

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y ARTES

TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
MASTER EN ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD

DETERMINACIÓN DEL IMPACTO EN LA TEMPERATURA  
INTERIOR NOCTURNA POR EFECTO DE INFILTRACIONES. CASO  
DE ESTUDIO, VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL SUR DE LA  
CIUDAD DE QUITO.

Volumen I

CHRISTIAN OMAR BENALCAZAR VALLEJO

DIRECTOR PHD. ING. NICOLAS SALMON

QUITO – ECUADOR

2018



**Presentación.**

El trabajo de titulación: determinación del impacto en la temperatura interior nocturna por efecto de infiltraciones. Caso de estudio, viviendas autoconstruidas en el sur de la ciudad de Quito contiene:

Volumen I: Problemática, metodología, desarrollo y análisis del caso de estudio.  
DVD que contiene el volumen I en formato pdf.

**Dedicatoria.**

A la Memoria de mi Padre y a mi Amada Madre.

**Agradecimientos.**

A todas las familias que, de manera totalmente desinteresada, colaboraron con su valioso tiempo y su unidad de vivienda para el desarrollo de la investigación.

## Índice

Lista de Imágenes: .....	viii
Lista de Tablas: .....	x
Lista de Gráficos: .....	xi
RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	2
CAPÍTULO I: EFECTO DE LA AUTOCONSTRUCCIÓN EN LA TEMPERATURA DE EDIFICACIONES HABITACIONALES .....	3
1.1 Problemática.....	3
1.2 Objetivo del Proyecto.....	5
1.2.1 Objetivo General.....	5
1.2.2 Objetivos Específicos .....	5
CAPÍTULO II: INFILTRACIONES DE AIRE Y NORMATIVA APLICABLE .....	6
2.1 Afectación de la Temperatura Interior por Efecto de Infiltraciones de Aire .....	6
2.1.1 Temperatura en el DMQ y del Caso de Estudio .....	6
2.1.2 Infiltraciones de Aire .....	8
Gases trazadores .....	9
2.1.3 Afectación Térmica por Efecto de Infiltraciones.....	13
2.2 Normativa Aplicable.....	18
2.2.1 Normativa Nacional Aplicable .....	18
2.2.2 Consideraciones de la Normativa .....	18
CAPÍTULO III: QUITO, LA INFORMALIDAD Y AUTOCONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS.....	21
3.1 Desarrollo de la Urbe Quiteña .....	21

3.1.1 Autoconstrucción en el Sur del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ).....	24
3.1.2 Características, Elementos y Materiales Comunes de la Envolvente .....	26
CAPÍTULO IV: CASO DE ESTUDIO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	32
4.1 Determinación del Caso de Estudio.....	32
4.2 Metodología .....	33
4.3 Análisis de Resultados. ....	38
CAPÍTULO V: INTERVENCIÓN PARA MEJORAR LA HERMETICIDAD .....	42
5.1 Propuestas de Materiales y Mejoras. ....	46
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES .....	50
5.1 Conclusiones.....	50
5.2 Líneas de Investigación Futuras .....	51
BIBLIOGRAFÍA .....	53

## Lista de Imágenes:

Imagen 1: Temperatura media multianual .....	6
Imagen 2: Isotermas de la ciudad de Quito.....	6
Imagen 3: Sitios comunes de fugas - 4 categorías. ....	8
Imagen 4: Sistema de operación del blower door.....	10
Imagen 5: Imágenes termográficas - infiltraciones de aire.....	12
Imagen 6: Problemas de entrada de aire. ....	13
Imagen 7: Tasas de recambio de aire métodos teórico y mediciones en sitio .....	14
Imagen 8: Línea base de hermeticidad al aire promedio según materialidad predominante en la envolvente para edificaciones habitacionales. ....	15
Imagen 9: Incidencia de las infiltraciones en EEUU .....	16
Imagen 10: Relación entre hermeticidad al aire y la demanda para calefacción en edificios de vivienda.....	17
Imagen 11: Expansión urbana de Quito, 1760 -2011 .....	22
Imagen 12: Déficit habitacional cualitativo urbano.....	23
Imagen 13, 14: Edificaciones habitacionales en el sur del DMQ.....	24
Imagen 15: Vivienda en autoconstrucción.....	26
Imagen 16: Vivienda autoconstruida .....	26
Imagen 17: Paredes de bloque .....	27
Imagen 18: Paredes de ladrillo macizo .....	27
Imagen 19: Porosidad bloque de Latacunga .....	28
Imagen 20: Instalaciones en paredes .....	28
Imagen 21: Fisuramiento de bloque.....	28
Imagen 22: Fisuramiento de pared.....	28
Imagen 23: Materiales extraños .....	28
Imagen 24: Instalaciones eléctricas .....	28
Imagen 25: Espacios por mala fundición en losas .....	29
Imagen 26: Fisuramiento por mala fase de curado .....	29
Imagen 27: Hormigón poroso por mala vibración.....	29
Imagen 28: Bloques triturados en fundición.....	29
Imagen 29: Juntas mal selladas en ventanas .....	31
Imagen 30: Puertas de material mixto .....	31
Imagen 31: Referencia de ubicación Barrio Rumiñahui.....	32

Imagen 32: Barrio Rumiñahui – Ubicación de las muestras .....	33
Imagen 33, 34, 35, 36: Defectos en la fabricación y ensamble en ventanas con marcos de acero.....	42
Imagen 37, 38, 39, 40: Defectos en la fabricación y ensamble en ventanas con marcos de aluminio .....	43
Imagen 41, 42: Defectos en la fabricación y ensamble en ventanas con marcos de Madera .....	43
Imagen 43, 44, 45, 46, 47, 48: Defectos en la fabricación y ensamble en ventanas con marcos de Madera.....	44
Imagen 49 – 49’, 50 – 50’: Otras infiltraciones a través de la envolvente .....	45
Imagen 51, 52: Medidas Caseras para reducir infiltraciones.....	45
Imagen 53: Tipos de ventanas batientes .....	47
Imagen 54: Relleno de juntas con espuma aislante .....	47
Imagen 55: Sellado de juntas con Silicona .....	48
Imagen 56, 57, 58: Sellado de juntas con Silicona .....	49

**Lista de Tablas:**

Tabla 1: Requisitos de hermeticidad en distintos países.....	11
Tabla 2: Renovaciones de aire en diferentes tipos de viviendas.....	15
Tabla 3: Línea de base respecto el sistema constructivo .....	16
Tabla 4: Escala de Beaufort .....	20
Tabla 5: Principales vías de infiltraciones de aire en vivienda autoconstruida, sur del DMQ .....	26
Tabla 6: Información Primaria de las Muestras .....	34
Tabla 7: Información complementaria de las muestras 1 .....	34
Tabla 8: Información complementaria de las muestras 2 .....	35
Tabla 9: Resumen de resultados del ensayos de permeabilidad .....	36
Tabla 10: Variaciones promedio de temperatura diaria.....	39

**Lista de Gráficos:**

Gráfico 1: Resumen del registro térmico .....	37
Gráfico 2: Renovaciones de aire .....	38
Gráfico 3: Permeabilidad .....	39
Gráfico 4: Dispersión Temperatura - Permeabilidad .....	39
Gráfico 5: Resumen del registro de temperaturas .....	41

## RESUMEN

En zonas climáticas templadas, las infiltraciones de aire no deseadas a través de la envolvente afectan de manera importante el consumo energético y el nivel de confort térmico de los usuarios; si bien Quito no presenta climas fríos como en las zonas templadas, este proyecto investiga la relación existente entre la temperatura interior nocturna de las viviendas autoconstruidas y la permeabilidad de la envolvente, poniendo en práctica la metodología considerada bajo normativa nacional vigente y, de manera complementaria/supletoria aquella internacional que regula la permeabilidad en edificaciones.

La investigación es de carácter experimental, y contempla: la metodología y los ensayos in situ que permiten determinar la permeabilidad de la envolvente utilizando sistemas de presurización “blower door”, el registro de curvas térmicas diarias utilizando “data loggers”, y el levantamiento de datos a nivel visual; Los resultados obtenidos, que son de carácter representativo de un arquetipo de unidad habitacional en un sitio determinado de la urbe Quiteña, permiten evidenciar los efectos de la auto construcción en la permeabilidad y esta a su vez en la temperatura interior de las unidades habitacionales.

El trabajo también identifica los defectos constructivos típicos que afectan la hermeticidad de la envolvente, así como la implementación de trabajos de baja intervención que ayuden a reducir la permeabilidad de las mismas.

A nivel local, la investigación generará información de primera mano que permite conocer la realidad local sobre este tipo de construcciones habitacionales. Así mismo presenta líneas de investigación futura ligadas a un mayor número de muestras, diferentes arquetipos y métodos alternativos que permitan la comparación y comprobación de resultados.

## **ABSTRACT**

In temperate climatic zones, unwanted air infiltrations through the envelope affect significantly the energy consumption and the thermal comfort level of the users; Although Quito does not present cold climates as in temperate zones, this project investigates the relationship between the night interior temperature and the permeability of the dwelling, putting into practice considerations of national normatives and, international codes that regulates the permeability in buildings.

The research is experimental and includes: the methodology and the in situ tests that allow to determine the permeability of the envelope using pressurization systems "blower door", the daily thermal register with "data loggers", and the visual recognition and of the buildings; The results obtained, which is a representative unit of the dwelling type in a specific place of Quito, allows to show the effects of the self-construction on the permeability and this into the interior temperature of the housing units .

The work also identifies the typical construction defects that affect the tightness of the envelope, as well as the implementation of easy works that help to reduce the permeability.

At the local level, the research will generate first-hand information that allows to know the local reality about this type of housing constructions. It also presents lines of future research linked to a greater number of samples, different archetypes and alternative methods that allow the comparison and verification of results.

## **CAPÍTULO I: EFECTO DE LA AUTOCONSTRUCCIÓN EN LA TEMPERATURA DE EDIFICACIONES HABITACIONALES**

### **1.1 Problemática**

Conforme señala el Plan de Desarrollo 2012-2022 del Municipio del Distrito metropolitano de Quito (DMQ), “Si bien no existe un estudio que muestre o cuantifique con exactitud las cifras de construcciones informales, se estima que aproximadamente el 60% o más de las construcciones del DMQ son de esas características”, presentándose porcentajes aún mayores en la periferia de la ciudad, (Telégrafo, 2016).

La informalidad de las construcciones habitacionales está ligada directamente con la llamada autoconstrucción, que, en términos generales, se caracteriza principalmente por la falta de asesoramiento técnico en las diferentes etapas del proyecto, al incumplimiento de normativas de urbanismo y construcción, a la falta de regularización previa y son comúnmente ejecutados en base a los requerimientos del dueño y por personal no calificado.

Si bien Quito no se caracteriza por climas extremos como las temperaturas invernales de otras zonas climáticas, adicionalmente a la vulnerabilidad edilicia que presentan los sistemas autoconstruidos, la falta de control técnico en la etapa de construcción, la falta de implementación de nuevos sistemas constructivos y la escasa aplicación de la tecnología de la construcción, hacen pensar que se puede generar un comportamiento no deseado de la envolvente, permitiendo infiltraciones de aire excesivas, que afecten al equilibrio de las cargas térmicas en el interior de la vivienda, y por consiguiente su temperatura interior.

Como señala el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER, 2017), el proceso de planificación arquitectónica en el Ecuador, convencionalmente, no prioriza el comportamiento térmico al interior asociado al clima y a otros factores externos, así como, tampoco tiene la práctica habitual de incorporar criterios de eficiencia energética o el uso de programas de simulación de comportamiento

energético en la etapa de diseño de las edificaciones; por lo que trabaja en la implementación de conceptos de eficiencia energética y energía renovable a ser considerados durante la planificación, en función de condiciones de habitabilidad y confort de la vivienda.

Políticas como las emprendidas por el INER, y especialmente en lo que compete a modelaciones/simulaciones energéticas, donde uno de los datos de entrada corresponde a renovaciones de aire, que generalmente son estimadas o asumidas de acuerdo a recomendaciones mínimas, y que no toman en cuenta la realidad constructiva nacional y el posible efecto de las infiltraciones de aire, estarían propensas a resultados inexactos, comprometiendo el objetivo final, el confort de la vivienda.

INER (2017 (B)) también señala que, generalmente los espacios construidos no se encuentran acondicionados, y que en un sinnúmero de casos la calidad de estos espacios no brinda las condiciones necesarias de confort térmico al exceder los límites tolerables, dejando al usuario la responsabilidad de adaptarse al entorno ya edificado; además refiere que existe una relación directa entre la demanda energética térmica y el confort de los usuarios, y que si estos tuvieran mayores recursos económicos implementarían sistemas de acondicionamiento para asegurar ese confort.

Ecuador, a pesar de que ha comenzado a implementar criterios de eficiencia energética a través de la actualización e implementación de nueva normativa (Conceptos-INER, Códigos-MIDUVI, Normas-INEN, Herramienta de Eco Eficiencia-DMQ, Punto Verde – Ministerio del Ambiente), aun no establece niveles mínimos permisibles de permeabilidad de las edificaciones, y esto, en parte, obedece a la falta de investigación en este campo a nivel nacional. Según datos no oficiales (Telégrafo, 2016), *cerca del 90% de las edificaciones de la periferia de la ciudad de Quito son de carácter informal*, y esta informalidad, adicionalmente a las condiciones de legalidad de los predios, está directamente ligada a procesos de autoconstrucción. La pertinencia de la investigación radica en dos alcances fundamentales: determinar la afectación que provocan los procesos de autoconstrucción en la temperatura interior de edificaciones habitacionales por el efecto de infiltraciones y que a través de los resultados obtenidos se pueda proponer recomendaciones de bajo costo.

## **1.2 Objetivo del Proyecto**

### **1.2.1 Objetivo General**

Determinar el impacto que provocan las infiltraciones de aire, a través de la envolvente, en la temperatura interior nocturna en edificaciones habitacionales autoconstruidas en el sur de la ciudad de Quito.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Identificar las características típicas de la auto construcción en el sur de la ciudad de Quito.

Identificar las características típicas de los materiales de la envolvente en sistemas autoconstruidos.

Determinar el nivel de hermeticidad de las edificaciones habitacionales mediante sistemas de presurización y la posible afectación térmica por efecto de infiltraciones de aire.

Generar recomendaciones de baja intervención para mejorar la hermeticidad de la envolvente.

## CAPÍTULO II: INFILTRACIONES DE AIRE Y NORMATIVA APLICABLE

### 2.1 Afectación de la Temperatura Interior por Efecto de Infiltraciones de Aire

#### 2.1.1 Temperatura en el DMQ y del Caso de Estudio

En términos generales, y debido a su geomorfología, la ciudad de Quito presenta una temperatura promedio<sup>1</sup> de 14,78°C que puede variar durante el día entre 4°C y 28°C dependiendo el sitio y la época del año (CORPAIRE, 2009: 10) y se encuentra en una zona “templada húmeda” con 75% de humedad relativa promedio anual (Fernández, 1990: 11). Cabe destacar que el sur de Quito (estación izobamba), registra las temperaturas más bajas<sup>2</sup> de la ciudad (Imágenes 1 y 2).

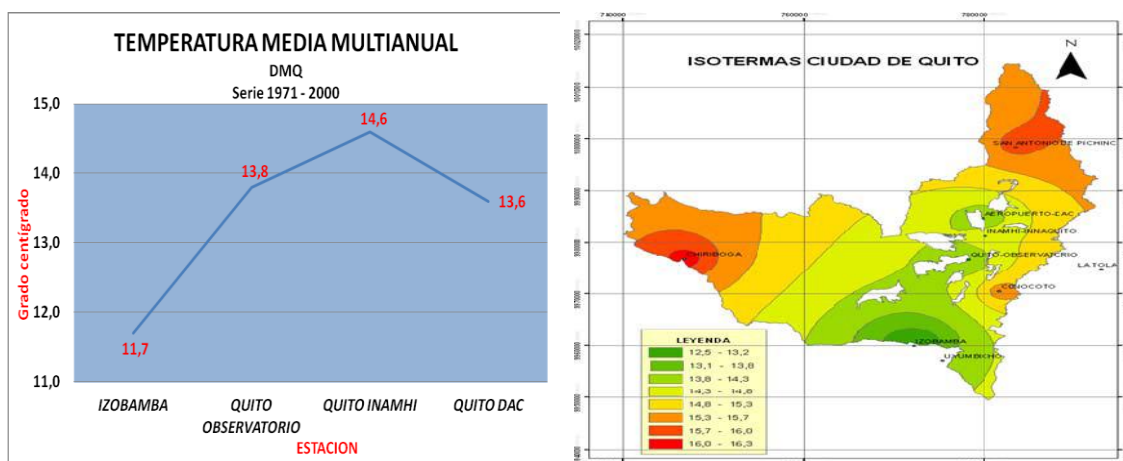


Imagen 1: Temperatura media multianual

Imagen 2: Isotermas de la ciudad de Quito

Fuente: (Gutiérrez, Informe preliminar 2012)

Como se puede observar, las temperaturas en el sur de Quito, en promedio son más bajas que el resto de la ciudad, de allí la importancia que representaría el contar con una envolvente “estanca” que ayude a la conservación térmica de las viviendas. En edificaciones ubicadas fuera de la franja ecuatorial las pérdidas térmicas por infiltraciones representan alrededor de un tercio de las pérdidas totales que se presentan dentro de un recinto (Volantino, 2013), lo que hace preguntarse qué sucede a nivel local, en la franja ecuatorial, cuál es la repercusión del sistema constructivo en la generación de estas

<sup>1</sup> Temperatura media entre 1980 - 2005 registrada en la estación M024 Ñaquito del INAMHI

<sup>2</sup> Temperatura media entre 1971 - 2000 registros INAMHI

infiltraciones y estas a su vez en la temperatura interior nocturna de las edificaciones habitacionales.

Adicionalmente a las condiciones térmicas en Ecuador la vivienda social presenta un alto déficit cualitativo (Jarrín, 2012), que se caracteriza por no brindar las condiciones necesarias para cumplir sus funciones adecuadamente. Estas condiciones pueden ser el hacinamiento, uso de materiales imperdurables, tenencia informal de suelo, falta de agua potable, luz eléctrica y demás servicios requeridos para el desarrollo adecuado de la familia.

No se han encontrado datos oficiales en Ecuador, ni en la región andina, sobre demanda de energía por calefacción residencial, sin embargo, debido a las bajas temperaturas de la época invernal en el DMQ se ha incrementado sustancialmente la demanda de calefactores eléctricos (EL COMERCIO, 2017), Lo que evidencia el disconfort térmico de los usuarios.

En simulaciones energéticas de prototipos de viviendas con características sociales en Ecuador, caso Yachay (Miño & et al., 2013), donde se modela tres tipos de envolventes que toman en consideración los materiales de las viviendas sociales a nivel nacional conforme datos estadísticos del último Censo de Población y Vivienda (INEC, 2010), arrojan como resultado que: las viviendas cuyos materiales son de hormigón armado, bloque, cristalería simple y cubierta ligera, presenta disconfort térmico en 21% de las horas de ocupación, siendo este el más alto de entre los tres.

En términos energéticos, la tipología mencionada en el párrafo precedente, requeriría una demanda de calefacción anual para suplir el requerimiento térmico de 719kWh, lo que representa un incremento de la demanda energética de un 35% al año. Si se tiene en consideración que la mayoría de los materiales que conforman la envolvente estudiada en (Miño & et al., 2013) corresponden a los que se utilizan en las viviendas autoconstruidas en el DMQ, con el agravante de presentar temperaturas más frías, se plantea que las edificaciones habitacionales de Quito presentan problemas de confort; Adicionalmente, si se considera que a nivel nacional el sector residencial representa el 35% de la demanda de energía eléctrica anual (CONELEC, 2013), el hecho de considerar suplir la demanda de calefacción repercutiría considerablemente en la demanda energética nacional.

## 2.1.2 Infiltraciones de Aire

### 2.1.2.1 Tipos de Infiltraciones

El objetivo de la ventilación en las edificaciones trata fundamentalmente de proporcionar la renovación de aire bajo condiciones climáticas y ambientales determinadas para evitar de esta manera la contaminación interior por CO<sub>2</sub> o por sustancias contaminantes de materiales de construcción, muebles, productos de limpieza entre otros; la normativa nacional (NTE INEN 1126 (1984) VENTILACIÓN NATURAL DE EDIFICIOS), dependiendo el ambiente analizado, recomienda entre 1 – 4 renovaciones de aire por hora. Se debe tener presente que los recambios de aire obedecen a un sistema de ventilación que puede ser operado según la necesidad del usuario, mientras que las infiltraciones se convierten en un factor de ingreso de aire no controlado que depende de las condiciones ambientales propias del sitio y de la permeabilidad de la envolvente. Las infiltraciones pueden ser producidas por tres circunstancias:

- a) por presión del viento, que depende de la velocidad del viento que impacta sobre las fachadas.
- b) por convección o diferencia de temperatura (efecto stack)
- c) por sistemas mecánicos de ventilación.

En términos generales Carmody (2012) refiere a las infiltraciones de aire como el calor que se pierde o se gana a través de las grietas de la envolvente y se mide en unidades de volumen de aire que pasa a través de una abertura en condiciones de presión dada. La Imagen 3 muestra las grietas no controladas más comunes:

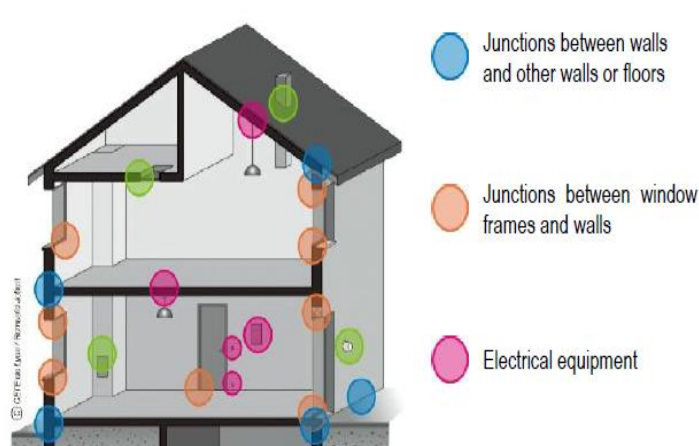


Imagen 3: Sitios comunes de fugas - 4 categorías.  
Fuente: (Carrié & et al, 2012)

Cuando se trata de un proyecto nuevo, lo ideal es pasar a una correcta fase de ejecución en obra, donde se tomen en cuenta las medidas necesarias para que se puedan evitar penetraciones y fugas de aire a través de la envolvente en los sitios comunes antes citados; Adicionalmente, Sherman (2006) menciona que, entre otros factores, el incremento de altura, la edad y una mayor área de construcción incrementan las fugas de aire de una vivienda, así:

- 1.- Altura: El incremento de un piso en altura aumenta las fugas en un 15%.
- 2.- Área: A mayor área mayores pérdidas.
- 3.- Edad: Las pérdidas incrementan a razón de 1% por año, a partir de cierta edad de una edificación.

### **2.1.2.2 Ensayos para Determinar Infiltraciones**

Existen varios métodos que se pueden emplear para determinar infiltraciones o la hermeticidad de una envolvente, entre las más comunes tenemos los siguientes.

#### **Gases trazadores**

Métodos de gases trazadores permiten la medición directa de infiltraciones de aire en una edificación; se basan en la introducción controlada de una cantidad de gas inerte, donde se registra la caída de la concentración de dicho gas durante un periodo de tiempo, y se determina la renovación de aire en la, o las zonas de estudio y el exterior.

#### **Presurización**

Al hablar de infiltraciones, directamente también se habla de hermeticidad de la envolvente, y esta se la puede cuantificar con métodos que permitan medir la permeabilidad de la misma sin tomar en cuenta las condiciones ambientales, a través de la presurización y despresurización del local de ensayo; uno de estos métodos es la presurización por ventilación, que comúnmente se lo conoce como “blower door” o “puerta – ventilador” (Imagen 4), empleado para llevar adelante esta investigación, permite expresar la permeabilidad de la envolvente en función de:

- Tasa de renovaciones de aire n50/ACH50/TRA50: corresponde a cantidad de veces que se renueva el aire de un recinto a una presión de 50Pa.
- Permeabilidad de la envolvente: que relaciona el caudal producido por parte de las infiltraciones con la superficie de la envolvente.

TRA/ACH/N<sub>50</sub> = Tasa de renovación de aire por hora.

El ensayo “blower door” cuantifica el caudal de aire que se infiltra a través de la envolvente en un ambiente presurizado, que al dividirlo para el volumen que abarca el sitio de estudio da como resultado las renovaciones por hora a las que está sujeto el sitio de análisis. Al ser parte del objeto del presente trabajo la afectación que provoca la auto construcción en la cantidad de infiltraciones y estas a su vez en la temperatura interior de una vivienda, es útil estimar el tamaño equivalente de aberturas que presenta la envolvente y de cierta manera comprender el tamaño físico por el cual se producen las filtraciones de aire.

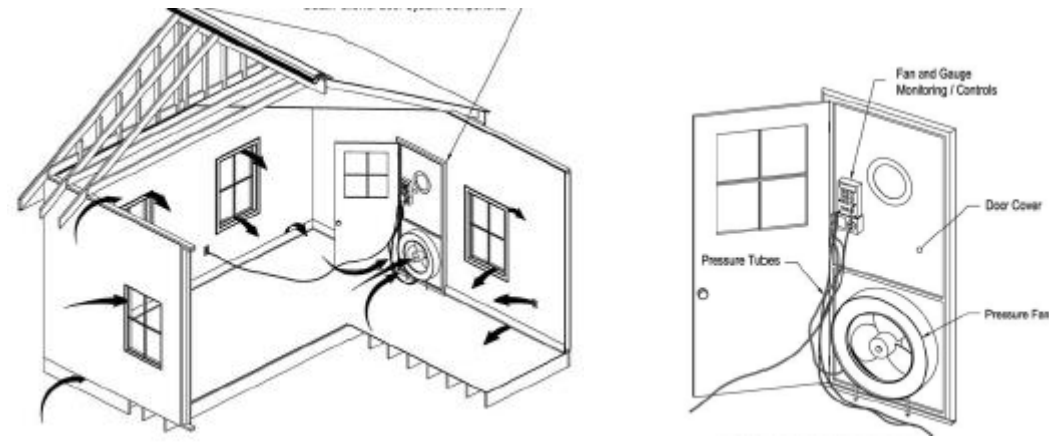


Imagen 4: Sistema de operación del blower door  
Fuente: (Fehr, 2009)

En el ámbito de lo anteriormente descrito, los factores más importantes son:

1.- El área de fuga equivalente (EqLA), definida por el Consejo de Investigación Nacional de Canadá como el área de una abertura de borde afilado por la cual se filtrará la misma cantidad de aire que el medido a una diferencia de presión de 10 Pascales.

2.- El área de fuga efectiva (ELA), definida por el Laboratorio de Lawrence Berkeley (LBL) como el área de una abertura de borde redondeado por la cual se filtrará la misma cantidad de aire que el medido a una diferencia de presión de 4 Pascales.

Mediante este último, también se puede determinar la fuga normalizada (NLA) dividiendo ELA/ superficie de la envolvente.

Es importante tener en cuenta que los valores típicos de diferencia de presión, a los cuales se reportan las infiltraciones, son 50 Pa y 4 Pa.; en condiciones de operación reales no se producen diferencias de presión a 50 Pa, pero, las infiltraciones estipuladas a esta diferencia de presión permiten facilitar la comparación de resultados en ensayos. Por otro lado, la diferencia de presión de 4 Pa corresponde a aquella que sí puede ocurrir normalmente en una vivienda, pero que no se puede medir por ser muy baja. Por ende, la tasa de infiltraciones a 4 Pa es útil como dato de entrada de herramientas computacionales de simulación energo-térmica de edificios (Vera, 2012).

A nivel nacional no existe normativa que regule la estanquidad en edificaciones, pero en naciones con climas estacionales o fríos, como parte de su política energética y de eficiencia, la permeabilidad de las edificaciones se encuentra regulada, estipulando tasas de renovación de aire máximas a 50 Pa, que varían entre 3 y 5 TRA dependiendo de cada país (Tabla 1). Donde una vivienda se considera más hermética mientras menos caudal de aire necesite para producir una diferencia de presiones de 50 Pa.

	PAIS	REQUISITOS	UNIDAD	PRESIÓN
Renovaciones de aire	Alemania	Ventilación natural < 3,0 Ventilación mecánica < 1,5 Viviendas < 0.6 Passivhaus	h <sup>-1</sup>	50 Pa
	Portugal	Nivel de estanquidad para viviendas, mínimo 0,6	h <sup>-1</sup>	50 Pa
	Suiza	Viviendas < 1	h <sup>-1</sup>	50 Pa
	Chile	Diferentes tipos de edificaciones entre 4 y 10	h <sup>-1</sup>	50 Pa
	Francia	Viviendas unifamiliares < 0,8 Otro tipo de viviendas < 1,2	m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>	50 Pa
Permeabilidad	Suecia	Edificaciones	lt/s. m <sup>2</sup>	50 Pa
	Reino Unido	Viviendas < 5 Viviendas con ventilación mecánica < 10	m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>	50 Pa

Tabla 1: Requisitos de hermeticidad en distintos países

Fuente: Passivhaus (Alemania), Minergi (Suiza), RT-2012 (Francia), BSF-2011 (Suecia), OGUC (Chile), LIA (Reino Unido)

### **Termografía como método complementario**

Trata de una técnica no invasiva que permite identificar la variación de temperatura de una superficie con considerable precisión sin tener contacto con ella. Ha sido desarrollada a partir de conceptos físicos convirtiendo la radiación infrarroja que emite cada objeto o material en medidas de temperatura a través del uso de señales eléctricas.

Si bien este método permite determinar análisis cuantitativos y cualitativos de los objetos de análisis, la termografía cualitativa es la que es utilizada en este trabajo, ayudando a identificar visualmente la variación de temperatura de las superficies y de esta manera establecer la localización de las fugas de aire y defectos constructivos en la envolvente.

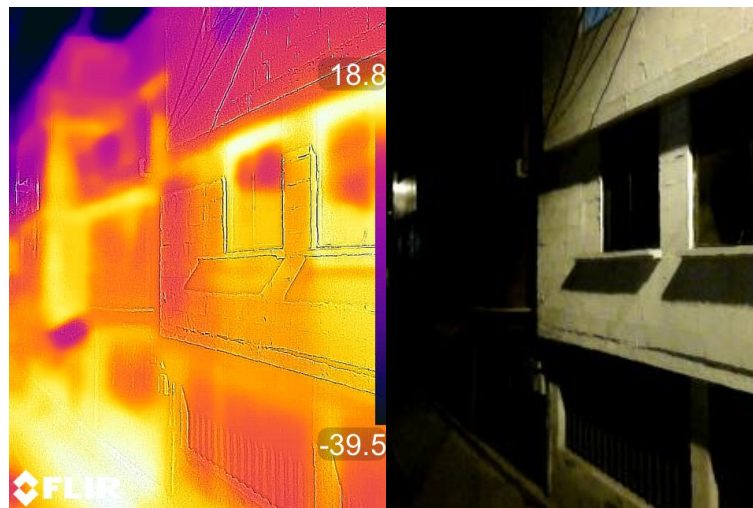


Imagen 5: Imágenes termográficas - infiltraciones de aire

Fuente: Propia

No se encuentra normada la combinación del procedimiento “blower door”, que, a través de la generación de diferencia de presiones entre el interior y el exterior, fuerza la entrada de aire por las zonas que no estén selladas de manera adecuada, y el uso de fotografía termográfica (Imagen 5), sin embargo, entre muchos otros, estudios como (Vásquez, 2016), (Vera, 2012), (Thébault & Bouchié, 2015), (Macari, 2013), ( Froňka & Moučka, 2005), (Murat, Tavukcuoglu, & Bekboliev, 2018), emplean la combinación de estas dos herramientas como ayuda para identificar de manera fácil el flujo de aire a través de los defectos constructivos presentes en la envolvente, para que se puedan tomar las acciones paliativas correspondientes por defectos de construcción. Así mismo dentro del ámbito termográfico investigaciones actuales como las de (Barreira, Moreira, & Almeida, 2017

(A)), (Barreira, Moreira, & Almeida, 2018 (B)), (Liu, Zhao, & Chen, 2018), entre otras, plantearían el prescindir del equipo “blower door” con la utilización de fotografía termica activa.

Adicionalmente, como métodos complementarios, también se pueden utilizar artefactos generadores de humo para que cuando se active el “blower door” y se genere la diferencia de presiones, el humo se infiltre a través de las grietas de la envolvente. Y también mediante la utilización de anemómetros, que, si bien no es un método visual, mide la velocidad del aire que se filtra través de las grietas en un ambiente presurizado.

### 2.1.3 Afectación Térmica por Efecto de Infiltraciones

De entre muchas afectaciones, conforme se puede observar en la Imagen 6, las infiltraciones de aire pueden provocar impactos en el confort térmico de las viviendas debido a la variación de la temperatura interior, tema del presente estudio.

Si bien las condiciones climáticas de la región ecuatorial no son comparables con las zonas templadas del globo, según datos de la organización para la cooperación económica y desarrollo (OECD, 2000), el consumo de energía asociado con los edificios (residenciales y de servicios) representa alrededor del 40% del total de energía primaria consumida, en donde suponemos que la ventilación y las perdidas por infiltración representan una proporción importante.

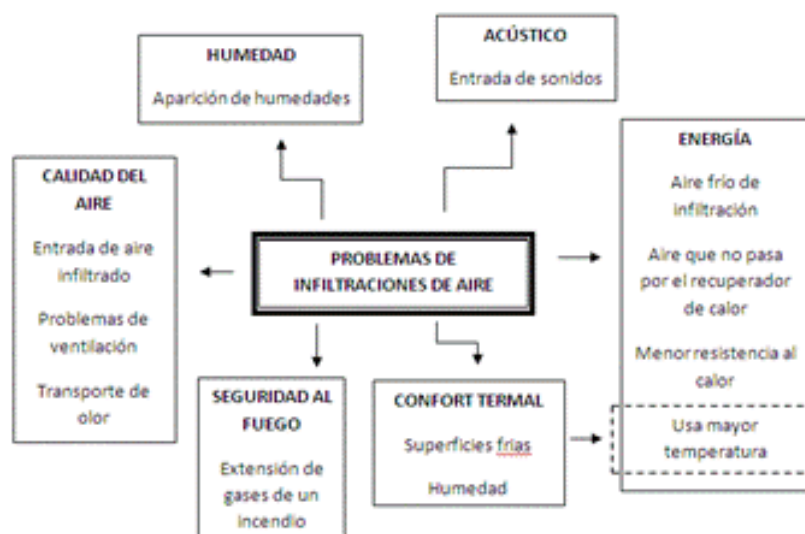


Imagen 6: Problemas de entrada de aire.  
Fuente: (Sordo, 2013)

En la mayoría de los casos, en fase de diseño, los requisitos y el nivel de desempeño energético de un edificio se basa en cálculos teóricos del uso de energía. Sin embargo, varios estudios han mostrado que el rendimiento energético real después de la fase de construcción puede desviarse significativamente de los estimados en fase de diseño (Thébault & Bouchié, 2015), es así que, en su estudio *Estimating infiltration losses for in-situ measurements of the building envelope thermal performance*, encuentran diferencias significativas en los resultados de la tasa de renovación de aire estimada para la fase de diseño en comparación con métodos de medición in situ.

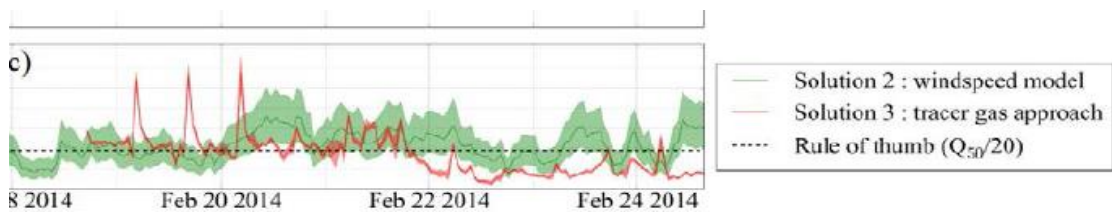


Imagen 7: Tasas de recambio de aire métodos teórico y mediciones in situ  
Fuente: (Thébault & Bouchié, 2015)

Es importante mentalizar que, las infiltraciones afectan de manera directa las condiciones térmicas y energéticas de una edificación, y que en zonas climáticas demandantes con adecuados sistemas constructivos y de aislamiento, la utilización de un sistema de ventilación más eficiente reduce el consumo energético sobre el 5~9% del total de energía primaria usada (Carmody & et al, 2012), por lo que es pertinente también conocer de qué manera afectan esas infiltraciones a la temperatura interior nocturna de una vivienda en las condiciones climáticas de Quito, donde, si bien el clima no es comparable con la de los diferentes estudios existentes y analizados en el presente documento, el modalidad de autoconstrucción, como lo veremos más adelante, crea las condiciones ideales para la generación de pérdidas térmicas y un posible discomfort para los residentes.

Al considerarse a una edificación como un sistema termodinámico sometido en forma constante a múltiples y variadas influencias físicas, limitado por su envolvente, a través de la cual se intercambia dinámicamente energía y masa, las condiciones de diseño y ejecución de obra influyen de forma directa en el comportamiento energo-térmico de la misma. La Unidad de Ingeniería Integral en Construcción Sustentable (IICoS, 2012) de DICTUC, ha efectuado mediciones de infiltraciones a casas y departamentos nuevos en Chile, las mediciones han demostrado que la tasa de infiltraciones en viviendas sociales

de hormigón y muros de albañilería así como en viviendas con muros livianos es más alta que aquellas viviendas que han sido construidas con mayor estándar, mejor calidad de ventanas y adecuado sellado de ventanas y puertas con las paredes, reduciéndose hasta en 5 veces la tasa de infiltraciones.

Tipos de Vivienda	TRA a 4Pa	TRA a 50Pa
Viviendas sociales de departamentos construidas con muros de hormigón armado o albañilería de ladrillos	3,5 a 5,0	6,0 a 10,0
Las viviendas sociales de departamentos construidas con paneles de estructura de perfiles de acero liviano y revestimientos exteriores e interiores de placas de OSB y/o fibrocemento y yeso-cartón	9,0 a 11,0	25,0 a 30,0
Las viviendas de estándar medio-alto con muros de la envolvente en albañilería de ladrillos	0,7 a 0,9	2,5 a 4,0

Tabla 2: Renovaciones de aire en diferentes tipos de viviendas  
 Fuente: (Vera, 2012)

Adicionalmente y como respaldo a la investigación precedente, el estado Chileno en su Manual de hermeticidad al aire de edificaciones (CITEC-UBB, 2014), ha determinado la línea base de infiltraciones según la materialidad predominante en la envolvente para edificaciones habitacionales (Imagen 8), y ha determinado una hermeticidad al aire promedio, de las mediciones realizadas, de 12.9 cambios de aire por hora.

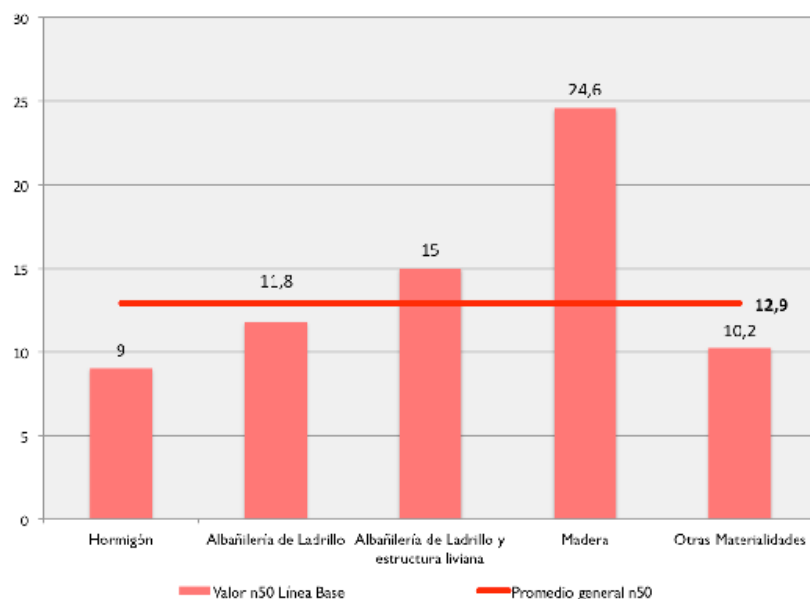


Imagen 8: Línea base de hermeticidad al aire promedio según materialidad predominante en la envolvente para edificaciones habitacionales.  
 Fuente: (CITEC-UBB, 2014)

Al agruparse por sistemas constructivo:

Tipología	Material predominante de paredes	Línea base de hermeticidad (Vol/h)
<b>Sistema pesado</b>	Hormigón, albañilería de ladrillos, albañilería de bloques, etc.	9 - 11,8
<b>Sistema Mixto</b>	Sistema pesado + sistema liviano	15
<b>Sistema Liviano</b>	Madera, acero, galvanizado, paneles prefabricados en base a madera, etc.	10,2 -24,6

Tabla 3: Línea de base respecto el sistema constructivo  
 Fuente: (CITEC-UBB, 2014)

El presente estudio no cuantifica la incidencia de las infiltraciones que se pueden presentar a través de los diferentes elementos de la envolvente; sin embargo, y como referencia, Estados Unidos a través de su departamento de Energía en la década del 80, realiza sus primeros estudios para definir la línea base de infiltración que resume:

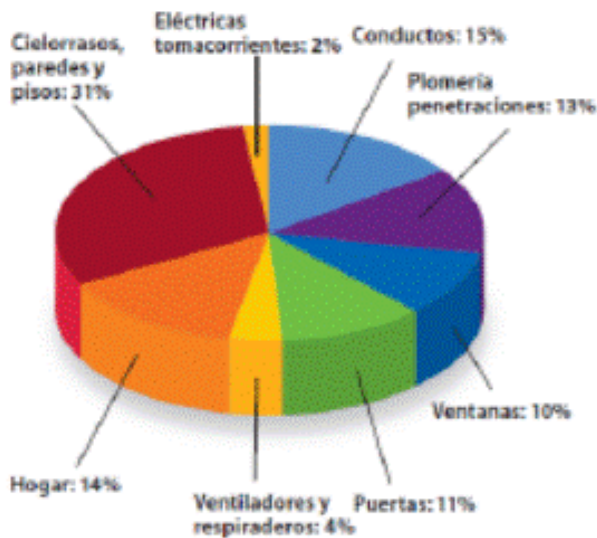


Imagen 9: Incidencia de las infiltraciones en EEUU  
 Fuente: (Carmody & et al, 2012)

No se registran estadísticas de la cantidad de ensayos realizados con sistemas de presurización blower door, sin embargo, desde su invención en los años 80, existe mucha evidencia a nivel mundial de la aplicación de este método de medición de permeabilidad de edificaciones requeridos por: normativas locales de planificación, construcción, acreditación y de eficiencia energética; y también de la aplicación de medidas de mitigación para mejorar la hermeticidad, mediante la aplicación de espumas expansivas,

el cambio del sistema de ventanas, corrección de juntas, entre otros. El lograr reducir los valores de permeabilidad en países de climas templados implica, además de un ahorro significativo en el consumo energético, un salto de calidad en temas constructivos, conforme señala Melgosa (2014).

Es así que, la agencia internacional de energía (IEA, 2017) en su reporte anual señala que: el aumento de estrategias de eficiencia energética en el sector residencial fue el de mayor impacto en la reducción del uso de energía final en los países miembros de la IEA, donde una calefacción más eficiente (intensidad de calefacción-uso de energía por área de suelo) fue uno de los principales contribuyentes, especialmente en Europa, mejorando hasta en un 45% como en el caso de Alemania.

IEA (2017) también señala que la política de eficiencia energética para edificaciones se encuentra en progreso, aunque la estrategia varía según cada país ya sea a través de la concepción y construcción de envolventes o del desarrollo y uso de equipos de calefacción y/o acondicionamiento de aire más eficientes. Algunos países como Alemania, Francia y Dinamarca han emprendido sus políticas a partir de las envolventes de las edificaciones, que hoy se refleja en la reducción del consumo de energía final.

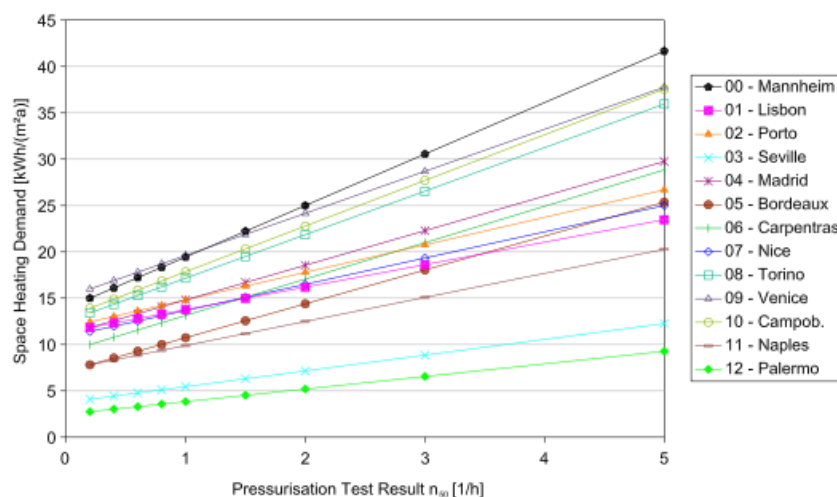


Imagen 10: Relación entre hermeticidad al aire y la demanda para calefacción en edificios de vivienda  
Fuente: (Vásquez, 2016)

Vásquez, J. (2016) en su publicación *Análisis de Pérdidas Energéticas por Infiltraciones de Aire*, presenta una relación entre la hermeticidad al aire y la demanda energética para calefacción de viviendas del sureste de Europa, donde se puede observar claramente que,

cuan mayor es la tasa de renovación de aire (obtenida por ensayos de presurización tipo blower door) mayor es la demanda energética para calefacción. Lo que refleja que las políticas que ayudan a mejorar la hermeticidad de una edificación con estrategias que involucran la envolvente, como las empleadas por Alemania, Francia y Dinamarca generan gran impacto en la eficiencia energética de las edificaciones.

## **2.2 Normativa Aplicable**

### **2.2.1 Normativa Nacional Aplicable**

La normativa nacional encontrada y que regulan el objeto del estudio, obedece a:

- a.- NTE INEN 1126 (1984) VENTILACIÓN NATURAL DE EDIFICIOS, que recomienda, entre otras cosas, tasas recambio de aire para diferentes ambientes de una vivienda.
- b.- NTE INEN –ISO 9972 (2017) DESEMPEÑO TÉRMICO EN EDIFICACIONES - DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD AL AIRE EN EDIFICACIONES – MÉTODO DE PRESURIZACIÓN POR VENTILACIÓN (ISO 9972:2015, IDT), que está destinada a caracterizar la permeabilidad al aire de una edificación a través de la estimación de la tasa de infiltración.

Conforme señala la norma NTE INEN –ISO 9972, el método de presurización señalado, en apego al objeto de investigación del presente trabajo, permite:

1. Medir la permeabilidad del aire de una edificación o parte de la misma
2. Comparar la permeabilidad al aire relativa entre edificaciones similares o parte de ellas

Las fugas de aire son identificadas durante la ejecución de los ensayos y mediante la aplicación de metodología complementaria.

### **2.2.2 Consideraciones de la Normativa**

Dentro de la normativa, así mismo, se describen tres tipos de métodos para llevar a cabo la prueba dependiendo el propósito; para el desarrollo del presente caso de estudio se utiliza el método B, test de la envolvente de una edificación, en la que cualquier abertura

intencional en el edificio tiene que ser cerrada o sellada, para que de esta manera el volumen de estudio presurizado se comporte como zona única.

Durante la preparación del ensayo y conforme requisito de la norma, se tiene que tomar en cuenta que todas las puertas internas de la zona de estudio (excepto lacenas y closets, los cuales deben cerrarse) deben permanecer abiertas, y todo mecanismo de ventilación o sistema acondicionamiento de aire deben sellarse. Así mismo, El equipo “blower door” se instala en la abertura de una puerta, asegurándose que las juntas entre el equipo y la edificación no permitan fuga.

El procedimiento a seguir, recomendado por la norma refiere:

1.- Un chequeo preliminar, para detectar fugas y fallas en las aberturas temporalmente selladas cuando la envolvente del edificio se encuentre sometida al ensayo; de detectarse filtraciones se deberán tomar notas detalladas, y reparadas en ese momento. También se debe comprobar que sifones del sistema de plomería están correctamente llenos o sellados.

2.- En cuanto a condiciones climáticas, se debe registrar la temperatura en el interior y el exterior, antes, durante y después del ensayo; y que la velocidad del viento, no sea mayor a 6 m/s ó 3 conforme la escala de Beaufort.

Número de Beaufort	Velocidad del viento (km/h)	Denominación	Efectos en tierra
0	0 a 1	Calma	Calma, el humo asciende verticalmente
1	2 a 5	Ventolina	El humo indica la dirección del viento
2	6 a 11	Flojito (Brisa muy débil)	Se caen las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos de los campos
3	12 a 19	Flojo (Brisa Ligera)	Se agitan las hojas, ondulan las banderas
4	20 a 28	Bonancible(Brisa moderada)	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
5	29 a 38	Fresquito (Brisa fresca)	Pequeños movimientos de los árboles, superficie de los lagos ondulada
6	39 a 49	Fresco (Brisa fuerte)	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas
7	50 a 61	Frescachón(Viento fuerte)	Se mueven los árboles grandes, dificultad para caminar contra el viento
8	62 a 74	Temporal(Viento duro)	Se quiebran las copas de los árboles, circulación de personas muy difícil, los vehículos se mueven por sí mismos.

<b>9</b>	75 a 88	<b>Temporal fuerte</b> (Muy duro)	Daños en árboles, imposible caminar con normalidad. Se empiezan a dañar las construcciones. Arrastre de vehículos.
<b>10</b>	89 a 102	<b>Temporal duro</b> (Temporal)	Árboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones. Daños mayores en objetos a la intemperie.
<b>11</b>	103 a 117	<b>Temporal muy duro</b> (Borrasca)	Destrucción en todas partes, lluvias muy intensas, inundaciones muy altas. Voladura de personas y de otros muchos objetos.
<b>12</b>	118	<b>Temporal huracanado</b> (Huracán)	Voladura de vehículos, árboles, casas, techos y personas. Puede generar un huracán o tifón

Tabla 4: Escala de Beaufort  
Fuente: Elaboración Propia

3.- El ensayo debe cumplir las condiciones previstas de presión a flujo de aire cero. De no cumplirse con las condiciones establecidas el ensayo será inválido y se debe levantar un informe de incumplimiento.

4.- Para viviendas unifamiliares y edificaciones pequeñas, la norma establece que el ensayo debe realizarse a una diferencia de presión de al menos 50 Pa, y recomienda la toma de lecturas con diferencias de presión de hasta 100 Pa para una mejor exactitud del cálculo de resultados.

El reporte de resultados, conforme la normativa propuesta, debe tener como mínimo la siguiente información:

- El detalle necesario para identificar la vivienda en análisis, año de construcción y fecha del ensayo
- El objeto del ensayo
- Equipo y técnica empleada
- Datos del ensayo

La precisión del ensayo de presurización está ligada a varios factores, típicamente la incertidumbre del ensayo esta entre el 5 y 10% en condiciones de calma, mientras que en condiciones ventosas puede alcanzar el +- 20%, por lo que es importante realizar las pruebas en las condiciones ambientales recomendadas por la norma.

## **CAPÍTULO III: QUITO, LA INFORMALIDAD Y AUTOCONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS**

### **3.1 Desarrollo de la Urbe Quiteña**

Lo común en países en vías de desarrollo es que el 70% de la vivienda social obedezca al crecimiento progresivo de la población y sobre tierras invadidas ( Navarrete & Ferguson, 2003), y que generalmente corresponden a hogares que no cuentan con los ingresos necesarios para acceder a una vivienda planificada, criterio que comparte la CEPAL, (2015) al señalar que las ciudades de América Latina han tenido un patrón de crecimiento físico y poblacional acelerado, en muchos lugares poco o nada planificado.

Preciado et al. (2005), señala que Quito buscó ordenar y dar lógica a la ciudad moderna mediante la planificación, sobre todo desde mediados del siglo XX, cuando comenzó a crecer de modo longitudinal y disperso, dando lugar a nuevos bordes periurbanos. Pero al igual que en ciudades como Bogotá, muchas planificaciones se vieron rebasadas por las dinámicas de asentamientos informales; produciéndose una intensificación de asentamientos informales a partir de cuatro barrios creados en la década de 1980 (Castro, 2011): en el nororiente el Comité del Pueblo, en el noroccidente la Jaime Roldós-Pisulí, en el suroriente la Lucha de los Pobres y en el suroccidente Ecuatoriana Hacienda Ibarra, en los cuales el Municipio no planificó ni reguló esos procesos, tendiendo más bien a tolerar y favorecer lo realizado por los actores de los barrios informales.

Carrión y Carrión (1994, pág. 4) explican que las expansiones no controladas de las ciudades obedecen, también, a procesos migratorios campo-ciudad, producto del desarrollo industrial, la dotación de obra pública, y como en el caso de Quito, a una inadecuada aplicación de la Reforma Agraria en los años noventa.

En cuanto al acceso de tierras, existen dos formas de adquisición, la legal y la ilegal, que están relacionadas con la estructura del mercado inmobiliario de suelo y vivienda y a la condición socio económica que se maneja alrededor de estos (Calderón, 1999, pág. 11).



Imagen 11: Expansión urbana de Quito, 1760 -2011

Fuente: Datos de la Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, 2011. Elaboración: Paola Maldonado

El acceso ilegal generalmente se produce sobre suelo no urbanizado y en ocasiones en sectores no aptos y de riesgo, esto provoca condiciones de uso deficitarias a medida que se logra su consolidación y regularización en temas ambientales, dotación de servicios básicos, equipamiento público, transporte, accesibilidad, etc. Las viviendas edificadas sobre este tipo de ocupación irregular, sobre predios privados o estatales, obedecen a sistemas auto constructivos y autofinanciados por sus ocupantes o antecesores (Gorosito, 1996, pág. 1).

Este sistema de acceso ilegal al suelo “ha dado lugar a la formación de un hábitat segregado físico y socialmente, marcado por la pobreza de su medio y la de sus habitantes.” (García de Hernández, 2006, pág. 1)

Por otra parte, gran cantidad de edificaciones habitacionales en el sur del DMQ presentan déficit cualitativo, y conforme señala Rodríguez y Sugranyes (2004), obedece a que las políticas de vivienda social en América Latina se enfocan en reducir el déficit cuantitativo, sin tomar mayor detalle en la calidad de la vivienda. En Ecuador, de acuerdo al último censo (INEC, 2010), a nivel nacional el 75.5% de viviendas presentan un déficit cualitativo, en lo que corresponde a la región Sierra este déficit se reduce a 65.4%. A nivel urbano la calidad de la vivienda se ve afectada principalmente por los materiales utilizados para la edificación y representa el 61,20%.

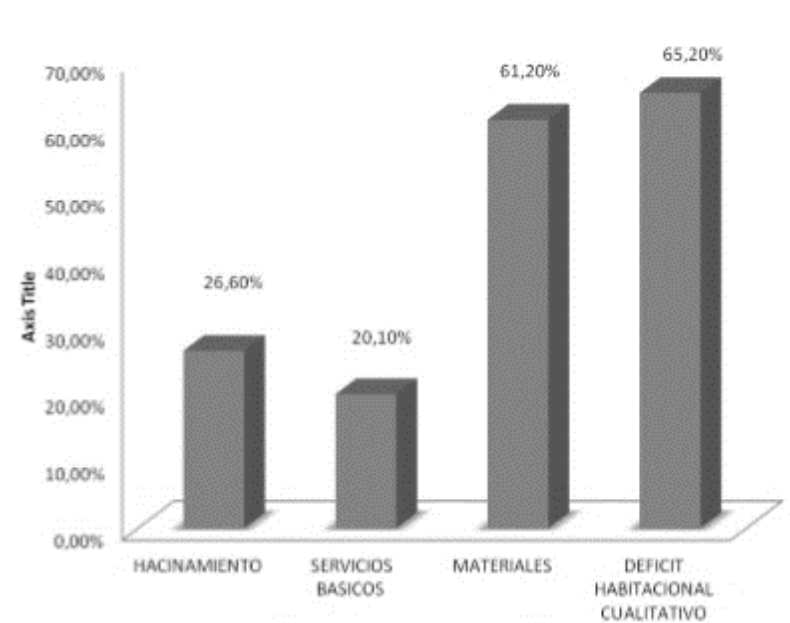


Imagen 12: Déficit habitacional cualitativo urbano  
Fuente: (INEC, 2010)

Una razón predominante por la cual se genera el déficit cualitativo obedece a la dificultad de acceso a los programas de vivienda social, generando directamente exclusión por la cantidad de requisitos que son exigidos para su calificación en un plan de vivienda, como ingresos mínimos, capacidad de endeudamiento, empleo formal y continuo, que difícilmente son cubiertos por la sociedad de escasos recursos, que ahonda la marginación de la población obligándolos a actuar por cuenta propia y a habitar espacios no planificados y, a veces, riesgosos (Romero , Hernández , & Acevedo , 2004, pág. 111).

En Quito es evidente que los hogares pobres se concentran en los extremos de la ciudad, y según las necesidades básicas insatisfechas que incluye la falta de vivienda, el 22,2% de hogares son pobres, pero en el disperso urbano son el 41.3% ( (Salud de Altura, 2006) citado en (Guevara, 2013, pág. 35)).

### 3.1.1 Autoconstrucción en el Sur del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ).

En Ecuador, la autoconstrucción emula procesos constructivos de asentamientos irregulares de otros países de América Latina, donde el propietario actúa como su propio diseñador, arquitecto, contratista y supervisor en todas las etapas del proceso de construcción, y donde, generalmente, se recurre a la contratación de mano de obra no calificada e informal (Burgess, 1988, pág. 258).

En cuanto a la hermeticidad de la envolvente de una edificación, está determinada por el sistema constructivo, la calidad de los materiales y el control técnico empleados en la fase de construcción. Las edificaciones habitacionales en el sur de la ciudad de Quito, como se mencionó anteriormente, en su mayoría, son de auto construcción y en general con las siguientes características (Imágenes 13 y 14):

- Edificaciones habitacionales de baja altura (hasta 4 pisos).
- Unidades habitacionales tipo departamento
- Comúnmente adosados por dos o tres costados.



Imagen 13, 14: Edificaciones habitacionales en el sur del DMQ  
Fuente: Propia

El proceso de autoconstrucción comúnmente obedece a un proceso a través de cual las familias con o sin apoyo de la comunidad obran para la edificación de sus propias viviendas; a partir de la utilización del hormigón armado dentro de los sistemas constructivos, la contratación de “mano de obra no calificada” forma parte de los sistemas de auto construcción en la urbe Quiteña, que si bien, en concepto, no obedece a lo descrito en el inicio de este párrafo, es la manera en que la auto construcción ha evolucionado en la periferia urbana.

Socialmente la auto construcción obedece a varios aspectos de carácter estructural, como los mencionados por V. Di Cione, (2002) en su trabajo Autoconstrucción de viviendas, vida cotidiana y urbanización:

- La incapacidad estructural del capitalismo "periférico" para satisfacer dentro de su red los requerimientos habitacionales "normales" o culturales de la inmensa mayoría de la población;
- La disponibilidad "natural" y "social" de suelo urbano o urbanizable relativamente accesible a todos los segmentos de la demanda habitacional;
- El sistema de transporte público de pasajeros con tarifas históricamente subsidiadas o reguladas que posibilitan el despliegue horizontal de la urbanización dentro de umbrales de ocupación superficial notoriamente bajos;
- El carácter relativamente blando de las políticas, normas y programas del Estado (provincias y municipios) en materia de regulación urbanística

Adicionalmente, estos procesos constructivos, de manera general, obedecen a la disponibilidad de recursos de la población menos favorecida, y al abaratamiento de costos que esta modalidad conlleva, donde lo usual es la utilización de tecnologías y materiales tradicionales o locales, que se adaptan a la necesidad del usuario y a su economía.

A nivel arquitectónico los diseños son libres, en su gran mayoría carecen de racionalidad técnica y no necesariamente cumplen el nivel de desempeño esperado, inclusive existen casos en que se generan niveles de precariedad en la vivienda, producto del desconocimiento tecnológico y la complejidad al acceso de insumos y materiales de calidad debido a su elevado costo.

Por ejemplo, la mampostería más utilizada en el DMQ se la construye con bloque, que permite un gran margen de libertad y creatividad, pero dentro del mercado existe una

importante variedad de opciones, que obedecen especialmente a la calidad; el bloque más utilizado en las viviendas de autoconstrucción es el bloque de Latacunga, cuyas propiedades mecánicas y físicas son muy cuestionadas a nivel técnico.

### 3.1.2 Características, Elementos y Materiales Comunes de la Envolvente

El sistema de autoconstrucción estudiado en este trabajo, en su gran mayoría se compone por paredes de mampostería de bloque con losas alivianadas de hormigón armado y sistemas de ventanería con acristalamiento simple, que hacen suponer, a priori, que vulneran condiciones idóneas de hermeticidad de la envolvente, afectando la temperatura interior nocturna de la vivienda.



Imagen 15: Vivienda en autoconstrucción  
Fuente: Propia



Imagen 16: Vivienda autoconstruida  
Fuente: Propia

Las principales vías de ocurrencia de infiltraciones que se identifican visualmente en viviendas autoconstruidas son:

Ventanas y puertas poco estancas
Rendijas en sistema de ventanas
Rendijas en junta pared – techo
Rendijas en junta pared – piso
Perforaciones para el paso de instalaciones
Paredes sin acabado exterior

Tabla 5: Principales vías de infiltraciones de aire en vivienda autoconstruida, sur del DMQ  
Elaboración: Propia

## Paredes

Como se mencionó anteriormente, en su gran mayoría en el sur de la ciudad de Quito, las paredes de las viviendas son levantadas con bloque de Latacunga, y otro importante porcentaje en ladrillo macizo cocido, el primero se caracteriza por su bajo costo, situación que amplifica su demanda en los sectores populares, sin embargo, a nivel de propiedades, este material presenta alta fragilidad estructural y gran porosidad, que va en dezmero de la hermeticidad de la envolvente.



Imagen 17: Paredes de bloque  
Fuente: Propia



Imagen 18: Paredes de ladrillo macizo  
Fuente: Propia

Las paredes en su gran mayoría son revestidas o enlucidas interiormente, no así por su exterior, donde lo más frecuente es encontrar revestida la fachada frontal de la edificación o vivienda.

Entre los defectos constructivos que pueden afectar la hermeticidad de la envolvente se identifican:

- Materiales extraños en los bloques para albañilería.
- Bloques fisurados, debido a fuerzas propias del sistema estructural, que luego se reflejan en la pared terminada
- Gran grosor de juntas, que debilitan y provocan el fisuramiento de las paredes
- Juntas de mortero para unión de bloques incompletas, que afecta la estabilidad de la mampostería, y provoca susceptibilidad al agrietamiento.
- Grietas y fisuras por instalaciones sanitarias y eléctricas, producto del picado de paredes luego de ser conformadas. Se recomienda que las instalaciones sanitarias y eléctricas en muros se instalen en cavidades previstas durante la construcción, en recorridos verticales, y por ningún motivo picar o recortar la albañilería para instalaciones.



Imagen 19: Porosidad bloque de Latacunga  
Fuente: Propia



Imagen 20: Instalaciones en paredes  
Fuente: Propia



Imagen 21: Fisuramiento de bloque  
Fuente: Propia



Imagen 22: Fisuramiento de pared  
Fuente: Propia



Imagen 23: Materiales extraños  
Fuente: Propia



Imagen 24: Instalaciones eléctricas  
Fuente: Google

### Entre Pisos y Techo

Los sistemas habitacionales se conforman por apartamentos en edificaciones de baja altura; los entrepisos que dividen los departamentos y los techos de cubierta comúnmente

son losas alivianadas de hormigón armado, donde los alivianamientos, al igual que en la albañilería son de bloque de Latacunga.

Tanto las losas de entrepiso como las de cubierta son enlucidas con mortero, que sirven para cubrir los defectos de fundición, en el caso de las cubiertas de techo, el recubrimiento mencionado busca mejorar la impermeabilidad al agua, y las losas de entrepiso, preparan la superficie para el acabado final

Entre los defectos constructivos que pueden afectar la hermeticidad de la envolvente se identifican:

- Porosidad del hormigón por deficiencias en la fase de vibrado.
- Rotura de bloques de alivianamientos durante la fase de fundición
- Fisuras por defectos de curado del hormigón
- Grietas y fisuras por instalaciones sanitarias y eléctricas embebidas en la losa.



Imagen 25: Espacios por mala fundición en losas  
Fuente: Propia



Imagen 26: Fisuramiento por mala fase de curado  
Fuente: Propia



Imagen 27: Hormigón poroso por mala vibración  
Fuente: Google



Imagen 28: Bloques triturados en fundición  
Fuente: Propia

## **Piso**

Los pisos en general son construidos sobre un zócalo de piedra cubierto con plástico, para evitar el efecto capilaridad por la presencia de humedad en el suelo de cimentación; el material común es el hormigón armado, con una capa de enlucido para mejorar irregularidades de la fundición, y con un revestimiento final que generalmente es de cerámica.

Éntrelos defectos constructivos que pueden afectar la hermeticidad de la envolvente se identifican:

- Porosidad del hormigón por deficiencias en la fase de vibrado.
- Fisuras por defectos de curado del hormigón
- Grietas y fisuras por instalaciones sanitarias y eléctricas embebidas en el piso.

## **Ventanas y puertas**

Los materiales más comunes empleados para la elaboración de los marcos de las ventanas son aluminio y acero, el primero ha ido ganando posicionamiento a medida que han pasado los años y es el más usado en zona sur del DMQ, sin embargo, aún se puede encontrar el medio marcos de ventanas de acero con un sistema de acristalamiento simple sujeto al marco mediante masilla.

A pesar de la tecnología actual en sistemas de ventanería ofrece gran variedad de alternativas que reducen las perdidas por efectos de puentes térmicos a través de sofisticados marcos y sistemas de fijado marco-cristal, que además pueden garantizan mayor hermeticidad, cuando la instalación se realiza correctamente; la zona de estudio evidencia el uso de sistemas de ventanería de marco de aluminio y acristalamiento simples.

En cuantos a las puertas que son parte de la envolvente de la vivienda, generalmente son de madera, sin embargo, también encontramos de metal o mixtas; lo común es que cuenten con tapa marcos que cubren la junta entre la puerta y la albañilería, pero no se identifican materiales que sellen la junta entre el marco y mampostería.

Éntrelos defectos constructivos que pueden afectar la hermeticidad de la envolvente se identifican:

- Juntas mal selladas en ventanas
- Juntas mal selladas en puertas.
- Puertas de material mixto, que permiten la permeabilidad al aire



Imagen 29: Juntas mal selladas en ventanas  
Fuente: Propia



Imagen 30: Puertas de material mixto  
Fuente: Propia

## CAPÍTULO IV: CASO DE ESTUDIO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1 Determinación del Caso de Estudio

El caso de estudio se delimita a viviendas autoconstruidas en el sur de la ciudad de Quito conforme el objetivo de la investigación; el determinar una zona de estudio es esencial en este tipo de investigaciones, ayuda a que los resultados de las muestras sean comparables y que las condiciones de área no desvíen los resultados; para este caso en particular se ha tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Que las muestras no se encuentren dispersas, abaratando costos y tiempo de ejecución de los ensayos.
2. El tomar un barrio como zona de estudio ayuda a que las condiciones urbanísticas sean las mismas en las diferentes muestras y que haya similitud en áreas edificadas.
3. Así mismo, el tomar un barrio como zona de estudio, ayuda a que el rango de tiempo en el que fueron edificadas sea reducido, que los materiales de construcción obedezcan a la misma época y tengan similitud entre sí.
4. Una zona pequeña ayuda a que las condiciones climáticas no difieran significativamente entre las muestras.
5. Permite una mejor comparación de resultados y conclusiones más acertadas.

Para el desarrollo de la presente investigación se ha logrado viabilizar nueve (9) viviendas en el Barrio Rumiñahui, sector del Mercado Mayorista, sur del Distrito Metropolitano de Quito; cuyas características se detallan en las fichas de identificación correspondientes (ANEXO 1), y que se resume en las Tablas 6, 7 y 8:

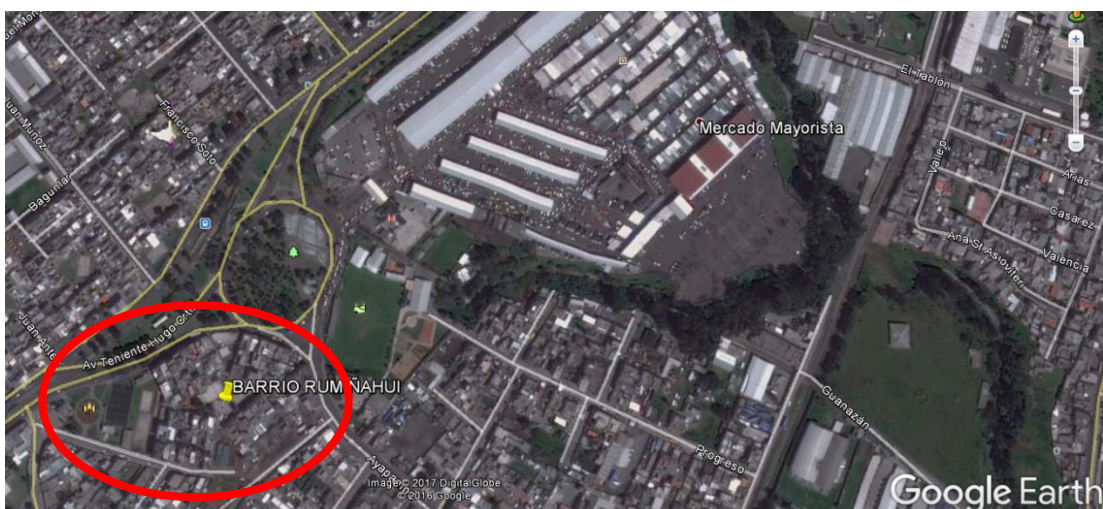


Imagen 31: Referencia de ubicación Barrio Rumiñahui  
Fuente: Google Earth - Elaboración: Propia



Imagen 32: Barrio Rumiñahui – Ubicación de las muestras  
Fuente: Google Earth – Elaboración: Propia

A nivel local existe muy poca información acerca del comportamiento térmico de las edificaciones y sus envolventes; el emprender investigaciones que reflejen la realidad nacional ayuda a generar acciones que mitiguen las falencias de la envolvente frente a las infiltraciones. Desde el punto de vista legal, podría ayudar a generar normativa local que regule y mejore el comportamiento térmico de las edificaciones.

## 4.2 Metodología

La metodología planteada establece las consideraciones y procedimientos a ser empleados para el levantamiento de información, el desarrollo de los ensayos y el procesamiento de datos; se basa esencialmente en criterios de la investigación referida en este documento, la normativa aplicable y los objetivos de la presente investigación.

a.- El levantamiento de información concerniente a las muestras (Anexo 1), toma en consideración datos primarios y complementarios, que se resumen en las Tablas 6, 7 y 8); aquellos denominados primarios están relacionados principalmente con la geometría y que son necesarios para la ejecución de los ensayos de presurización y/o despresurización, tales como: superficie, volumen, área de la envolvente, exposición al viento, y ubicación en altura, y que han sido levantados conforme la tolerancia requerida en la norma NTE INEN –ISO 9972; mientras que los complementarios tienen carácter comparativo, que reflejan la homogeneidad o heterogeneidad de las muestras, a través de

datos como: geometría y distribución arquitectónica, año de construcción, sistema constructivo, adosamiento, exposición al asoleamiento entre otros, y que no han sido fundamento de discretización dentro del procesamiento de información, debido al objetivo del presente trabajo.

La identificación de las muestras es de orden discrecional, y únicamente las ultimas siglas obedecen al nombre y apellido del representante o dueño de la unidad habitacional, Ejemplo: MUESTRA 1 - M1 – EC.

	Envolvente				
	Superficie	Área	Area carpintería	Sup/ A. Env.	Carp./ A. Env.
<b>MUESTRA 1 M1 - EC</b>	88	71	14.37	1.24	0.20
<b>MUESTRA 2 M2 - PS</b>	107	157	17.35	0.68	0.11
<b>MUESTRA 3 M3 - WV</b>	92	83	12.81	1.11	0.15
<b>MUESTRA 4 M4 - RM</b>	80	64	7.54	1.25	0.12
<b>MUESTRA 5 M5 - VP</b>	67	56	7.58	1.20	0.14
<b>MUESTRA 6 M6 - MC</b>	112	157	31.07	0.71	0.20
<b>MUESTRA 7 M7- MD</b>	82	128	17.77	0.64	0.14
<b>MUESTRA 8 M8 - CT</b>	17	10	2.40	1.70	0.24
<b>MUESTRA 9 M9 - RE</b>	80	78	13.70	1.03	0.18

Tabla 6: Información Primaria de las Muestras  
 Elaboración: Propia

Muestra - código	Fachada principal	Asoleamiento	Tipo de uso	Sistema constructivo
<b>MUESTRA 1 M1 - EC</b>	Sur Este	Medianamente expuesto	Únicamente residencial	Tradicional*
<b>MUESTRA 2 M2 - PS</b>	Nor Oeste	Expuesto	Únicamente residencial	Tradicional*
<b>MUESTRA 3 M3 - WV</b>	Sur	Poco expuesto	Únicamente residencial	Tradicional*
<b>MUESTRA 4 M4 - RM</b>	Norte	Medianamente expuesto	Únicamente residencial	Tradicional*
<b>MUESTRA 5 M5 - VP</b>	Sur Este	Medianamente expuesto	Únicamente residencial	Tradicional*
<b>MUESTRA 6 M6 - MC</b>	Nor Oeste	Expuesto	Únicamente residencial	Tradicional*
<b>MUESTRA 7 M7- MD</b>	Sur	Medianamente expuesto	Únicamente residencial	Tradicional*
<b>MUESTRA 8 M8 - CT</b>	Nor Oeste	Poco expuesto	Únicamente residencial	Tradicional*
<b>MUESTRA 9 M9 - RE</b>	Sur Este	Poco expuesto	Únicamente residencial	Tradicional*

Tabla 7: Información complementaria de las muestras 1  
 Elaboración: Propia

Muestra - código	Año construcción	Ubicación en altura		Costados adosados
MUESTRA 1 M1 - EC	1992	P1	Intermedio	2
MUESTRA 2 M2 - PS	1998	P2	Cubierta*	2
MUESTRA 3 M3 - WV	1995	P1	Intermedio	1
MUESTRA 4 M4 - RM	1994	P1	Cubierta*	3
MUESTRA 5 M5 - VP	1996	PB	Cubierta*	3
MUESTRA 6 M6 - MC	1995	P2	Cubierta	2
MUESTRA 7 M7- MD	1990	P1	Cubierta	2
MUESTRA 8 M8 - CT	1991	P1	Intermedio	3
MUESTRA 9 M9 - RE	1991	PB	Intermedio	1

Tabla 8: Información complementaria de las muestras 2  
Elaboración: Propia

b.- Para la determinación de la permeabilidad al aire, de cada muestra, se utilizó el sistema de presurización “blower door” de *retrotec* y su utilitario *Fan Testic* configurado de conformidad a la norma ISO 9972:2015 que corresponde a la norma ecuatoriana NTE INEN –ISO 9972 referida en la presente investigación, y complementada con la utilización de fotografía térmica, que ayuda a la identificación visual de sitios a través de los cuales se producen las infiltraciones de aire. A continuación, los pasos más representativos del ensayo:

- Toda vez que se ha levantado la información primaria y secundaria referida anteriormente, se procede con la identificación y cierre de las aberturas operables que posee la envolvente, tales como puertas y ventanas, conforme demanda el procedimiento de presurización para determinar la permeabilidad al aire en una edificación.
- El montaje del equipo se lo realiza conforme las especificaciones del fabricante y las recomendaciones de la normativa, asegurándose que entre el marco de la puerta y el panel del equipo no se generen aberturas a través de las cuales se produzcan fugas no controladas y afecten las condiciones del ensayo.
- Una vez instalado el equipo, y como requisito inicial del ensayo, se establece la línea base, que no es otra cosa que la estabilización de presiones, interior y exterior, a través controlador digital del “blower door”.
- Conforme los requerimientos del software se ingresan los datos primarios para el ensayo, y se estipulan los resultados de salida (Recambios de aire n50, Permeabilidad q50, área de fuga normalizada NLA4.) a ser analizados en el presente trabajo.

- Activando el controlador digital se da inicio al ensayo automático, que genera una despresurización, con diferencias de presiones desde 75 Pa a 35 Pa entre el interior y el exterior de las viviendas. De esta manera se obtiene la línea de tendencia de despresurización y los valores de los diferentes parámetros referidos anteriormente, que se resumen en la Tabla 9 y cuyos ensayos se presentan en el Anexo 2.

		M1- EC	M2- PS	M3- WV	M4- RM	M5- VP	M6- MC	M7- MD	M8- CT	M9-RE
Flujo de aire a 50 Pa (m <sup>3</sup> /h)	V <sub>50</sub>	2560.2	4455.5	2278.1	1621.0	1316.5	2261.5	1477.5	390.5	3279.1
Recambios de aire a 50 Pa (h)	n <sub>50</sub>	13.2	18.1	11.0	9.4	8.6	9.0	7.8	10.0	18.6
Permeabilidad a 4 Pa (m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> )	q <sub>50</sub>	36.1	28.3	27.5	25.3	23.5	14.4	11.5	39.1	42.0
Fuga específica 4 Pa (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	NLA <sub>4</sub>	10.48	8.30	7.00	6.31	5.48	3.65	3.13	11.22	12.11

Tabla 9: Resumen de resultados del ensayos de permeabilidad  
 Fuente: Elaboración Propia

- Con la ayuda de una cámara térmica y con el equipo “blower door” encendido a una presión referencial de 50Pa, se identifican visualmente los sitios a través de los cuales se están produciendo infiltraciones de aire (Anexo 1-**Pendiente**).
- Durante los ensayos, y cuando se identificó elementos operables para ventilación abiertos, se procedió al cierre respectivo y se reinició el ensayo, debido a que las condiciones iniciales varían.

c.- El registro de temperaturas se lo realizó con dispositivos HOBO-UX100, y comprende algo fundamental conforme el alcance del estudio; la metodología fue modificándose en medida de las necesidades de la investigación, inicialmente se crearon tres grupos de lectura con 4 instrumentos de registro, 3 colocados en el interior de 3 viviendas y 1 tomando medidas de temperatura exterior durante 24 horas seguidas, sin embargo generar una correlación entre las temperaturas exteriores y las internas dificultó el procesamiento y análisis de información.

Así mismo, y como medida de verificación, se levantó el registro térmico de tres ambientes (dormitorio, sala, cocina) de la MUESTRA 3 - M3 - WV durante 2 noches y dos días, con el objetivo de tener una idea clara de la variación térmica que podía existir dentro de una unidad habitacional, dando como resultado fluctuaciones menores a 0.9 °C;

por lo que, se cree que tal fluctuación, con condicionaría el lugar de registro térmico de una muestra; sin embargo se optó por tomar registros en los dormitorios, por considerarlos ambientes de uso similar, y porque son los lugares comúnmente ocupados en horario nocturno.

Los registros de temperatura se llevaron en condiciones de operatividad normal de las unidades familiares, y no se advirtieron actividades o situaciones relevantes que condicionen el levantamiento térmico; conforme lo referido en párrafos precedentes, se consideró como muestra representativa el registro térmico, de 60 horas consecutivas en intervalos de 15 minutos (Anexo 3), en 2 días y tres noches, condición que permitió evidenciar un comportamiento homogéneo de las muestras unas respecto de otras, y estas a su vez con el exterior (Gráfico 1); exceptuando ciertas particularidades, como por ejemplo lo que sucede en la MUESTRA 6 - M6 - MC, donde se puede observar que la unidad habitacional eleva y disminuye su temperatura de manera simultánea con la exterior, y no como las demás que presentan un rango de amortiguamiento.

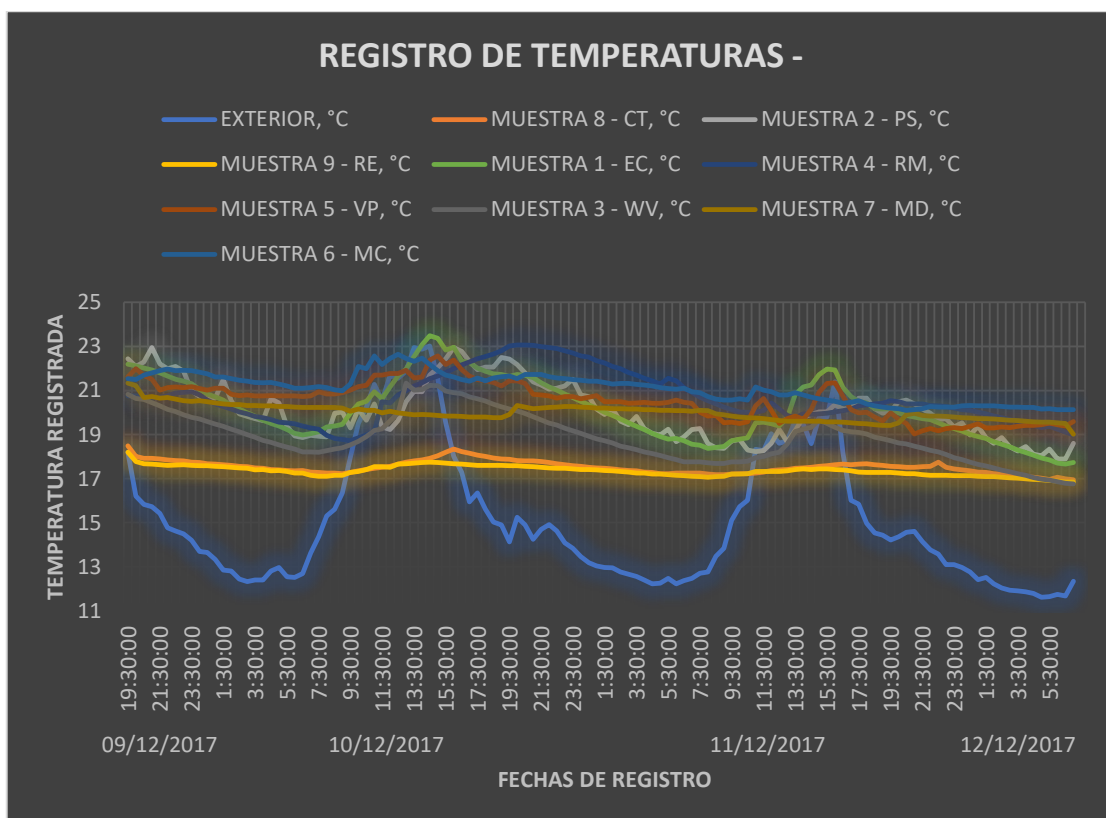


Gráfico 1: Resumen del registro térmico  
Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Análisis de Resultados.

Los ensayos de permeabilidad para las nueve viviendas se han realizado en condiciones normales como se ha indicado anteriormente, y se encuentran dentro de los márgenes de precisión permitidos. Así mismo, los registros térmicos se consideran congruentes y fiables dentro de los periodos de medición.

a tasa de renovación de aire ( $n_{50}$ ) promedio de los ensayos es de 11.75 por hora, cercano a tasas de regiones como Chile con sistemas constructivos similares pero por encima de los requisitos de hermeticidad referidos en la Tabla 1, para países como: Italia, Alemania, Portugal y el mismo Chile cerca del 10% de la muestra registra tasas por debajo de  $8 \text{ h}^{-1}$ , el 45% presenta valores entre  $8$  y  $10 \text{ h}^{-1}$ , el 22.5% valores entre  $10$  y  $15 \text{ h}^{-1}$  y el otro 22.5% tasas superiores a  $15 \text{ h}^{-1}$ , concluyéndose que el gran porcentaje se encuentra en un ámbito de entre  $8$  y  $10 \text{ h}^{-1}$ .

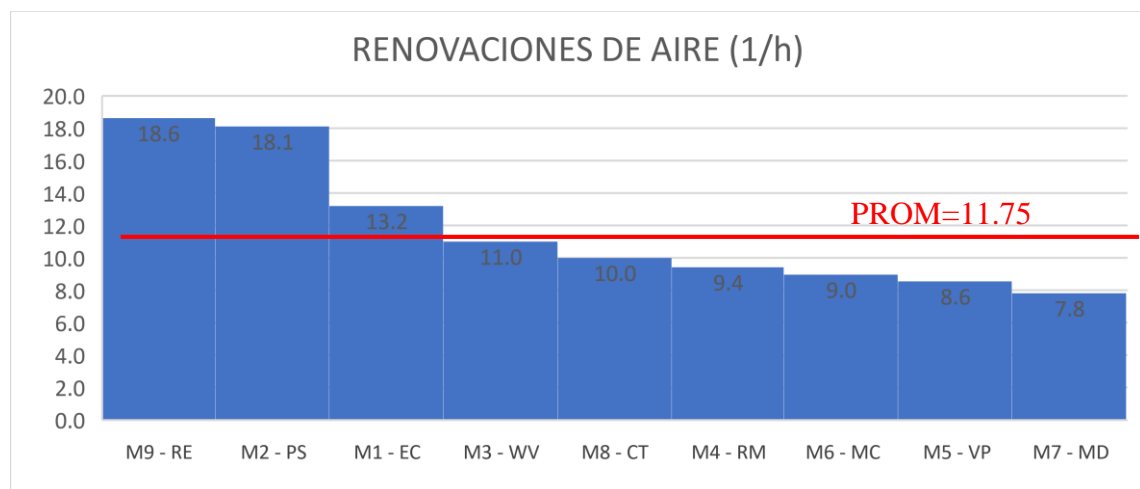


Gráfico 2: Renovaciones de aire  
Fuente: Elaboración propia

En cuanto a permeabilidad, apenas cerca del 22.5% de la muestra registra valores cercanos o por debajo de  $15 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ , el 45 % presenta valores entre  $10$  y  $30 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ , y el 32.5% valores de permeabilidad superiores a  $30 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ , concluyéndose que el gran porcentaje se encuentra en un ámbito de entre  $15$  y  $30 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ ; el promedio general se encuentra en  $27.52 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ .

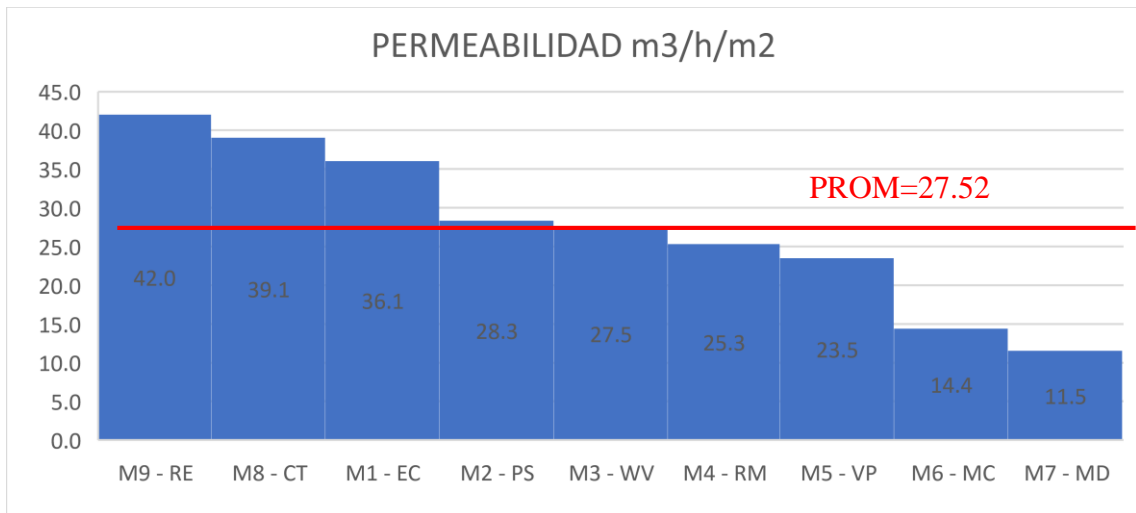


Gráfico 3: Permeabilidad  
 Fuente: Elaboración Propia

Del registro térmico obtenido, se determinan las variaciones promedio de temperatura diaria: exterior igual a 10.29 °C, y las temperaturas interiores de las viviendas, entre 0.62 y 4.62 °C.

Variaciones de temperatura (°C)									
Exterior	M1 - EC	M2 - PS	M3 - WV	M4 - RM	M5 - VP	M6 - MC	M7 - MD	M8 - CT	M9 - RE
10.29	4.62	3.52	3.24	3.03	2.23	1.38	0.82	0.96	0.62

Tabla 10: Variaciones promedio de temperatura diaria  
 Fuente: Elaboración Propia

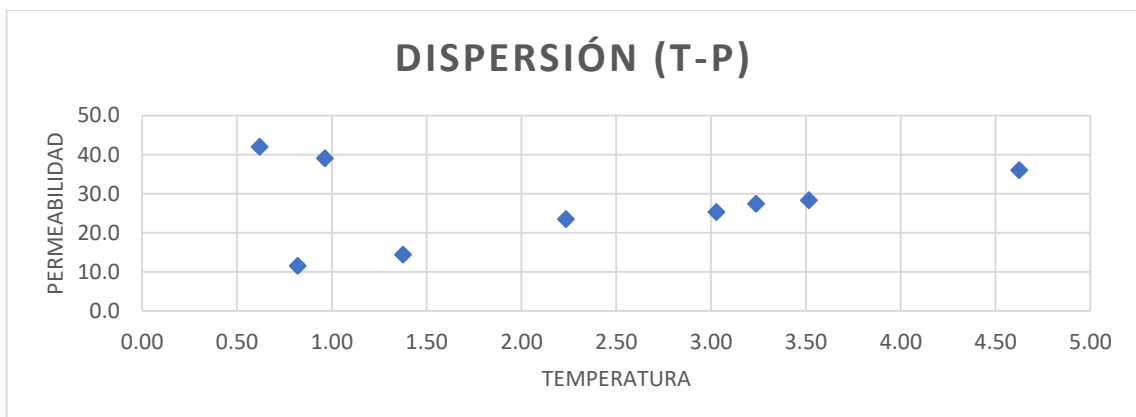


Gráfico 4: Dispersión Temperatura - Permeabilidad  
 Fuente: Elaboración Propia

Dentro del gráfico de dispersión (T-P), se puede observar que las muestras M8-CT y M9-RE registran valores bajos de variaciones promedio de temperatura diaria, menores a un grado centígrado, y valores de permeabilidad altos, mayores a  $30 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ ; al revisar las curvas de registro térmico se puede observar que se tratan de casos en los que no existen cambios significativos de temperatura durante todo el día y que estos registros corresponden a los más bajos de las muestras, con temperaturas promedio que bordean los  $17.5 \text{ }^\circ\text{C}$ , esto puede ser debido a varios factores, como por ejemplo: una evidente alta protección al asoleamiento debido a las edificaciones circundantes, y por consiguiente, una baja ganancia térmica por radiación directa; por equilibrio simultáneo de pérdidas y ganancias; entre otros, por lo que se los considera como casos especiales dentro de este estudio y no se los considera dentro de análisis posteriores.

Por lo que, como conjetura, se puede plantear que las unidades habitacionales menos expuestas a la radiación solar, ya sea por su orientación geográfica o su alto nivel de protección al asoleamiento, registran las temperaturas más bajas a lo largo del día, y que, debido a aquello, la permeabilidad de la envolvente prácticamente no incide en el comportamiento térmico de las viviendas.

Así mismo se puede destacar que la muestra M7-MD también presenta una variación pequeña de temperatura, menor a  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ , con una curva de registro de forma semi-plana y comparable a los casos M8-CT y M9-RE, pero con una diferencia significativa, los registros levantados presentan una temperatura promedio diaria de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , lo que hace suponer que una edificación que registre temperaturas en el orden antes referido y que presente valores de permeabilidad semejantes a  $11 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  logra generar una especie de “equilibrio” entre pérdidas y ganancias, y por consiguiente, variaciones mínimas de temperatura; algo semejante se puede observar en el caso M6-MC donde la curva de registro, también de forma semi-plana pero, con temperaturas levemente superiores, alcanza este “equilibrio térmico” con una permeabilidad mayor, del orden de  $15 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ .

Del análisis anterior se puede sugerir que existen viviendas que se cargan térmicamente y que registran tasas de permeabilidad que provocan una especie de “equilibrio térmico”, donde las ganancias son similares a las pérdidas, y como consecuencia de esto, las fluctuaciones de temperatura, al interior de las unidades habitacionales, a lo largo del día

no son significativas. En términos de renovaciones de aire ( $n_{50}$ ), lo referido se suscita con tasas cercanas a  $8 \text{ h}^{-1}$ , superior, en su gran mayoría, a los requisitos de hermeticidad referidos en la Tabla 1.

Luego de discretizar la muestra y proyectarla en tendencia (Gráfico 5), se puede observar que en general, se registra una tendencia creciente de pérdida de temperatura conforme el aumento de permeabilidad, en una razón de 6.36.; es decir, cada grado centígrado de pérdida de temperatura se produce debido a un aumento en la permeabilidad de 6.37  $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ , sin embargo se debe tomar en cuenta que la totalidad de esta pérdida de temperatura no obedece únicamente a las infiltraciones o permeabilidad de la envolvente.

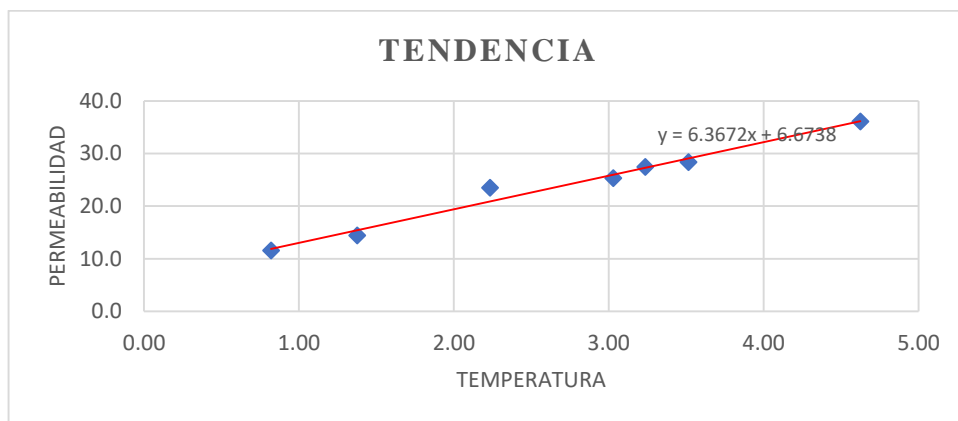


Gráfico 5: Resumen del registro de temperaturas  
Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO V: INTERVENCIÓN PARA MEJORAR LA HERMETICIDAD

La hermeticidad de las envolventes se ve afectada principalmente por los materiales empleados y los defectos constructivos, que pueden ser producto de muchos factores, entre ellos la falta de tecnología de la construcción y la falta de control de los procesos constructivos. Como parte de la investigación se han identificado varios tipos de defectos constructivos a nivel de la envolvente, siendo los más comunes: la mala instalación de la carpintería (puertas y ventanas) con respecto al boquete, y la falta de precisión en la fabricación y ensamblaje de estos elementos.



Imagen 33, 34, 35, 36: Defectos en la fabricación y ensamble en ventanas con marcos de acero  
Fuente: Propia



Imagen 37, 38, 39, 40: Defectos en la fabricación y ensamble en ventanas con marcos de aluminio  
Fuente: Propia

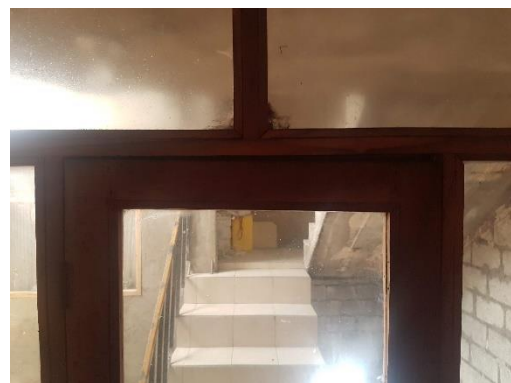


Imagen 41, 42: Defectos en la fabricación y ensamble en ventanas con marcos de Madera  
Fuente: Propia

Sea cual sea el material del marco de la ventana, se evidencia la falta de tratamiento y sellado de juntas, entre la mampostería y el sistema de carpintería, dejando aberturas significativas entre los elementos.



Imagen 43, 44, 45, 46, 47, 48: Defectos en la fabricación y ensamble en ventanas con marcos de Madera  
Fuente: Propia

También se han identificado visualmente, con la ayuda de la fotografía térmica infiltraciones poco comunes, como son: a través de orificios en losas, y fisuras/grietas en las paredes.

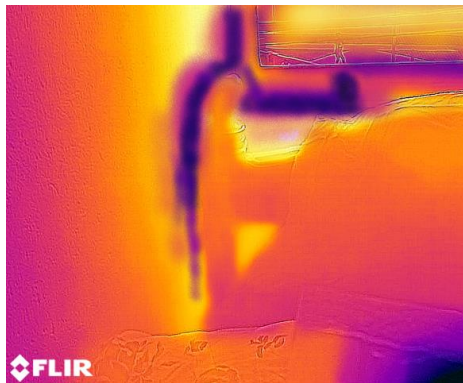
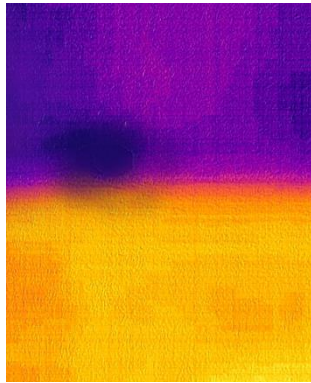


Imagen 49 – 49', 50 – 50': Otras infiltraciones a través de la envolvente

Fuente: Propia

Algunos usuarios, conscientes de su situación, han tratado de dar un tratamiento poco técnico al sellamiento de juntas para así tratar de atenuar la hermeticidad de la envolvente, mediante la utilización de materiales no recomendados como: pedazos de madera o mortero cemento-arena, no idóneos para este tipo de remediación.



Imagen 51, 52: Medidas Caseras para reducir infiltraciones

Fuente: Propia

## **5.1 Propuestas de Materiales y Mejoras.**

En vista que la mayor cantidad de infiltraciones se producen a través del sistema de carpintería, se plantea ciertos materiales y actividades que ayuden a mejorar la hermeticidad de la envolvente.

a.- En los sistemas de ventanas con marcos de acero o madera, la mejor opción sería reemplazarlos por sistemas modernos, de aluminio o PVC; En este tipo de carpintería se ha identificado que las filtraciones de aire son sumamente altas, debido a las grandes aperturas que se presentan en su estructura y en el sistema de fijación, por lo que, recomendar una intervención que ayude a sellar únicamente las juntas que existen entre la mampostería y la ventanería no solucionaría el problema ya que las infiltraciones persistirían a través de las secciones operables de la ventana, y en las cuales poco o nada se puede hacer.

Actualmente hay gran variedad de materiales y sistemas de ventanas que aseguran gran nivel hermeticidad, empezando desde la perfilería, que puede presentar barreras para ruptura de puentes térmicos, muelles para la colocación de aislantes, canales para sistemas de cristales múltiples, entre otros, así mismo en la variedad y propiedades de los cristales. Sin embargo, el objetivo del presente estudio plantea recomendar mejoras de bajo impacto que ayuden a mejorar las condiciones de hermeticidad, por lo que, para un cambio de ventanas de cristal simple, se recomienda dejar de usar ventanas correderas e instalar ventanas con sistemas abatibles.

Se debe tener en cuenta que los sistemas de ventanas abatibles, si bien presentan inconvenientes por invadir mínimamente el espacio interior del inmueble, instaladas correctamente, garantizan una mayor hermeticidad que las correderas; los precios de este tipo de ventanas, en el ámbito local, son mayores entre el 25% - 40% que las ventanas de vidrio simple con sistema corredizo.

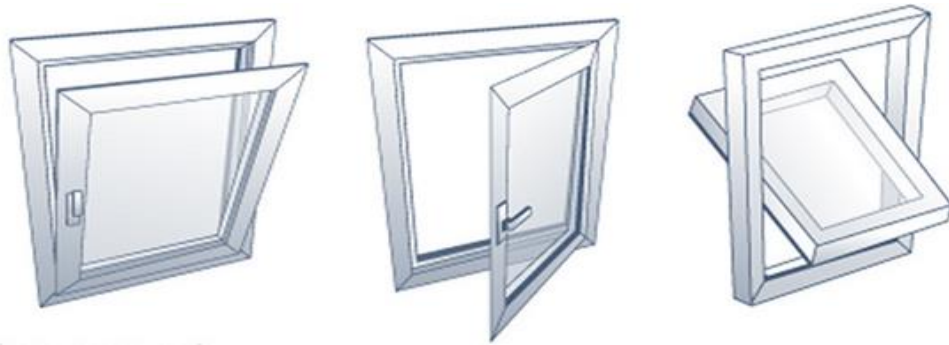


Imagen 53: Tipos de ventanas batientes  
Fuente: Google

b.- Como se había mencionado, comúnmente, y en particular en los presentes casos de estudio, los sistemas de ventanas son de marcos de aluminio - cristal simple y permite la operación manual de determinadas secciones de manera corrediza; dentro de la oferta nacional, existen varios tipos de ventanas de aluminio-vidrio, y su calidad y ventajas de hermeticidad varían significativamente conforme el precio, sin embargo, este sistema presenta desventajas frente a los sistemas abatible, pero ensambladas e instaladas de manera adecuada, de lo que se ha podido apreciar en los ensayos, si presentan mejores prestaciones herméticas que las ventanas de acero o madera.

Si el usuario decide no reemplazar el sistema corredero por uno abatible, puede realizar mejoras en su sistema de ventanas mediante:

1.- Para tratar y sellar juntas, mayores  $\frac{1}{2}$  cm, entre las paredes/piso/losa con los diferentes elementos de carpintería, puede utilizar espuma aislante de poliuretano, que, en términos generales, trata de una espuma expansiva que llena las cavidades en las que se aplica al ponerse en contacto con el aire.



Imagen 54: Relleno de juntas con espuma aislante  
Fuente: Google

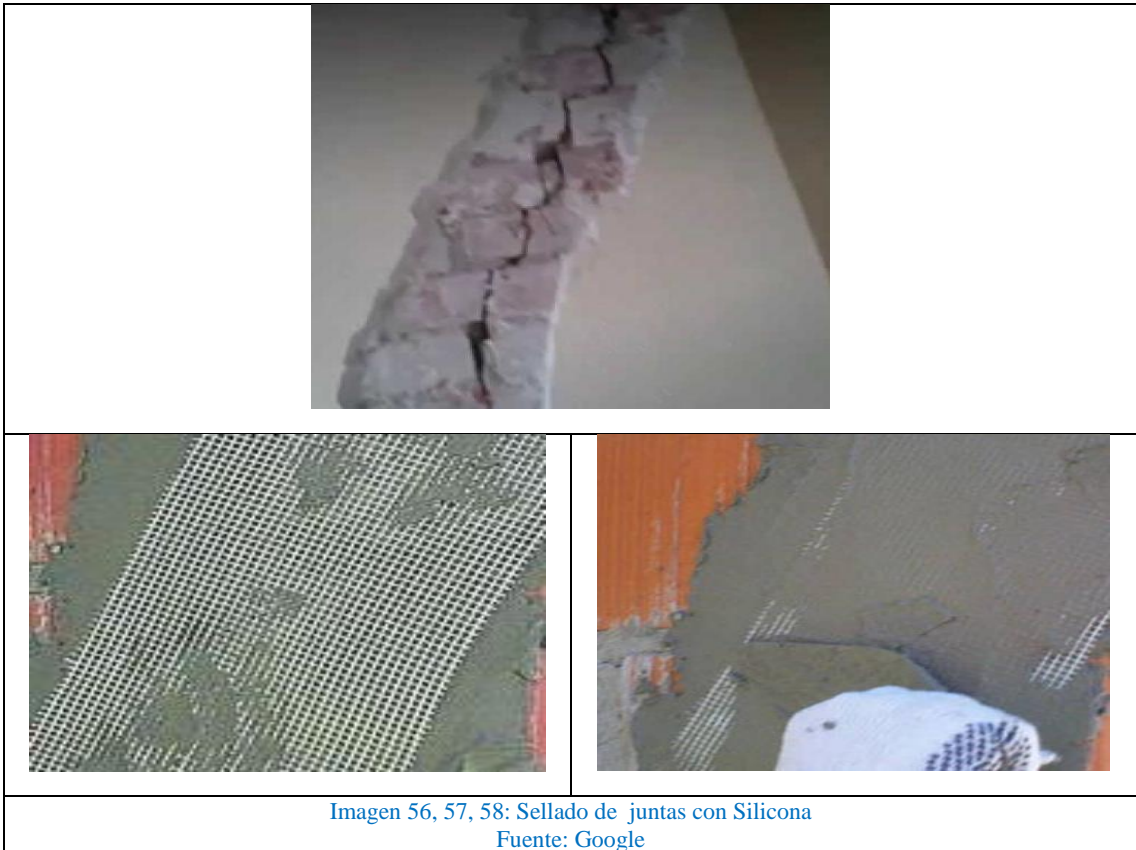
2.- Para cavidades menores, debido a que el aplicador posee una boquilla más pequeña, se recomienda sellarlo con silicona, este material también puede ser empleado para corregir imperfecciones del ensamblaje de los marcos de aluminio.



Imagen 55: Sellado de juntas con Silicona  
Fuente: Google

3.- Así mismo para reparar imperfecciones en las paredes, pisos o techos se deberá emprender actividades de bricolaje en albañilería, y de esta manera resanar las fisuras, grietas, o imperfecciones que existan en los elementos; para ello, inicialmente se debe determinar qué tipo de afectación tiene el elemento, es decir, si se trata de una grieta o una fisura, la primera se caracteriza por atravesar todo el elemento, mientras la segunda generalmente se presenta en la capa más superficial, por lo que, comúnmente, no deberían provocar problemas de infiltraciones de aire.

Previo la intervención se deberá tomar en consideración si es que el elemento comprometido tiene carácter estructural, para lo cual se tomará las precauciones necesarias y se deberá consultar con un profesional experto en el tema. Caso contrario, para reparar una grieta, inicialmente, se deberá expandir los labios o bordes de la misma y de esta manera generar una mayor superficie de contacto, para luego limpiar y mojar la superficie, ya sea de forma manual o mediante la utilización de un compresor de aire; para no correr el riesgo de que la fisura/grieta resurja nuevamente se debe colocar una primera capa de mortero cementicio y sobre ella colocar una malla metálica o PVC, para de esta manera cocer las superficies, de inmediato se deberá revestir la malla con una nueva capa de mortero y sobre este el acabado final.



Estas recomendaciones básicas y sencillas abarcan de manera significativa la intervención que necesitan las viviendas, y en especial los sistemas de ventanas, para mejorar la hermeticidad de la envolvente.

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES**

### **5.1 Conclusiones**

En el ámbito local no se han encontrado estudios específicos del tema que refiere esta investigación. Sin embargo, nacionalmente se habla mucho de la calidad de las viviendas, e instituciones como el INEC y la Cámara de Construcción refieren porcentajes que a breves rasgos se pueden considerar altos sobre el déficit cualitativo de estas, pero existe muy poca, y casi nula investigación local que defina o que relacione los sistemas constructivos; los materiales; los defectos constructivos; entre muchos otros, con la calidad de la vivienda, y como en este caso en particular, con su temperatura interior.

Se especula mucho sobre la poca influencia que tendrían las infiltraciones de aire en la temperatura de las edificaciones, pero no pasan de simples apreciaciones, basadas o no en principios técnico-científicos, pero en ningún caso comprobadas ni documentadas; en parte, lo referido motivó la presente investigación que ha generado datos interesantes, y que pueden abrir nuevas discusiones e investigaciones a futuro.

A pesar de que este trabajo no evalúa demandas energéticas por efectos de posible calefacción como lo realizado por Miño et al, (2013) en su investigación “simulaciones energéticas de prototipos de viviendas con características sociales en Ecuador – caso de estudio Yachay”, es coincidente con las características y los materiales que conforman la envolvente del caso más desfavorable de su estudio, y que son los comúnmente utilizados en la construcción y autoconstrucción convencional a nivel nacional. Por lo que, los resultados de la investigación referida y los datos obtenidos en este trabajo estarían evidenciando que la región Andina del Ecuador estaría utilizando materiales no idóneos para la construcción de las envolventes de sus edificaciones habitacionales.

En definitiva, todas las viviendas estudiadas en la presente investigación poseen materiales similares, en lo que comprende su envolvente, y son el referente de lo que se conoce como construcción tradicional o convencional a nivel nacional; así mismo todas estas unidades habitacionales, conforme lo referido por los propietarios de los bienes, obedecen a prácticas de autoconstrucción, mediante el empleo directo de mano de obra

no calificada, la falta de planificación y regulación ante las entidades competentes, entre otras generalidades características de este tipo de construcciones; La combinación de estos dos elementos, dentro del resultado de esta investigación, aparte de evidenciar defectos constructivos en la envolvente, afectan la permeabilidad de la misma.

Las temperaturas dentro de la zona andina están muy relacionadas con la altura del terreno sobre el nivel del mar; la menor temperatura exterior registrada para los ensayos se encuentra en el orden de los 11.6 °C a una altura de 2850 m.s.n.m, sin embargo, zonas más periféricas y también consolidadas de la urbe se encuentran sobre los 3050 m.s.n.m, altura a la cual se encuentra la estación meteorológica M003 – Izobamba, cuya temperatura media multianual bordea los 11.7 °C, y las mínimas en orden de los 7 °C (INAMHI), lo que podría interpretarse, conforme los resultados obtenidos en este trabajo, como influyentes dentro de la temperatura interior nocturna de las unidades habitacionales de este sector.

Tomando en cuenta que las muestras ensayadas han guardado criterios de selección, en medida de lo posible homogéneos, puede considerarse como representativa de un tipo de viviendas específico, y de acuerdo a las características de las unidades habitacionales intervenidas en el presente documento, se puede sugerir que los datos discutidos y analizados, de manera general, evidencian que la permeabilidad de la envolvente producto de los defectos constructivos y el clima del sector, afecta la conservación de temperatura interior de las unidades habitacionales, es decir, los defectos constructivos presentes en la envolvente, propios de la auto construcción, influyen en la temperatura interior de las viviendas.

## **5.2 Líneas de Investigación Futuras**

Realizar investigaciones con mayor número de muestras, y con características arquitectónicas y constructivas más amplias que permitan corroborar las apreciaciones de este trabajo; Así como, la implementación de métodos alternativos permitirá la comprobación de los resultados.

Realizar intervenciones que reduzcan la permeabilidad de la envolvente a valores cercanos a  $4 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ , y realizar investigaciones post intervención que permitan evaluar los resultados y/o consecuencias de las mismas.

Emprender investigaciones que permitan determinar el nivel de incidencia de los diferentes elementos de la envolvente en las pérdidas de temperatura, y cuanto realmente corresponde por efectos de infiltraciones de aire.





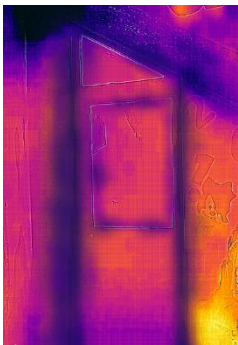

## BIBLIOGRAFÍA

- Froňka, A., & Moučka, L. (2005). Blower Door Method and Measurement Technology in Radon Diagnosis. *International Congress Series*, 377-378.
- Ji, Y., & Duanmu, L. (2017). Airtightness field tests of residential buildings in Dalian, China. *Building and Environment*, 20-30.
- Liu, W., Zhao, X., & Chen, Q. (2018). A novel method for measuring air infiltration rate in buildings. *Energy and Buildings*, 309-318. Obtenido de [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778817340392](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778817340392)
- Navarrete, J., & Ferguson, B. (2003). New approaches to progressive housing in Latin America: A key to habitat programs and policy. *Habitat International*, 309-323.
- Preciado, J., & et al. (s.f.). *Historia Ambiental De Bogotá, Siglo XX: Elementos Históricos para la Formulación del Medio Ambiente Urbano*.
- (CORPAIRE), C. M. (2009). *Inventario de emisiones del Distrito Metropolitano de Quito 2007. Quito: Corporación para el Mejoramiento del Aire en Quito y Municipio del Distrito Metropolitano de Quito*. Quito.
- Barreira, E., Moreira, M., & Almeida, R. (2017 (A)). An infrared thermography passive approach to assess the effect of leakage points in buildings. *Energy and Buildings*, 224-235. Obtenido de [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778817304206](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778817304206)
- Barreira, E., Moreira, M., & Almeida, R. M. (2018 (B)). A discussion concerning active infrared thermography in the evaluation of buildings air infiltration. *Energy and Buildings*, 56-66. Obtenido de [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778817341427](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778817341427)
- Burgess, R. (1988). Algunas falacias respecto a las políticas de autoconstrucción en los países en desarrollo. 237-262.
- Calderón, J. (1999). *Acceso por los Pobres al Suelo Urbano y Mercado Inmobiliario en Lima*. Lincoln Institute Research Report, Lima.
- Carmody, J., & et al. (2012). *Energy-Efficient Window Performance and Selection*. U.S. Department of Energy.
- Carrié, F. R., & et al. (2012). *Methods and techniques for airtight buildings*. Belgica.
- Carrión, A., & Carrión, D. (2009). *La Tierra Vacante en Quito: Estrategias de Engorde y Ausencia de Políticas de Suelo*. Lincoln Institute for Land Policy, Quito.
- Castro, K. (2011). Análisis de modelos de gestión para legalizar asentamientos humanos irregulares, el caso del Distrito Metropolitano de Quito, 2001- 2011. Quito.
- CEPAL. (2015). *Estimaciones y proyecciones de población a largo plazo 1950-2100. América Latina - Revisión 2015*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- CITEC-UBB. (2014). *Manual de hermeticidad al aire de edificaciones*. Universidad del Bío-Bío, Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción.
- Di Cione, V. (2002). *Autoconstrucción de Viviendas, Vida Cotidiana y Urbanización en Argentina. Consideraciones a partir de la urbanización del Gran Buenos Aires*. Buenos Aires.
- EL COMERCIO. (2017). La Demanda de Calefactores se disparó en Quito por la Época LLuviosa.

- Fehr, R. (2009). *Guide to Building Energy Efficient Homes in Kentucky*. kentucky.
- Fernández, M. A. (1990). *El medio físico de Quito: sus limitaciones e incidencia en la adaptación del hombre del Crecimiento de Quito y Guayaquil: estructuración, segregación y dinámica del espacio urbano*. Quito: Editora Nacional-Colegio de Geógrafos del Ecuador.
- García de Hernández, N. (2006). *La formación de asentamientos informales: un proceso gestado por diferentes actores sociales*. Barcelona.
- Gorosito, R. (1996). *La regularización de los asentamientos como política social y de Estado, en MVOTMA, "Asentamientos Irregulares"*. Montevideo.
- Guevara, T. (2013). *Vivienda Popular, Autoconstrucción, Gestión de Organizaciones y Financiamiento: dos Ejemplos en Quit*. Quito.
- Gutiérrez, C. (Informe preliminar 2012). *Estudio Meteorológico-Climatológico e Hidrológico de la zona de influencia del Metro de Quito*. Quito.
- IEA, I. (2017). *Energy Efficiency*.
- IICoS. (2012). *Mediciones de Infiltraciones a Casas y Departamentos Nuevos de la Zona central de Chile*.
- INEC. (2010). *Base de Datos - Censo de Población y Vivienda*.
- INER. (2017 (A)). *Eficiencia energética en Edificaciones*. Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables . Obtenido de [https://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/2014/12/EDIFICACIONES\\_DOSSIER.pdf](https://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/2014/12/EDIFICACIONES_DOSSIER.pdf)
- INER. (2017 (B)). *Estrategias para mejorar las Condiciones de Habitabilidad y el Consumo de Energía en Viviendas*. Obtenido de [http://iner.ec/plataforma/Guia%20EEE\\_baja.pdf](http://iner.ec/plataforma/Guia%20EEE_baja.pdf)
- INER. (2017). *Eficiencia energética en Edificaciones*. Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables . Obtenido de [https://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/2014/12/EDIFICACIONES\\_DOSSIER.pdf](https://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/2014/12/EDIFICACIONES_DOSSIER.pdf)
- Jarrin, A. M. (2012). *Perfil del Sector Vivienda en Ecuador*. ONU - HABITAT.
- Macari, X. (2013). *Análisis y Medición del Nivel de Infiltración de Aire y puentes térmicos en Espacios de Oficina*. Santiago de Chile.
- Melgosa, S. (2014). *Resultados Obtenidos en los Ensayos de Hermeticidad (Blower Door) del Proyecto PREI de ANERR del barrio de Fuencarral*. *Construible*. Obtenido de <https://www.construible.es/comunicaciones/resultados-obtenidos-ensayos-hermeticidad-blower-door-proyecto-prei-anerr-barrio-fuencarral>
- Miño, I., & et al. (2013). *Simulaciones energéticas como herramienta para evaluación térmica de las viviendas sociales del Ecuador: Caso Yachay*. Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables INER, Quito.
- Murat, A., Tavukcuoglu, A., & Bekboliev, M. (2018). *Assessing the Airtightness Performance of Container Houses in relation to its Effect on Energy Efficiency*. *Building and Environment*, 59-73.
- OECD. (2000). *Energy Balances for OECD Countries 1997-98*. International Energy Agency IAE.
- Quito, M. D. (2011). *Plan de Desarrollo 20112 - 2022*. Quito, Ecuador.
- Rodríguez, A., & Sugranyes, A. (2004). *El problema de vivienda de los "con techo"*. *EURE - Revista De Estudios Urbano Regionales*, 53-65.
- Romero, L., Hernández, M., & Acevedo, J. (2004). *Vivienda y autoconstrucción: Participación femenina en un proyecto asistido*. *Redalyc*, 107-131.

- Salud de Altura. (2006). Salud de altura Cooperación Belgica - Ecuador.
- Sherman, M. (2006). *Air Tightness of US Homes: Model Development*. U.S. Department of Energy.
- Sordo, A. (2013). *Estudio de Infiltraciones en Edificios Residenciales de Castilla y Leon*. Valladolid.
- Telegrafo. (26 de 04 de 2016). El 60% de Construcciones de Quito es Informal. Obtenido de <http://tinyurl.com/ybsbgcyo>
- Thébault, S., & Bouchié, R. (2015). Estimating infiltration losses for in-situ measurements of the building envelope thermal performance. *ScienceDirect*.
- Vásquez, J. (2016). *Análisis de Perdidas Energéticas por Infiltraciones de Aire*. Galicia.
- Vera, S. (2012). Impacto de las infiltraciones de aire en el desempeño energético y térmico de las viviendas.
- Volantino, V. (2013). *Eficiencia Energética en Edificios*. Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

## ANEXO 1

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE UNIDAD DE VIVIENDA			
<b>Id. Vivienda</b>	Muestra 1, Elizabeth Collaguazo, Piso 1 (piso intermedio)		
<b>Dirección:</b>	Barrio Rumiñahui		
<b>Ensayo Blower Door</b>		<b>Distribución de la vivienda</b>	
			
1		1'	
			
2		2'	
			
<b>Percepción térmica del usuario</b>	Invierno frío, resto del año confortable		
<b>Uso de calefacción</b>	En Invierno		
<b>Año de Construcción:</b>	1992	<b>Exposición Viento:</b>	Altamente protegida
<b>Fachada</b>	Sur - Este	<b>Adosamientos</b>	2 lados
<b>Area de Carpintería Envoltente</b>	14.37 m <sup>2</sup>	<b>Asoleamiento</b>	Exposición Media

<b>Área en planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Área de la envolvente</b>	<b>Error</b>
88 m <sup>2</sup>	2.20 m	194 m <sup>3</sup>	71 m <sup>2</sup>	Dentro del 3%

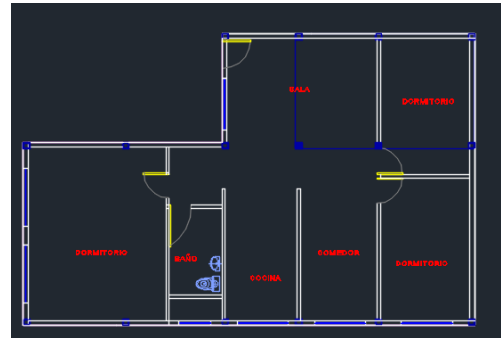
### FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE UNIDAD DE VIVIENDA

<b>Id. Vivienda</b>	Muestra 2, Patricio Salguero, Piso 2 (piso 3-semi ocupado)
<b>Dirección:</b>	Barrio Rumiñahui

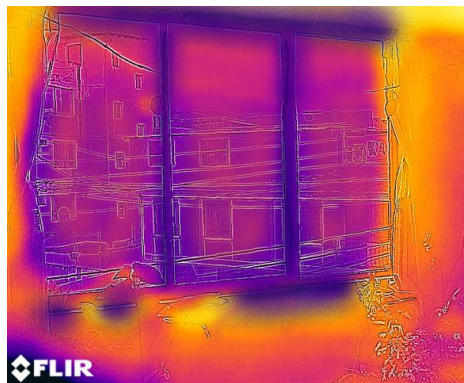
<b>Ensayo Blower Door</b>	<b>Distribución de la vivienda</b>
---------------------------	------------------------------------



1



1'



2



2'





<b>Percepción térmica del usuario</b>	Invierno frío, resto del año confortable			
<b>Uso de calefacción</b>	No			
<b>Año de Construcción:</b>	1998	<b>Exposición Viento:</b>	Parcialmente Protegido	
<b>Fachada</b>	Nor - Oeste	<b>Adosamientos</b>	2 lados	
<b>Area de Carpintería Envolvente</b>	17.35 m <sup>2</sup>	<b>Asoleamiento</b>	Expuesto	
<b>Área en planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Área de la envolvente</b>	<b>Error</b>

107 m <sup>2</sup>	2.30 m	246 m <sup>3</sup>	157 m <sup>2</sup>	Dentro del 3%
--------------------	--------	--------------------	--------------------	---------------

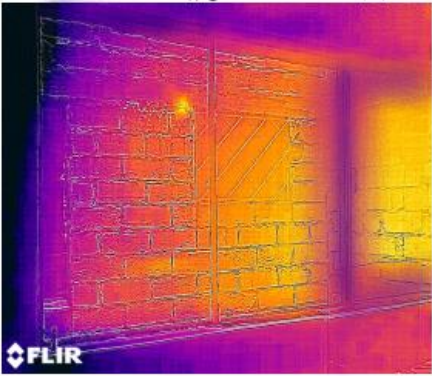

### FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE UNIDAD DE VIVIENDA

<b>Id. Vivienda</b>	Muestra 3, Walter Vallejo, Piso 1 (piso intermedio)
<b>Dirección:</b>	Barrio Rumiñahui

<b>Ensayo Blower Door</b>	<b>Distribución de la vivienda</b>
	



1

1'


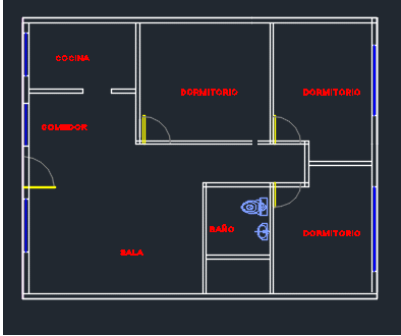
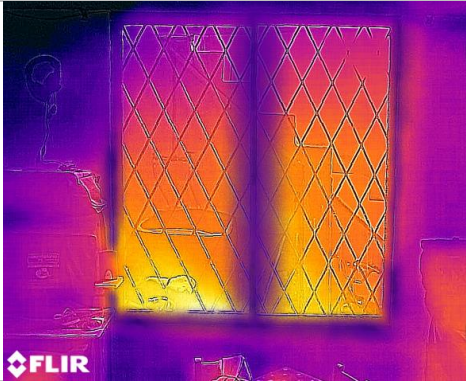

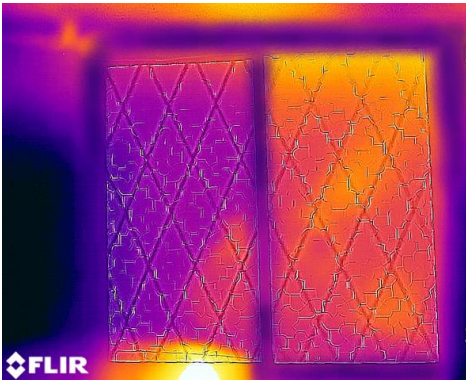

	
--	---


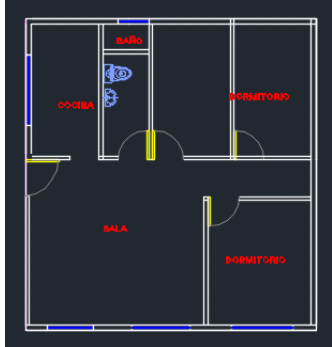
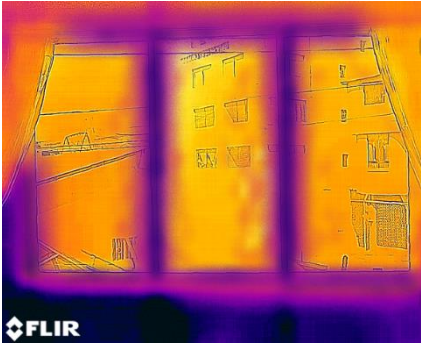

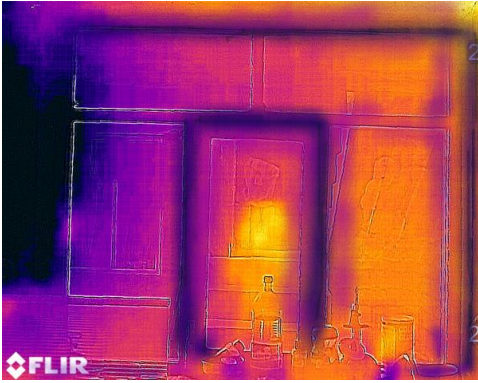

2


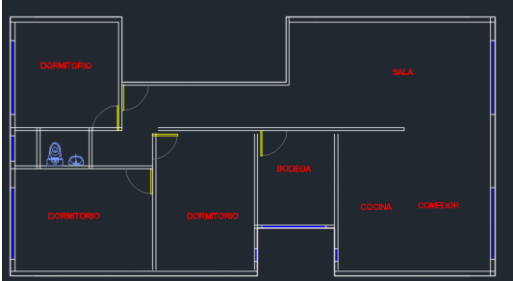
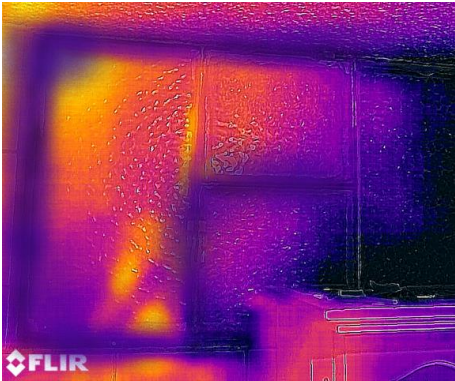

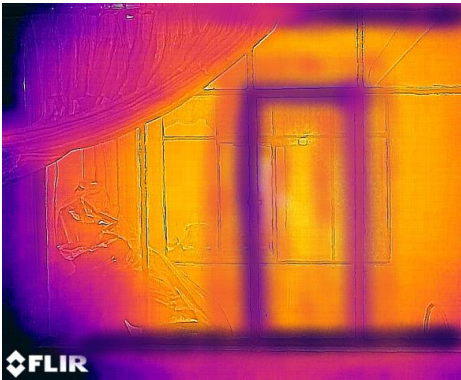

2'


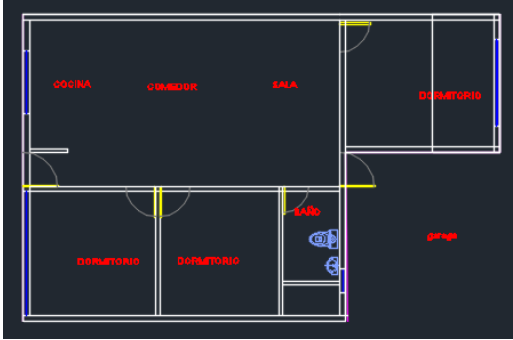
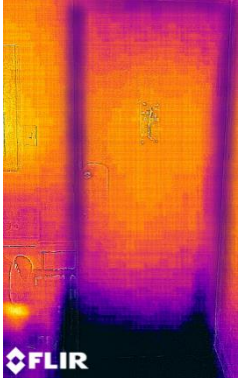

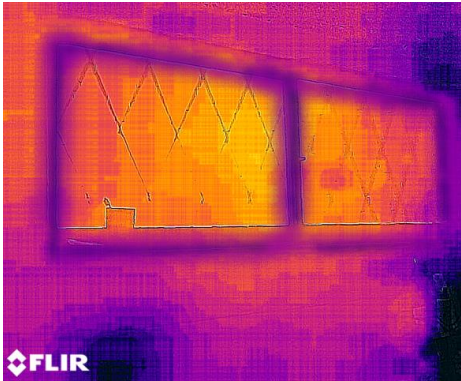

	
---	--


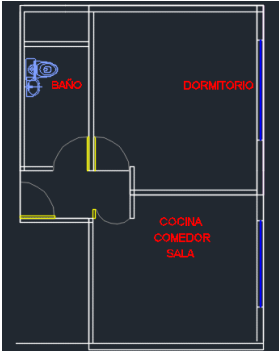
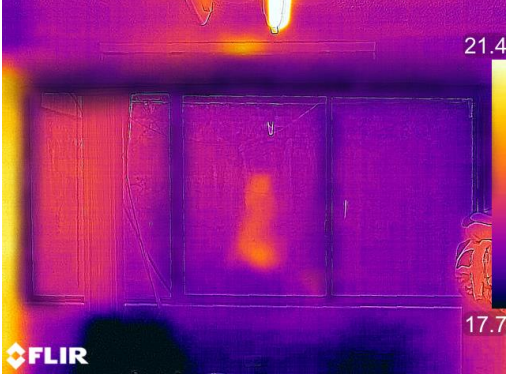

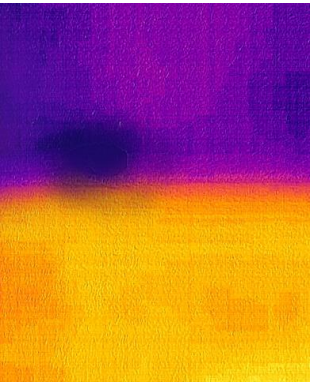

<b>Percepción térmica del usuario</b>	Frio la mayor parte del año			
<b>Uso de calefacción</b>	Comúnmente los meses de invierno			
<b>Año de Construcción:</b>	1995	<b>Exposición:</b>	Altamente protegido	
<b>Fachada</b>	Sur	<b>Adosamientos</b>	1 lado	
<b>Área de Carpintería Envoltente</b>	12.81 m <sup>2</sup>	<b>Asoleamiento</b>	Poco Expuesto	
<b>Área en planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Área de la envolvente</b>	<b>Error</b>
92 m <sup>2</sup>	2.25 m	207 m <sup>3</sup>	83	Dentro del 3%



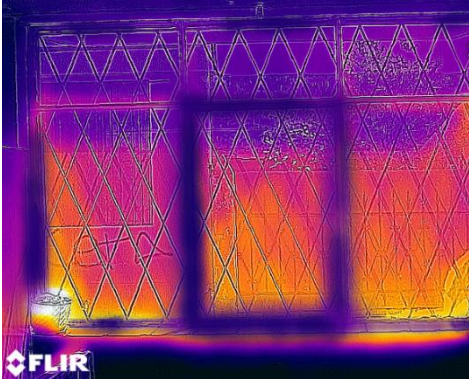

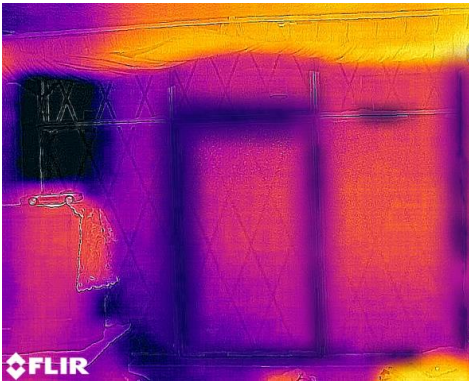

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE UNIDAD DE VIVIENDA</b>			
<b>Id. Vivienda</b>		Muestra 4, Rafael Mera, Piso 1 (piso 2 semi ocupado)	
<b>Dirección:</b>		Barrio Rumiñahui	
<b>Ensayo Blower Door</b>		<b>Distribución de la vivienda</b>	
			
<b>1</b>		<b>1'</b>	
			
<b>2</b>		<b>2'</b>	
			
<b>Percepción térmica del usuario</b>		Frio en invierno, resto del año confortable	
<b>Uso de calefacción</b>		No	
<b>Año de Construcción:</b>		1994	<b>Exposición:</b> Parcialmente Protegido
<b>Fachada</b>		Norte	<b>Adosamientos</b> 3 lados
<b>Área de Carpintería Envolvente</b>		7.54 m2	<b>Asoleamiento</b> Exposición Media
<b>Área en planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Área de la envolvente</b>
80 m2	2.15 m	172 m3	64 m2
		<b>Error</b> Dentro del 3%	

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE UNIDAD DE VIVIENDA				
<b>Id. Vivienda</b>		Muestra 5, Verónica Pombosa, Planta Baja (piso1 semi ocupado)		
<b>Dirección:</b>		Barrio Rumiñahui		
<b>Ensayo Blower Door</b>		<b>Distribución de la vivienda</b>		
				
<b>1</b>		<b>1'</b>		
				
<b>2</b>		<b>2'</b>		
				
<b>Percepción térmica del usuario</b>		Confortable la mayor parte del año		
<b>Uso de calefacción</b>		No		
<b>Año de Construcción:</b>		1996	<b>Exposición:</b>	Altamente protegido
<b>Fachada</b>		Sur - Este	<b>Adosamientos</b>	3 lados
<b>Área de Carpintería Envolvente</b>		7.58 m <sup>2</sup>	<b>Asoleamiento</b>	Exposición Media
<b>Área en planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Área de la envolvente</b>	<b>Error</b>
67 m <sup>2</sup>	2.30 m	154 m <sup>3</sup>	56 m <sup>2</sup>	Dentro del 3%

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE UNIDAD DE VIVIENDA				
<b>Id. Vivienda</b>		Muestra 6, Maritza Cedeño, Piso 2 (piso de cubierta)		
<b>Dirección:</b>		Barrio Rumiñahui		
<b>Ensayo Blower Door</b>		<b>Distribución de la vivienda</b>		
				
<b>1</b>		<b>1'</b>		
				
<b>2</b>		<b>2'</b>		
				
<b>Percepción térmica del usuario</b>		Confortable la mayor parte del año		
<b>Uso de calefacción</b>		No		
<b>Año de Construcción:</b>		1995	<b>Exposición:</b>	Altamente protegido
<b>Fachada</b>		Nor - Oeste	<b>Adosamientos</b>	2 lados
<b>Área de Carpintería Envolvente</b>		31.07 m <sup>2</sup>	<b>Asoleamiento</b>	Expuesto
<b>Área en planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Área de la envolvente</b>	<b>Error</b>
112 m <sup>2</sup>	2.25 m	252 m <sup>3</sup>	157 m <sup>2</sup>	Dentro del 3%

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE UNIDAD DE VIVIENDA				
<b>Id. Vivienda</b>		Muestra 7, Mónica Delgado, piso1 (Piso de cubierta)		
<b>Dirección:</b>		Barrio Rumiñahui		
<b>Ensayo Blower Door</b>		<b>Distribución de la vivienda</b>		
				
<b>1</b>		<b>1'</b>		
				
<b>2</b>		<b>2'</b>		
				
<b>Percepción térmica del usuario</b>		Invierno frío, resto del año confortable		
<b>Uso de calefacción</b>		No		
<b>Año de Construcción:</b>		1990	<b>Exposición:</b>	Altamente protegido
<b>Fachada</b>		Sur	<b>Adosamientos</b>	2 lados
<b>Área de Carpintería Envoltente</b>		17.77 m <sup>2</sup>	<b>Asoleamiento</b>	Exposición Media
<b>Área en planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Área de la envoltente</b>	<b>Error</b>
82 m <sup>2</sup>	2.30 m	189 m <sup>3</sup>	128 m <sup>2</sup>	Dentro del 3%

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE UNIDAD DE VIVIENDA				
<b>Id. Vivienda</b>		Muestra 8, Carolina Tobar, Piso 1 (piso intermedio)		
<b>Dirección:</b>		Barrio Rumiñahui		
<b>Ensayo Blower Door</b>		<b>Distribución de la vivienda</b>		
				
<b>1</b>		<b>1'</b>		
				
<b>2</b>		<b>2'</b>		
				
<b>Percepción térmica del usuario</b>		Frío la mayor parte del año		
<b>Uso de calefacción</b>		Si, pero no regularmente por costos		
<b>Año de Construcción:</b>		1991	<b>Exposición:</b>	Altamente protegido
<b>Fachada</b>		Nor - Oeste	<b>Adosamientos</b>	3 lados
<b>Área de Carpintería Envolvente</b>		2.40 m <sup>2</sup>	<b>Asoleamiento</b>	Poco Expuesto
<b>Área en planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Área de la envolvente</b>	<b>Error</b>
17 m <sup>2</sup>	2.30 m	39 m <sup>3</sup>	10 m <sup>2</sup>	Dentro del 3%

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE UNIDAD DE VIVIENDA				
<b>Id. Vivienda</b>		Muestra 9, Rebeca España, Planta Baja (piso intermedio)		
<b>Dirección:</b>		Barrio Rumiñahui		
<b>Ensayo Blower Door</b>		<b>Distribución de la vivienda</b>		
				
1		1'		
				
2		2'		
				
<b>Percepción térmica del usuario</b>		Frío la mayor parte del año		
<b>Uso de calefacción</b>		No, por costos		
<b>Año de Construcción:</b>		1991	<b>Exposición:</b>	Altamente protegido
<b>Fachada</b>		Sur Este	<b>Adosamientos</b>	1 lado
<b>Área de Carpintería Envoltente</b>		13.70 m <sup>2</sup>	<b>Asoleamiento</b>	Poco Expuesto
<b>Área en planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Área de la envolvente</b>	<b>Error</b>
80 m <sup>2</sup>	2.20 m	176 m <sup>3</sup>	78 m <sup>2</sup>	Dentro del 3%

## ANEXO 2

### REPORTE – PRUEBA DE FILTRACIONES DE AIRE DE CONFORMIDAD CON LA NORMA ISO9972:2015



Dirección de la edificación: BARRIO RUMIÑAHUI  
QUITO , ECUADOR

Objetivo del ensayo: Proyecto de titulación MAS- PUCE

Numero de Reporte: MUESTRA 1 - EC

Fecha de Ensayo: <b>2017-07-25</b>	Por: <b>ING. CHRISTIAN BENALCAZAR</b>
Propietario:	<b>SRA. ELIZABETH COLLAHUAZO</b>

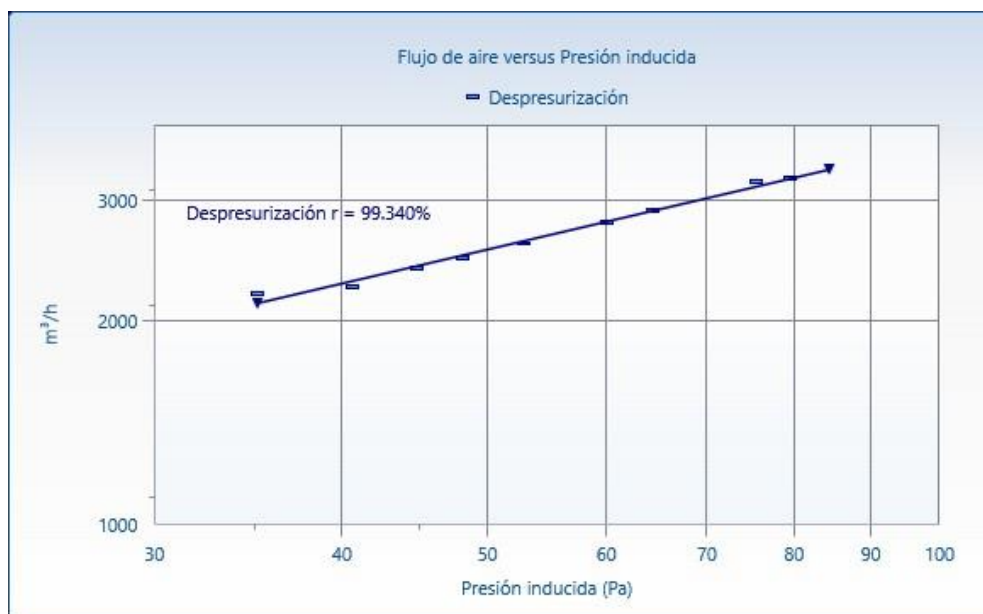
#### Información de la Edificación

Volumen [m <sup>3</sup> ]:	<b>194</b>
Área de la envolvente [m <sup>2</sup> ]:	<b>71</b>
Superficie [m <sup>2</sup> ]:	<b>88</b>
Altura por encima del suelo [m]:	<b>3</b>
Exposición de la edificación al viento :	<b>Edificio parcialmente protegido</b>
Precisión de las medidas de la edificación, +/-:	<b>3%</b>

#### Resultados:

	Resultados	Intervalo de confianza de 95%		Incertidumbre
Flujo de aire a 50 Pa, $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]:	2560.0	2523.5	2598.0	+/-1.5%
Recambios de aire a 50 Pa, $n_{50}$ [/h]:	13.20	12.75	13.65	+/-3.3%
Permeabilidad a 50 Pa, $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]:	36.060	34.858	37.262	+/-3.3%
Área de fuga normalizada a 4 Pa, $NLA_4$ [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]:	10.482	10.133	10.832	+/-3.3%

#### Flujo de aire Vs. Presión inducida (Despresurización Set)



**REPORTE – PRUEBA DE FILTRACIONES DE AIRE**   
**DE CONFORMIDAD CON LA NORMA ISO9972:2015**

Dirección de la edificación: BARRIO RUMIÑAHUI  
 QUITO, ECUADOR

Objetivo del ensayo: Proyecto de titulación MAS- PUCE  
 Numero de Reporte: MUESTRA 2 - PS

Fecha de Ensayo: <b>2017-07-20</b>	Por: <b>ING. CHRISTIAN BENALCAZAR</b>
Propietario:	<b>SR. PATRICIO SALGUERO</b>

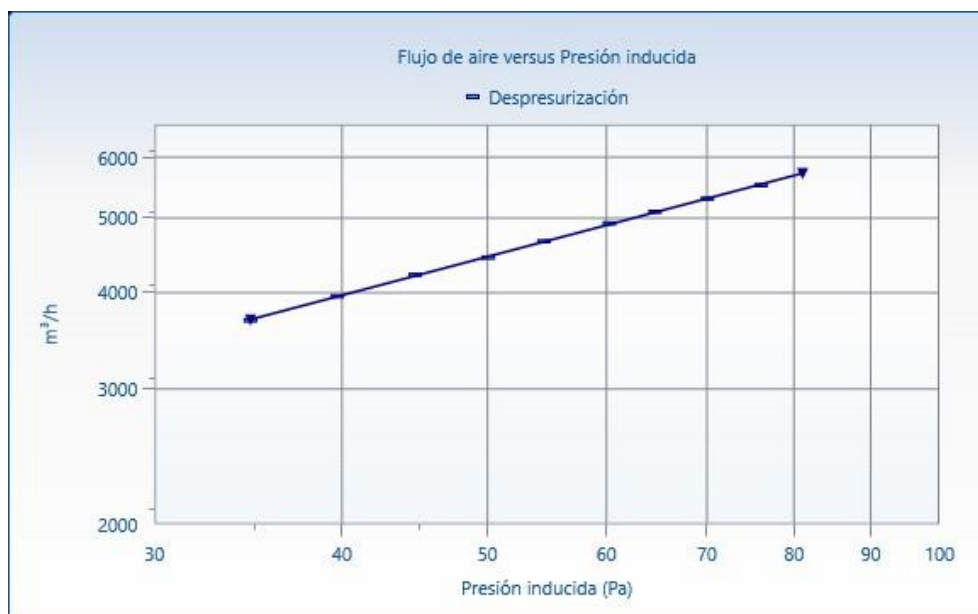
**Información de la Edificación**

Volumen [m <sup>3</sup> ]:	<b>246</b>
Área de la envolvente [m <sup>2</sup> ]:	<b>157</b>
Superficie [m <sup>2</sup> ]:	<b>107</b>
Altura por encima del suelo [m]:	<b>5</b>
Exposición de la edificación al viento :	<b>Edificio parcialmente protegido</b>
Precisión de las medidas de la edificación, +/-:	<b>3%</b>

**Resultados:**

	Resultados	Intervalo de confianza de 95%		Incertidumbre
Flujo de aire a 50 Pa, $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]:	4455.5	4446.0	4465.0	+/-0.2%
Recambios de aire a 50 Pa, $n_{50}$ [/h]:	18.11	17.55	18.65	+/-3.0%
Permeabilidad a 50 Pa, $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]:	28.379	27.526	29.233	+/-3.0%
Área de fuga normalizada a 4 Pa, $NLA_4$ [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]:	8.3015	8.052	8.551	+/-3.0%

**Flujo de aire Vs. Presión inducida (Despresurización Set)**



**REPORTE – PRUEBA DE FILTRACIONES DE AIRE**   
**DE CONFORMIDAD CON LA NORMA ISO9972:2015**

Dirección de la edificación: BARRIO RUMIÑAHUI  
 QUITO, ECUADOR

Objetivo del ensayo: Proyecto de titulación MAS- PUCE  
 Numero de Reporte: MUESTRA 3 - WV

Fecha de Ensayo: <b>2017-07-19</b>	Por: <b>ING. CHRISTIAN BENALCAZAR</b>
Propietario:	<b>SR. WALTER VALLEJO</b>

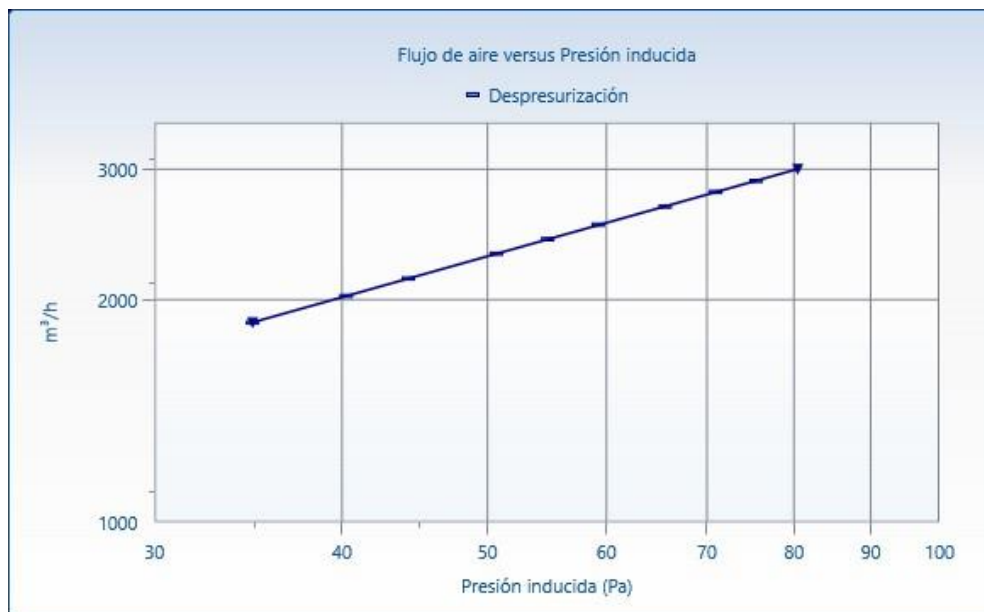
**Información de la Edificación**

Volumen [m <sup>3</sup> ]:	<b>207</b>
Área de la envolvente [m <sup>2</sup> ]:	<b>83</b>
Superficie [m <sup>2</sup> ]:	<b>92</b>
Altura por encima del suelo [m]:	<b>3</b>
Exposición de la edificación al viento :	<b>Edificio altamente protegido</b>
Precisión de las medidas de la edificación, +/-:	<b>3%</b>

**Resultados:**

	Resultados	Intervalo de confianza de 95%		Incertidumbre
Flujo de aire a 50 Pa, $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]:	2278.1	2276.5	2279.5	+/-0.1%
Recambios de aire a 50 Pa, $n_{50}$ [/h]:	11.01	10.70	11.35	+/-3.0%
Permeabilidad a 50 Pa, $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]:	27.447	26.624	28.271	+/-3.0%
Área de fuga normalizada a 4 Pa, $NLA_4$ [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]:	7.0079	6.798	7.218	+/-3.0%

**Flujo de aire Vs. Presión inducida (Despresurización Set)**



**REPORTE – PRUEBA DE FILTRACIONES DE AIRE**   
**DE CONFORMIDAD CON LA NORMA ISO9972:2015**

Dirección de la edificación: BARRIO RUMIÑAHUI  
 QUITO, ECUADOR

Objetivo del ensayo: Proyecto de titulación MAS- PUCE  
 Numero de Reporte: MUESTRA 4 - RM

Fecha de Ensayo: <b>2017-07-20</b>	Por: <b>ING. CHRISTIAN BENALCÁZAR</b>
Propietario:	<b>SR. RAFAEL MERA</b>

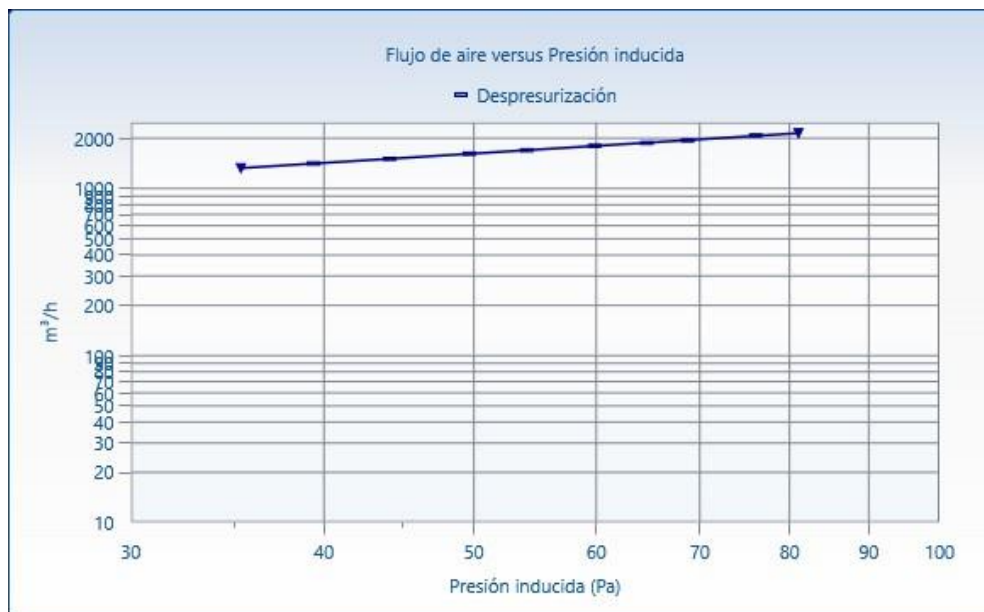
**Información de la Edificación**

Volumen [m <sup>3</sup> ]:	<b>172</b>
Área de la envolvente [m <sup>2</sup> ]:	<b>64</b>
Superficie [m <sup>2</sup> ]:	<b>80</b>
Altura por encima del suelo [m]:	<b>3</b>
Exposición de la edificación al viento :	<b>Edificio altamente protegido</b>
Precisión de las medidas de la edificación, +/-:	<b>3%</b>

**Resultados:**

	Resultados	Intervalo de confianza de 95%		Incertidumbre
Flujo de aire a 50 Pa, $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]:	1620.0	1615.0	1627.1	+/-0.4%
Recambios de aire a 50 Pa, $n_{50}$ [/h]:	9.42	9.140	9.710	+/-3.0%
Permeabilidad a 50 Pa, $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]:	25.328	24.562	26.094	+/-3.0%
Área de fuga normalizada a 4 Pa, $NLA_4$ [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]:	6.3099	6.119	6.501	+/-3.0%

**Flujo de aire Vs. Presión inducida (Despresurización Set)**



**REPORTE – PRUEBA DE FILTRACIONES DE AIRE**   
**DE CONFORMIDAD CON LA NORMA ISO9972:2015**

Dirección de la edificación: BARRIO RUMIÑAHUI  
 QUITO, ECUADOR

Objetivo del ensayo: Proyecto de titulación MAS- PUCE  
 Numero de Reporte: MUESTRA 5 - VP

Fecha de Ensayo: <b>2017-07-20</b>	Por: <b>ING. CHRISTIAN BENALCÁZAR</b>
Propietario:	<b>SRA. VERÓNICA POMBOZA</b>

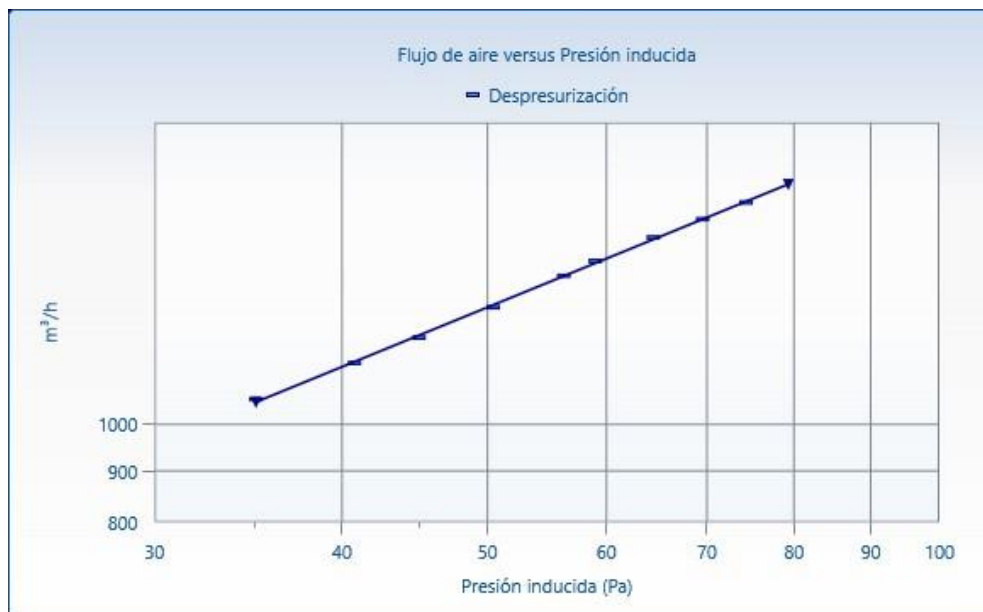
**Información de la Edificación**

Volumen [m <sup>3</sup> ]:	<b>154</b>
Área de la envolvente [m <sup>2</sup> ]:	<b>56</b>
Superficie [m <sup>2</sup> ]:	<b>67</b>
Altura por encima del suelo [m]:	<b>0</b>
Exposición de la edificación al viento :	<b>Edificio parcialmente protegido</b>
Precisión de las medidas de la edificación, +/-:	<b>3%</b>

**Resultados:**

	Resultados	Intervalo de confianza de 95%		Incertidumbre
Flujo de aire a 50 Pa, $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]:	1316.5	1311.5	1321.5	+/-0.4%
Recambios de aire a 50 Pa, $n_{50}$ [/h]:	8.55	8.290	8.805	+/-3.0%
Permeabilidad a 50 Pa, $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]:	23.508	22.797	24.219	+/-3.0%
Área de fuga normalizada a 4 Pa, $NLA_4$ [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]:	5.4812	5.315	5.647	+/-3.0%

**Flujo de aire Vs. Presión inducida (Despresurización Set)**



**REPORTE – PRUEBA DE FILTRACIONES DE AIRE  
DE CONFORMIDAD CON LA NORMA ISO9972:2015**



Dirección de la edificación: BARRIO RUMIÑAHUI  
QUITO, ECUADOR

Objetivo del ensayo: Proyecto de titulación MAS- PUCE

Numero de Reporte: MUESTRA 6 - MC

Fecha de Ensayo: <b>2017-07-19</b>	Por: <b>ING. CHRISTIAN BENALCÁZAR</b>
Propietario:	<b>SRA. MARITZA CEDEÑO</b>

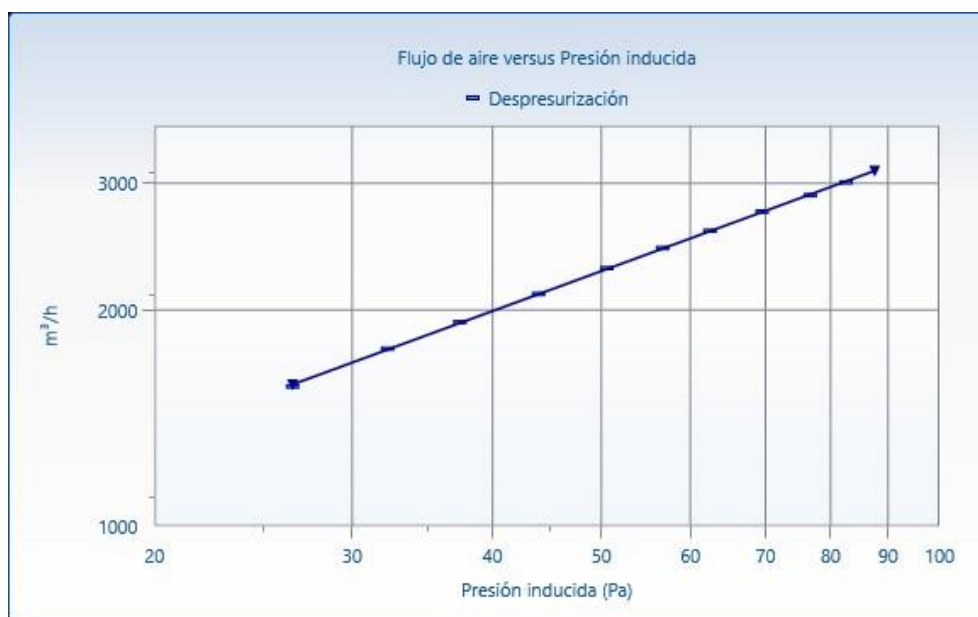
**Información de la Edificación**

Volumen [m <sup>3</sup> ):	<b>252</b>
Área de la envolvente [m <sup>2</sup> ):	<b>157</b>
Superficie [m <sup>2</sup> ):	<b>112</b>
Altura por encima del suelo [m]:	<b>3</b>
Exposición de la edificación al viento :	<b>Edificio parcialmente protegido</b>
Precisión de las medidas de la edificación, +/-:	<b>3%</b>

**Resultados:**

	Resultados	Intervalo de confianza de 95%		Incertidumbre
Flujo de aire a 50 Pa, $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]:	2261.5	2256.0	2267.1	+/-0.3%
Recambios de aire a 50 Pa, $n_{50}$ [/h]:	8.97	8.705	9.245	+/-3.0%
Permeabilidad a 50 Pa, $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ):	14.405	13.971	14.838	+/-3.0%
Área de fuga normalizada a 4 Pa, $NLA_4$ [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ):	3.6512	3.541	3.761	+/-3.0%

**Flujo de aire Vs. Presión inducida (Despresurización Set)**



**REPORTE – PRUEBA DE FILTRACIONES DE AIRE**   
**DE CONFORMIDAD CON LA NORMA ISO9972:2015**

Dirección de la edificación: BARRIO RUMIÑAHUI  
 QUITO, ECUADOR

Objetivo del ensayo: Proyecto de titulación MAS- PUCE  
 Numero de Reporte: MUESTRA 7 - MD

Fecha de Ensayo: <b>2017-07-20</b>	Por: <b>ING. CHRISTIAN BENALCÁZAR</b>
Propietario:	<b>SRA. MONICA DELGADO</b>

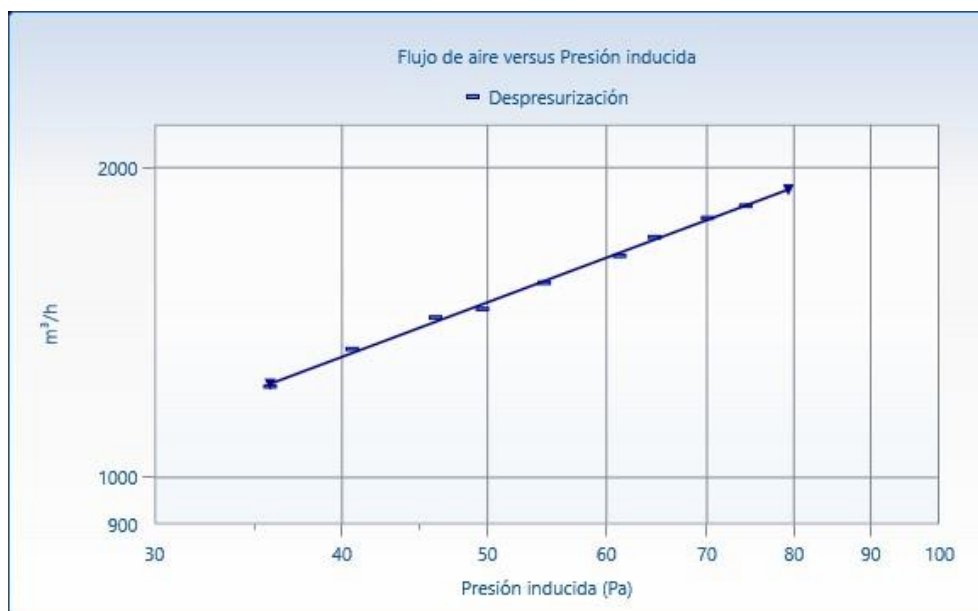
**Información de la Edificación**

Volumen [m <sup>3</sup> ]:	<b>189</b>
Área de la envolvente [m <sup>2</sup> ]:	<b>128</b>
Superficie [m <sup>2</sup> ]:	<b>82</b>
Altura por encima del suelo [m]:	<b>3</b>
Exposición de la edificación al viento :	<b>Edificio altamente protegido</b>
Precisión de las medidas de la edificación, +/-:	<b>3%</b>

**Resultados:**

	Resultados	Intervalo de confianza de 95%		Incertidumbre
Flujo de aire a 50 Pa, $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]:	1477.5	1467.0	1487.0	+/-0.7%
Recambios de aire a 50 Pa, $n_{50}$ [/h]:	7.82	7.580	8.060	+/-3.1%
Permeabilidad a 50 Pa, $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]:	11.543	11.189	11.897	+/-3.1%
Área de fuga normalizada a 4 Pa, $NLA_4$ [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]:	3.1269	3.031	3.223	+/-3.1%

**Flujo de aire Vs. Presión inducida (Despresurización Set)**



**REPORTE – PRUEBA DE FILTRACIONES DE AIRE**   
**DE CONFORMIDAD CON LA NORMA ISO9972:2015**

Dirección de la edificación: BARRIO RUMIÑAHUI  
 QUITO, ECUADOR

Objetivo del ensayo: Proyecto de titulación MAS- PUCE  
 Numero de Reporte: MUESTRA 8 - CT

Fecha de Ensayo: <b>2017-07-25</b>	Por: <b>ING. CHRISTIAN BENALCÁZAR</b>
Propietario:	<b>SRTA. CAROLINA TOBAR</b>

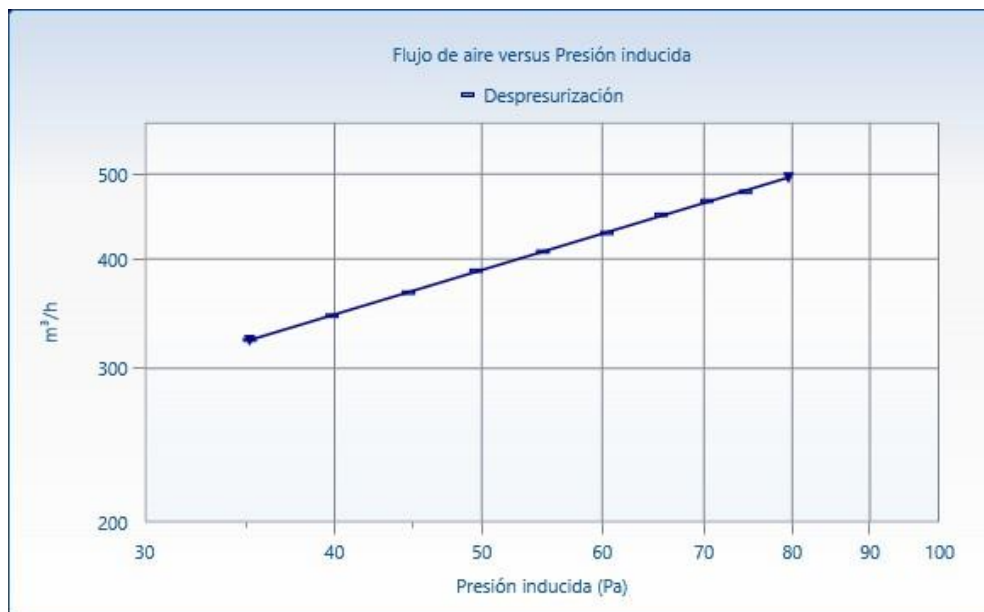
**Información de la Edificación**

Volumen [m <sup>3</sup> ]:	<b>39</b>
Área de la envolvente [m <sup>2</sup> ]:	<b>10</b>
Superficie [m <sup>2</sup> ]:	<b>17</b>
Altura por encima del suelo [m]:	<b>3</b>
Exposición de la edificación al viento :	<b>Edificio altamente protegido</b>
Precisión de las medidas de la edificación, +/-:	<b>3%</b>

**Resultados:**

	Resultados	Intervalo de confianza de 95%		Incertidumbre
Flujo de aire a 50 Pa, $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]:	390.45	389.61	391.30	+/-0.2%
Recambios de aire a 50 Pa, $n_{50}$ [/h]:	10.01	9.710	10.31	+/-3.0%
Permeabilidad a 50 Pa, $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]:	39.045	37.871	40.220	+/-3.0%
Área de fuga normalizada a 4 Pa, $NLA_4$ [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]:	11.218	10.881	11.555	+/-3.0%

**Flujo de aire Vs. Presión inducida (Despresurización Set)**



**REPORTE – PRUEBA DE FILTRACIONES DE AIRE**   
**DE CONFORMIDAD CON LA NORMA ISO9972:2015**

Dirección de la edificación: BARRIO RUMIÑAHUI  
 QUITO, ECUADOR

Objetivo del ensayo: Proyecto de titulación MAS- PUCE  
 Numero de Reporte: MUESTRA 9 - RE

Fecha de Ensayo: <b>2017-07-21</b>	Por: <b>ING. CHRISTIAN BENALCAZAR</b>
Propietario:	<b>SRA. REBECA ESPAÑA</b>

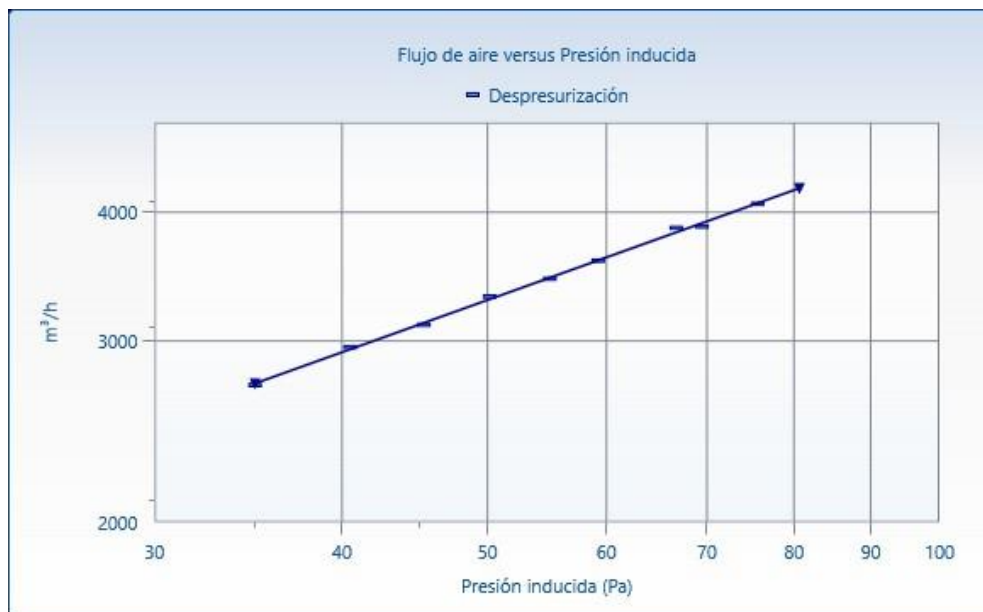
**Información de la Edificación**

Volumen [m <sup>3</sup> ]:	<b>176</b>
Área de la envolvente [m <sup>2</sup> ]:	<b>78</b>
Superficie [m <sup>2</sup> ]:	<b>80</b>
Altura por encima del suelo [m]:	<b>0</b>
Exposición de la edificación al viento :	<b>Edificio altamente protegido</b>
Precisión de las medidas de la edificación, +/-:	<b>3%</b>

**Resultados:**

	Resultados	Intervalo de confianza de 95%		Incertidumbre
Flujo de aire a 50 Pa, $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]:	3279.1	3262.5	3296.0	+/-0.5%
Recambios de aire a 50 Pa, $n_{50}$ [/h]:	18.63	18.05	19.20	+/-3.0%
Permeabilidad a 50 Pa, $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]:	42.039	40.760	43.319	+/-3.0%
Área de fuga normalizada a 4 Pa, $NLA_4$ [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]:	12.114	11.745	12.482	+/-3.0%

**Flujo de aire Vs. Presión inducida (Despresurización Set)**



### ANEXO 3

FECH A	HORA	EXTE RIOR, °C	M1 - EC, °C	M2 - PS, °C	M3 - WV, °C	M4 - RM, °C	M5 - VP, °C	M6 - MC, °C	M7 - MD, °C	M8 - CT, °C	M9 - RE, °C
09/12/2 017	19:30:00	18.203	22.189	22.445	20.832	20.758	21.634	21.539	21.342	18.488	18.203
	20:00:00	16.204	22.117	22.086	20.642	20.753	21.993	21.491	21.226	18.013	17.775
	20:30:00	15.822	22.021	22.302	20.594	20.749	21.682	21.706	20.678	17.918	17.680
	21:00:00	15.727	21.925	22.949	20.452	20.654	21.515	21.802	20.726	17.918	17.656
	21:30:00	15.417	21.805	22.206	20.309	20.702	21.013	21.897	20.654	17.894	17.632
	22:00:00	14.771	21.661	21.991	20.142	20.773	21.132	21.969	20.678	17.846	17.608
	22:30:00	14.628	21.517	22.086	20.047	20.892	21.156	21.897	20.606	17.823	17.609
	23:00:00	14.484	21.421	21.871	19.904	20.916	21.132	21.921	20.535	17.799	17.633
	23:30:00	14.196	21.302	20.988	19.785	20.940	21.180	21.897	20.511	17.751	17.608
10/12/2 017	0:00:00	13.692	21.039	20.726	19.714	20.797	21.084	21.826	20.535	17.727	17.584
	0:30:00	13.644	20.847	20.630	19.595	20.559	21.013	21.754	20.487	17.680	17.585
	1:00:00	13.332	20.704	20.654	19.476	20.392	21.108	21.610	20.440	17.656	17.561
	1:30:00	12.850	20.561	21.489	19.381	20.273	21.108	21.610	20.392	17.632	17.537
	2:00:00	12.802	20.322	20.535	19.238	20.154	20.822	21.539	20.368	17.608	17.513
	2:30:00	12.440	20.155	19.940	19.120	20.035	20.774	21.467	20.368	17.561	17.490
	3:00:00	12.319	19.988	19.821	19.001	19.940	20.798	21.419	20.321	17.537	17.465
	3:30:00	12.391	19.845	19.725	18.882	19.821	20.750	21.371	20.321	17.489	17.394
	4:00:00	12.391	19.654	19.630	18.739	19.773	20.750	21.347	20.297	17.466	17.419
	4:30:00	12.802	19.511	20.630	18.644	19.678	20.774	21.371	20.297	17.418	17.347
	5:00:00	12.971	19.392	20.440	18.525	19.559	20.750	21.299	20.273	17.394	17.370
	5:30:00	12.536	19.225	19.368	18.430	19.535	20.750	21.204	20.273	17.371	17.323
	6:00:00	12.512	19.059	18.940	18.335	19.487	20.750	21.108	20.249	17.347	17.251
	6:30:00	12.681	18.987	18.869	18.216	19.392	20.726	21.108	20.225	17.371	17.252
	7:00:00	13.620	19.035	18.964	18.216	19.297	20.750	21.132	20.225	17.299	17.156
	7:30:00	14.364	19.130	18.917	18.192	19.250	20.941	21.180	20.225	17.275	17.108
	8:00:00	15.297	19.344	18.893	18.263	18.964	20.846	21.132	20.225	17.252	17.109
	8:30:00	15.608	19.392	19.963	18.335	18.821	20.846	21.037	20.225	17.252	17.157
	9:00:00	16.347	19.463	20.035	18.406	18.774	20.893	20.989	20.201	17.228	17.157
	9:30:00	17.965	19.964	19.297	18.525	18.726	21.013	21.299	20.059	17.275	17.275
	10:00:00	19.511	20.393	20.154	18.691	18.845	21.180	22.089	20.154	17.347	17.323
	10:30:00	20.225	20.513	19.654	18.905	18.988	21.228	21.993	20.106	17.418	17.418
	11:00:00	21.274	20.943	20.392	19.191	19.154	21.706	22.569	20.106	17.466	17.537
	11:30:00	20.535	20.632	19.345	19.262	20.487	21.706	22.185	19.987	17.513	17.537
12:00:00	21.680	21.158	19.226	19.619	20.440	21.778	22.449	20.059	17.561	17.513	
12:30:00	21.561	21.661	19.630	19.976	20.797	21.778	22.641	19.987	17.656	17.656	
13:00:00	21.871	21.973	20.487	21.333	20.988	21.921	22.449	19.940	17.751	17.680	
13:30:00	22.949	22.549	20.964	21.023	21.203	21.562	22.329	19.892	17.799	17.704	
14:00:00	22.877	23.079	20.940	21.047	21.346	21.610	22.473	19.916	17.846	17.727	
14:30:00	23.021	23.489	21.704	21.237	21.537	22.377	22.185	19.892	17.918	17.751	
15:00:00	21.537	23.368	22.039	21.213	21.656	22.569	21.897	19.868	18.037	17.727	
15:30:00	19.535	22.838	22.445	20.975	21.823	22.185	21.706	19.844	18.203	17.704	

	16:00:00	18.013	22.958	22.949	20.904	21.991	22.377	21.610	19.844	18.346	17.680
	16:30:00	17.275	22.333	22.781	20.856	22.158	21.945	21.491	19.821	18.227	17.656
	17:00:00	15.942	22.261	22.326	20.713	22.302	21.658	21.419	19.797	18.155	17.632
	17:30:00	16.347	22.021	21.943	20.618	22.445	21.491	21.562	19.797	18.060	17.608
	18:00:00	15.608	21.877	22.062	20.523	22.541	21.443	21.443	19.797	18.013	17.608
	18:30:00	15.034	21.757	22.062	20.380	22.661	21.370	21.562	19.773	17.941	17.608
	19:00:00	14.891	21.733	22.493	20.261	22.805	21.202	21.634	19.773	17.894	17.608
	19:30:00	14.125	21.637	22.421	20.166	23.021	21.441	21.658	19.916	17.870	17.585
	20:00:00	15.249	21.733	22.182	20.071	23.069	21.442	21.539	20.321	17.823	17.585
	20:30:00	14.891	21.685	21.799	19.952	23.069	21.322	21.730	20.249	17.799	17.561
	21:00:00	14.244	21.589	21.393	19.809	23.045	20.821	21.730	20.178	17.799	17.537
	21:30:00	14.699	21.350	21.250	19.667	22.997	20.797	21.730	20.201	17.775	17.513
	22:00:00	14.915	21.158	21.059	19.524	22.949	20.749	21.634	20.225	17.727	17.489
	22:30:00	14.628	21.015	21.107	19.429	22.901	20.654	21.562	20.249	17.680	17.466
	23:00:00	14.077	20.847	21.203	19.286	22.805	20.725	21.539	20.273	17.632	17.466
	23:30:00	13.837	20.680	21.513	19.167	22.709	20.726	21.491	20.273	17.585	17.442
11/12/2017	0:00:00	13.452	20.513	20.797	19.048	22.565	20.631	21.467	20.249	17.561	17.418
	0:30:00	13.187	20.346	20.726	18.929	22.517	20.702	21.419	20.225	17.513	17.418
	1:00:00	13.043	20.203	20.154	18.810	22.350	20.775	21.419	20.201	17.489	17.394
	1:30:00	12.971	20.012	19.916	18.715	22.254	20.488	21.371	20.201	17.466	17.371
	2:00:00	12.947	19.869	20.154	18.620	22.086	20.488	21.299	20.178	17.442	17.347
	2:30:00	12.754	19.702	19.606	18.477	21.991	20.488	21.323	20.178	17.394	17.323
	3:00:00	12.657	19.535	19.440	18.406	21.823	20.416	21.323	20.154	17.371	17.299
	3:30:00	12.560	19.368	19.821	18.311	21.704	20.440	21.276	20.154	17.347	17.252
	4:00:00	12.391	19.225	19.273	18.216	21.561	20.464	21.252	20.130	17.299	17.252
	4:30:00	12.222	19.059	19.059	18.144	21.441	20.417	21.204	20.130	17.275	17.204
	5:00:00	12.246	18.916	18.988	18.049	21.298	20.417	21.132	20.106	17.228	17.204
	5:30:00	12.464	18.797	19.250	17.954	21.561	20.465	21.084	20.106	17.228	17.180
	6:00:00	12.222	18.821	18.679	17.859	21.441	20.560	21.061	20.082	17.252	17.156
	6:30:00	12.367	18.725	18.893	17.764	21.131	20.464	21.108	20.082	17.252	17.133
	7:00:00	12.464	18.559	19.226	17.764	20.916	20.418	20.941	20.059	17.252	17.109
	7:30:00	12.705	18.511	19.273	17.764	20.702	20.013	20.893	20.106	17.252	17.085
	8:00:00	12.754	18.368	18.584	17.716	20.535	19.846	20.726	20.082	17.204	17.061
	8:30:00	13.476	18.416	18.393	17.692	20.392	19.870	20.607	19.940	17.180	17.085
	9:00:00	13.837	18.464	18.370	17.692	20.249	19.537	20.559	19.892	17.180	17.109
	9:30:00	15.106	18.725	18.702	17.764	20.130	19.559	20.559	19.844	17.204	17.204
	10:00:00	15.727	18.797	18.774	17.764	20.035	19.512	20.631	19.797	17.228	17.204
	10:30:00	16.013	18.844	18.298	17.787	20.011	19.583	20.559	19.773	17.228	17.228
	11:00:00	18.322	19.535	18.227	17.954	20.011	20.298	21.156	19.749	17.252	17.323
	11:30:00	18.274	19.559	18.274	18.002	20.082	20.633	21.013	19.725	17.299	17.323
	12:00:00	19.035	19.487	18.607	18.121	20.440	20.107	20.941	19.678	17.371	17.323
	12:30:00	18.607	19.392	19.226	18.192	20.154	19.509	20.798	19.630	17.394	17.323
	13:00:00	18.726	19.773	18.655	18.573	19.868	19.721	20.798	19.606	17.418	17.347
	13:30:00	19.654	20.823	19.178	19.143	19.773	19.836	20.893	19.606	17.466	17.418

	14:00:00	19.464	21.158	19.797	19.238	19.940	19.689	20.798	19.606	17.489	17.442
	14:30:00	18.584	21.254	19.916	19.334	19.916	20.142	20.703	19.606	17.513	17.418
	15:00:00	19.773	21.709	20.035	19.667	19.940	20.910	20.631	19.606	17.561	17.442
	15:30:00	19.797	21.973	20.035	19.500	19.963	21.320	20.559	19.583	17.585	17.442
	16:00:00	21.393	21.925	20.368	19.334	20.035	21.344	20.512	19.583	17.632	17.418
	16:30:00	18.155	21.134	20.154	19.191	20.082	20.746	20.416	19.559	17.656	17.394
	17:00:00	16.013	20.728	20.201	19.120	20.154	20.125	20.464	19.535	17.632	17.347
	17:30:00	15.846	20.513	20.654	19.096	20.297	19.983	20.536	19.511	17.656	17.299
	18:00:00	14.963	20.441	20.654	19.024	20.344	20.007	20.392	19.487	17.680	17.275
	18:30:00	14.532	20.179	20.178	18.882	20.392	19.792	20.297	19.440	17.632	17.275
	19:00:00	14.436	20.155	19.963	18.810	20.416	19.624	20.249	19.416	17.608	17.275
	19:30:00	14.220	20.179	20.059	18.715	20.535	19.983	20.202	19.416	17.561	17.275
	20:00:00	14.364	19.988	20.487	18.620	20.487	19.697	20.178	19.535	17.537	17.252
	20:30:00	14.556	19.869	20.559	18.573	20.392	19.506	20.106	19.892	17.513	17.228
	21:00:00	14.604	19.797	20.392	18.477	20.392	19.029	20.130	19.963	17.513	17.228
	21:30:00	14.148	19.726	20.154	18.382	20.392	19.173	20.178	19.868	17.537	17.180
	22:00:00	13.765	19.678	19.963	18.287	20.321	19.269	20.273	19.844	17.561	17.156
	22:30:00	13.572	19.535	19.678	18.216	20.297	19.174	20.249	19.844	17.751	17.156
	23:00:00	13.091	19.392	19.725	18.097	20.273	19.270	20.249	19.821	17.513	17.156
	23:30:00	13.091	19.273	19.345	17.954	20.201	19.319	20.249	19.797	17.442	17.133
12/12/2017	0:00:00	12.971	19.154	19.535	17.859	20.130	19.272	20.297	19.773	17.394	17.133
	0:30:00	12.754	19.011	18.988	17.740	20.106	19.367	20.321	19.749	17.347	17.133
	1:00:00	12.416	18.916	19.368	17.645	20.011	19.488	20.297	19.725	17.299	17.109
	1:30:00	12.512	18.821	18.845	17.573	19.940	19.297	20.297	19.725	17.275	17.085
	2:00:00	12.222	18.678	18.607	17.478	19.844	19.297	20.297	19.702	17.228	17.085
	2:30:00	12.028	18.559	18.869	17.383	19.773	19.345	20.273	19.678	17.204	17.061
	3:00:00	11.931	18.440	18.441	17.311	19.678	19.321	20.249	19.654	17.180	17.037
	3:30:00	11.907	18.297	18.251	17.216	19.606	19.369	20.249	19.630	17.133	17.014
	4:00:00	11.859	18.178	18.465	17.144	19.511	19.417	20.226	19.606	17.085	16.990
	4:30:00	11.786	18.059	18.108	17.049	19.416	19.417	20.226	19.583	17.061	16.966
	5:00:00	11.616	17.940	18.037	16.978	19.321	19.441	20.154	19.559	17.014	16.942
	5:30:00	11.640	17.845	18.346	16.930	19.368	19.513	20.178	19.559	16.966	16.918
	6:00:00	11.737	17.702	17.894	16.858	19.250	19.441	20.130	19.535	17.061	16.895
	6:30:00	11.665	17.655	17.894	16.787	19.107	19.394	20.130	19.511	16.990	16.847
	7:00:00	12.343	17.726	18.607	16.763	18.988	19.585	20.130	19.013	16.942	16.847