

# Facultad de Ciencias

Departamento de Estadística

Carrera Ingeniería Estadística

## PROYECTO DE TÍTULO II

Asignatura	:	<b>Proyecto de Título II (220068)</b>
Título	:	<i>“Elaboración de la línea base de los factores que determinan la permeabilidad al aire en el sector de edificios de Chile”.</i>
Realizado por	:	Bernarda López Sánchez. Claudia Céspedes Isla.
Profesor Guía	:	Mg. Gilda Vargas Mac-Carte
Profesor Co-Guía	:	Luis A. Bobadilla Moreno. Director CITEC-UBB.
Semestre	:	Primer Semestre 2012.
Fecha	:	Concepción, de 2012.



UNIVERSIDAD DEL BÍO BÍO  
www.ubiobio.cl

## **Agradecimientos.**

De parte de Bernarda López Sánchez:

En primera instancia, dar gracias a Dios por su infinito amor, por todo lo que me da y lo que no me da, gracias por la enorme bendición que me da al poder realizar uno de mis sueños. Simplemente gracias.

Gracias a mi familia, mis padres Tito y Mónica, mis hermanos Melissa y Héctor, primos y primas, tías y tíos, etc., gracias por su apoyo e incondicionalidad infinita, porque me han enseñado que nunca hay que rendirse, hay que ser perseverante y pese a los problemas que nos depara la vida, nada es más importante que el amor y la unión.

A mi compañera de tesis, amiga y confidente Claudia Céspedes, sólo puedo tener palabras de gratitud y cariño por su gran apoyo en estos años de universidad, por estar en todo momento, los buenos y los malos, muchas gracias por tu valiosa amistad.

Gracias al tío Elías y todo el team Foca (Lichi, Lawrence y Sebastián) que han sido parte importante en mi etapa universitaria, ya sea en el ámbito personal como en el laboral, por su amistad y comprensión, porque siempre creyeron en mí, me apoyaron en mis estudios y porque me acogieron como si fuera parte de su familia.

Muchas gracias a los profesores que han sido parte en mi desarrollo académico, en especial a la profesora Gilda Vargas, que me ha apoyado en todo momento, al igual que el profesor y jefe de carrera Don Sergio Contreras. Ambos han creído en mí y en mis capacidades, aun cuando yo no lo creía. A Don Ariel, Rodrigo, Muriel y Daniela les agradezco por confiar y creer en nosotras para desarrollar este proyecto y su apoyo en el transcurso de éste.

A mis adoradas amigas Jeru, Rubito y Alicia, les agradezco cada buen momento que me hicieron pasar en la universidad, por cada consejo y abrazo cuando más lo necesitaba, por brindarme su maravillosa amistad, estar en las buenas y en las malas, las quiero.

Agradecer en gran manera a la Patty, por su siempre buena disposición, su paciencia, su amabilidad y por su cariño que me brinda cada vez que voy a su oficina, muchas gracias. También agradecer a mis compañeros y amigos de la universidad que me han apoyado y querido en esta etapa, por los buenos momentos que pasamos...¡Gracias totales!

De parte de Claudia Céspedes Isla:

Este Proyecto de Título representa el fin y el comienzo de una nueva etapa de mi vida, por lo que quiero expresar mi gratitud a todos quienes, de una u otra manera, me han acompañado en esta larga jornada. En primer lugar, a Dios por permitirme llegar a esta instancia, y lograr que me convirtiera en Ingeniera Estadística. A mis padres quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos, además de mis hermanos. Otra persona fundamental y esencial, es mi amada mejor amiga Bernarda López, mi compañera de tesis, ambas sabemos muy bien todo lo que debimos pasar, pero todo esto fue posible por tu apoyo y amistad incondicional, gracias por todos estos años de amigas inseparables, .

Quiero agradecer a mis amigas, las chicas Y, mi tocaya Claudia Rubio, Alicia Ferreira y María Jerusalén Esparza, por estar siempre presentes en esta etapa, buenas y malas, por levantar el ánimo y convertir un simple día en uno especial y lleno de risas al punto de hacerme llorar de risa, con todas ustedes tengo los mejores recuerdos de mi vida universitaria, sin ustedes nada de esto sería igual.

No puedo dejar de mencionar a la gran secretaria de la carrera, Patricia Toledo, por siempre brindar su ayuda en todo momento y solucionar la vida de muchos. Además de todas las personas que se han unido a lo largo de esta experiencia, entre profesores y compañeros de carrera.

El desarrollo de este trabajo, no puedo dejar de estar influenciado por el apoyo de grandes personas, por la profesora Gilda Vargas y el jefe de carrera Sergio Contreras, sus comentarios, apreciaciones y críticas hicieron que este proyecto resultara, también a todo el equipo de trabajo del proyecto FONDEF, por el apoyo del director del Centro de Tecnologías de la Construcción CITEC-UBB, Sr. Luis Ariel Bobadilla, al Ingeniero en Construcción Rodrigo Figueroa, las arquitectas Daniela Besser y Muriel Díaz, quienes colaboraron con la claridad necesaria, conocimientos y el enfoque requerido para llegar a la concreción de este ciclo.

Por último, a mi amor Jorge Orellana, quien lloró y rió en cada momento junto a mí y fue capaz de contenerme cuando todo iba mal. Gracias por amarme como solo tú lo puedes hacer.

## Índice.

<b>1. Resumen.</b>	9
<b>2. Introducción.</b>	10
<b>3. Objetivos.</b>	11
3.1. Objetivo General.	11
3.2. Objetivos Específicos.	11
<b>4. Antecedentes Generales.</b>	12
4.1. Origen del proyecto.	12
4.2. Línea Base.	12
4.3. Algunos conceptos necesarios para el muestreo.	15
4.4. Muestreo aleatorio estratificado (m.a.e.)	16
<b>5. Materiales y métodos.</b>	17
5.1. Población en estudio.	17
5.2. Diseño de muestreo para establecer la línea base.	18
5.3. Catastro de las muestras ensayadas por CITEC comparadas con la muestra mínima propuesta.	24
<b>6. Resultados.</b>	27
6.1. Participación en la toma de muestras desarrolladas por CITEC-UBB.	27
6.2. Análisis exploratorio de datos para la permeabilidad al aire entre tipologías similares.	31
6.3. Comparación de permeabilidad al aire entre promedios de los años de construcción 2007 y 2010.	34
6.4. Comparación de permeabilidad al aire entre agrupación y año de construcción.	35
6.5. Análisis de correspondencias múltiples.	37
6.6. Gráficos de interacción para estadística descriptiva.	41
6.7. Líneas bases de los factores que determinan la permeabilidad al aire en el sector edificios habitacionales de Chile.	44

<b>7. Recomendaciones</b> .....	48
<b>8. Conclusiones</b> .....	49
<b>9. Bibliografía</b> .....	51
<b>10. Anexo</b> .....	52
10.1. Análisis descriptivos de los edificios habitacionales y de servicio de Chile construidos el año 2007 y 2010.....	52

## Índice de Tablas.

Tabla 1: Mediciones de permeabilidad al aire realizados por CITEC. ....	20
Tabla 2: Catastro de las edificaciones habitacionales, realizadas hasta noviembre 2012. .....	23
Tabla 3: Catastro de las edificaciones habitacionales, realizadas hasta febrero del 2013. .....	25
Tabla 4: Permeabilidad al aire promedio según la materialidad predominante en muros y año de construcción en edificios habitacionales.....	34
Tabla 5: Permeabilidad al aire promedio según la materialidad predominante en muros y agrupación con respecto al año de construcción en edificios habitacionales. ....	35
Tabla 6: Resumen del modelo. ....	37
Tabla 7: Medidas de discriminación. ....	38
Tabla 8: Intervalos de confianza para la línea base de material predominante en muros. .....	45
Tabla 9: Intervalos de confianza para la línea base de material predominante en muros, según su agrupamiento. ....	46
Tabla 10: Regiones de Chile, clasificadas por zona. ....	54
Tabla 11: Materialidad predominante en muros de la zona norte para edificios del tipo habitacional, año 2007 con información obtenida del INE. ....	56
Tabla 12: Materialidad predominante en muros de la zona centro, año 2007 para edificios del tipo habitacional con información obtenida del INE. ....	57
Tabla 13: Materialidad predominante en muros de la zona sur, año 2007 para edificios del tipo habitacional, con información obtenida del INE. ....	57
Tabla 14: Materialidad predominante en muros de la zona norte, año 2010 para edificios del tipo habitacional, con información obtenida del INE. ....	58
Tabla 15: Materialidad predominante en muros de la zona centro, año 2010 para edificios del tipo habitacional, con información obtenida del INE. ....	59
Tabla 16: Materialidad predominante en muros de la zona sur, año 2010 para edificios del tipo habitacional, con información obtenida del INE. ....	60

Tabla 17: Materialidad predominante en muros, para edificios del tipo de servicios del año 2007 para cada zona de Chile con información obtenida del INE. .... 60

Tabla 18: Materialidad predominante en muros, para edificios del tipo de servicios del año 2010 para cada zona de Chile con información obtenida del INE. .... 61

### Índice de Figuras.

Figura 1: Totalidad de edificaciones a nivel país. .... 18

Figura 2: Distribución de la muestra. .... 22

Figura 3: Distribución de la muestra definitivo. .... 25

Figura 4: Resumen de las muestras ensayadas por CITEC de la edificación habitacional hasta febrero del 2013. .... 26

Figura 5: Vivienda sector Venado Oriente, casa 5, San Pedro de la Paz. .... 27

Figura 6: Equipamiento del Blower-Door. .... 28

Figura 7: Instalación Blower-Door. .... 29

Figura 8: Test realizado por el software y su aspecto en pantalla (software utilizado: TECTITE Express). .... 30

Figura 9: Resultados del test y su aspecto en pantalla (software utilizado: TECTITE Express). .... 31

Figura 10: Diagrama box-plot, según año de construcción y materialidad predominante en muros. .... 32

Figura 11: Diagrama box-plot, según agrupación y materialidad predominante en muros. .... 33

Figura 12: Medida de discriminación. .... 39

Figura 13: Diagrama cartesiano conjunto de puntos. .... 40

Figura 14: Gráfico de interacción entre agrupamiento y materialidad predominante en muros. .... 41

Figura 15: Gráfico de interacción entre año de construcción y materialidad predominante en muros.....	42
Figura 16: Gráfico de interacción entre año de construcción y agrupamiento. ....	43
Figura 17: Tendencia de los valores de permeabilidad al aire en los años de construcción 2007 y 2010 en las edificaciones habitacionales.....	44
Figura 18: Promedio de la permeabilidad al aire por materialidad predominante en muros. ....	45
Figura 19: Promedio de la permeabilidad al aire, según agrupamiento y materialidad predominante en muros.....	46
Figura 20: Materialidad predominante en muros de las edificaciones habitacionales, en base a la información entregada por el INE. ....	52
Figura 21: Materialidad predominante en muros de las edificaciones de servicio, en base a la información entregada por el INE.....	53
Figura 22: Materialidad predominante en muros de las edificaciones habitacionales de la zona norte, en base a la información entregada por el INE.....	54
Figura 23: Materialidad predominante en muros de las edificaciones habitacionales de la zona centro, en base a la información entregada por el INE. ....	55
Figura 24: Materialidad predominante en muros de las edificaciones habitacionales de la zona sur, en base a la información entregada por el INE.....	55

## **1. Resumen.**

Los problemas de hermeticidad de la edificación en Chile, es un problema que afecta el desempeño energético y ambiental de los edificios, su calidad habitable, la calidad de vida de la población y fuertemente el gasto de energía, con consecuencias económicas y sociales de gran magnitud para la industria y el estado. El presente trabajo se enmarca dentro del Proyecto D10I1025 del Centro de Investigación de Tecnologías de la Construcción de la Universidad del Bío-Bío (CITEC UBB), que consiste en desarrollar estándares de permeabilidad al aire y clases de infiltración aceptables de edificios por zona territorial de Chile. El objetivo principal del trabajo consiste en determinar la línea base de la permeabilidad al aire de edificios habitacionales y de servicios de Chile y establecer las principales causas que la afectan. Para cumplir con lo propuesto, se desarrolla el trabajo en tres etapas: diseñar el procedimiento de muestreo, trabajo de campo y análisis de los datos.

## **2. Introducción.**

Desde hace más de treinta años, todos los países desarrollados han establecido estrictas y progresivas regulaciones sobre la demanda de energía de las edificaciones, como también sobre el comportamiento de los componentes de la envolvente de las viviendas y edificios, la calidad del aire interior, etc.

Chile es el primer país de Latinoamérica que ha incorporado en su reglamento de construcción exigencias de acondicionamiento térmico para todas sus viviendas, para mejorar la calidad de vida de la población, las condiciones de confort y alcanzar la baja demanda de energía de los países desarrollados.

La investigación propuesta forma parte del proyecto FONDEF D10I1025 “Establecimiento de clases de infiltración aceptable de edificios para Chile”, dirigido por el Sr. Luis A. Bobadilla Moreno, Director del Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción CITEC de la Universidad del Bío-Bío. Como se requiere de metodología estadística para el desarrollo del proyecto, se realiza el estudio en conjunto con académicos de nuestra Universidad.

El propósito del presente estudio consta en establecer la línea base para los principales factores que determinan la permeabilidad al aire en edificios construidos entre los años 2007 al 2010, destinados al sector habitacional y de servicio en nuestro país.

### **3. Objetivos.**

#### **3.1. Objetivo General.**

Establecer la línea base de la permeabilidad al aire para distintas tipologías de edificación en Chile.

#### **3.2. Objetivos Específicos.**

Este estudio consta de dos partes:

##### **Proyecto de Título I:**

1. Conocer y comprender terminología relacionada con permeabilidad al aire.
2. Definir y describir el indicador que permite evaluar la permeabilidad al aire de construcciones de Chile.
3. Presentar las tipologías de edificaciones habitacionales y de servicios a considerar en el estudio y los datos asociados a dichas tipologías.

##### **Proyecto de Título II:**

4. Determinar el diseño de la investigación y las fuentes de datos.
5. Participar en la toma de datos en terreno, principalmente con el fin de observar covariables que podrían explicar la variabilidad de la permeabilidad al aire entre tipologías similares.
6. Identificar los factores que se relacionan significativamente con la permeabilidad al aire del sector edificios de Chile.
7. Determinar las líneas bases para permeabilidad al aire en edificios de Chile.

#### **4. Antecedentes Generales.**

##### **4.1. Origen del proyecto.**

Esta investigación deriva de los problemas de hermeticidad de la edificación en Chile. Problema que afecta el desempeño energético y ambiental de los edificios, su calidad habitable, la calidad de vida de la población y fuertemente el gasto nacional de energía, con consecuencias económicas y sociales de gran magnitud para la industria y el estado de Chile.

Las infiltraciones, que siempre significan fugas de calor, dependen, fundamentalmente, de las propiedades de permeabilidad al aire de los elementos que conforman la envolvente. Característica del parque de construcciones de Chile prácticamente desconocida, no regulada ni controlada. Estudios experimentales que sirven de base, demuestran que los niveles de infiltración de construcciones nacionales exceden en entre 2 y 10 veces los niveles máximos aceptables en países europeos.

El presente trabajo se enmarca dentro del Proyecto D10I1025 del Centro de Investigación de Tecnologías de la Construcción de la Universidad del Bío-Bío (CITEC UBB), que consiste en desarrollar estándares de permeabilidad al aire y clases de infiltración aceptables de edificios por zona territorial de Chile. El objetivo principal del trabajo consiste en determinar la línea base de las infiltraciones al aire de edificios habitacionales y de servicios de Chile y establecer las principales causas que la afectan.

El indicador fijado en el Proyecto de Título I es la permeabilidad al aire, donde ésta variable de interés se expresa en términos de fuga de aire en volumen por hora (*vol/h*) de la superficie de la vivienda cuando se somete a una presión de 50 Pascales (*50 Pa*).

##### **4.2. Línea Base.**

###### **Definición.**

Una base es un concepto de gestión, una especificación o producto que se ha revisado formalmente y sobre los que se ha llegado a un acuerdo, y que de ahí en adelante sirve como base para un desarrollo posterior y que puede cambiarse solamente a través de procedimientos formales de control de cambios.

## **Objetivos.**

- ❖ Brindar información agregada, oportuna y confiable, que permita a las entidades de gobierno alcanzar óptimos de eficiencia en la gestión y en los procesos de toma de decisiones.
  
- ❖ Contribuir con la consolidación de una cultura de uso y aprovechamiento de la información, mediante el manejo permanente de indicadores seleccionados y de análisis de eficiencia comparativa en el seguimiento y la evaluación de las políticas públicas.
  
- ❖ Facilitar a múltiples usuarios (autoridades nacionales, departamentales, locales y ciudadanos) el acceso y el uso de la información, mediante una herramienta.

## **Línea base (investigación científica).**

La línea base, línea basal o estudio de base viene a ser la primera medición de todos los indicadores contemplados en el diseño de un proyecto de desarrollo social por ende permite conocer el valor de los indicadores al momento de iniciarse las acciones planificadas, es decir, establece el “punto de partida” del proyecto o intervención.

La línea base suele tener un carácter cuantitativo y puede recurrir tanto a fuentes primarias (producidas ad-doc) como a secundarias (por ejemplo censos, estudios previos), pero se prefiere las fuentes primarias dado que muchas veces los proyectos de desarrollo conciernen a un escenario específico no contemplado por otros investigadores.

Dentro del ciclo del proyecto, la línea base debe realizarse cuando éste se inicia; de lo contrario, no se contará con datos que permitan establecer comparaciones posteriores e indagar por los cambios ocurridos conforme el proyecto se vaya implementando. Asimismo, de no realizarse se hacen menos confiables las posteriores evaluaciones de resultados y/o de impacto de un proyecto de desarrollo.

El resultado de la línea base se expresa en un informe que describe la situación del problema identificando antes de la intervención del proyecto y la información elaborada se conoce como año base, punto de referencia o año cero.

#### **Utilidad de la Línea Base.**

- ❖ Permite establecer la situación inicial del escenario en que se va a implementar un proyecto.
- ❖ Sirve como un punto de comparación para que futuras evaluaciones se pueda determinar qué tanto se ha logrado alcanzar los objetivos.
- ❖ Corrobora los datos obtenidos en el diagnóstico y los estudios de factibilidad previos que dieron origen a la formulación del proyecto.
- ❖ Caracteriza en forma más precisa a la población objetivo del proyecto o intervención, y con ellos incluso se podría reformular los objetivos con miras a ganar mayor pertinencia, eficacia y sostenibilidad potencial.
- ❖ Realizar una planificación bien concebida para la ejecución del proyecto.

#### **Importancia de la Línea Base.**

La línea base constituye una herramienta práctica para el aprovechamiento y uso de la información, establece un vínculo entre la información disponible y organizada y el proceso de toma de decisiones, cumple con tres funciones importantes:

- ❖ Agrupa y pone a disposición de los usuarios un conjunto de indicadores claves para la planeación y el seguimiento de la gestión.
- ❖ Permite un enfoque de análisis por eficiencia comparativa.
- ❖ Facilita la organización racional y la articulación de sistemas de información.

#### 4.3. Algunos conceptos necesarios para el muestreo.

Antes de definir el muestreo aleatorio estratificado, se presentarán algunos conceptos importantes para seleccionar una muestra:

- ❖ Población: una población o universo, es el conjunto de todos los elementos definidos antes de la selección de la muestra. Una población adecuadamente designada debe definirse en términos de:

1. Elementos
2. Unidades de muestreo
3. Alcance
4. Tiempo

- ❖ Elemento: es la unidad acerca de la cual se solicita información. Este suministra la base del análisis que se llevaría a cabo. Los elementos más comunes del muestreo en investigación de mercados, familias, entre otras. En otros casos, los elementos de cualquier muestra específica dependerán de los objetivos del estudio.

- ❖ Unidad de muestreo: es el elemento o los elementos disponibles para su selección en alguna etapa del proceso de muestreo. En el tipo de muestreo más simples, el de una sola etapa, las unidades y los elementos de muestreo son lo mismo, también está el proceso de dos etapas, que corresponde a un muestreo bietápico.

Un proceso de muestreo puede tener tantas etapas como el investigador desee. Todo lo que tiene que hacer especificar la unidad de muestreo en cada etapa.

- ❖ Marco muestral: es una lista de todas las unidades de muestreo disponibles para su selección en una etapa del proceso de muestreo. Cada etapa de muestreo requiere su propio marco muestral.

- ❖ Población de estudio: es el conjunto de elementos del cual se saca la muestra. Anteriormente se definió población como el conjunto de los elementos definidos antes de seleccionar la muestra. Desafortunadamente surgen dificultades prácticas que hacen que la muestra real se tome de una población un tanto diferente de las que se definió a priori. Por lo tanto, la población del estudio se convierte en el conjunto de elementos del cual se selecciona realmente la muestra.

#### 4.4. Muestreo aleatorio estratificado (m.a.e.)

Un tipo de diseño de muestreo que frecuentemente proporciona una cantidad específica de información a menor costo que el muestreo aleatorio simple, es el muestreo aleatorio estratificado (m.a.e.). Se recomienda este diseño cuando la población consiste en un conjunto de grupos heterogéneos.

Una muestra aleatoria estratificada es una muestra aleatorio que se obtiene separando los elementos de la población en grupos disjuntos, llamados estratos, y seleccionando una muestra aleatoria simple dentro de cada estrato.

Este muestreo tiene tres ventajas importantes sobre el muestreo aleatorio simple:

- ❖ Frecuentemente el costo de la recolección y el análisis de los datos se reduce al estratificar en grupos cuyos elementos tienen características similares, pero que difieren de un grupo a otro.
- ❖ La segunda ventaja está relacionada con la varianza del estimador de la media poblacional. Usualmente esta variabilidad se reduce usando m.a.e., debido a que la variabilidad dentro de los estratos es generalmente menor que la variabilidad de la población.
- ❖ Se obtienen estimadores separados para los parámetros de cada estrato, sin necesidad de seleccionar otra muestra e incurrir en mayores gastos. Es decir, los resultados de una investigación realizada por m.a.e. se pueden entregar a nivel poblacional y a nivel de estratos.

## **5. Materiales y métodos.**

La primera etapa del proyecto contempló la aplicación de métodos descriptivos a las bases de datos entregadas por el INE, para generar el diseño de muestreo que es proporcionado a CITEC para tomar ensayos de las muestras propuestas.

Para conocer mejor el procedimiento para la toma de muestras, se participó en algunos ensayos realizados con el instrumento Blower-Door, en la región del Bío-Bío, más específicamente, en la ciudad de San Pedro de La Paz.

Una vez recibidas algunos de estos datos, se procedió a caracterizar sólo la edificación habitacional, ya que las edificaciones de servicio no fueron entregadas por razones explicadas más adelante. En segunda etapa se utilizaron técnicas estadísticas, como gráficos de barra de error, métodos multivariados de análisis de correspondencias múltiples, comparación de medias paramétrica y no paramétrica, análisis de varianza con fines descriptivos, para luego desarrollar y determinar las líneas bases de los factores que determinan la permeabilidad al aire en el sector de edificios habitacionales de Chile.

Los análisis se realizaron con los software: IBM SPSS Statistics V.19, STATGRAPHICS Plus 3.1, Microsoft Excel año 2010 y ACCESS año 2010.

### **5.1. Población en estudio.**

La figura siguiente presenta la población total de edificaciones a considerar en el estudio para la muestra, estos datos fueron proporcionados por el INE, y en base a ellos se realizaron análisis estadísticos para una mayor comprensión de los datos.

Los análisis se realizaron con el material predominante de edificios habitacionales y de servicio de Chile, de los años 2007 y 2010.

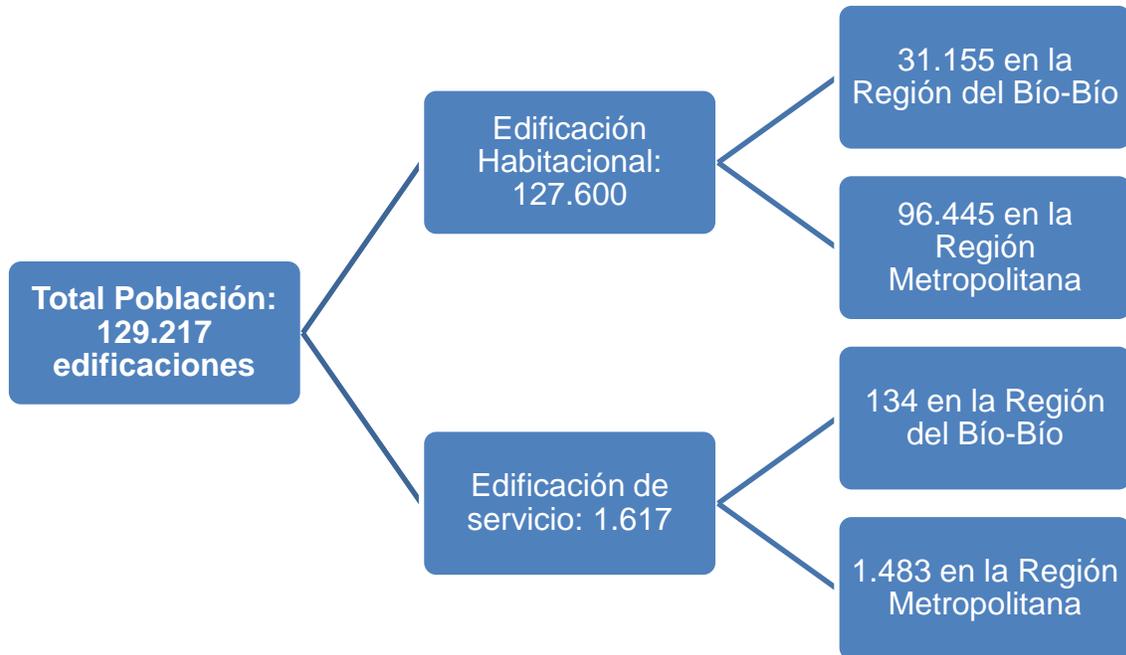


Figura 1: Totalidad de edificaciones a nivel país.  
Fuente: Elaboración propia.

## 5.2. Diseño de muestreo para establecer la línea base.

Para establecer el diseño de muestreo, se contó principalmente con información proporcionada por el INE relacionada con el material predominante de edificios habitacionales y de servicio de Chile, a partir del año 2007 hasta el 2011, conformando esto la población objeto de estudio en primer lugar. Desafortunadamente surgen dificultades prácticas que hacen que la muestra real se tome de una población un tanto diferente de la que se definió a priori. Por lo tanto, la población del estudio se convierte en el conjunto de elementos del cual se selecciona realmente la muestra. Por ende, en común acuerdo con el Director de CITEC-UBB, Sr. Luis A. Bobadilla, la Arquitecta Daniela Besser, el Ingeniero en Construcción Rodrigo Figueroa y la Sra. Gilda Vargas M. profesora guía del Proyecto de Título, se propuso trabajar con todas las edificaciones habitacionales y de servicio construidas el 2007 y el 2010 de la región del Bío-Bío y región Metropolitana de Santiago, constituyendo esto la población objeto de estudio.

Por lo tanto, la población objeto de estudio está constituida por 129.217 edificaciones habitacionales (viviendas o departamentos) y de servicios (edificios públicos, colegios, etc), construidas en la VIII Región y Región Metropolitana en los años 2007 y 2010, donde el 98,75% de éstas están destinadas a habitación y un 1,25% a servicios.

La variable de interés que se considera es la permeabilidad al aire que se expresa en términos de fuga de aire en volumen por hora (vol/h) de la superficie de la vivienda cuando se somete a una presión de 50 Pascales (50Pa).

Los factores a considerar son:

*Año de construcción:*

- ❖ 2007
- ❖ 2010

*Destino de la edificación:*

- ❖ Habitacional
- ❖ Servicio.

*Materialidad, clasificada en 5 tipos:*

- ❖ Hormigón.
- ❖ Ladrillo.
- ❖ Madera.
- ❖ Ladrillo estructura liviana.
- ❖ Otras materialidades.

*Sistema de Agrupación (habitacional):*

- ❖ Casa aislada.
- ❖ Casa pareada.
- ❖ Casas continuas y departamentos.

*Región:*

- ❖ Bío-Bío.
- ❖ Metropolitana de Santiago.

Después de un análisis preliminar se determinó que el factor Región no se considerará en el estudio, esto se debe a que las diferencias de permeabilidad al aire son a causa de las empresas constructoras y no del clima de la región. Además las categorías del factor Materialidad predominante en muros, se redujo a cinco, debido a que cuatro de ellas correspondían a poblaciones muy pequeñas y fueron añadidas a la categoría “Otras materialidades”.

Para estimar la varianza, denotada por  $s^2$ , se contó con información de estudios anteriores de mediciones de permeabilidad al aire realizados por CITEC UBB entre los años 2000-2012. Los que se resumen en la siguiente tabla:

Material	$x_i$	$f_i$
Madera	40	20%=0,2
Ladrillo	20	40%=0,4
Hormigón	10	10%=0,1
Otros	20	30%=0,3

Tabla 1: Mediciones de permeabilidad al aire realizados por CITEC.

$x_i$ : Valor  $n_{50}$  máximo posible de infiltración de aire (vol/h).

$f_i$ : Frecuencia observada.

$n_{50}$ : Número de renovaciones por hora (vol/h) a una diferencial de 50Pa.

A partir de los datos anteriores, se obtiene una estimación de la permeabilidad al aire promedio y su varianza:

$$\text{Permeabilidad promedio estimada: } \bar{x} = \sum x_i f_i = 23 \text{ (vol/h)}^1$$

Varianza  $S^2 = \sum x_i^2 f_i - \bar{x}^2 = 610 - (23)^2 = 81$ , de donde se desprende que la desviación estándar es 9.

---

<sup>1</sup> Promedio ponderado de la permeabilidad al aire.

Para la estimación del tamaño de la muestra se considera un nivel de confianza del 95% ( $z = 1,96$ ) y un error de muestreo del 10%, el que se estima en 2,3.

Se tiene que:  $n_0 = \frac{z^2 s^2}{d^2}$  y  $1 - \alpha / 2 = 0.975 \Rightarrow z_{0.975} = 1.96$

Entonces,  $n_0 = \frac{z_0^2 \hat{\sigma}^2}{d^2} = \frac{1,96^2 * 81}{(2,3)^2} = 58,82$  unidades de muestreo. Se consideró 60 unidades de muestreo.

Para comprobar si el tamaño de muestra es el indicado, se aplicó la siguiente fórmula  $\frac{n_0}{N}$ , si este valor es inferior a 0,05, nos quedamos con el tamaño muestral  $n_0$ . En este caso la fracción da como resultado 0,00047; por lo tanto el tamaño muestral es 60.

### Afijación de la muestra

Se llama afijación de la muestra a la asignación, reparto, adjudicación, adscripción o distribución del tamaño muestral  $n$  entre los diferentes estratos. Esto es, a la determinación de los valores de  $n_i$ , que verifiquen  $n_1 + n_2 + \dots + n_L = n$ . Pueden establecerse muchas afijaciones o maneras de repartir la muestra entre los estratos, pero las más importantes son: afijación uniforme, afijación proporcional, afijación de varianza mínima y afijación la óptima.

La afijación a utilizar en el proyecto es la afijación proporcional, el cual consiste en asignar a cada estrato un número de unidades muestrales proporcional a su tamaño. Las  $n$  unidades de la muestra se distribuyen proporcionalmente a los tamaños de los estratos expresados en números de unidades. Tenemos así que:

$$n_i = n \left( \frac{N_i}{N} \right); \text{ para cada } i = 1, 2, 3, \dots, L.$$

Por lo tanto, se desarrolló un muestreo estratificado mediante afijación proporcional tomando en cuenta la región, el sistema de agrupación, año y la materialidad. Para el caso de edificaciones destinadas a servicios, la distribución de la muestra se realizó de manera de cubrir factores de materialidad principalmente. El tamaño mínimo de la muestra es 60 para cada combinación: región/año/grupación/materialidad de la edificación habitacional y año/materialidad para edificación de servicio. Este tamaño

muestral puede ser distribuido proporcionalmente a la cantidad de edificaciones por tipologías, pero como todas éstas deben estar representadas en el estudio se propone tomar 2 ensayos por combinación como mínimo, de los factores definidos anteriormente, con el fin de obtener una línea base por cada tipología.

La muestra total quedó constituida por 375 edificaciones, 263 muestras para edificación habitacional y 112 para edificaciones de servicio, la que fue obtenida con un nivel de confianza de un 95%, una varianza  $81 (vol/h)^2$  estimada a partir de estudios anteriores realizados por CITEC UBB entre los años 2000-2012 y un error de muestreo de un 10%, teniendo en cuenta el tiempo destinado a la recopilación de la información en terreno y los costos que involucran los ensayos.

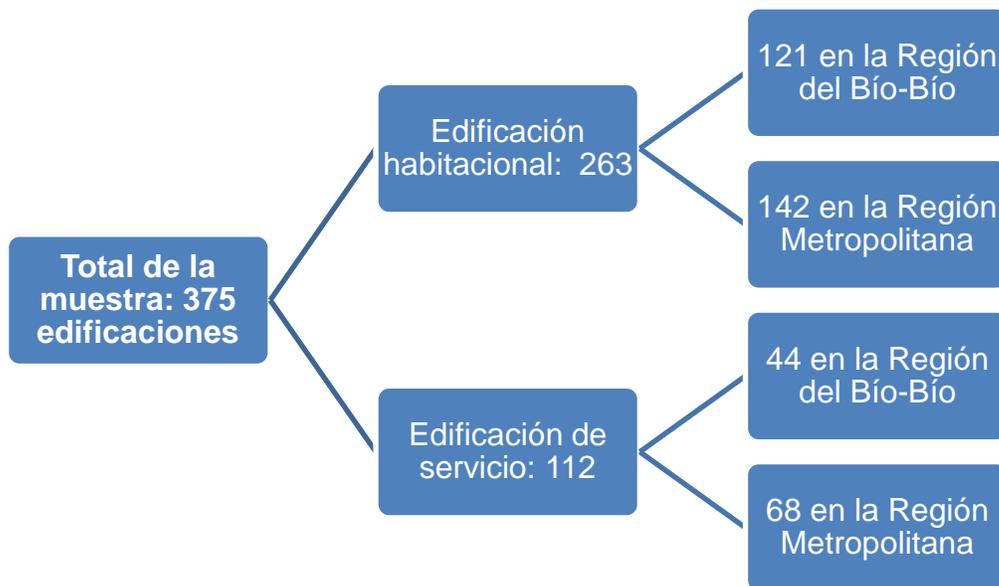


Figura 2: Distribución de la muestra.  
Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla presenta los tamaños muestrales para las edificaciones habitacionales según su materialidad y agrupación, también el total de edificaciones, las muestras que se lograron ensayar hasta noviembre del 2012, valores máximos, mínimos, promedio y desviación estándar de la variable permeabilidad al aire para cada estrato.

Catastro inicial edificaciones habitacionales								
Agrupación	Materialidad predominante en muros	Total Edificaciones	Muestra Mínima	Muestra Ensayada	min n50	máx n50	n50 promedio	Desv. Est.
Aislada	Bloque cemento	659	8	0	--	--	--	--
	Panel Ferrocemento	557	8	1	2,9	9,4	6,3	2,2
	Hormigón	2157	8	7	4,9	23,4	13,2	4,7
	Ladrillo	16121	22	28	2,3	33,8	13,1	8,7
	Ladrillo estructura liviana	4338	12	24	11,4	35,2	23,9	7,9
	Madera	9123	22	8	7,5	12,6	10	3,7
	Metal panel Preformado	877	8	2	6,9	8,9	8,2	1,2
	Otras Combinaciones	4759	10	3	14,7	14,7	14,7	--
	Panel Poliest. Exp.	223	5	0	--	--	--	--
Pareada	Bloque cemento	939	7	0	--	--	--	--
	Panel Ferrocemento	3	3	0	--	--	--	--
	Hormigón	1902	9	2	7	9,3	8,1	1,6
	Ladrillo	15206	14	16	9,7	16	11,7	1,8
	Ladrillo estructura liviana	4616	13	5	15,2	42,1	23,5	10,8
	Madera	1683	10	3	22,3	30,8	27,2	4,4
	Metal panel Preformado	108	5	2	11	13,7	12,4	1,9
	Otras Combinaciones	3382	8	3	10,4	12,9	11,5	1,2
	Panel Poliest. Exp.	24	4	0	--	--	--	--
Continua	Bloque cemento	127	5	0	--	--	--	--
	Panel Ferrocemento	2	2	0	--	--	--	--
	Hormigón	52971	43	36	2,6	23,8	9,8	4,9
	Ladrillo	6640	11	5	7,3	14,7	12,4	3
	Ladrillo estructura liviana	661	8	0	--	--	--	--
	Madera	89	8	0	--	--	--	--
	Metal panel Preformado	83	5	0	--	--	--	--
	Otras Combinaciones	350	5	0	--	--	--	--
	Panel Poliest. Exp	0	0	0	--	--	--	--
		127600	263	145	2,3	42,1	12,8	7,1

Tabla 2: Catastro de las edificaciones habitacionales, realizadas hasta noviembre 2012.

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior se aprecia que tres de los 27 estratos fueron ensayados a cabalidad (aislada/ladrillo, aislada/ladrillo estructura liviana y pareada/ladrillo).

### 5.3. Catastro de las muestras ensayadas por CITEC comparadas con la muestra mínima propuesta.

Al comenzar el proyecto Fondef D1011025 “Establecimiento de clases de infiltración aceptable de edificios para Chile” se establecieron los siguientes hitos:

- ❖ Hito 1: Catastrar y caracterizar edificación habitacional y terciaria (edificación de servicios).
- ❖ Hito 2: Seleccionar muestra representativa edificación habitacional y terciaria.
- ❖ Hito 3: Evaluación experimental de muestra representativa.

Los dos primeros hitos, se realizaron en el plazo establecido, pero en el hito 3 surgieron dificultades, una de las principales causas fue el clima, porque existieron condiciones adversas como el viento y la lluvia que no permitieron realizar la medición diariamente. Otro obstáculo fue el tiempo y costo que se requiere para cada ensayo, ya que al realizar cada proceso demora aproximadamente un día, y en el mejor de los casos se realizaban dos ensayos por día. Por último, otro problema es ubicar específicamente cada tipología propuesta, y además que el dueño de casa acceda a prestar su vivienda para tales fines. Todos estos motivos hicieron que el plazo establecido de la evaluación experimental de la muestra representativa cambiara del 28 de septiembre del 2012 a febrero del 2013.

Por lo tanto, dado a las dificultades mencionadas, se realizó un nuevo muestreo con un nivel de confianza del 95%, un error de muestreo del 10% y desviación estándar 9 (1/h), considerando agrupación (3 categorías: casa aislada, pareada y continua), año de construcción (2 categorías: año 2007 y 2010) y materialidad predominante en muros (5 categorías: hormigón, ladrillo, ladrillo estructura liviana, madera y otras materialidades) para el caso de las edificaciones de servicio. Para el caso de las edificaciones de servicio sólo se consideró la materialidad predominante en muros, con un nivel de confianza del 95% y error de muestreo del 15%, esto se resume en la siguiente figura:



Figura 3: Distribución de la muestra definitiva.  
Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla presenta los tamaños muestrales para las edificaciones habitacionales según su materialidad y agrupación, también el total de edificaciones, las muestras que se lograron ensayar hasta febrero del 2013, valores máximos, mínimos, promedio y desviación estándar de la variable permeabilidad al aire para cada estrato.

Catastro final edificaciones habitacionales								
Agrupación	Materialidad predominante en muros	Total Edificaciones	Muestra Mínima	Muestra Ensayada	min n50	máx n50	n50 promedio	Desv. Est.
Aislada	Hormigón	2157	4	17	2,6	9,9	6,1	2
	Ladrillo	16121	15	31	4,3	29,9	12,6	5,2
	Ladrillo estructura liviana	4338	4	27	2,3	35	12,6	8,5
	Madera	9123	9	16	4,5	49,8	24,1	13,4
	Otras materialidades	7075	7	11	3,3	15,7	9,9	5,2
Pareada	Hormigón	1902	4	5	7	28,6	16,7	10,2
	Ladrillo	15206	13	17	5,4	16	10,9	2,7
	Ladrillo estructura liviana	4616	5	15	10,4	49,2	19,3	12,5
	Madera	1683	4	3	22,3	30,8	27,2	4,4
	Otras materialidades	4456	5	5	9,1	13,7	10,9	1,7
Continua	Hormigón	52971	46	38	2,3	37,9	10,1	6,4
	Ladrillo	6640	7	4	12,2	14,7	13,8	1,2
	Ladrillo estructura liviana	661	4	0	--	--	--	--
	Madera	89	4	0	--	--	--	--
	Otras materialidades	562	4	0	--	--	--	--
		127600	135	189	2,3	49,8	13,04	8,82

Tabla 3: Catastro de las edificaciones habitacionales, realizadas hasta febrero del 2013.  
Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 3, se desprende que seis de los 15 estratos fueron no ensayados a cabalidad, por ejemplo para pareada/madera sólo faltó una vivienda por ensayar lo cual no es relevante, mientras que para la agrupación continua de materialidades ladrillo estructura liviana, madera y otras materialidades presenta un universo de la población bastante inferior que los estratos, esta es una de las razones por las cuales no se realizaron ensayos.

La información anterior se resume en la siguiente figura:

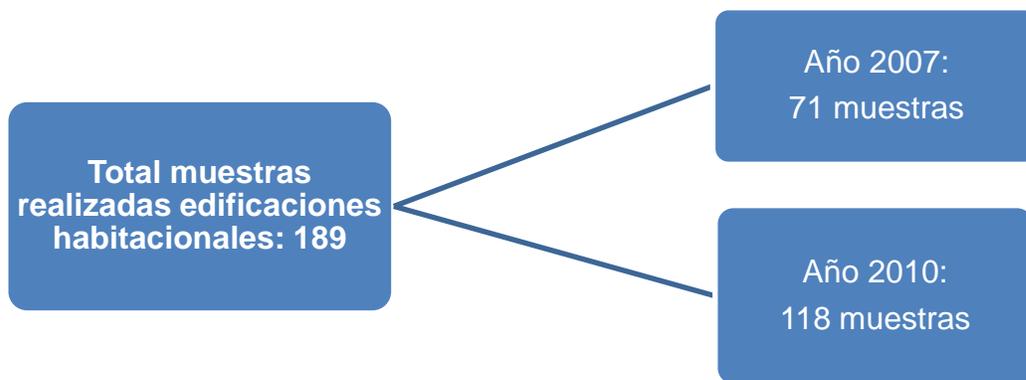


Figura 4: Resumen de las muestras ensayadas por CITEC de la edificación habitacional hasta febrero del 2013.

Fuente: Elaboración propia.

## 6. Resultados.

### 6.1. Participación en la toma de muestras desarrolladas por CITEC-UBB.

Para cumplir con uno de los objetivos del proyecto se coordinó una salida a terreno con Leonardo Meza Marín, Constructor Civil de la Pontificia Universidad Católica de Chile, investigador y profesional del proyecto, con el objetivo de conocer la metodología para encontrar infiltraciones en un edificio.

Las mediciones fueron realizadas el 5 y el 6 de septiembre del 2012 en el sector de El Venado Oriente, ubicado en San Pedro de la Paz, la constructora a cargo de las casas es Aitué, y las mediciones se realizaron en tres casas del lugar.



Figura 5: Vivienda sector Venado Oriente, casa 5, San Pedro de la Paz.

La permeabilidad del aire o infiltración de aire de un edificio se puede determinar por medio de un procedimiento llamado Blower-door Test, esta técnica consiste en la instalación de un ventilador en la puerta de la vivienda creando una diferencia de presión de 50 Pa que medirá en forma exacta el flujo de aire que pasa a través del instrumento, y que mediante un software que lleva incorporado, se manejan los resultados. Este instrumento lo posee CITEC-UBB a través del Proyecto Fondecyt N° 92 0213.

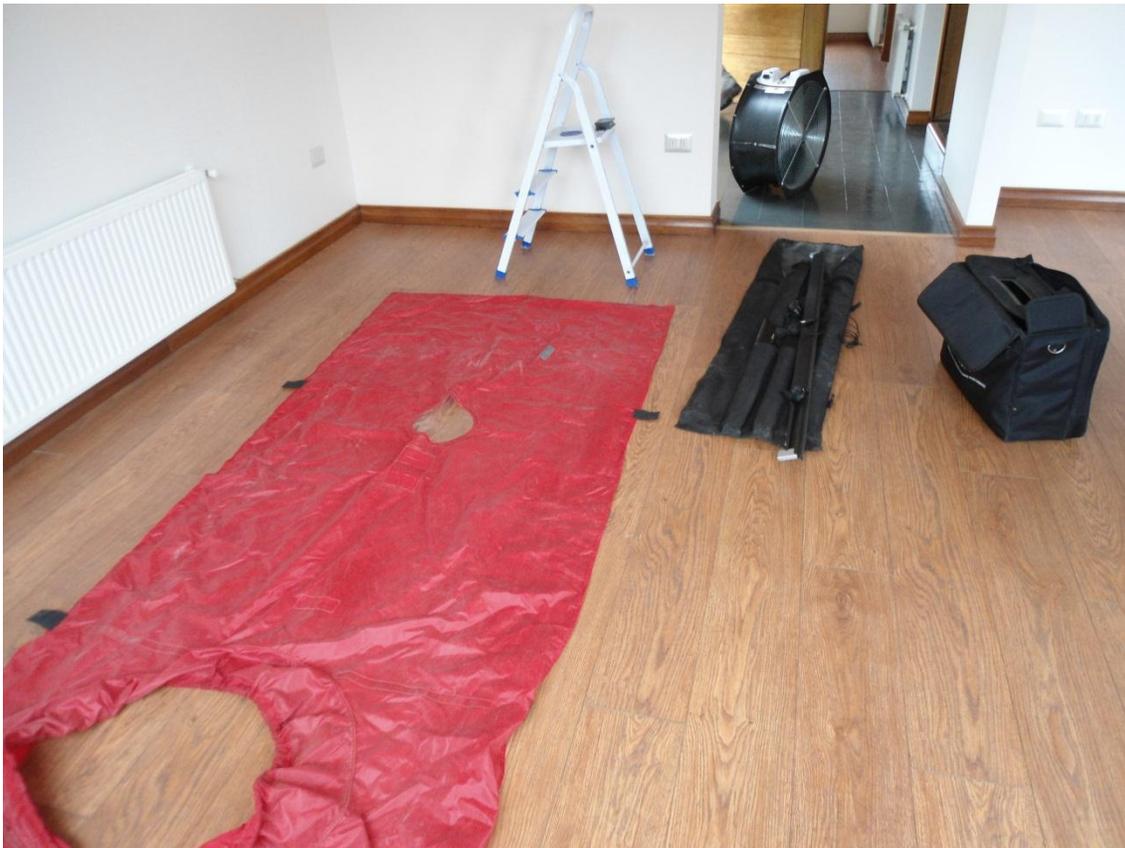


Figura 6: Equipamiento del Blower-Door.

Dicho equipo se instala en la puerta que da al exterior de la vivienda, ajustando el panel de la tela al marco de la puerta, asegurándose que las uniones entre el equipo y el edificio se encuentren selladas para evitar cualquier fuga de aire, además las puertas exteriores y ventanas deben permanecer cerradas y las puertas de interconexión se deben encontrar abiertas. Los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado deben estar desconectados y limpios.

Si el ensayo es de despresurización, el ventilador debe instalarse con las aspas por el lado exterior, en el caso de tratarse de un ensayo por presurización se deberá colocar en sentido contrario.



Figura 7: Instalación Blower-Door.

Una vez instalado el instrumento, se procede a medir la temperatura exterior e interior del lugar, también se registran datos como: área de piso, superficie, área de la envolvente, viento, tipo de método, área puertas y ventanas y exposición de la vivienda.

El Blower Door creará una depresión (o sobrepresión) constante de aire en el interior de la vivienda, forzando al aire a infiltrarse a través de los agujeros o grietas de la vivienda. El aire que pasa por el instrumento, más la medida de presión permitirá al equipo determinar la estanqueidad. Las series de medidas Blower Door de acuerdo con la normativa aplicable, se controlan informáticamente mediante un ordenador portátil y el software TECTITE Express Airtightness Test, y al cual se debe introducir cierta información para

que pueda devolver resultados. Todos los datos recopilados durante el test, se reflejan en un informe para su evaluación y documentación.

La siguiente figura muestra el programa TECTITE Express:

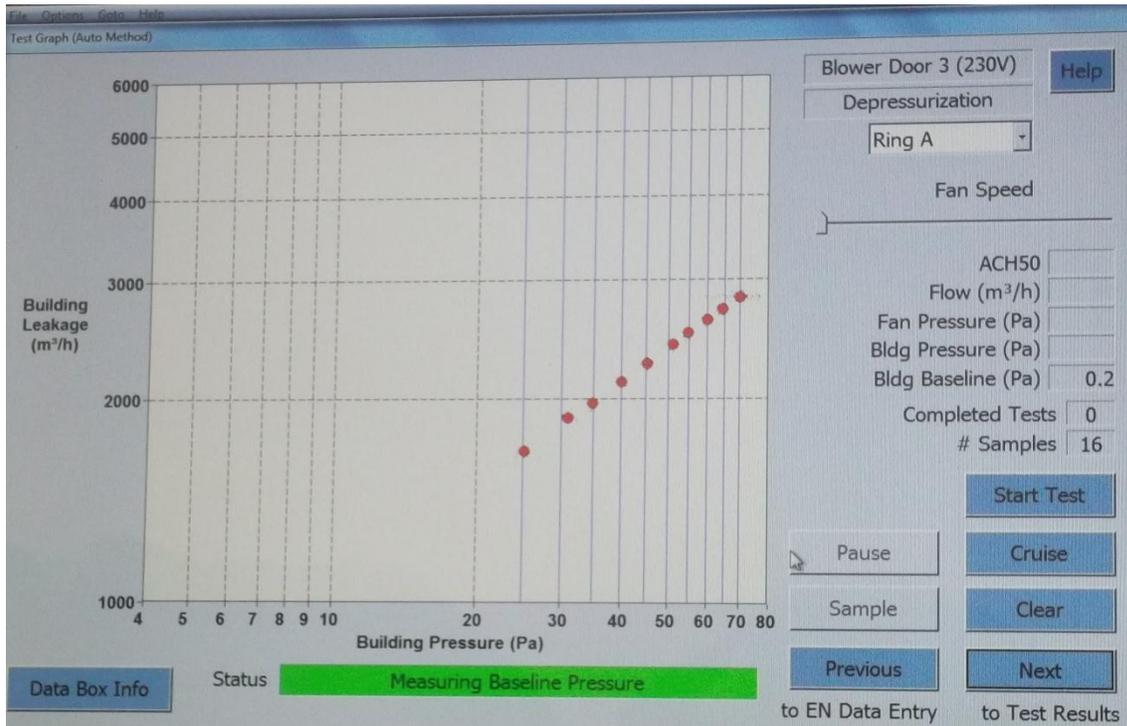


Figura 8: Test realizado por el software y su aspecto en pantalla (software utilizado: TECTITE Express).

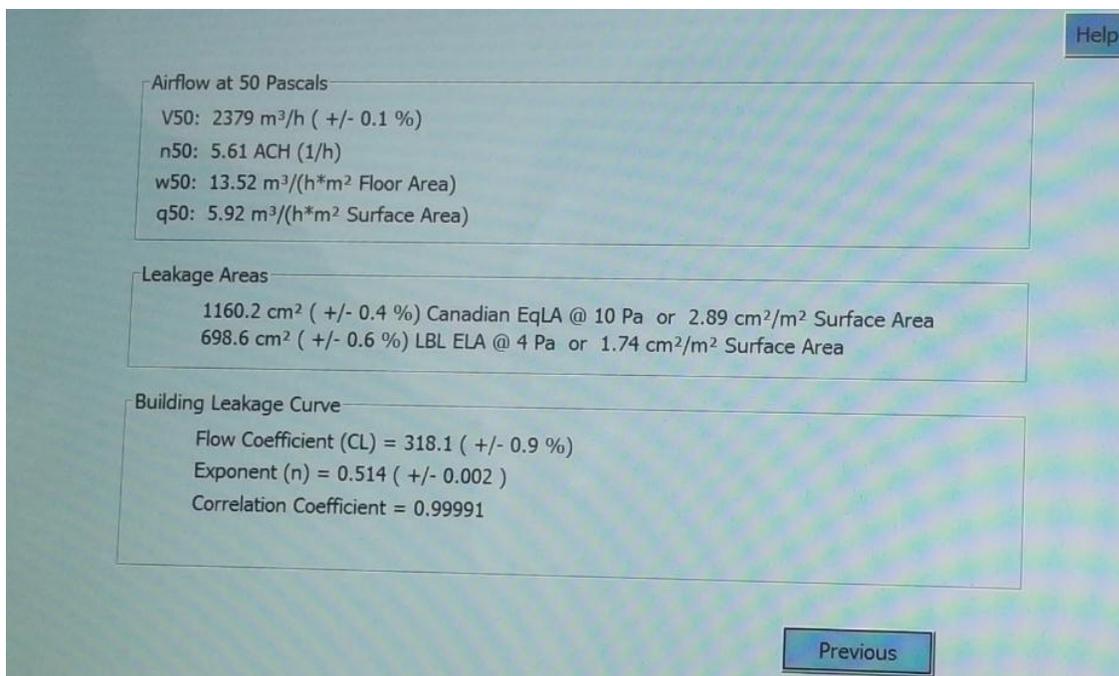


Figura 9: Resultados del test y su aspecto en pantalla (software utilizado: TECTITE Express).

## 6.2. Análisis exploratorio de datos para la permeabilidad al aire entre tipologías similares.

Con el fin de observar covariables que podrían explicar la variabilidad de la permeabilidad al aire entre tipologías similares se realizaron gráficos box-plot en el software IBM SPSS versión 19.

Un diagrama de caja y bigotes o box-plot, es una representación gráfica de la distribución y dispersión de datos, señalando donde caen la mayoría de los valores, y los difieren considerablemente de la norma (valores atípicos).

Comprende la mediana (una medida de tendencia central), los cuartiles (una medida de dispersión), valores máximos y mínimos y los incorpora a todos en una sencilla representación visual.

Se realizaron diagramas de caja y bigote para detectar puntos atípicos en cada una de las materialidades predominantes en muros. Cabe mencionar que se eliminaron 2 datos, ya que no cumplían con las características constructivas solicitadas en la muestra. Por lo tanto, los análisis posteriores se realizaron con 189 datos del sector habitacional.

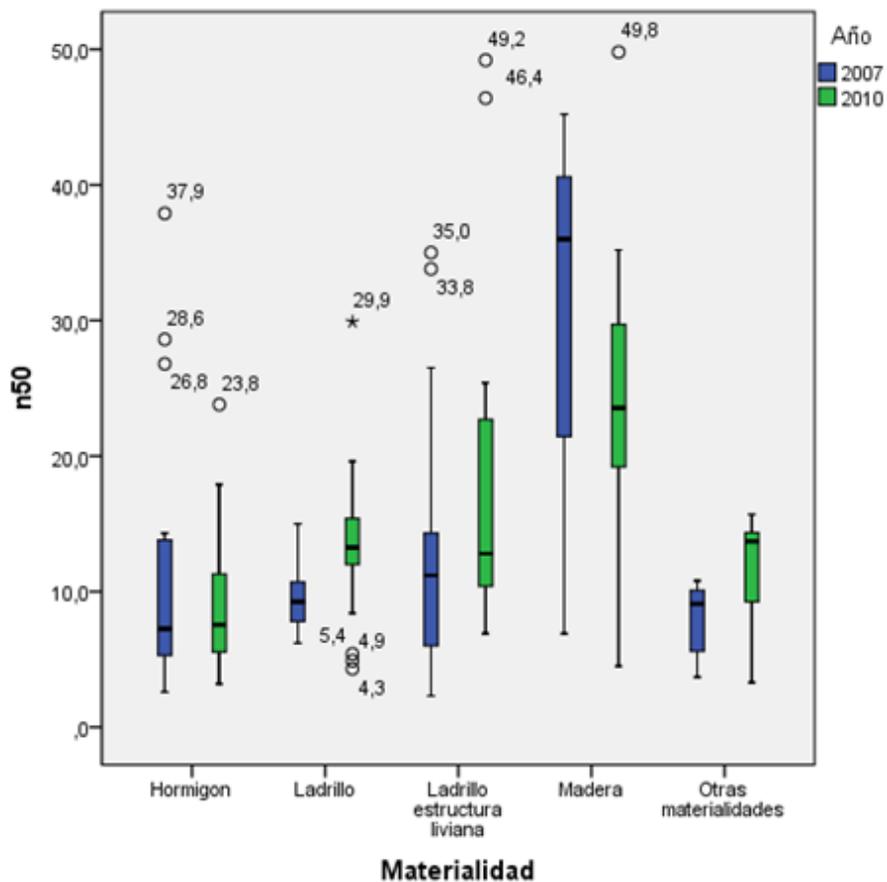


Figura 10: Diagrama box-plot, según año de construcción y materialidad predominante en muros.

Fuente: IBM SPSS versión 19.

De la figura anterior se destaca que en la materialidad predominante en muros madera para ambos años presentan la mayor variabilidad de permeabilidad al aire, por el contrario la menor variabilidad n50 la obtiene otras materialidades, más específicamente el año 2007. Los datos atípicos o extremos de este gráfico no fueron eliminados, ya que existe la probabilidad de que vuelvan a ocurrir.

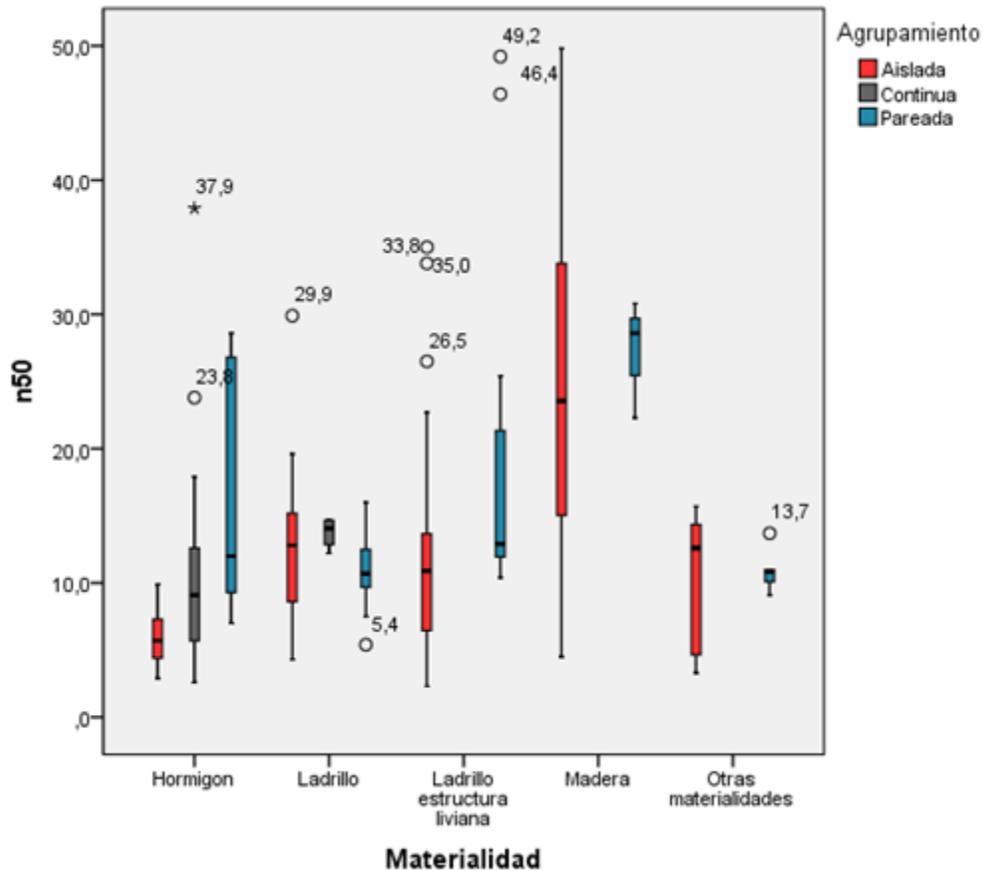


Figura 11: Diagrama box-plot, según agrupación y materialidad predominante en muros.

Fuente: IBM SPSS versión 19.

Gráficamente se aprecia que nuevamente la materialidad madera de agrupación aislada presenta la variabilidad más alta de permeabilidad al aire, en cambio ladrillo/continua y otras materialidades/pareada tiene una variabilidad n50 más pequeña. Al igual que el diagrama anterior los datos atípicos o extremos de este gráfico no fueron eliminados, ya que existe la probabilidad de que vuelvan a ocurrir.

### 6.3. Comparación de permeabilidad al aire entre promedios de los años de construcción 2007 y 2010.

Antes de hacer este análisis, se realizó una prueba de distribución normal, más precisamente, Kolmogorov-Smirnov, esta prueba arrojó que los datos no se acercan a una distribución normal. Por lo tanto, se utilizó una alternativa no paramétrica para comparar dos muestras independientes, llamada prueba de Mann-Whitney. Este test se realizó en el programa STATGRAPHICS.

La hipótesis a contrastar es:

$H_0$ : Las medianas de los años de construcción de los años 2007 y 2010 son iguales  
versus

$H_1$ : Las medianas de los años de construcción de los años 2007 y 2010 difieren

Materialidad predominante en muros	n50		Mann-Whitney p-valor
	2007	2010	
Hormigón	11,07 (n=20)	8,75 (n=40)	0,9812
Ladrillo (**)	9,61 (n=18)	13,51 (n=34)	0,0003
Ladrillo estructura liviana	12,77 (n=25)	18,3 (n=17)	0,1272
Madera	29,37 (n=3)	23,71 (n=16)	0,4072
Otras materialidades	7,36 (n=5)	11,31 (n=11)	0,1125
Total (*)	11,84 (n=71)	13,76 (n=118)	0,0153

Tabla 4: Permeabilidad al aire promedio según la materialidad predominante en muros y año de construcción en edificios habitacionales.

(\*) Estadísticamente significativo al 5%. (\*\*) Estadísticamente significativo al 1%.

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ Para hormigón el resultado de la prueba Mann-Whitney tiene un p-valor de 0,9812, es decir, que a un nivel de significación del 5%, no existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula, esto indica que las medianas de las dos poblaciones son iguales.
- ❖ Para ladrillo, la prueba de Mann-Whitney resultó tener un p-valor de 0,000266, esto quiere decir que existe evidencia altamente significativa para rechazar la hipótesis nula a un nivel de significación, esto indica que las medianas de las dos poblaciones son distintas.

- ❖ Para Ladrillo estructura liviana, la prueba de Mann-Whitney resultó tener un p-valor de 0,1272, esto quiere decir que no existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula a un nivel de significación del 5%, esto indica que las medianas de las dos poblaciones son iguales.
- ❖ La prueba de Mann-Whitney para madera, resultó tener un p-valor de 0,4072, esto quiere decir que no existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula a un nivel de significación del 5%, esto indica que las medianas de las dos poblaciones son iguales.
- ❖ La prueba de Mann-Whitney para otras materialidades, resultó tener un p-valor de 0,1125, esto quiere decir que no existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula a un nivel de significación del 5%, esto indica que las medianas de las dos poblaciones son iguales.

#### 6.4. Comparación de permeabilidad al aire entre agrupación y año de construcción.

Materialidad predominante en muros	Agrupación	n50		Mann-Whitney p-valor
		2007	2010	
Hormigón	Aislada	6,25 (n=6)	6,05(n=11)	0,8013
	Continua	10,59 (n=11)	9,88 (n=27)	0,5953
	Pareada	22,47(n=3)	8,15 (n=2)	No aplica
Ladrillo	Aislada (*)	9,21 (n=8)	13,84 (n=23)	0,0147
	Continua	--	13,75 (n=4)	--
	Pareada (*)	9,92 (n=10)	12,27 (n=7)	0,0358
Ladrillo estructura liviana	Aislada	12,33 (n=20)	13,41 (n=7)	0,638
	Continua	--	--	--
	Pareada (*)	14,54 (n=5)	21,72 (n=10)	0,0358
Madera	Aislada	29,37 (n=3)	22,9 (n=13)	0,4192
	Continua	--	--	--
	Pareada	--	27,23 (n=3)	--
Otras materialidades	Aislada	4,65 (n=2)	11,08 (n=9)	0,2888
	Continua	--	--	--
	Pareada	10 (n=3)	12,35 (n=2)	No aplica

Tabla 5: Permeabilidad al aire promedio según la materialidad predominante en muros y agrupación con respecto al año de construcción en edificios habitacionales.

(\*) Estadísticamente significativo al 5%.

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ Para hormigón/aislada, el resultado obtenido por la comparación de Mann-Whitney es un p-valor de 0,8013, es decir que a un nivel del 5% no existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula, esto implica que las medianas son iguales.
- ❖ Para hormigón/continua, el resultado obtenido por la comparación de Mann-Whitney es un p-valor de 0,5953, es decir que a un nivel del 5% no existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula, esto implica que las medianas son iguales.
- ❖ Para hormigón/pareada, el resultado obtenido por la comparación de Mann-Whitney es un p-valor de 0,1489, es decir que a un nivel del 5% no existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula, esto implica que las medianas son iguales.
- ❖ Para ladrillo/aislada, el resultado obtenido por la comparación de Mann-Whitney es un p-valor de 0,0147, es decir que a un nivel del 5%, existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula, esto implica que las medianas no son iguales.
- ❖ Para ladrillo/pareada, el resultado obtenido por la comparación de Mann-Whitney es un p-valor de 0,0358, es decir que a un nivel del 5%, existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula, esto implica que las medianas no son iguales.
- ❖ Para ladrillo estructura liviana/aislada, el resultado obtenido por la comparación de Mann-Whitney es un p-valor de 0,638, es decir que a un nivel del 5%, no existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula, esto implica que las medianas son iguales.
- ❖ Para ladrillo estructura liviana/pareada, el resultado obtenido por la comparación de Mann-Whitney es un p-valor de 0,0358, es decir que a un nivel del 5%, existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula, esto implica que las medianas no son iguales.
- ❖ Para madera/aislada, el resultado obtenido por la comparación de Mann-Whitney es un p-valor de 0,4192, es decir que a un nivel del 5%, no existe evidencia

significativa para rechazar la hipótesis nula, esto implica que las medianas son iguales.

- ❖ Para otras materialidades/aislada, el resultado obtenido por la comparación de Mann-Whitney es un p-valor de 0,2888, es decir que a un nivel del 5%, no existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula, esto implica que las medianas son iguales.
- ❖ Para otras materialidades/pareada, el resultado obtenido por la comparación de Mann-Whitney es un p-valor de 0,1489, es decir que a un nivel del 5%, no existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula, esto implica que las medianas son iguales.

#### 6.5. Análisis de correspondencias múltiples.

El análisis de correspondencias múltiples (ACM), es una técnica descriptiva, cuyo objetivo principal es reducir la gran cantidad de datos categóricos en un número reducido de dimensiones, con la menor pérdida de información posible.

La tabla siguiente presenta el análisis de correspondencias múltiples realizado a las variables: año de construcción, agrupamiento, materialidad predominante en muros y permeabilidad al aire (n50).

**Resumen del modelo**

Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza explicada		
		Total (Autovalores)	Inercia	% de la varianza
1	,934	6,969	,581	58,073
2	,892	5,494	,458	45,781
Total		12,462	1,039	
Media	,916 <sup>a</sup>	6,231	,519	51,927

Tabla 6: Resumen del modelo.  
Fuente: IBM SPSS versión 19.

La tabla anterior, muestra valores altos de alfa de cronbach, esto significa que existe homogeneidad de los factores en cada una de sus dimensiones. Además el porcentaje de la varianza es más alto en la dimensión 1.

<b>Medidas de discriminación</b>				
	Ponderación de la variable	Dimensión		Media
		1	2	
Año	2	,010	,151	,081
Agrupamiento	3	,711	,080	,396
Materialidad	5	,926	,937	,931
n50	2	,092	,134	,113
Total activo <sup>a</sup>		6,969	5,494	6,231
% de la varianza		58,073	45,781	51,927

a. Las ponderaciones de las variables están incorporadas en los estadísticos de Total activo.

Tabla 7: Medidas de discriminación.  
Fuente: IBM SPSS versión 19.

La tabla de medidas de discriminación, muestra el peso de cada uno de los factores en las dos dimensiones, donde se aprecia que el factor agrupamiento marca la diferencia teniendo más peso en la dimensión 1 (0,711), en cambio el resto de los factores tienen pesos parecidos. Por lo tanto, las interpretaciones se basarán en la dimensión 1, como se refleja en la siguiente figura:

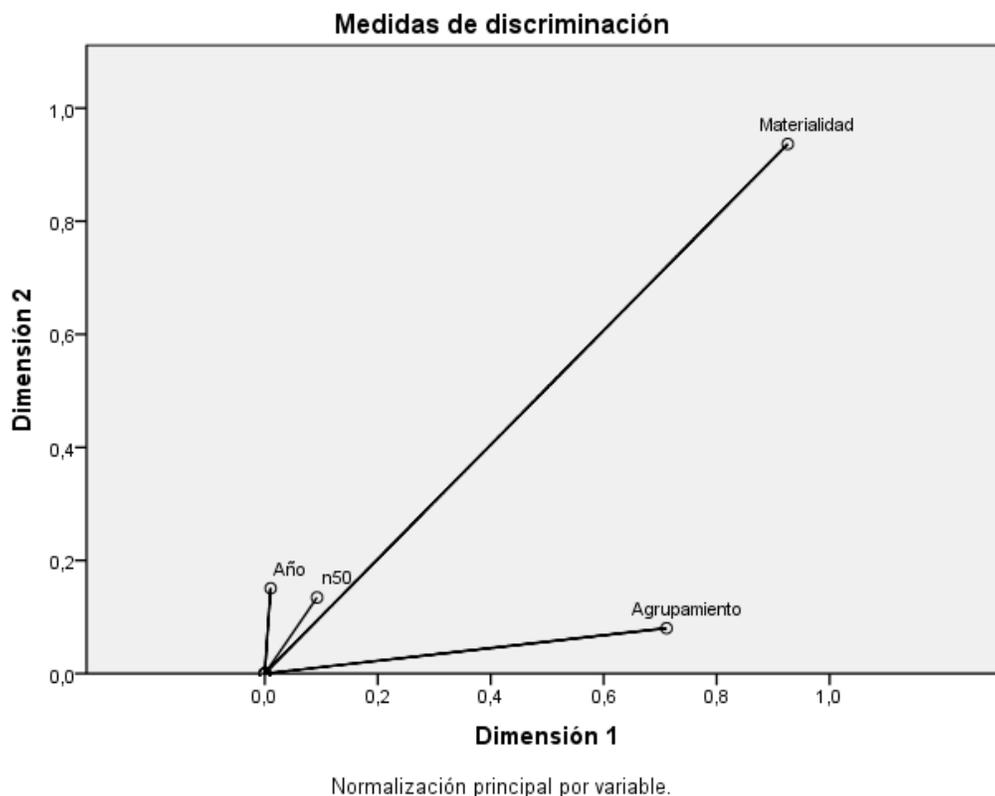


Figura 12: Medida de discriminación.  
Fuente: IBM SPSS versión 19.

La figura de medidas de discriminación corrobora lo antes mencionado, esto porque la línea de agrupamiento está más cercana a la dimensión 1, no obstante los otros factores, año, n50 y materialidad, están más centrados y no refleja con claridad a que dimensión pertenecen.

Este análisis se realizó para relacionar la variable respuesta, permeabilidad al aire categorizada como bajo 13,04 ( $1/h$ ) y sobre 13,04 ( $1/h$ ), con los demás factores, año, agrupamiento y materialidad, cabe mencionar que el promedio general es 13,04 ( $1/h$ ); como se observa en la siguiente figura:

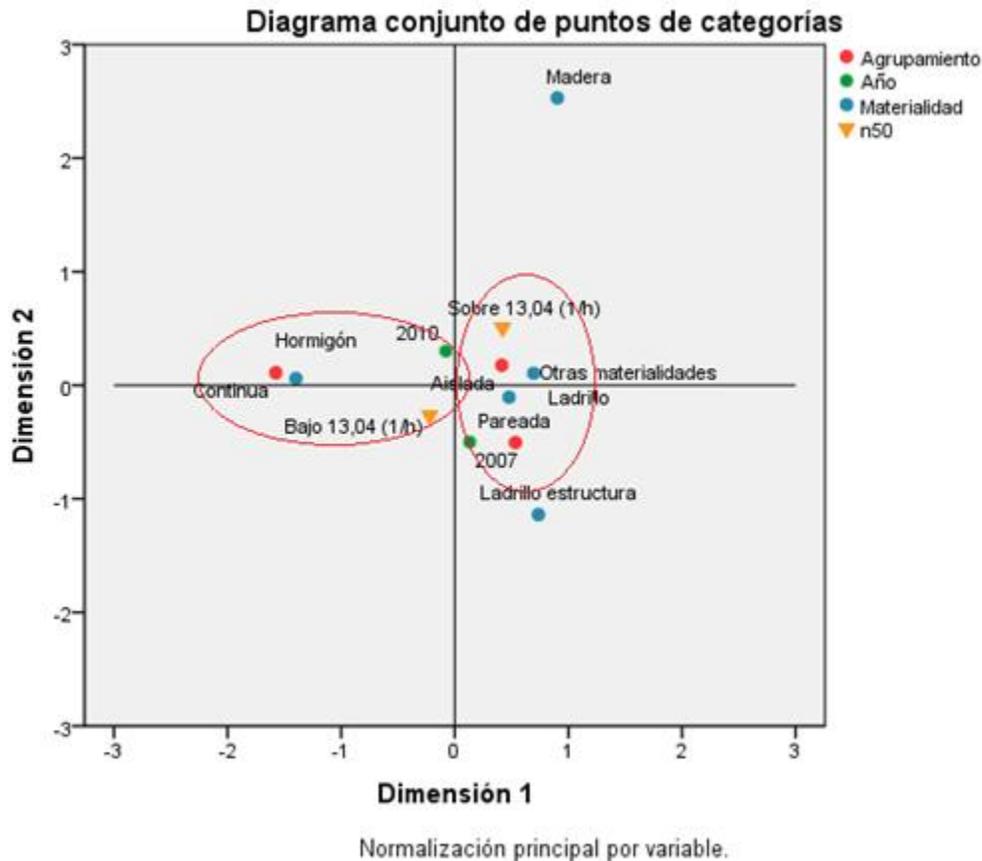


Figura 13: Diagrama cartesiano conjunto de puntos.  
Fuente: Elaboración propia.

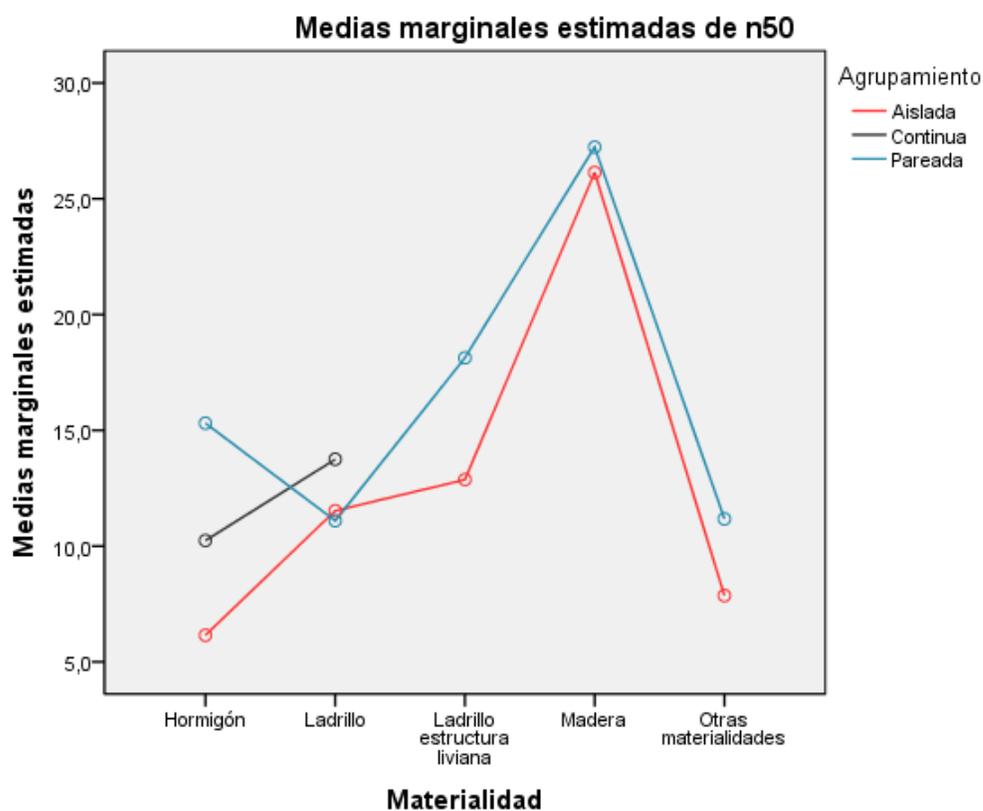
\*Promedio  $n_{50}$ : 13,04 (1/h)

En la figura anterior, se aprecian dos grupos: el primer grupo está compuesto por edificios habitacionales construidas el año 2010, de agrupación continua y de materialidad predominante en muros de hormigón, todas estas se asocian a valores bajo la media. El segundo grupo está formado por viviendas de agrupación aislada y pareada construidas el año 2007 de materialidad predominante en muros de ladrillo y otras materialidades, éstas se relacionan a valores sobre la media.

Mientras que madera y ladrillo estructura liviana no tiene ninguna relevancia, gráficamente.

### 6.6. Gráficos de interacción para estadística descriptiva.

El estudio contempló realizar un análisis de varianza (ANOVA), el cual no se logró desarrollar ya que el supuesto de homocedasticidad y normalidad no se cumplieron en los datos, es por ello que se utilizaron los gráficos de interacción de manera descriptiva.



Las medias no estimables no se representan

Figura 14: Gráfico de interacción entre agrupamiento y materialidad predominante en muros.

Fuente: IBM SPSS versión 19.

De este gráfico se desprende que las edificaciones habitacionales de materialidad madera, ya sea casa aislada o pareada, posee valores de permeabilidad al aire promedio más elevados, por el contrario una vivienda aislada de materialidad hormigón obtiene valores más pequeños de n50.

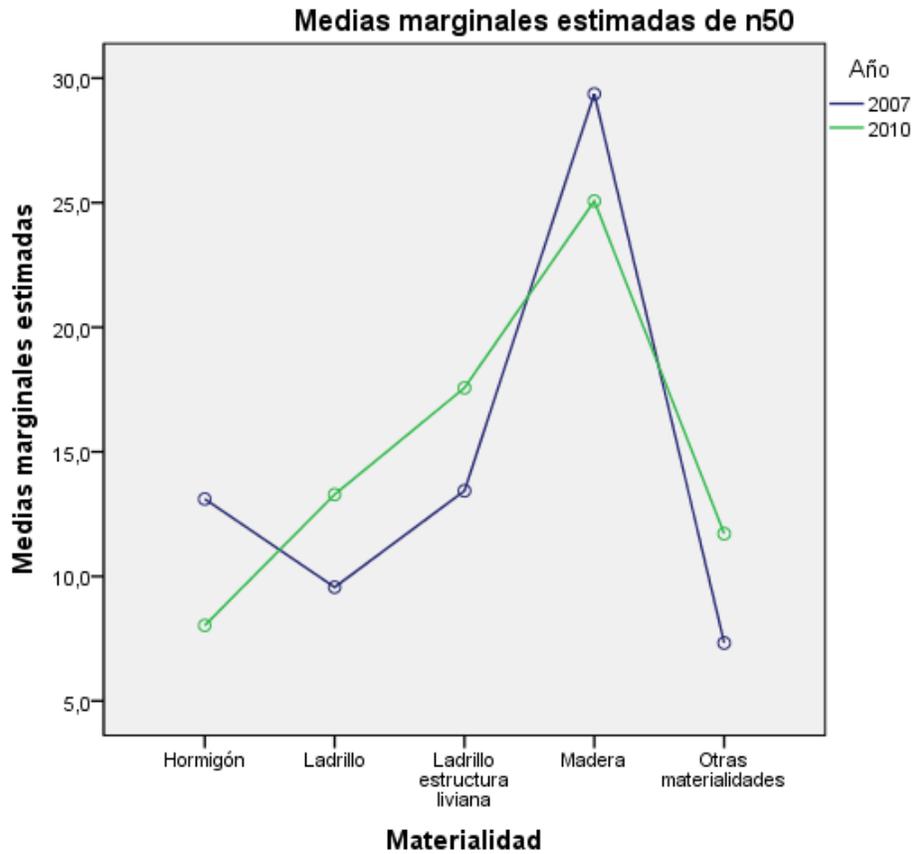


Figura 15: Gráfico de interacción entre año de construcción y materialidad predominante en muros.

Fuente: IBM SPSS versión 19.

En este gráfico se observa que nuevamente las viviendas construidas de madera presenta valores promedio de permeabilidad al aire más elevados que el resto, especialmente en el año 2007, en cambio las viviendas de otras materialidades observan valores mínimos de n50 en este mismo año.

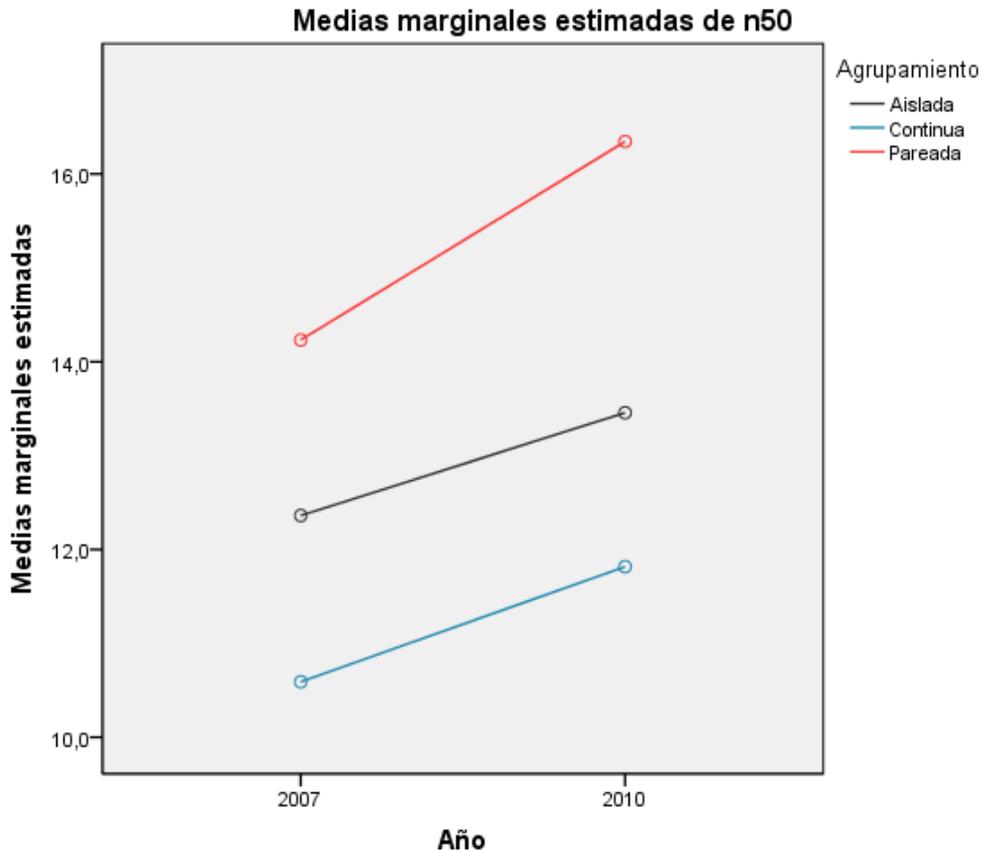


Figura 16: Gráfico de interacción entre año de construcción y agrupamiento.  
Fuente: IBM SPSS versión 19.

Por último, este gráfico de interacción muestra que el año 2007 presenta valores promedio n50 más bajos con respecto a su agrupación, además las viviendas pareadas indica valores de permeabilidad al aire promedio más elevadas, mientras que las edificaciones habitacionales continuas poseen los menores valores.

6.7. Líneas bases de los factores que determinan la permeabilidad al aire en el sector edificios habitacionales de Chile.

En el gráfico se aprecia los valores de permeabilidad al aire de las 189 muestras de edificaciones habitacionales ensayadas por CITEC hasta la fecha de febrero del 2013, en la región del Bío-Bío y la Metropolitana en los años 2007 y 2010.

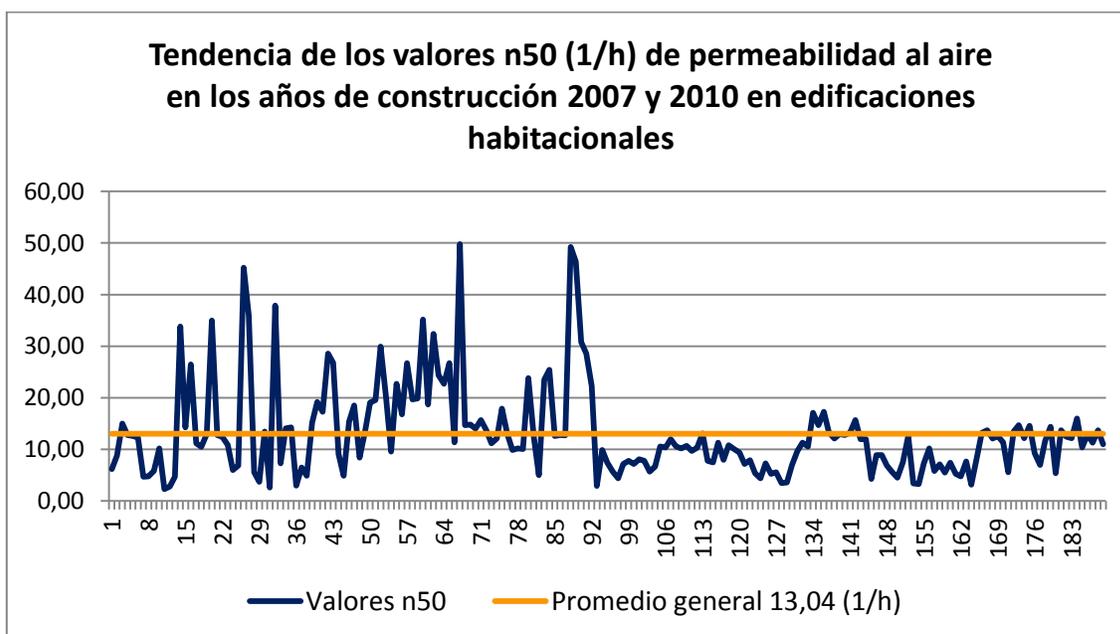


Figura 17: Tendencia de los valores de permeabilidad al aire en los años de construcción 2007 y 2010 en las edificaciones habitacionales.  
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en éste análisis preliminar, los valores  $n_{50}$  para la región Metropolitana presentan menor variabilidad, que se pueden observar a la derecha del gráfico, en cambio la región del Bío-Bío son los que presentan mayor variabilidad. Esto se puede deber a que hubo mayor aleatoriedad en las muestras realizadas en la región del Bío-Bío que en la otra región. El promedio general para la permeabilidad al aire es de 13,04 (1/h).

Por lo tanto, las líneas bases de los factores que determinan la permeabilidad al aire son las siguientes:

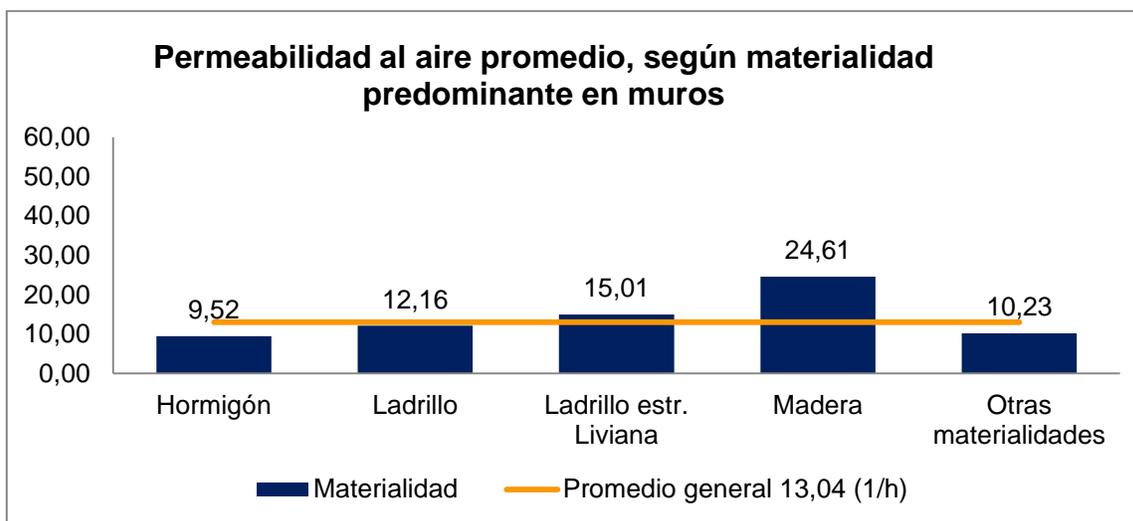


Figura 18: Promedio de la permeabilidad al aire por materialidad predominante en muros. Fuente: Elaboración propia.

Se crearon intervalos de confianza del 95% para la línea base, según materialidad predominante en muros, como se muestra en la siguiente tabla:

Materialidad predominante en muros	Intervalos de confianza
Hormigón	[7,85 (1/h); 11,19 (1/h)]
Ladrillo	[10,94 (1/h); 13,38 (1/h)]
Ladrillo estructura liviana	[11,74(1/h); 18,28 (1/h)]
Madera	[18,63 (1/h); 30,59 (1/h)]
Otras materialidades	[7,92 (1/h); 12,56 (1/h)]

Tabla 8: Intervalos de confianza para la línea base de material predominante en muros. Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, la línea base para una vivienda de materialidad hormigón es 9,52 cambios de aire por hora y se espera valores entre 7,85 (1/h) y 11,19 (1/h). Si la vivienda es de madera la línea base es 24,61 cambios de aire por hora y se espera valores entre 18,63 (1/h) y 30,59 (1/h). Las mismas interpretaciones para el resto de las materialidades.

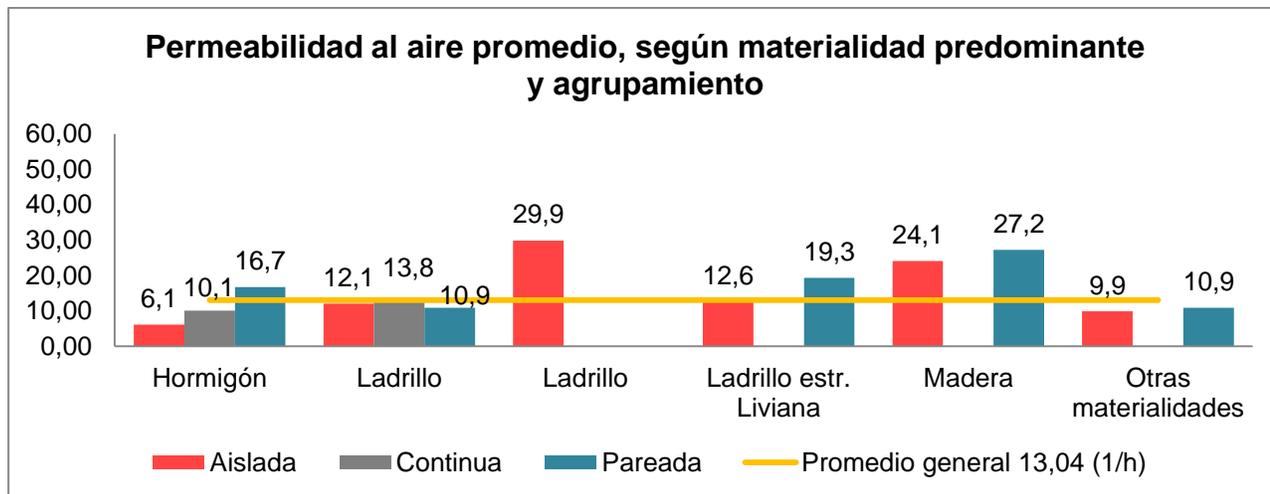


Figura 19: Promedio de la permeabilidad al aire, según agrupamiento y materialidad predominante en muros.  
Fuente: Elaboración propia.

Se realizaron intervalos de confianza del 95% para la línea base, según materialidad predominante en muros y agrupamiento, cabe mencionar que se utilizó el teorema central del límite y para tamaños muestrales pequeños sólo se realizó un estadístico de máximo y mínimo. La tabla se presenta a continuación:

Materialidad predominante en muros	Agrupación	Intervalos
Hormigón	Aislada	[5,08 (1/h); 7,16 (1/h)]
	Continua	[7,98 (1/h); 12,2 (1/h)]
	Pareada	Min: 7 (1/h) - Max: 28,6 (1/h)
Ladrillo	Aislada	[10,75 (1/h); 14,55 (1/h)]
	Continua	Min: 12,2 (1/h) - Max: 14,7 (1/h)
	Pareada	[9,49(1/h); 12,29 (1/h)]
Ladrillo estructura liviana	Aislada	[9,24 (1/h); 15,98 (1/h)]
	Continua	--
	Pareada	[12,43 (1/h); 26,23 (1/h)]
Madera	Aislada	[16,95 (1/h); 31,27 (1/h)]
	Continua	--
	Pareada	Min: 22,3 (1/h) - Max: 30,8 (1/h)
Otras materialidades	Aislada	Min: 3,3 (1/h) - Max: 15,7 (1/h)
	Continua	--
	Pareada	Min: 9,1 (1/h) - Max:13,7 (1/h)

Tabla 9: Intervalos de confianza para la línea base de material predominante en muros, según su agrupamiento.  
Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, la línea base para una vivienda aislada de materialidad hormigón es 6,1 cambios de aire por hora y se espera valores entre 5,08 (1/h) y 7,16 (1/h). Si es una vivienda continua de materialidad ladrillo tiene como línea base es 13,8 cambios de aire por hora y se espera un mínimo de 12,2 (1/h) y un máximo de 14,7 (1/h). Las mismas interpretaciones para el resto de las materialidades.

## **7. Recomendaciones.**

- ❖ Se recomienda continuar con el muestreo, para dar mayor robustez a la estimación de las líneas bases de las combinaciones de factores, donde el tamaño de la muestra resultó ser inferior a 5.
  
- ❖ Al momento de la toma de muestras, lo ideal sería complementar información referente a la edificación para ir registrando variables que podrían estar influyendo en la permeabilidad al aire. Por ejemplo, el costo de la vivienda (U.F.), número de pisos, entre otros.

## 8. Conclusiones.

El presente Proyecto de Título tuvo por finalidad u objetivo la determinación de la línea base de los factores que determinan la permeabilidad al aire del sector edificios de Chile.

A continuación se evaluara en qué medida se han cumplido los objetivos:

- ❖ Se propuso una muestra de 135 edificaciones habitacionales, considerando materialidad predominante en muros y agrupamiento, éste se realizó con un error de muestreo del 10% (2,3 (1/h)) y un nivel de confianza del 95%. Después de ensayadas 189 edificaciones habitacionales se determinó la varianza y se observó que era inferior a la estimada al inicio del proyecto. Al comprobar si esta muestra era suficiente se calculó error de muestreo obteniéndose un valor de 1,26 (1/h), el cual es menor al obtenido en primera instancia, por lo tanto, el tamaño muestral entregado a CITEC es representativa.
- ❖ El factor región no se incluye en los análisis estadísticos, no se considera relevante del punto de vista técnico, ya que las diferencias al medir la permeabilidad al aire es influenciada por la empresa constructora y no por la región.
- ❖ Las nueve materialidades predominantes en muros consideradas al inicio se redujeron a cinco, debido a que cuatro de ellas correspondían a poblaciones muy pequeñas y se incluyeron en la categoría “otras materialidades”.
- ❖ La permeabilidad al aire estimada es de 13,04 (1/h) con una desviación estándar de 8,82 (1/h).
- ❖ Las edificaciones habitacionales construidas el año 2010, de agrupación continua y de materialidad predominante en muros de hormigón, se asocian a valores bajo la media. Y las viviendas de agrupación aislada y pareada construidas el año 2007 de materialidad predominante en muros de ladrillo y otras materialidades, se relacionan a valores sobre la media.

- ❖ El estudio permite establecer líneas bases por materialidad, sistema de agrupamiento, año de construcción y además por región si se estima conveniente.
  
- ❖ La información obtenida en este estudio sirve para elaborar juicios de calidad sobre el grado de permeabilidad de nuestras construcciones, conocer el desempeño de los distintos tipos de construcciones que se practican en el país, establecer los factores que determinan la permeabilidad y evaluar potencialidades de mejoramiento y optimización.

## 9. Bibliografía.

1. COCHRAN, William G. Técnicas de muestreo. México: CECSA, 1998 impr.
2. FERREIRA Becerra, Alicia y AGUILERA Puentes, Cynthia. Proyecto de Título II, Análisis estadístico de los factores que influyen en el consumo de energía de viviendas del tipo "Passivhaus". Concepción, Chile. Universidad del Bío-Bío, Depto. de Estadística, 2012. 76h.
3. SILVA Mora, Margarita. Proyecto de Título II, Medición de los resultados académicos de los proyectos MECESUP UBB\_0305 y UBB\_0206 a través de indicadores de resultados. Concepción, Chile. Universidad del Bío-Bío. Depto. de Estadística, 2009. 81h.
4. Peña, Daniel. Análisis de datos multivariantes. Mac Grawhill, 2002.
5. XVII Concurso de Proyectos de Investigación y Desarrollo. FONDEF D1011025: Establecimiento de clases de infiltración aceptable de edificios para Chile.

## 10. Anexo

### 10.1. Análisis descriptivos de los edificios habitacionales y de servicio de Chile construidos el año 2007 y 2010.

Distribución a nivel país del material predominante en muros para edificaciones habitacionales y de servicio.

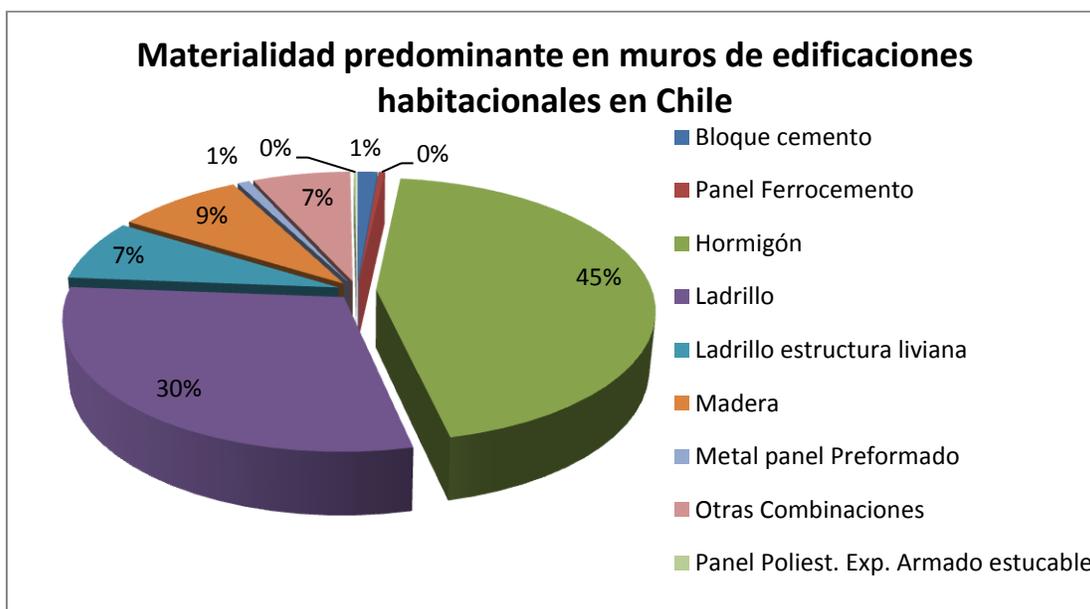


Figura 20: Materialidad predominante en muros de las edificaciones habitacionales, en base a la información entregada por el INE.

Fuente: Elaboración propia.

Se desprende de la figura anterior, que el material más utilizado en muros es el hormigón (45%), en segundo lugar se encuentra el ladrillo (30%) y luego la madera (9%).

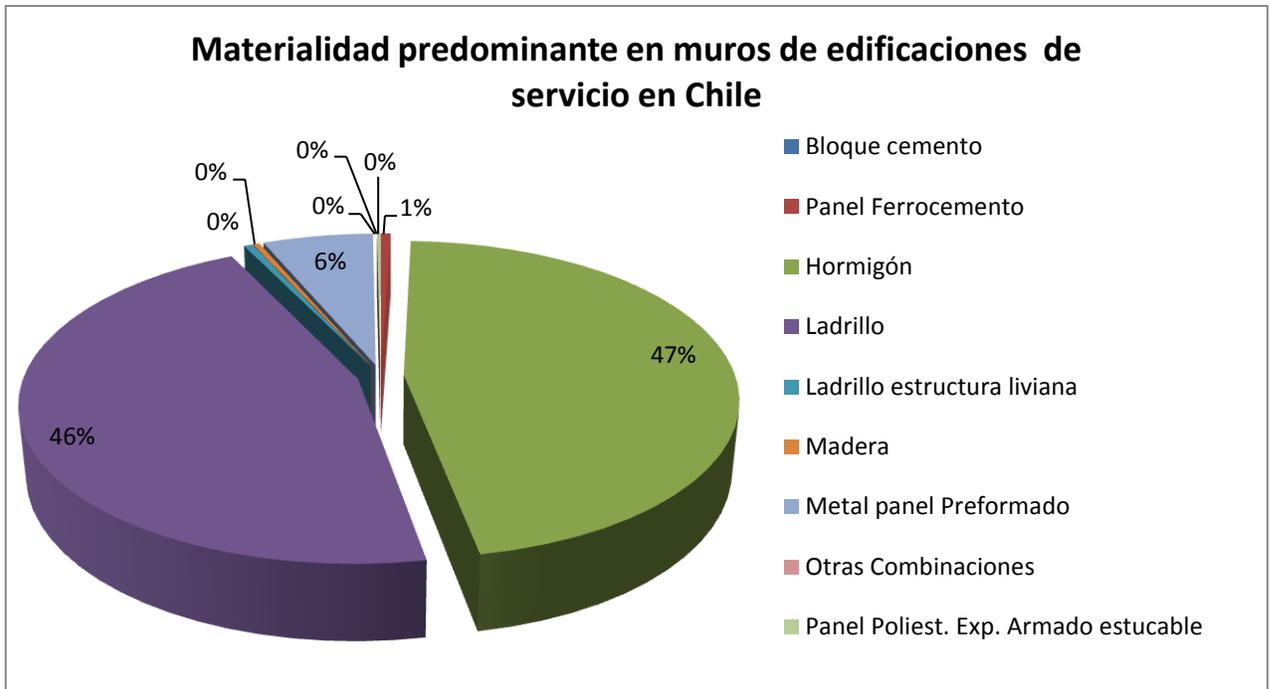


Figura 21: Materialidad predominante en muros de las edificaciones de servicio, en base a la información entregada por el INE.

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico anterior se puede concluir que el material predominante en muro de las edificaciones de servicio más utilizado son: Hormigón (47%), ladrillo (46%) y metal panel preformado (6%).

Las siguientes tablas presentan la materialidad predominante en muro clasificadas en tres zonas: zona norte, centro y sur, tanto para edificios habitacionales y de servicio.

N°	Región	Zona
XV	Arica y Parinacota	Norte
I	Tarapacá	Norte
II	Antofagasta	Norte
III	Atacama	Norte
IV	Coquimbo	Norte
V	Valparaíso	Centro
RM	Metropolitana	Centro
VI	O'Higgins	Centro
VII	Maule	Centro
VIII	Biobío	Centro
IX	Araucanía	Sur
XIV	Los Ríos	Sur
X	Los Lagos	Sur
XI	Aysén	Sur
XII	Magallanes	Sur

Tabla 10: Regiones de Chile, clasificadas por zona.  
Fuente: Elaboración propia.

Distribución a nivel país del material predominante en muros por cada zona del país de los años 2007 y 2010.

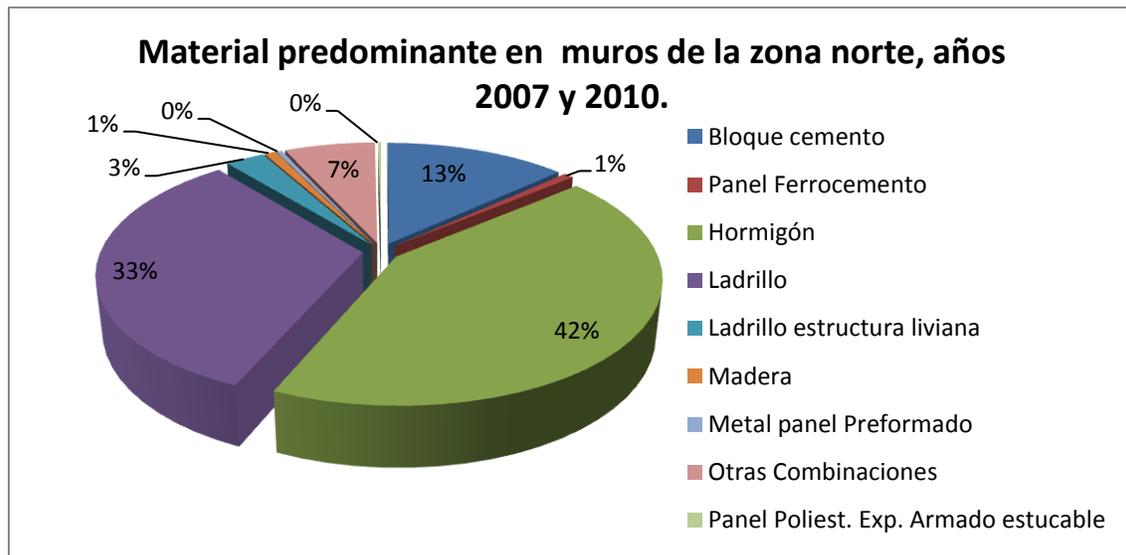


Figura 22: Materialidad predominante en muros de las edificaciones habitacionales de la zona norte, en base a la información entregada por el INE.  
Fuente: Elaboración propia.

La figura 28 muestra el material predominante en muros de las edificaciones habitacionales de la zona norte, donde se observa que los materiales más empleados son: hormigón (42%), ladrillo (33%) y bloque cemento (13%)

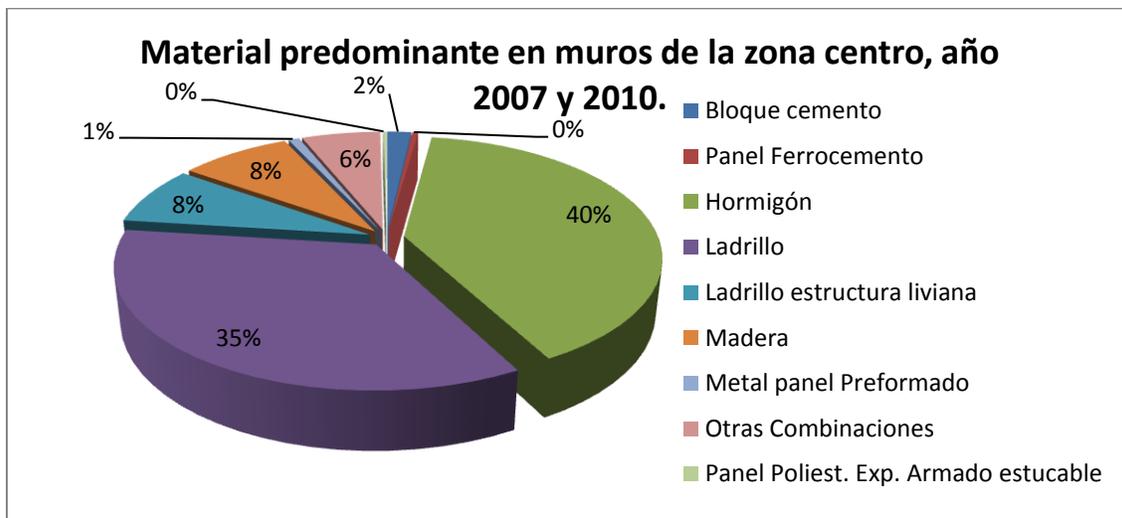


Figura 23: Materialidad predominante en muros de las edificaciones habitacionales de la zona centro, en base a la información entregada por el INE.  
Fuente: Elaboración propia.

Referente a lo anterior, en la zona centro de nuestro país el material más utilizado en los muros es el hormigón (40%), ladrillo (35%) y madera con 8%.

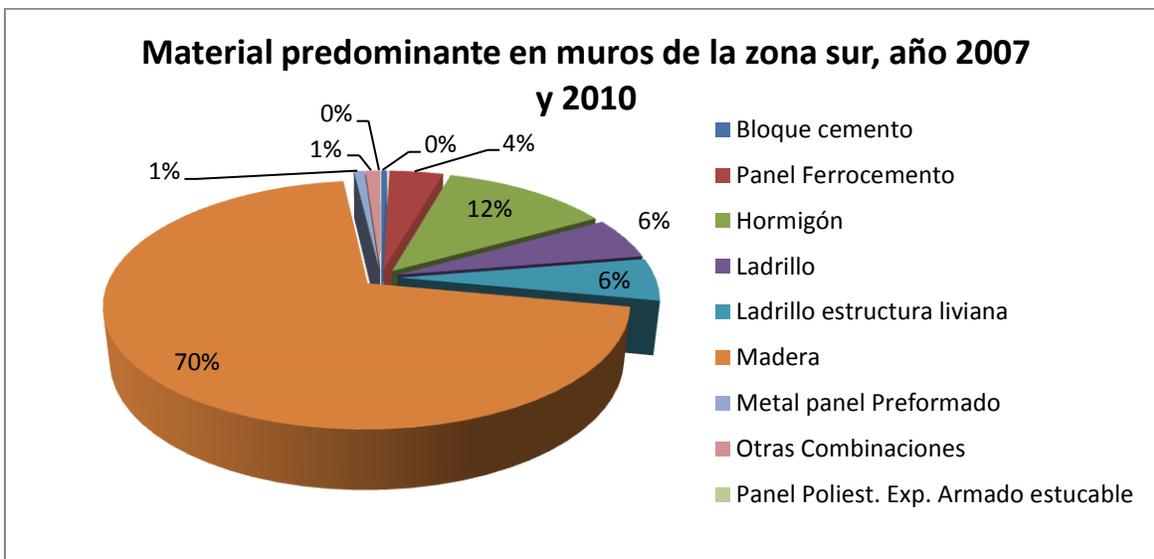


Figura 24: Materialidad predominante en muros de las edificaciones habitacionales de la zona sur, en base a la información entregada por el INE.  
Fuente: Elaboración propia.

En la zona sur la madera (70%) es el material más predominante en muros, utilizados en las edificaciones habitacionales, siguiéndole el hormigón con un 12% y con un 6% ladrillo con ladrillo estructura liviana.

Zona Norte, año 2007								
Material predominante en muros	Aislada	%	Pareada	%	Continua	%	Total N	%
<b>Bloque cemento</b>	693	13,5%	1847	34,8%	418	6,8%	2958	17,9%
<b>Panel Ferrocemento</b>	62	1,2%	2	0,0%	0	0,0%	64	0,4%
<b>Hormigón</b>	382	7,4%	603	11,4%	4586	75,0%	5571	33,6%
<b>Ladrillo</b>	2967	57,7%	2213	41,7%	1069	17,5%	6249	37,7%
<b>Ladrillo estructura liviana</b>	49	1,0%	292	5,5%	5	0,1%	346	2,1%
<b>Madera</b>	117	2,3%	16	0,3%	33	0,5%	166	1,0%
<b>Metal panel Preformado</b>	93	1,8%	1	0,0%	0	0,0%	94	0,6%
<b>Otras Combinaciones</b>	744	14,5%	333	6,3%	6	0,1%	1083	6,5%
<b>Panel Polies. Exp. Armado est.</b>	35	0,7%	5	0,1%	0	0,0%	40	0,2%
<b>Totales</b>	<b>5142</b>	<b>100%</b>	<b>5312</b>	<b>100%</b>	<b>6117</b>	<b>100%</b>	<b>16571</b>	<b>100%</b>

Tabla 11: Materialidad predominante en muros de la zona norte para edificios del tipo habitacional, año 2007 con información obtenida del INE.

Fuente: Elaboración propia.

\*N: totalidad de edificaciones habitacionales.

De lo anterior, se desprende que en la zona norte para la agrupación aislada el material predominante en muros es en primer lugar el ladrillo (57,7%), luego otras combinaciones (14,47%) y tercero el bloque cemento (13,48%). Para la agrupación pareada se tiene el ladrillo (41,7%), bloque cemento (34,8%) y hormigón (11,4%). Para la agrupación del tipo continua los materiales que predominan son: hormigón (75%), ladrillo (17,5%) y bloque cemento (6,8%). Para la totalidad de la zona norte son: ladrillo (37,7%), hormigón (33,6%) y bloque cemento (17,9%).

Zona Centro, año 2007								
Material predominante en muros	Aislada	%	Pareada	%	Continua	%	Total N	%
Bloque cemento	814	2,4%	166	0,7%	17	0,0%	997	0,88%
Panel Ferrocemento	227	0,7%	5	0,0%	1	0,0%	233	0,21%
Hormigón	1420	4,2%	757	3,0%	50166	92,0%	52343	46,07%
Ladrillo	17082	50,9%	16971	66,5%	3933	7,2%	37986	33,44%
Ladrillo estructura liviana	4051	12,1%	3676	14,4%	286	0,5%	8013	7,05%
Madera	6280	18,7%	1089	4,3%	44	0,1%	7413	6,53%
Metal panel Preformado	571	1,7%	149	0,6%	89	0,2%	809	0,71%
Otras Combinaciones	3007	9,0%	2621	10,3%	18	0,0%	5646	4,97%
Panel Polies. Exp. Armado est.	80	0,2%	86	0,3%	0	0,0%	166	0,15%
<b>Totales</b>	<b>33532</b>	<b>100%</b>	<b>25520</b>	<b>100%</b>	<b>54554</b>	<b>100%</b>	<b>113606</b>	<b>100%</b>

Tabla 12: Materialidad predominante en muros de la zona centro, año 2007 para edificios del tipo habitacional con información obtenida del INE.

Fuente: Elaboración propia.

\*N: totalidad de edificaciones habitacionales.

De la tabla anterior se observa que para la tipología vivienda aislada el material predominante en muros en la zona central es es en primer lugar el ladrillo (50,9%), segundo madera (18,7%) y tercero el ladrillo estructura liviana (12,1%). Para la agrupación pareada se tiene el ladrillo (66,5%), ladrillo estructura liviana (14,9%) y otras combinaciones (10,3%). Para la agrupación del tipo continua los materiales que predominan son: hormigón (92%), ladrillo (7,2%) y ladrillo estructura liviana (0,5%). Para la totalidad de la zona centro del año 2007 son: hormigón (46,07%), ladrillo (33,44%) y ladrillo estructura liviana (7,05%).

Zona Sur, año 2007								
Material predominante en muros	Aislada	%	Pareada	%	Continua	%	Total N	%
Bloque cemento	141	0,8%	0	0,0%	0	0,0%	141	0,7%
Panel Ferrocemento	566	3,4%	148	8,6%	0	0,0%	714	3,5%
Hormigón	318	1,9%	3	0,2%	1662	85,5%	1983	9,7%
Ladrillo	584	3,5%	129	7,5%	184	9,5%	897	4,4%
Ladrillo estructura liviana	1365	8,1%	406	23,5%	46	2,4%	1817	8,8%
Madera	13495	80,0%	966	56,0%	41	2,1%	14502	70,6%
Metal panel Preformado	111	0,7%	72	4,2%	10	0,5%	193	0,9%
Otras Combinaciones	280	1,7%	0	0,0%	1	0,1%	281	1,4%
Panel Poliest. Exp. Armado est.	4	0,0%	1	0,1%	0	0,0%	5	0,0%
<b>Totales</b>	<b>16864</b>	<b>100%</b>	<b>1725</b>	<b>100%</b>	<b>1944</b>	<b>100%</b>	<b>20533</b>	<b>100%</b>

Tabla 13: Materialidad predominante en muros de la zona sur, año 2007 para edificios del tipo habitacional, con información obtenida del INE.

Fuente: Elaboración propia.

\*N: totalidad de edificaciones habitacionales.

De la zona sur del año de construcción de la vivienda 2007, los tres materiales más predominantes en muros en la agrupación aislada son: madera (80%), ladrillo estructura liviana (8,1%) y ladrillo (3,5%). De la agrupación pareada se tiene los siguientes materiales: madera (56%), ladrillo estructura liviana (23,5%) y panel ferrocemento (8,6%). Para las viviendas del tipo continuas: hormigón (85,5%), ladrillo (9,5%) y ladrillo estructura liviana (2,4%). Para la totalidad de edificaciones habitacionales en la zona sur son: madera (70,6%), hormigón (9,7%) y ladrillo estructura liviana (8,8%).

Zona Norte, año 2010								
Material predominante en muros	Aislada	%	Pareada	%	Continua	%	Total N	%
<b>Bloque cemento</b>	451	12,4%	444	17,5%	140	1,9%	1035	7,6%
<b>Panel Ferrocemento</b>	132	3,6%	22	0,9%	6	0,1%	160	1,2%
<b>Hormigón</b>	767	21,0%	3	0,1%	6539	87,2%	7309	53,4%
<b>Ladrillo</b>	1625	44,5%	1660	65,5%	329	4,4%	3614	26,4%
<b>Ladrillo estructura liviana</b>	325	8,9%	178	7,0%	9	0,1%	512	3,7%
<b>Madera</b>	86	2,4%	9	0,4%	0	0,0%	95	0,7%
<b>Metal panel Preformado</b>	27	0,7%	0	0,0%	3	0,0%	30	0,2%
<b>Otras Combinaciones</b>	213	5,8%	219	8,6%	477	6,4%	909	6,6%
<b>Panel Poliest. Exp. Armado est.</b>	24	0,7%	0	0,0%	0	0,0%	24	0,2%
<b>Totales</b>	<b>3650</b>	<b>100%</b>	<b>2535</b>	<b>100%</b>	<b>7503</b>	<b>100%</b>	<b>13688</b>	<b>100%</b>

Tabla 14: Materialidad predominante en muros de la zona norte, año 2010 para edificios del tipo habitacional, con información obtenida del INE.

Fuente: Elaboración propia.

\*N: totalidad de edificaciones habitacionales

Se puede observar que la materialidad predominante en muros en el año 2010 para la zona norte del tipo de vivienda aislada es: ladrillo (44,5%), hormigón (21%) y bloque cemento (12,4%). De la categoría pareada se tiene: ladrillo (65,5%), bloque cemento (17,5%) y otras combinaciones (8,6%). Mientras que para la agrupación continua: hormigón (87,2%), otras combinaciones (6,4%) y ladrillo (4,4%). Por lo tanto para la zona norte del año 2010, las construcciones se destacan por las siguientes materialidades predominantes en muros: hormigón (53,4%), ladrillo (26,4%) y bloque cemento (7,6%).

Zona Centro, año 2010								
Material predominante en muros	Aislada	%	Pareada	%	Continua	%	Total N	%
<b>Bloque cemento</b>	420	1,6%	1471	9,1%	332	1,3%	2223	3,3%
<b>Panel Ferrocemento</b>	551	2,1%	21	0,1%	10	0,0%	582	0,9%
<b>Hormigón</b>	1379	5,2%	1368	8,5%	17366	69,4%	20113	29,8%
<b>Ladrillo</b>	11883	45,0%	7121	44,1%	6029	24,1%	25033	37,0%
<b>Ladrillo estructura liviana</b>	2963	11,2%	2622	16,3%	607	2,4%	6192	9,2%
<b>Madera</b>	6042	22,9%	1425	8,8%	67	0,3%	7534	11,1%
<b>Metal panel Preformado</b>	507	1,9%	51	0,3%	85	0,3%	643	1,0%
<b>Otras Combinaciones</b>	2424	9,2%	2052	12,7%	522	2,1%	4998	7,4%
<b>Panel Poliest. Exp. Armado est.</b>	265	1,0%	2	0,0%	0	0,0%	267	0,4%
<b>Totales</b>	<b>26434</b>	<b>100%</b>	<b>16133</b>	<b>100%</b>	<b>25018</b>	<b>100%</b>	<b>67585</b>	<b>100%</b>

Tabla 15: Materialidad predominante en muros de la zona centro, año 2010 para edificios del tipo habitacional, con información obtenida del INE.

Fuente: Elaboración propia.

\*N: totalidad de edificaciones habitacionales.

La tabla 30 presenta la materialidad predominantes en muros de las edificaciones habitacionales construidas en el año 2010 en la zona centro, donde se destaca que en la categoría aislada predomina los siguientes materiales utilizados en los muros son: ladrillo(45%), madera (22,9%) y ladrillo estructura liviana (11,2%). Para el tipo pareada son: ladrillo (44,1%), ladrillo estructura liviana (16,3%) y otras combinaciones (12,7%). Además la tipología continua posee principalmente: hormigón (69,4%), ladrillo (24,1%) y ladrillo estructura liviana (2,4%). Más generalmente, la materialidad más utilizada en esta zona en los muros en el año 2010 son: ladrillo (37%), hormigón (29,8%) y madera (11,1%).

Zona Sur, año 2010								
Material predominante en muros	Aislada	%	Pareada	%	Continua	%	Total N	%
Bloque cemento	12	0,1%	3	0,1%	1	0,0%	16	0,1%
Panel Ferrocemento	528	5,3%	165	7,5%	0	0,0%	693	4,7%
Hormigón	20	0,2%	1	0,0%	2388	91,5%	2409	16,3%
Ladrillo	308	3,1%	624	28,3%	133	5,1%	1065	7,2%
Ladrillo estructura liviana	92	0,9%	12	0,5%	52	2,0%	156	1,1%
Madera	8887	89,2%	1332	60,4%	35	1,3%	10254	69,4%
Metal panel Preformado	10	0,1%	69	3,1%	2	0,1%	81	0,5%
Otras Combinaciones	107	1,1%	0	0,0%	0	0,0%	107	0,7%
Panel Poliest. Exp. Armado est.	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
<b>Totales</b>	<b>9964</b>	<b>100%</b>	<b>2206</b>	<b>100%</b>	<b>2611</b>	<b>100%</b>	<b>14781</b>	<b>100%</b>

Tabla 16: Materialidad predominante en muros de la zona sur, año 2010 para edificios del tipo habitacional, con información obtenida del INE.

Fuente: Elaboración propia.

\*N: totalidad de edificaciones habitacionales

En la zona sur de nuestro país, los materiales predominantes en muros que se destacan en la agrupación del tipo aislada son: madera (89,2%), panel ferrocemento (5,3%) y ladrillo (3,1%). En la tipología pareada se obtiene: madera (60,4%), ladrillo (28,3%) y panel ferrocemento (7,5%). Mientras que en la categoría continua: hormigón (91,5%), ladrillo (5,1%) y ladrillo estructura liviana (2%). Por lo tanto la materialidad que más predomina en la zona sur en las construcciones del año 2010 son: madera (69,4%), hormigón (16,3%) y ladrillo (7,2%).

Materialidad predominante muros	Zona Norte		Zona Centro		Zona Sur		Total	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Bloque cemento	3	2,4%	0	0%	2	1,6%	5	0,3%
Panel Ferrocemento	3	2,4%	2	0,1%	0	0%	5	0,3%
Hormigón	61	49,6%	647	44,4%	43	35,2%	751	44,2%
Ladrillo	41	33,3%	720	49,5%	27	22,1%	788	46,3%
Ladrillo estructura liviana	3	2,4%	10	0,7%	2	1,6%	15	0,9%
Madera	1	0,8%	6	0,4%	15	12,3%	22	1,3%
Metal panel Preformado	11	8,9%	70	4,8%	33	27,0%	114	6,7%
Panel Polies. Armado est.	0	0%	1	0,1%	0	0%	1	0,1%
<b>Total</b>	<b>123</b>	<b>100%</b>	<b>1456</b>	<b>100%</b>	<b>122</b>	<b>100%</b>	<b>1701</b>	<b>100%</b>

Tabla 17: Materialidad predominante en muros, para edificios del tipo de servicios del año 2007 para cada zona de Chile con información obtenida del INE.

Fuente: Elaboración propia.

\*N: totalidad de edificaciones habitacionales.

La tabla anterior muestra la materialidad predominante en muros de los edificios de servicio de Chile construidas el año 2007, se aprecia que en la zona norte la materialidad más utilizada es el hormigón (49,6%), también se destaca el ladrillo (33,3%) y en tercer lugar metal panel preformado con 8,9%. Para la zona centro de nuestro país se obtiene como mayoría ladrillo (49,5%), hormigón (44,4%) y metal panel preformado (4,8%). Y en la zona sur el hormigón (35,2%), metal panel preformado (27%) y ladrillo (22,1%). En términos generales, el material más requerido para los edificios de servicios en el año 2007 son: ladrillo (46,3%), hormigón (44,2%) y metal panel preformado (6,7%).

Materialidad predominante muros	Zona Norte		Zona Centro		Zona Sur		Total	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
<b>Bloque cemento</b>	9	7,8%	0	0%	1	0,7%	10	1,4%
<b>Panel Ferrocemento</b>	2	1,7%	9	2,0%	2	1%	13	1,8%
<b>Hormigón</b>	61	52,6%	228	51,8%	54	35,3%	343	48,4%
<b>Ladrillo</b>	28	24,1%	99	22,5%	27	17,6%	154	21,7%
<b>Ladrillo estructura liviana</b>	0	0,0%	8	1,8%	3	2,0%	11	1,6%
<b>Madera</b>	3	2,6%	6	1,4%	22	14,4%	31	4,4%
<b>Metal panel Preformado</b>	13	11,2%	88	20,0%	44	28,8%	145	20,5%
<b>Panel Polies. Armado est.</b>	0	0%	2	0,5%	0	0%	2	0,3%
<b>Total</b>	<b>116</b>	<b>100%</b>	<b>440</b>	<b>100%</b>	<b>153</b>	<b>100%</b>	<b>709</b>	<b>100%</b>

Tabla 18: Materialidad predominante en muros, para edificios del tipo de servicios del año 2010 para cada zona de Chile con información obtenida del INE.

Fuente: Elaboración propia.

\*N: totalidad de edificaciones habitacionales.

La información adjuntada en la tabla anterior presenta la materialidad que más predomina por zona en edificios de servicio del año 2010, donde se observa que en la zona norte los tres materiales que sobresalen son: hormigón (52,6%), ladrillo (24,1%) y metal panel preformado (11,2%). En la zona centro: hormigón (51,8%), ladrillo (22,5%) y metal panel preformado (20%). Para la zona sur se destacan: hormigón (35,3%), metal panel preformado (28,8%) y ladrillo (17,6%). En resumen, el material que más se utiliza en el país para construir edificios de servicio durante el año 2010 fueron: hormigón (48,4%), ladrillo (21,7%) y metal panel preformado (20,5%).