

CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN ENERGÉTICA DE INFILTRACIONES POR ABERTURAS EN EL PARQUE HABITACIONAL URUGUAYO.

Casañas, V⁽¹⁾; Pereira, L⁽¹⁾; Liston, M⁽¹⁾; Cataldo, J⁽²⁾

⁽¹⁾ Instituto de Construcción – Facultad de Arquitectura

⁽²⁾ Instituto de Mecánica de Fluidos e Ingeniería Ambiental – Facultad de Ingeniería
Universidad de la República – Uruguay
Febrero 2015

Recibido 10/08/16, aceptado 07/10/16

RESUMEN: El parque habitacional en Uruguay puede ser descripto en forma significativa a través de un conjunto de tipologías constructivas que comprende tanto viviendas tipo casa como tipo apartamento de superficies totales de entre 50 m² y 105 m². Asumiendo que las infiltraciones de aire que presentarían estas viviendas fueran del mismo orden que las admisibles en países como Alemania o Reino Unido, darían lugar a consumos energéticos del orden de la mitad que en esos países. Asimismo, se podrían considerar admisibles infiltraciones de más del doble, que las admisibles en dichos países, si se supusiera que es admisible consumir la misma cantidad de calor que en los mismos.

Este análisis permite estimar las infiltraciones admisibles que se podrían tener a través de los cerramientos de la vivienda, los cuales se estiman a partir de relevamientos realizados en diversos países. Para una misma diferencia de presión entre el interior y exterior de la vivienda en una edificación tipo apartamento se podría admitir una infiltración mayor a través de los cerramientos que en una casa, debido a que en la segunda existen una mayor cantidad de componentes de la envolvente por donde podrían tenerse infiltraciones.

Las infiltraciones así determinadas muestran la conveniencia de adecuar las normativas de clasificación de cerramientos a las realidades climáticas del país.

Palabras clave: eficiencia térmica, valoración energética, infiltraciones de aire, clasificación de aberturas, consumo energético, renovaciones horarias.

1-INTRODUCCION

El uso racional de la energía utilizada para el acondicionamiento térmico de las viviendas es una preocupación cada vez mayor en el mundo. Esto ha llevado al exhaustivo estudio de los materiales utilizados para la construcción de sus envolventes, en la búsqueda de una mejora en su eficiencia térmica.

En el contexto del Proyecto FSE_1_2013_10951 financiado por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII), cuyo objetivo es el estudio del desempeño energético y estructural de los cerramientos; se estudia la incidencia energética de las infiltraciones que se producen a través de las aberturas de la envolvente de una vivienda. Consecuencia de ello, se desprende la relevancia que presenta el nivel de infiltraciones de aire en el balance térmico global de viviendas.

Luego del estudio de la normativa vigente y del relevamiento habitacional del país en base a información disponible, se planteó una propuesta descriptiva de caracterización del parque habitacional nacional, la cual permite caracterizar los requerimientos usuales o admisibles que en materia energética y de ventilación se tendrían en nuestro país, así como criterios seguidos en la ventilación de los ambientes de una vivienda.

Se realiza una valoración energética de los casos de estudio más significativos que surgen de la caracterización antes descripta y siguientes puntualizaciones, aplicando los requisitos que se desprenden de las normativas internacionales relevadas. Esta valoración será un comparativo significativo de requerimientos de renovación de aire y consumos energéticos asociados.

Si bien se han estudiado varios casos, en el presente documento se presentará uno sólo.

2-METODOLOGÍA

2.1 – Normativa nacional

La normativa vigente en Uruguay, que ordena el ensayo de permeabilidad al aire de cerramientos [1], permite inferir las infiltraciones que se producirían a través de los mismos, mientras permanecen cerrados, debido a la acción del viento y la temperatura; en tanto la normativa que ordena su clasificación [2], permite determinar si esas infiltraciones resultan admisibles para las categorías establecidas en la norma. Cabe señalar una carencia de vinculación explícita entre esta normativa y las condiciones locales que se tienen en el país, lo que no permite determinar si el desempeño de la abertura ensayada dará lugar a un nivel de infiltraciones admisibles en las condiciones climáticas del medio local. Esta infiltración admisible de un local, se refiere a los requerimientos energéticos a que éstas dan lugar, así como la ventilación que producen del mismo en las condiciones climáticas (temperatura exterior y presión inducida por el viento) a la que será expuesto el espécimen ensayado en su implantación. En este trabajo se busca analizar la compatibilidad que habría entre las condiciones de infiltración admisibles y la clasificación que realiza la normativa de clasificación de cerramientos.

2.2 – Caracterización del parque habitacional

Para el análisis del desempeño energético de cerramientos, se hace necesario describir las características del parque habitacional uruguayo, a fin de identificar los tipos de vivienda significativos a estudiar.

Se buscó clasificar las viviendas según su conformación en planta (superficie y número de habitaciones) y su tipología (casa o apartamento). Cabe señalar que éste ordenamiento de las viviendas tiene por objeto caracterizar en forma global al parque habitacional nacional existente. En tal sentido, se buscó identificar las características de las viviendas más usuales de nuestro país, lo cual implica que esta clasificación, posiblemente, no permitiría caracterizar viviendas con prestaciones muy apartadas de los casos más generales.

Se relevó y estudió los datos disponibles en los principales organismos estatales: Instituto Nacional de Estadística (INE), la Intendencia de Montevideo (IM) y Dirección Nacional de Catastro (DNC). Asimismo, se efectuaron consultas a la Unidad de Vivienda de la Facultad de Arquitectura de la UdelaR, a la Agencia Nacional de Vivienda (ANV) y se realizó una solicitud de información desagregada a la Dirección Nacional de Catastro (DNC). En base a esta información recabada se propuso la metodología que se presenta a continuación, a los efectos de caracterizar las tipologías de vivienda presentes en nuestro país.

A partir de los datos correspondientes al Censo 2011 del INE se puede afirmar, con un error inferior al 5% que cada vivienda es ocupada por un hogar. Asimismo, en base a la información del INE, también es posible obtener la cantidad de viviendas que se tienen por categoría, definida por la cantidad total de habitaciones y la cantidad de habitaciones que se destinan a dormir. Por otra parte, la DNC propone una relación entre la cantidad de dormitorios, la superficie de la vivienda y la calidad de la misma. Asumiendo como hipótesis la existencia de una relación entre la categorización de viviendas propuesta por la DNC y la categorización realizada a partir de la información recabada del censo del INE antes descripto, es posible determinar la superficie promedio de cada categoría de vivienda establecida a partir del censo del INE.

En cuanto a la tipología de viviendas, tomando como referencia la información recabada en el Censo 2011, se identifica que en el área urbana el 76,1% de las viviendas responden a la tipología casa, mientras que el 15,7% corresponde a la tipología apartamento en altura. Asimismo, en base a la información provista por la DNC se observa que predominan superficies en el entorno de los 70 m² para el caso de estudio tipología casa, mientras que en los casos de propiedad horizontal (cada unidad

se asume apartamento) las superficies rondan los 50 m². En base a estas consideraciones se propone la categorización que se consigna en la Tabla 1. Se destaca que el área consignada en la Tabla 1 es el total del área en planta la cual incluye, además de los ambientes de la vivienda la superficie ocupada por muros y terrazas, esto último en los casos que corresponda.

TIPO	CANT. HAB.	CANT. DORM.	TIPO DE VIVIENDA	CATEGORÍA	m ²
1a	2	1	Casa	Mediana	50m ²
1b	2	1	apartamento	Mediana	50m ²
2a	3	2	Casa	Mediana	70m ²
2b	3	2	apartamento	Mediana	70m ²
3a	4	2	Casa	Buena	85m ²
3b	4	2	apartamento	Buena	85m ²
4a	5	3	Casa	buena	105m ²
4b	5	3	apartamento	buena	105m ²

Tabla 1 – Casos de estudio

Si se tiene en cuenta la cantidad de viviendas que se tienen en el país, deducido a partir del censo del INE, y la superficie promedio de las mismas, que se presenta en la Tabla 2, se deduce que la superficie total de viviendas en el país sería del orden de los 72.486.000 m². Este valor puede ser validado con la información que dispone la DNC en sus documentos, una superficie total de viviendas cercana a los 77.328.000 m².

En base a los resultados antes presentados se asume que la tipología consignada en la Tabla 1 resulta una representación significativa del parque de viviendas del país.

3 – CONSUMO DE ENERGÍA y RENOVACIONES EN TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS

Con el objetivo de cuantificar los consumos energéticos admisibles que se tendrían en las viviendas, asociadas a las infiltraciones que se producen a través de las aberturas, se analizaron diversas normativas internacionales que establecen valores admisibles de permeabilidad o hermeticidad de la envolvente, así como valores de ventilación higiénica recomendada [3,4].

Partiendo de los datos que surgen del análisis de las normativas internacionales, particularmente las europeas, es posible realizar una estimación de los consumos energéticos a que dan lugar estos valores establecidos en un clima particular, para lograr condiciones interiores de confort higro-térmico. En la valoración se consideraron los casos de estudio más significativos y representativos del parque habitacional uruguayo, que se identificaron en la Tabla 1.

Como datos de base se supuso una temperatura interior de confort de 20°C, la temperatura media exterior del mes con menor temperatura del periodo frío en cada sitio [5] y se consideraron las renovaciones horarias (CHR) propuestas por la normativa de cada país presentadas en [6]. Los niveles de ventilación admisible o requerida se suelen presentar como de renovaciones horarias, es decir caudal de aire referida al volumen de la vivienda o caudales de aire por unidad de superficie en planta de la vivienda. Estos valores de caudal serían los que habría cuando la diferencia de presión entre el exterior y el interior de la vivienda presenta un valor determinado, utilizándose usualmente 50 Pa como valor de referencia, aunque algunos países han adoptado como referencia de presión de referencia 4 Pa. En base a esta información y considerando las características geométricas de cada tipología de vivienda se infirieron la potencia térmica que se requiere aportar al ambiente de la vivienda para lograr las condiciones de confort si se producen las renovaciones de aire recomendadas. En la Tabla 2 se presenta, para alguno de los países considerados, a modo de ejemplo, los consumos energéticos resultantes de este cálculo para el caso de la vivienda tipo Casa de 70 m² de superficie,

caso 2a de la Tabla 1, así como la potencia específica consumida, es decir la potencia por unidad de superficie en planta.

PAIS	CHR	T ext	Q	Potencia Específica
	(vol/h)	(°C)	(kW)	(kW/m ²)
ALEMANIA	3.00	-0.4	2.97	0.053
AUSTRIA	3.00	-0.7	3.02	0.054
BELGICA	3.00	2.5	2.52	0.045
BULGARIA	0.13	-1.7	0.13	0.002
ESLOVENIA	3.00	-1.6	3.16	0.056
ESTONIA	0.11	-5.2	0.13	0.002
LETONIA	0.05	-4.4	0.06	0.001
LITUANIA	3.00	-6.1	3.89	0.069
NORUEGA	3.00	-4.3	3.59	0.064
PORTUGAL	0.60	11.4	0.24	0.004
REINO UNIDO	9.02	4.2	6.81	0.122

Tabla 2 – Comparativo de consumos energéticos – Países europeos (casa 70 m²)

Por otro lado, en ASHRAE [7] se recomienda que para asegurar una ventilación que permita lograr niveles de salubridad adecuados en el interior de una vivienda de estas características debería tenerse una renovación mínima horaria de 0.45

En Uruguay el valor de temperatura exterior de referencia, es decir el valor medio del mes más frío que es el mes de julio es de 11°C. A partir de esto se hicieron dos tipos de análisis. Un primer análisis consistió en suponer una renovación igual a la admisible en cada uno de los países considerados. El segundo análisis consistió en suponer que resultara admisible un consumo de potencia específica como el que se tendría en cada uno de los países que se mencionan en la Tabla 2 y se estimó en dicho caso la renovación horaria admisible que se tendría en Uruguay.

Se observa que para varios países se tienen la misma cantidad de renovaciones admisibles, por lo que el análisis antes mencionado se realizó considerando las recomendaciones de tres países como Alemania, Portugal y Reino Unido, que cubren un intervalo de valores de temperatura exterior de referencia de entre -0.4°C y 11.4°C. Asimismo, las recomendaciones de renovaciones de estos países cubren también un intervalo amplio de entre 0.6 a 9.02.

En la Tabla 3 se presenta entonces el consumo de potencia dada la renovación horaria y en la Tabla 4 la renovación horaria dado el consumo de energía térmica.

		Casa 50m ²	Casa 70m ²	Casa 85m ²	Casa 105m ²
PAÍS	CHR	Q	Q	Q	Q
	(vol/h)	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)
PORTUGAL	0.60	0.18	0.25	0.32	0.40
ALEMANIA	3.00	0.89	1.26	1.59	1.99
REINO UNIDO	9.02	2.67	3.79	4.77	5.98
		Apto 50m ²	Apto 70m ²	Apto 85m ²	Apto 105m ²
PAÍS	CHR	Q	Q	Q	Q
	(vol/h)	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)
PORTUGAL	0.60	0.18	0.26	0.31	0.41
ALEMANIA	3.00	0.90	1.32	1.55	2.07
REINO UNIDO	9.02	2.70	3.96	4.67	6.22

Tabla 3 – Comparativo de consumos energéticos debido a infiltraciones – Uruguay

PAÍS	CHR
	(vol/h)
PORTUGAL	0.57
ALEMANIA	7.08
REINO UNIDO	16.22

Tabla 4 – Renovaciones resultantes para un consumo dado.

Si se compara el resultado presentado en la Tabla 3 con el presentado en la Tabla 2, tal como era de esperar en Uruguay, para un nivel de renovaciones dada, se consumiría la mitad de potencia que en Alemania donde se tendría un clima más exigente, así como sería admisible el doble de renovaciones si se supone el mismo consumo energético que en Alemania.

4 – ESTUDIO ENERGÉTICO DE LA INCIDENCIA DE LAS INFILTRACIONES POR ABERTURAS

Para la consideración global de las infiltraciones por aberturas, se debe conocer el sistema constructivo de la vivienda en cuestión, en el entendido de que cada sistema conlleva sus especificidades y sus vicios, teniendo zonas críticas que permiten el paso involuntario del aire a través de ellas.

De la información recabada del INE se observa que el 55 % del parque habitacional uruguayo está construido en sistema pesado. Las legislaciones uruguayas establecen que el área de la superficie de la envolvente de la edificación destinada a iluminación es del 10% y a ventilación el 5% de la superficie en planta de los locales habitables [8], lo cual debería ser cumplido por las viviendas antes mencionadas. Sin embargo, las tendencias en el diseño de las viviendas han llevado a incrementar la superficie destinada a iluminación y ventilación, pudiendo observarse que no resultan inferior al doble de la proporción antes mencionada. Por lo tanto, en este análisis se supuso que el área de aberturas es del 20% de la superficie en planta de las viviendas.

En la medida que no se encontraron datos que vinculen la materialidad de las edificaciones y las infiltraciones respectivas del parque habitacional uruguayo, se asumió como base de referencia los trabajos presentados en [9]. A partir de esta información sería posible deducir que la incidencia de las infiltraciones por aberturas sería de un 43% en la tipología casa, mientras que en la tipología apartamentos sería del orden del 81%, ambas referidas a las infiltraciones totales que habría en una vivienda.

A partir de éste resultado se estimó la incidencia que tendrían las infiltraciones por las aberturas en los consumos energéticos, suponiendo la proporción de infiltraciones a través de los cerramientos antes mencionados en las renovaciones de aire. En la Tabla 5 se presenta la demanda de potencia térmica debido a las infiltraciones que se tendrían a través de las aberturas, suponiendo que la infiltración total sería la admisible, tal como se especifica en la Tabla 3.

PAÍS	CHR (vol/h)	Casa 50m ²	Casa 70m ²	Casa 85m ²	Casa 105m ²
		Q (kW)	Q (kW)	Q (kW)	Q (kW)
PORTUGAL	0.26	0.08	0.11	0.14	0.17
ALEMANIA	1.29	0.38	0.54	0.68	0.85
REINO UNIDO	3.88	1.15	1.63	2.05	2.57

PAÍS	CHR	Apto 50m ²	Apto 70m ²	Apto 85m ²	Apto 105m ²
		Q	Q	Q	Q
	(vol/h)	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)
PORTUGAL	0.26	0.15	0.21	0.25	0.34
ALEMANIA	1.29	0.73	1.07	1.26	1.68
REINO UNIDO	3.88	2.19	3.20	3.78	5.04

Tabla 5 – Potencia térmica demandada para el calentamiento de infiltraciones en ventanas

En la Tabla 6 se presenta el caudal admisible que se podría tener a través de las aberturas por unidad de superficie de aberturas, si se supusiera que la demanda de potencia térmica total en la vivienda fuera el que se dedujo para tres de los países considerados en la Tabla 2.

PAÍS	Infiltraciones a través de aberturas	
	(m ³ /h /m ²)	
	Casa	Apto
PORTUGAL	3.0	5.6
ALEMANIA	36.6	68.9
REINO UNIDO	83.7	157.7

Tabla 6 – Infiltración admisible referida a la superficie de ventanas en una vivienda.

En la medida que, en las viviendas tipo apartamento, prácticamente todas las infiltraciones se tendrían a través de las aberturas se podría ser más permisivos con las mismas, para el mismo valor de diferencia de presión entre el exterior y el interior de la vivienda. Este análisis no tiene en cuenta la ubicación donde se encuentra instalada la abertura, sino sólo la condición en la cual opera.

En la Figura 1 se presenta un diagrama, en escala logarítmica, utilizado para clasificar ventanas de acuerdo al resultado que se obtiene de realizar el ensayo de permeabilidad al aire. En ese gráfico se representaron los criterios que se utilizan en tres normas que son la norma europea [10], la norma brasileña [11] y la norma de Uruguay [2]. En los tres casos, la clasificación de la ventana se realiza identificando la región donde se ubica la relación entre caudal y diferencia de presión que se deduce del ensayo de infiltración de aire.

Si se considerara que el caudal de aire de infiltración admisible fuera de tres renovaciones horarias, tal como se utiliza en Alemania, se observa que las aberturas que cumplen con tal condición estarían fuera de la clasificación que propone la Unión Europea, mientras que desde el punto de vista de la norma brasileña dichas ventanas podrían ser clasificadas como Mínimas o Intermedias, tal como puede ser visualizado en la Figura 1.

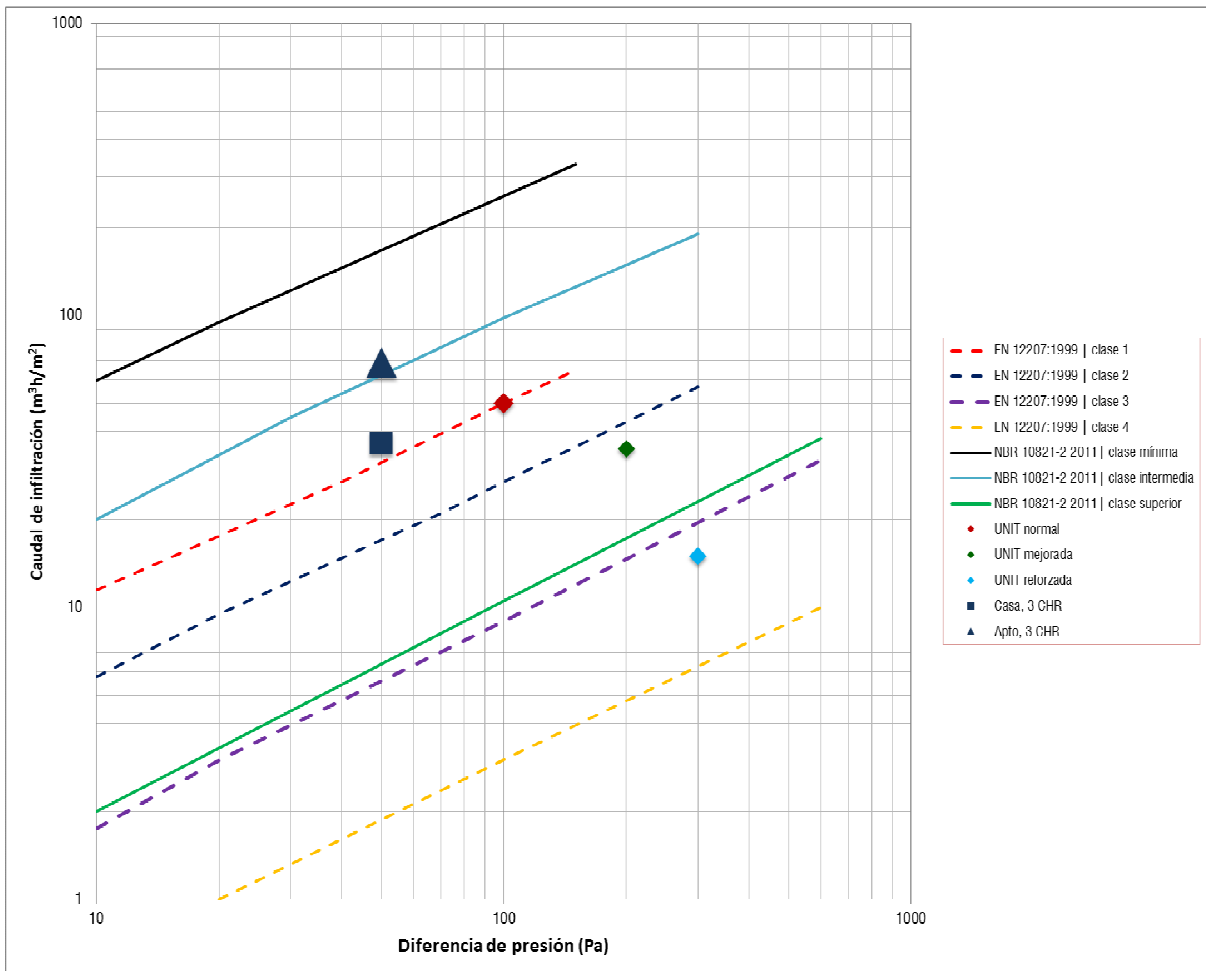


Figura 1 – Diagrama de clasificación de ventanas por permeabilidad al aire.

Se entiende que estas diferencias obedecen a diferentes condiciones climáticas para las cuales fueron desarrolladas las clases de clasificación incluidas en cada norma. Observando la Figura 1 no queda claro que en el desarrollo de la norma uruguaya se haya seguido ese criterio, pues la clasificación NORMAL de dicha norma coincide con la clasificación CLASE 1 de la norma europea. Tal como se observará en las Tablas 3 y 5, si se fijara el valor máximo admisible de infiltraciones en valores similares a los manejados en países europeos, los consumos energéticos resultarían significativamente menores, lo cual parece corroborar que en el diseño de dicha norma no parece haberse considerado las condiciones climáticas del país.

5-CONCLUSIONES

El parque habitacional uruguayo se encuentra compuesto de viviendas tipo casa y tipo apartamento que en forma significativa presentan superficies en planta de entre 50 m² y 105 m².

Los consumos de energía térmica debido a la existencia de infiltraciones, suponiendo el mismo tenor de las mismas que en países europeos como Alemania y Reino Unido, resultan del orden del 40% debido a las condiciones más benignas del clima. Esto tiene asociado que si se supusiera admisible niveles de consumo de energía térmica similares a países europeos, los niveles de infiltraciones admisibles podrían ser el doble de los admitidos en dichos países.

Cabe señalar que estos conceptos y resultados se aplican a la totalidad de la envolvente de la vivienda en estudio, ya que consideran la totalidad de sus locales y aberturas. Es así que éste procedimiento permite tener una visión global del impacto energético de las infiltraciones en la vivienda y en particular de las asociadas a los cerramientos. Asimismo, la metodología seguida permite tener una visión global de los consumos energéticos por infiltraciones del parque habitacional en el país.

Por otro lado, si bien la metodología seguida no permite identificar las pérdidas de una abertura puntual, en un local determinado, brinda una referencia acerca de los requerimientos que se podrían exigir en general sobre cerramientos a instalar en una vivienda. Logrando una mayor hermeticidad en las aberturas (menor permeabilidad y mayor estanquidad) permitiría disminuir el consumo energético de las viviendas que de ellas depende.

A partir del análisis de la clasificación que en general presentarían estas aberturas se hace necesario realizar un estudio climático que permita adecuar la normativa a la realidad local.

6 -AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la ANII por el apoyo brindado para el desarrollo del proyecto.

Por la información brindada, agradecemos al INE, a la DNC, a la ANV. También, al Instituto de Construcción de la Facultad de Arquitectura - UdelaR por poner sus instalaciones al servicio del proyecto.

7 -REFERENCIAS

- [1] UNIT-ISO 6613:94 Ventanas y puertas ventanas – Ensayo de permeabilidad al aire.
- [2] UNIT 959: 94 | Ventanas - Criterios de clasificación. Comportamiento frente a la permeabilidad al aire, estanquidad al agua y resistencia al viento. Acceso 11/ago/2014
- [3] Ossio, F., De Herde, A. y Veas, L., “Exigencias europeas para infiltraciones de aire: Lecciones para Chile”, Revista de la Construcción, Vol. 11, Nro. 1, 2012.
- [4] Trebilcock, M. (2014) Clases de hermeticidad al aire en edificaciones, *Manual Hermeticidad al aire de edificaciones*; (págs. 36-53) CITEC, Universidad de BioBio, Concepción, Chile.
- [5] www.climatedata.eu
- [6] Ossio, F., De Herde, A. y Veas, L., “Exigencias europeas para infiltraciones de aire: Lecciones para Chile”, Revista de la Construcción, Vol. 11, Nro. 1, 2012.
- [7] ANSI/ASHRAE Standard 62.2-2004 – Ventilation and acceptable indoor air quality in low-rise residential buildings.
- [8] Digesto Departamental, Intendencia de Montevideo
Capítulos consultados: Volumen XV Planeamiento de la Edificación; Título II: Normas de higiene para edificios según su destino; Capítulo I: De la higiene de la vivienda
Disponible en: <http://normativa.montevideo.gub.uy/armado/82697>
Acceso 11/ago/2014
- [9] Trebilcock, M. (2014) Impacto de las singularidades en la hermeticidad al aire de los edificios, *Manual Hermeticidad al aire de edificaciones*; (págs. 72-85) CITEC, Universidad de BioBio, Concepción, Chile.
- [10] UNE-EN 12207:1999. Puertas y Ventanas. Permeabilidad al aire. Clasificación.
- [11] ABNT NBR 10821-2:2011. Escudrias externas para edificaciones. Parte 2: Requisitos e clasificacaos

ABSTRACT

The Uruguayan residential depot could be described with an ensemble of typologies including houses and apartment with plant Surface between 50 m² and 105 m². Supposing the same order of infiltration as allowed in countries as Germany or United Kingdom thermal power requirement for air conditioning result less than the half for such countries. Also, if we would consider allowed the same thermal power as such counties more than the double of infiltration could be allowed in Uruguay.

From this analysis, we guess an allowed infiltration across fenestration using data from different countries. For a differential pressure between outside and inside of the dwelling in an apartment could a greater infiltration across the window than a house because in the last one other infiltration source exist.

The calculated infiltrations show convenience to introduce the climatic conditions of the country into the classification codes of windows.