo que puede inducir a conclusiones erróneas, se procede a calcular la mediana del grupo de datos. Esto permite ver de manera más clara los promedios de demanda de Energía al año, además se muestran los resultados obtenidos con y sin La variable de Infiltración incluida en la simulación.

| | <i>Demanda Energía Antes [kWh/año]</i> | <i>Demanda Energía Después [kWh/año]</i> | <i>Demanda Energía Antes (Sin Infiltración) [kWh/año]</i> | <i>Demanda Energía Después (Sin Infiltración) [kWh/año]</i> |
|---------------------|--|--|---|---|
| Promedio | 17.554,74 | 11.655,12 | 11.012,05 | 7.941,14 |
| Desviación Estándar | 11.568,53 | 7.316,58 | 6.950,03 | 5.313,08 |
| Mediana (50%) | 16.482,48 | 8.574,15 | 7.637,49 | 5.979,07 |

Tabla 1 Demandas Anuales Promedio Antes y Después del Mejoramiento.

Del gráfico de demandas anuales (Figura 4.2), se obtienen los porcentajes de mejora de demanda de Energía anual, los cuales representan una disminución de la misma. La tabla 4.2 muestra la distribución de los porcentajes de Mejora de la muestra.

| | <i>Porcentaje de Mejora Demanda Anual</i> | <i>Porcentaje de Mejora Demanda Anual Sin Infiltración</i> |
|----------------------------|---|--|
| Promedio | 28,46% | 24,54% |
| Desviación Estándar | 16,22% | 16,84% |
| Q1 (25%) | 15,18% | 12,05% |
| Q2 (50%) | 27,07% | 20,81% |
| Q3 (75%) | 42,32% | 31,28% |

Tabla 2 Porcentaje de Mejora de Demanda Anual de Energía de toda la muestra.

Del análisis por cuartiles se observa que el cuartil más bajo Q1 (25% de la muestra), no mejora más del 16,22%, mientras que en el cuartil más alto (25% superior), las muestras superan el 42,32% de mejora en demanda de Energía. Y se observa además que un 50% de la muestra mejora sobre un 27,07%. También se realizó el mismo cálculo para los resultados de demandas de energía calculados sin considerar la variable de Infiltración. De este análisis se observa que sin considerar esta variable se obtienen valores de demanda anuales menores, sin embargo se obtienen valores de variación o mejora en este caso, menores a los calculados al incluir la infiltración en los modelos.

4.2.2 Demanda anual de energía normalizada [kWh/m²/año]

Las demandas anuales por m² habitable útil presentan mejoras en toda la muestra aumentando su desempeño energético. (Figura 5.6).

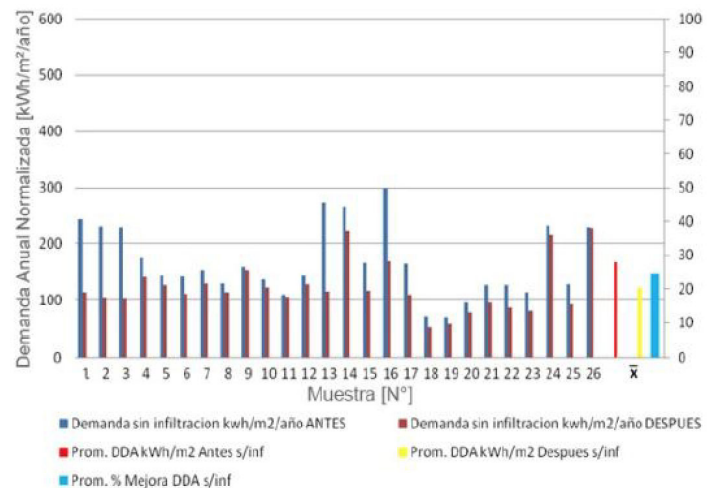


Figura 6 Demanda normalizada anual Antes y Después s/inf [kWh/m²/año].

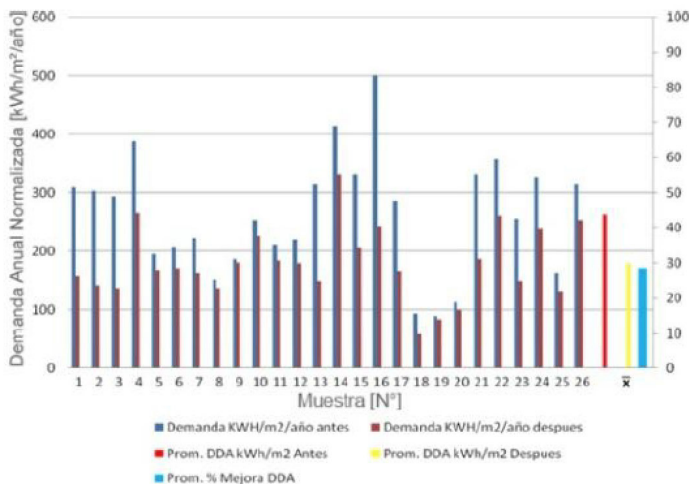


Figura 5 Demanda normalizada anual Antes y Después c/inf [kWh/m²/año].

4.3. Consumo de combustibles

El gráfico de la Figura 4.4 muestra los consumos aproximados de Leña estimados mediante simulación con Software. (Los consumos de la situación antes de la intervención fueron cotejados con los recogidos por la encuesta realizada en cada vivienda).

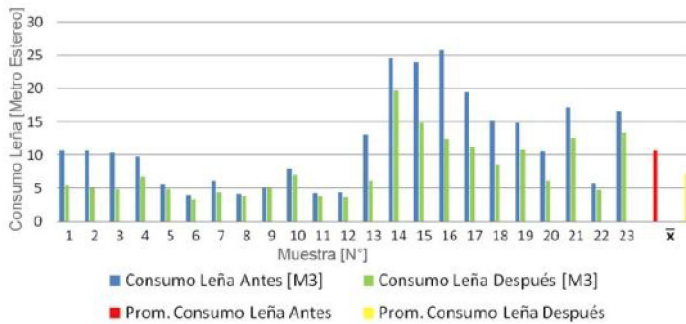


Figura 7 Gráfico consumo de leña estimado.

Debido a que solo se tienen los consumos entregados por los usuarios durante la situación antes del acondicionamiento térmico, solo se puede estimar la disminución del consumo mediante simulaciones, resultados que debieran verificarse con los usuarios luego del siguiente invierno.

Sin embargo los consumos estimados obtenidos con las simulaciones por Software, arrojan consumos similares en la situación antes. Por lo que con el promedio de mejora obtenido (disminución de demanda) se puede inferir que el consumo en dichas viviendas podría disminuir proporcionalmente con la intervención. Ahora bien, con respecto a la emisión de contaminantes (MP10) producidos durante el invierno en Temuco y Padre Las Casas, es posible calcular cuánto se puede disminuir en promedio por cada casa intervenida.

La emisión de MP10 se expresa básicamente como el producto de un factor de emisión (FE) por un nivel de actividad (NA).

$$E = FE \cdot NA \cdot \left(1 - \frac{ER}{100}\right)$$

$$E = \left(19,6 \left(\frac{g \text{ MP10}}{kg \text{ leña}}\right) \cdot 8610 \left(\frac{kg}{año}\right)\right) \cdot \left(1 - \frac{60\%}{100}\right)$$

$$E = 67,50 \left(\frac{kg}{año}\right)$$

Tomando el promedio estimado de consumo de leña por vivienda en este estudio y con un factor de emisión de una estufa, de 19,6 g MP10/kg leña (CENMA, 2009) se obtuvo un promedio de emisiones de 67.50 kg/año, luego considerando el porcentaje promedio de mejora de las viviendas estudiadas, con la estimación del consumo se puede observar que cada vivienda podría disminuir en un 27% el consumo de Combustible, (biomasa) llegando a emitir 49,27 kg/año de MP10 en promedio.

De esta forma se debiera observar después del mejoramiento, una reducción del consumo de leña para calefacción, una mejora en el confort de las viviendas (ya percibido por los usuarios) un aumento el valor del inmueble y una reducción de las emisiones de MP10, colaborando con la descontaminación atmosférica de la ciudad de acuerdo al Plan de descontaminación atmosférica.

5. Conclusiones

Las demandas estimadas antes y después de la intervención, presentaron mejoras en todos los casos, mostrando un promedio de un 28% con una desviación estándar de 16% en la disminución de la demanda de energía, mostrando además que el 50% de la muestra mejora sobre un 27% y el 25% que más mejora lo hace por sobre un 42%, llegando a mejoras máximas de un 53%. Lo que da cuenta de que el subsidio resulta en cambios importantes en las viviendas intervenidas en las ciudades de Temuco y Padre Las Casas, cumpliendo prácticamente con el objetivo inicial de disminuir en un 30% la demanda energética.

Ahora bien, la alta dispersión en los resultados, muestra que aún se debe afinar algunos procedimientos, de forma que el subsidio tenga un beneficio óptimo para cada vivienda y esto tenga un impacto global en la disminución de energía y emisiones de MP10 en el caso de Temuco y Padre Las Casas. En este aspecto el estudio muestra que el 25% de viviendas que la mejora fue menor, esta estuvo por debajo del 15% de mejora, llegando a un mínimo de 3.2% de mejora (cabe considerar que en este caso solo el 50% del subsidio fue térmico).



Con respecto a las estimaciones de demanda con y sin infiltración, se observa que al no considerar esta variable se tiende a subestimar la demanda de las viviendas en aproximadamente un 60% de la real, lo cual puede llevar a estimaciones globales erróneas. Con respecto a los análisis de Infiltración realizados en terreno se pudo obtener los primeros parámetros reales de las viviendas en Temuco y Padre Las Casas. Demostrando que esta variable olvidada en la normativa Chilena tiene una gran incidencia en la demanda de energía de calefacción residencial. Se observó que su mejora no fue cubierta por la intervención de las viviendas, en la mayoría de los casos y en los que hubo mejora, esto fue por causas indirectas. En los casos en que la filtración de aire aumentó, por lo general fue debido a cambios de puertas y ventanas, lo cual debe ser corregido técnicamente en los próximos subsidios por los ejecutores.

La disminución del consumo de combustible para calefacción, estimado mediante simulación de demanda energética, se traduce en una mejora de confort, ahorro de dinero para el usuario, y una disminución un 27% de emisión de contaminantes por vivienda. Lo que demuestra la importancia de esta línea de acción del Plan de Descontaminación Atmosférico para las comunas de Temuco y Padre Las Casas.

Es importante destacar que el porcentaje de mejora debe ser observado junto a la demanda inicial de cada vivienda, ya que en casos con altos consumos de energía, el hecho de presentarse una mínima mejora en la demanda, no significa directamente una mala aplicación del subsidio, ya que puede resultar importante la disminución a la hora de cuantificar el consumo de combustible para calefacción y la emisión de MP10. En términos concretos, un porcentaje menor de mejora en viviendas con alta demanda energética puede ser mucho más importante en el global que un alto porcentaje de mejora en viviendas con un mejor comportamiento energético. Lo cual debería ser la prioridad de la aplicación de este subsidio en ciudades donde la combustión residencial de leña es la principal causa de la contaminación atmosférica, es decir, la mayor parte del Sur de Chile.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen de forma especial al financiamiento del Ministerio de Energía, Ministerio de Vivienda y Urbanismo y al proyecto DIUFRO DI09-0083, Universidad de La Frontera, Chile.

Bibliografía

- (1) American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE 119,1988: Air Leakage Performance for Detached Single-Family Residential Buildings. Estados Unidos, 1988.
- (2) Araneda, C. Evaluación energética de las viviendas intervenidas en la iniciativa piloto de reacondicionamiento térmico en Temuco y Padre Las Casas. Universidad de La Frontera, 2010.
- (3) Cardenas, J.P; Hope, J; Araneda, C. Evaluación Energética de una muestra representativa de las viviendas intervenidas en la iniciativa piloto de Reacondicionamiento Térmico. Ministerio de Energía; Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2011.
- (4) Comisión Nacional del Medio Ambiente; DICTUC. Actualización del inventario de emisiones atmosféricas en las comunas de Temuco y Padre Las Casas, 2008.
- (5) Instituto Nacional de Normalización. NCh 1079 of 2008: Arquitectura y construcción – Zonificación climática habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico, 2008.
- (6) ASTM D Standard E779, 2010: Standard Test Method for Determining Air Leakage Rate by Fan Pressurization, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2010.