

# **ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA**

## **INGENIERO INDUSTRIAL**

### **ANÁLISIS DE UN MODELO DE VENTILACIÓN UNIZONA EN PRESIONES Y MULTIZONA EN CAUDALES**

Antonio Catalán Alarcón

Sevilla, Febrero 2014



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA

INGENIERO INDUSTRIAL

ANÁLISIS DE UN MODELO DE VENTILACIÓN UNIZONA EN  
PRESIONES Y MULTIZONA EN CAUDALES

DEPARTAMENTO: TERMOTECNIA

DIRECTOR DEL PROYECTO: JOSE MANUEL SALMERÓN LISSEN

AUTOR DEL PROYECTO: ANTONIO CATALÁN ALARCÓN

Sevilla, Febrero 2014

Fdo: Antonio Catalán Alarcón

## Contenido

1.	Memoria.....	12
1.1.	Objeto.....	12
1.2.	Alcance .....	13
1.3.	Estudio Previo.....	14
1.3.1.	Documento básico HS Salubridad HS3 Calidad del aire interior .....	14
1.3.1.1.	Caudales de ventilación mínimos exigidos.....	14
1.3.1.2.	Cuadal de ventilación .....	15
1.3.1.3.	Circulación del aire .....	15
1.3.1.4.	Renovaciones hora ACH .....	16
1.3.2.	Documento básico HE Ahorro de Energía HE-1 Limitación de demanda energética 16	
1.3.3.	Relación entre el HS-3 y el HE-1 .....	17
1.3.4.	Influencia de la ventilación e infiltraciones en la demanda de la vivienda.....	17
1.3.4.1.	CE2.....	18
1.3.4.2.	CE3.....	20
1.3.4.3.	LIDER 2006 (Edificio de Referencia) .....	24
1.4.	Capacidades Adicionales Ventilación LIDER 2013.....	25
1.4.1.	Introducción .....	25
1.4.2.	Uso de los locales de habitables de la vivienda .....	25
1.4.3.	Tecnologías. Schedule de caudales (Esquemas de caudales) .....	26
1.4.3.1.	Consideraciones previas. Diferencias LIDER 2006-LIDER 2013 en el cálculo de los caudales de ventilación. ....	26
1.4.3.2.	Caudales LIDER 2006. Distribución de caudales en la vivienda .....	27
1.4.3.3.	Ejemplo 0. Cálculo de caudal de ventilación HS-3 LIDER 2006 .....	27
1.4.3.4.	Caudales de Extracción 2013. Simple nivel .....	29
1.4.3.5.	Doble nivel.....	30
1.4.3.6.	Triple nivel.....	34
1.4.3.7.	Cuádruple Nivel .....	37
1.4.3.8.	Caudal Cocina .....	41
1.4.3.9.	Significado de las tecnologías. Reducción de Caudal. ACH equivalente .....	41
1.4.3.10.	Consideraciones Computacionales, Cálculo de Perfiles de Caudal CDEEW ....	43
1.4.3.11.	Escritura de los datos de entrada según la tecnología empleada.....	44
1.4.4.	Permeabilidad Total. Permeabilidad de opacos.....	48
1.4.4.1.	Permeabilidad Total por defecto LIDER 2006 .....	48
1.4.4.2.	Permeabilidad de Opacos por defecto LIDER 2013.....	48

1.4.4.3.	Permeabilidad total n50. Puerta soplante método B. UNE-EN 13829:2002	
Apartado 6.3.1.		49
1.4.4.4.	Permeabilidad total. Relación con permeabilidad de opacos y ventanas .....	50
1.4.4.5.	Consideración computacional. Permeabilidad de opacos calculada por tipo de espacio	52
1.4.4.6.	Ejemplo de cálculo de permeabilidad de opacos, Ejemplo 0.....	54
1.4.4.7.	Ejemplo 0.1 Cocina y aseo, y 2 aseos .....	57
1.4.5.	Rejillas .....	60
1.4.5.1.	Rejilla Convencional .....	60
1.4.5.2.	Rejilla autorregulable .....	60
1.4.5.3.	Rejilla Antirretorno.....	61
1.4.5.4.	Consideraciones computacionales en el Cálculo de Rejillas .....	62
1.4.6.	Dimensionamiento de rejillas. Distribución de caudales a lo largo de la vivienda .	64
1.4.6.1.	Permeabilidad. Cálculo de Permeabilidad de Opacos.....	64
1.4.6.2.	Dimensionamiento de rejillas.....	66
1.4.6.3.	Hipótesis para el cálculo de la c de rejillas .....	66
1.4.6.3.1.	Situación 1. Viento nulo. ....	67
1.4.6.3.2.	Situación 2. Viento a $v = 4 \text{ m/seg}$ Cálculo del reparto de caudales.....	70
1.4.7.	Cuándo se empiezan a producir infiltraciones $qvivienda > qsdpb$ .....	72
1.4.7.1.	Situación 1. $v = 0 \text{ m/s}$ Caudal de entrada igual a Caudal de extracción.....	73
1.4.7.2.	Situación 2. $v = 4 \text{ m/s}$ Caudal de entrada igual a Caudal de extracción.....	74
1.4.7.3.	Situación 3. $v = 4 \text{ m/s}$ Caudal de entrada mayor a Caudal de extracción ....	74
1.4.8.	Distribucion de caudales en la vivienda, diferencias entre 2006-2013 y Capacidades Adcionales de Ventilación .....	75
1.5.	Bibliografía .....	77
2.	Resultados .....	78
2.1.	Consideraciones Previas.....	78
2.2.	Detalle de los ejemplos utilizados .....	80
2.2.1.	Ejemplos propios .....	80
2.2.2.	Viviendas unifamiliares .....	81
2.2.3.	Viviendas en bloque .....	83
2.3.	Análisis a realizar .....	87
2.3.1.	Distribución de caudales en la vivienda, comprobación de balance de caudales	87
2.3.2.	Variación de la demanda debido a la interacción de los caudales entre espacios	88
2.3.3.	Análisis del parámetro c de rejillas.....	89

2.3.4.	Análisis de la permeabilidad.....	89
2.3.5.	Análisis general.....	94
2.3.6.	Grupos de Ventilación en viviendas en bloque.....	96
3.	Desarrollos futuros y Conclusiones.....	97

Figura 1 Caudales de ventilación mínimos exigidos. Tabla 2.1 del CTE HS-3.....	14
Figura 2 Ejemplos de ventilación en el interior de las viviendas. Figura 3.1 del CTE HS-3. ....	16
Figura 3 Procedimiento de cálculo del IEE de calefacción .....	18
Figura 4 Representación gráfica del IEE de calefacción respecto a las ACH, en las zonas climáticas indicadas. Se observa la interpolación lineal establecida para los valores intermedios. ....	19
Figura 5 Influencia en la demanda de calefacción de los elementos indicados. Ejemplo 1 con 0.4 ACH en zona A, usando el CE3.....	21
Figura 6 Influencia en la demanda de calefacción de los elementos indicados. Ejemplo 1 con 1.2 ACH en zona A, usando el CE3.....	21
Figura 7 Evolución de la ventilación en la demanda de acorde a distintos valores de ACH de entrada, para las distintas zonas climáticas. Ejemplo 1 (LIDER 2006), usando CE3.....	22
Figura 8 Evolución de la ventilación en la demanda de acorde a distintos valores de ACH de entrada, para las distintas zonas climáticas. Ejemplo 6 (LIDER 2006), usando CE3.....	23
Figura 9 Influencia en la demanda de calefacción de los elementos indicados. Ejemplo 1 con 0.6 ACH en zona A, usando el edificio de referencia del LIDER 2006. ....	24
Figura 10 Captura del nuevo menú de Capacidades Adicionales del LIDER 2013 .....	25
Figura 11 Esquema del Ejemplo 0 .....	27
Figura 12 Caudal mínimo de ventilación del Ejemplo 0 en LIDER 2006 y LIDER 2013 Simple nivel. ....	28
Figura 13 Caudales mínimos de ventilación del Ejemplo 0 en LIDER 2006 y LIDER 2013 Simple nivel, Invierno-Verano.....	29
Figura 14 Caudal mínimo de ventilación del Ejemplo 0 en LIDER 2013 Doble nivel.....	32
Figura 15 Caudales mínimos de ventilación del Ejemplo 0 en LIDER 2013 Doble nivel, Invierno-Verano .....	32
Figura 16 Esquema del Ejemplo 0.1 .....	33
Figura 17 Comparativa simple-doble nivel. Ejemplo 0.1.....	34
Figura 18 Caudal mínimo de ventilación del Ejemplo 0 en LIDER 2013 Triple nivel .....	37
Figura 19 Caudales mínimos de ventilación del Ejemplo 0 en LIDER 2013 Triple nivel, Invierno-Verano .....	37
Figura 20 Caudal mínimo de ventilación del Ejemplo 0 en LIDER 2013 Cuádruple nivel.....	40
Figura 21 Caudales mínimos de ventilación del Ejemplo 0 en LIDER 2013 Cuádruple nivel, Invierno-Verano .....	40
Figura 22 Caudales mínimos de ventilación del Ejemplo 0 en LIDER 2013 Cocina, Invierno-Verano .....	41
Figura 23 Plano del Ejemplo 0 (Obtenido de la planta baja del Ejemplo 1 del LIDER 2006).....	54
Figura 24 Esquema de la planta del Ejemplo 0.1 (Se añade un baño al Ejemplo 0) .....	57
Figura 25 Modificación del ejemplo 0.1, cambiando un espacio baño por uno 'cocina' .....	58
Figura 26 Comparativa de la variación del comportamiento de las rejilla según el tipo. ....	63
Figura 27 Hipótesis empleadas para el dimensionamiento de las rejillas. ....	67
Figura 28 Escenarios posibles en el cálculo de los diversos caudales que afectan a la vivienda. Mientras que en las dos primeras figuras el caudal de entrada es el mismo que el de extracción, en la última figura se aprecia que existirán infiltraciones al ser el caudal de entrada mayor al de extracción. ....	73
Figura 29 Caudales de entrada en la vivienda en LIDER 2006. Como se aprecia en la figura no existe interacción entre los distintos espacios que componen la vivienda. Ejemplo 0. ....	75

Figura 30 Ventilación en LIDER 2013 Ejemplo 0. Los espacios interactúan unos con otros, siendo el recorrido de los caudales de espacios secos a húmedos, tal como especifica el CTE HS-3 .....	76
Figura 31 Ejemplo 0.....	80
Figura 32 Ejemplo 0.1.....	80
Figura 33 Ejemplo 1.....	81
Figura 34 Ejemplo 2.....	82
Figura 35 Ejemplo 3.....	83
Figura 36 Ejemplo 4. La figura de la izquierda muestra el original en LIDER 2006, la derecha muestra la versión final para LIDER 2013. ....	84
Figura 37 Ejemplo 5. La figura de la izquierda muestra el original en LIDER 2006, la derecha muestra la versión final para LIDER 2013. ....	86
Figura 38 Ejemplo 6.....	87
Figura 39 La primera imagen corresponde a LIDER 2006 (cálculo con ACH de la vivienda), la segunda (arriba a la izquierda) a LIDER 2006 con caudales correspondientes a LIDER 2013 (introduciendo el caudal en ACH por espacio), por último (la imagen inferior) LIDER 2013.....	88

Tabla 1 Valores promedios para una vivienda con calificación D del IEE en demanda de calefacción para zonas climáticas A, B, C y D (tabla a) y zona climática E (tabla b).....	19
Tabla 2 Cálculo detallado de las demandas del Ejemplo 1 con 1.2 ACH en zona A, usando el CE3 .....	21
Tabla 3 Influencia de la ventilación en la demanda para distintas ACH y zonas. Ejemplo 1 (LIDER 2006), usando CE3.....	22
Tabla 4 Influencia de la ventilación en la demanda para distintas ACH y zonas. Ejemplo 6 (LIDER 2006), usando CE3.....	23
Tabla 5 Resumen de los distintos valores relevantes para el cálculo de la ventilación mínima exigida. Ejemplo 0 LIDER 2006, LIDER 2013 simple nivel. ....	28
Tabla 6 Resumen de los distintos valores relevantes para el cálculo de la ventilación mínima exigida. Ejemplo 0 LIDER 2013 Doble nivel. Caso 1.....	31
Tabla 7 Resumen de los distintos valores relevantes para el cálculo de la ventilación mínima exigida. Ejemplo 0.1 LIDER 2013 Doble nivel. Caso 2.....	33
Tabla 8 Resumen de los distintos valores relevantes para el cálculo de la ventilación mínima exigida. Ejemplo 0 LIDER 2013 Triple nivel. ....	36
Tabla 9 Resumen de los distintos valores relevantes para el cálculo de la ventilación mínima exigida. Ejemplo 0 LIDER 2013 Cuádruple nivel. ....	39
Tabla 10 Reducción del caudal equivalente en el Ejemplo 0, según la utilización de las diversas tecnologías .....	43
Tabla 11 Valores aproximados de la Permeabilidad de Opacos, de acorde a la UNE-EN 15242.2007.....	49
Tabla 12 Valor de las variables significativas en el cálculo de la Permeabilidad de Opacos en el ejemplo 0 partiendo de la Permeabilidad Total por defecto en LIDER 2006.....	55
Tabla 13 Valor de las variables significativas en el cálculo de la Permeabilidad de Opacos en el ejemplo 0 partiendo de la Permeabilidad Total $n_{50}=1$ ACH.....	56
Tabla 14 Valor de las variables significativas en el cálculo de la Permeabilidad de Opacos en el ejemplo 0.1 partiendo de la Permeabilidad Total por defecto en LIDER 2006. Se resaltan las variaciones computacionales de los espacios tipo baño. ....	57
Tabla 15 Valor de la Permeabilidad de Opacos en los distintos espacios de la vivienda. Se resalta el valor modificado en los espacios tipo baño, al calcularse la permeabilidad como la suma de ambos espacios.....	58
Tabla 16 Valor de las variables significativas en el cálculo de la Permeabilidad de Opacos en el ejemplo 0.1 modificado partiendo de la Permeabilidad Total por defecto en LIDER 2006.....	58
Tabla 17 Relación de puentes térmicos entre las versiones LIDER 2006 y LIDER 2013 .....	79
Tabla 18 Datos relevantes del Ejemplo 1, asignación de uso a los espacios, y caudales correspondientes para obtener las ACH de la vivienda .....	81
Tabla 19 Datos relevantes del Ejemplo 2, asignación de uso a los espacios, y caudales correspondientes para obtener las ACH de la vivienda .....	82
Tabla 20 Datos relevantes del Ejemplo 3, asignación de uso a los espacios, y caudales correspondientes para obtener las ACH de la vivienda. Entre paréntesis se indica la multiplicidad de los caudales relativos a la segunda planta. ....	82
Tabla 21 Datos relevantes del Ejemplo 4, asignación de uso a los espacios, y caudales correspondientes para obtener las ACH de la vivienda. Entre paréntesis se indica la multiplicidad de los caudales relativos a la segunda planta. ....	83
Tabla 22 Datos relevantes del Ejemplo 5, plantas 1,2 y 3. Asignación de uso a los espacios, y caudales correspondientes para obtener las ACH de la vivienda. Entre paréntesis se indica la multiplicidad de los caudales relativos a la segunda y tercera plantas. ....	85

Tabla 23 Datos relevantes del Ejemplo 5, planta 4. Asignación de uso a los espacios, y caudales correspondientes para obtener las ACH de la vivienda .....	85
Tabla 24 Datos relevantes del Ejemplo 6, planta baja. Asignación de uso a los espacios, y caudales correspondientes para obtener las ACH de la vivienda .....	86
Tabla 25 Datos relevantes del Ejemplo 6, plantas 2, 3 y 4. Asignación de uso a los espacios, y caudales correspondientes para obtener las ACH de la vivienda. Entre paréntesis se indica la multiplicidad de los caudales relativos a la segunda, tercera y cuarta plantas. ....	87

Símbolo	Descripción	Unidad
$q$	Caudal de aire	$l/s$
$q_v$	Caudal de ventilación mínimo exigido	$l/s$
$\dot{V}$	Caudal de aire	$m^3/h$
$ACH$	Renovaciones hora (Air Changes per Hour)	$h^{-1}$
$V$	Volumen	$m^3$
$A$	Área	$m^2$
$S_{te}$	Superficie de transferencia exterior	$m^2$
$n_-$	Relación de cambio de aire, a cierta "-" diferencia de presiones	$h^{-1}$
$\dot{V}_-$	Relación del aire filtrado, a cierta "-" diferencia de presiones	$m^3/h$
$Q_-$	Permeabilidad al aire, con cierta "-" diferencia de presiones	$m^3/(h \cdot m^2)$
$k$	Permeabilidad al aire normalizada a una diferencia de presiones de 1 Pa	$m^3/(h \cdot m^2)$
$c_{20}$	Caudal de rejillas con una diferencia de presiones de 20 Pa	$m^3/h$
$\Delta P$	Diferencia de presiones	$Pa$
$n$	Exponente de caudal	-
$c_p$	Coefficiente de presión	-
$P_{int}$	Presión interna	$Pa$
$v$	Velocidad del viento	$m/s$
$\rho$	Densidad del aire	$kg/m^3$
$R.A.$	Relación aspecto	$m^2/m^3$

Índice	Explicación	Índice	Explicación
$s$	Relativo a espacios tipo salón	$d$	Relativo a espacios tipo dormitorio
$b$	Relativo a espacios tipo baño	$p$	Relativo a espacios tipo pasillo
$c$	Relativo a espacios tipo cocina		
$sdp$	Relativo al conjunto de espacios tipo salón, dormitorio y pasillo	$sdpb$	Relativo al conjunto de espacios tipo salón, dormitorio, pasillo y baño
2006	LIDER 2006	2013	LIDER 2013
$equiv$	equivalente	$verano$	Periodo de cálculo de verano

<i>simple</i>	Tecnología de simple caudal	<i>doble</i>	Tecnología doble caudal
<i>triple</i>	Tecnología de triple caudal	<i>cuádr</i>	Tecnología de cuádruple caudal
<i>vent</i>	Relativo a elementos tipo ventana	<i>puertas</i>	Relativo a elementos tipo puerta
<i>opac</i>	Relativo a elementos constructivos opacos	<i>ext</i>	Relativo a elementos en contacto con el exterior
<i>exp</i>	Relativo a fachadas expuestas	<i>no exp</i>	Relativo a fachadas no expuestas

## 1. Memoria

### 1.1. Objeto

El presente escrito pretende establecer una visión general de uno de los nuevos módulos del programa LIDER 2013, en sus Capacidades Adicionales de Ventilación.

El proceso de elaboración del programa no ha estado exento de dificultades hasta el último día, donde la ayuda del director del proyecto José Manuel Salmerón ha sido imprescindible. En el momento de comenzar esta andadura los resultados que se obtenían no eran coherentes, por lo que a parte del análisis que se va a mostrar en esta memoria, ha existido una estrecha comunicación y colaboración con los profesores encargados de la programación Francisco José Sánchez de la Flor y José Luis Molina con el fin de lograr hacer funcionar el programa correctamente.

Al estar este proyecto realizado por un estudiante de ingeniería, otras de las finalidades del proyecto son las de superación y aprendizaje. El trabajo en grupo con diversos profesores, los problemas encontrados y las distintas soluciones adoptadas para solventarlos, ayudarán a este estudiante a afrontar las posibles complicaciones que se tengan en un futuro ámbito profesional

Por último, y no menos importante, con la realización de este proyecto se dará por concluida una etapa más en el proceso de formación del que escribe. Este escrito representa el fin de los estudios de Ingeniería Industrial.

## 1.2. Alcance

La estructura de este proyecto se presenta en dos partes bien diferenciadas. Una primera en la que se presentan las bases teóricas del cálculo de los caudales de entrada en la vivienda, y una segunda donde se presentan los resultados de las mismas calculados con un ejecutable de la versión del LIDER 2013 en versión debug actualizada a día 15 de Febrero d 2014.

Se presenta a su vez una opción para la ventilación de la vivienda y así disminuir el caudal de extracción, el caudal de entrada y por lo tanto la demanda de los edificios calculados. Dichas tecnologías de caudal (que dependen del uso de la vivienda) han sido ideadas en el Departamento de Termotecnia de la Universidad e implementada posteriormente en el programa.

En la segunda de las partes del proyecto y sin duda la que mayor tiempo ha requerido, se presentan las distintas pruebas que se han llevado a cabo a una serie de edificios, realizando un análisis de sensibilidad de las variables que LIDER 2013 permite controlar.

Así pues, además de las tecnologías de caudal mencionadas en el párrafo anterior, se podrán controlar, la permeabilidad de la vivienda, el tipo de rejillas y el caudal asociado a las mismas y evidentemente la localidad donde se ha realizado el estudio.

## 1.3. Estudio Previo

En los diferentes apartados que se van a mostrar en las siguientes líneas se comentarán los distintos aspectos relevantes de la ventilación que aparecen en los diferentes códigos técnicos de la edificación, en este caso, los relativos al DB HS (Documento básico de salubridad) y al DB HE (Documento básico de Ahorro de Energía). Así mismo se ha realizado un estudio básico con las herramientas existentes en la actualidad en el que se cuantificará la importancia de la ventilación en el total de la demanda de la vivienda. De esta manera se podrá indicar de una manera clara la importancia del nuevo módulo de capacidades adicionales en Ventilación que aborda este proyecto.

### 1.3.1. Documento básico HS Salubridad HS3 Calidad del aire interior

En este apartado se va a comentar todo lo relativo al código técnico vigente en la actualidad, año 2009. Se explicarán los caudales mínimos requeridos para la ventilación de las viviendas, al igual que el parámetro renovaciones hora o ACH (Air Changes per Hour) que deriva implícitamente de los caudales anteriormente nombrados.

El ámbito de aplicación de este documento atañe directamente al caso que se está estudiando en este proyecto, viviendas y al interior de las mismas, ya sean unifamiliares o bloques. Aunque a su vez detalla las condiciones necesarias para otros usos en edificios, trasteros, aparcamientos, casos que no se detendrá a analizar en estas páginas.

#### 1.3.1.1. Caudales de ventilación mínimos exigidos

El caudal de ventilación mínimo se obtiene de la Figura 1, que hace referencia a la tabla 2.1 del documento CTE HS-3.

Tabla 2.1 Caudales de ventilación mínimos exigidos

		Caudal de ventilación mínimo exigido $q_v$ en l/s		
		Por ocupante	Por $m^2$ útil	En función de otros parámetros
Locales	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por local
	Cocinas		2	
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	50 por local <sup>(1)</sup>
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

Figura 1 Caudales de ventilación mínimos exigidos. Tabla 2.1 del CTE HS-3.

Cabe reseñar que el número de ocupantes viene dado por:

- En cada dormitorio individual se considerará uno y en dormitorio doble será dos.

La condición para que el dormitorio se individual, es que la superficie del mismo sea inferior a  $10 m^2$ , si la superficie es mayor el dormitorio se considerará doble.

- En salas de estar y comedores a la suma de todos los ocupantes contabilizados en los dormitorios.

#### 1.3.1.2. Caudal de ventilación

El valor del caudal mínimo de ventilación que se utilizará para la realización de los cálculos vendrá definido de la siguiente forma:

$$q_v = \max \left( \sum_i q_{si} + \sum_i q_{di}, \sum_i q_{bi} + \sum_i q_{ci} \right) \quad (1)$$

Según se indica el caudal de ventilación mínimo será el valor máximo entre la suma de los caudales de salones y dormitorios o la suma de los caudales de aseos y cocinas. En el ejemplo de cálculo se verá de una manera más clara, como se obtiene éste valor.

#### 1.3.1.3. Circulación del aire

En el apartado anterior se ha visto el caudal mínimo necesario para la vivienda, en las siguientes líneas se mostrará cómo debe circular este caudal a lo largo de la vivienda.

El aire debe circular desde los locales secos a los húmedos, es decir los comedores, dormitorios y salas de estar deben disponer de aberturas de admisión, así mismo los aseos y cocinas deben disponer de aberturas de extracción. Las particiones situadas entre los locales con admisión y los locales con extracción (pasillos) deben disponer de aberturas de paso.

Todo lo mencionado en el párrafo anterior se puede ver claramente en la siguiente figura 2:

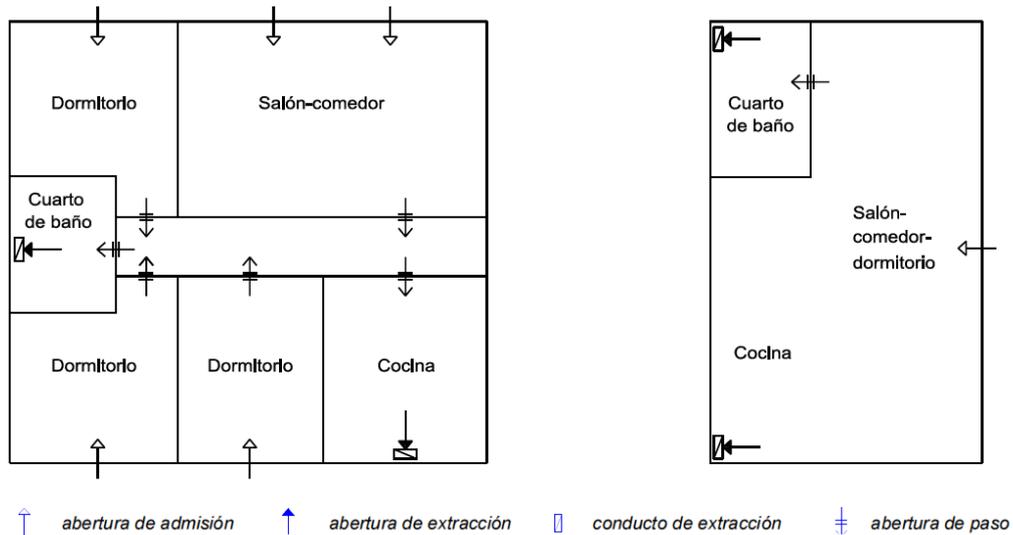


Figura 2 Ejemplos de ventilación en el interior de las viviendas. Figura 3.1 del CTE HS-3.

#### 1.3.1.4. Renovaciones hora ACH

Representa el porcentaje de volumen renovado por hora. Es un parámetro fundamental para representar la ventilación del edificio tanto en los cálculos simplificados como en la opción general.

Su cálculo viene dado a través del caudal de ventilación mínimo de la vivienda y del volumen de la misma, representada por la siguiente ecuación 2:

$$ACH = \frac{q_v}{V} \quad (2)$$

Por lo tanto, aunque se obtenga un valor numérico, no es conveniente usarlo de manera generalizada, en usos como tablas, ya que va depender en gran medida del volumen de la vivienda; edificios con la misma necesidad de ventilación en l/s puede variar la ACH en gran medida debido al volumen.

#### 1.3.2. Documento básico HE Ahorro de Energía HE-1 Limitación de demanda energética

En el apartado 2.3 del CTE HE-1 se mencionan los valores límite para las carpinterías de los huecos (ventanas y puertas) y lucernarios.

Estos valores dependerán de la zona climática en la que se encuentre ubicada la vivienda. Así pues según menciona el CTE se tienen los siguientes límites:

- a) Para las zonas climáticas A y B:  $50 \text{ m}^3/\text{hm}^2$   
b) Para las zonas climáticas C, D y E:  $27 \text{ m}^3/\text{hm}^2$

### 1.3.3. Relación entre el HS-3 y el HE-1

Como se ha comentado anteriormente en el CTE HS-3 se establecen los caudales de ventilación, por otro lado en el HE-1 se presentan valores límites para las infiltraciones por parte de las carpinterías de huecos. Ante este hecho se puede apreciar una dicotomía entre la necesidad de ventilar los espacios (HS-3), para que se cumplan las condiciones de calidad del aire interior, renovando el aire interior de la vivienda, y la búsqueda de minimizar las infiltraciones para que no exista una gran pérdida energética (HE-1).

Se produce por ello, y siempre hablando desde el punto de vista constructivo, un problema complejo. En las viviendas antiguas, las amplias infiltraciones reducen la necesidad de los caudales vistos en la tabla 2.1 del HS-3, cumpliéndose los requerimientos de la calidad del aire interior, a su vez esto supone que la demanda energética del edificio sea muy elevada. Por el contrario si se edifica una vivienda hermética (entiéndase por un edificio con mínimas infiltraciones), la demanda del edificio será baja, pero supone un riesgo a las condiciones del aire interior.

Por lo tanto, en líneas generales se puede concluir, que la búsqueda de ahorro de energía, no puede provocar una carencia en la ventilación del edificio, originando insalubridad y peligro de los ocupantes debido al deterioro ambiental ante una ausencia de renovación del aire.

### 1.3.4. Influencia de la ventilación e infiltraciones en la demanda de la vivienda

En este apartado del proyecto se va a analizar la importancia que tienen estos aspectos en el global del cálculo. Serán referidos por facilidad a la hora de su apreciación y entendimiento a la calefacción de la vivienda, puesto que en el cálculo del mismo aparece como un término siempre positivo, mientras que el término de la ventilación en la refrigeración puede tomar valores positivos o negativos según la localización de la vivienda.

### 1.3.4.1. CE2

Así pues en una primera aproximación, y utilizando el Procedimiento Simplificado para la Certificación de Eficiencia Energética de Edificios de Viviendas (Ce2-Simplificado viviendas-1.0) se van a exponer unos primeros datos de la relevancia de la Ventilación en el edificio.

En el Ce2 se obtiene la Clase de Eficiencia Energética del edificio y se expresa en función del Indicador de Eficiencia Energética Global  $IEE_G$ . Éste indicador se obtiene a raíz de otros indicadores, Calefacción, Refrigeración y Agua Caliente Sanitaria (ACS). Como se ha mencionado este breve estudio se va a centrar en el IEE Demanda Calefacción  $IEE_{DC}$  puesto que como se muestra en la siguiente ecuación 3, ofrece una idea clara del tema que se trata, la importancia de la ventilación:

$$IEE_{DC} = IEE_{opaco} \cdot f_{pt} + IEE_{vent} + \Delta IEE_{huecos} \quad (3)$$

Siendo el procedimiento a seguir para su cálculo el mostrado en el siguiente Figura 3, según aparece en el documento del Ce2.

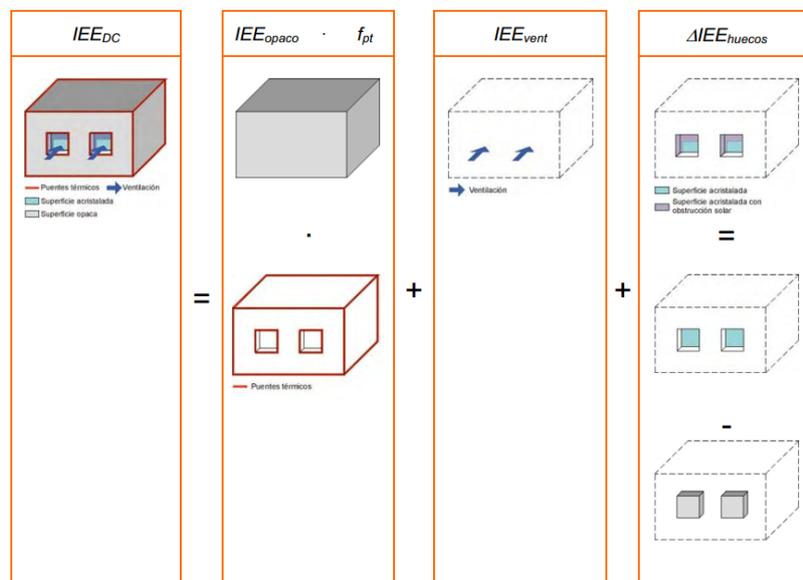


Figura 3 Procedimiento de cálculo del IEE de calefacción

Se puede apreciar cómo se trata la ventilación como una parte separada del total de la demanda de calefacción, es decir, analizando el valor del  $IEE_{vent}$  sobre el total  $IEE_{DC}$ , se tendrá una perspectiva clara de la influencia de la ventilación en la demanda de calefacción.

Para ello, recurriendo al documento del procedimiento simplificado Ce2, y según se indica en el punto 3 de la metodología para el cálculo del indicador de eficiencia energética de demanda de calefacción, se seleccionará el valor correspondiente en la tabla  $T_{DC} - Xy.2$ . Este valor depende de las renovaciones hora, de la tipología de la vivienda y de la severidad climática de invierno (Xy es el código de la tabla en función de la ficha asociada a cada zona climática y tipo de vivienda).

Con ello, los valores de la tabla 1 son los siguientes:

Tabla 1 Valores promedios para una vivienda con calificación D del IEE en demanda de calefacción para zonas climáticas A, B, C y D (tabla a) y zona climática E (tabla b)

Nivel renovación del aire (ACH)	$IEE_{DC}$	Nivel renovación del aire (ACH)	$IEE_{DC}$
$\geq 1.00$	0.5	$\geq 1.00$	0.6
$\leq 0.75$	0.38	$\leq 0.75$	0.45

Según el texto se admite interpolación lineal entre estos valores, quedando por tanto según se muestra en la figura 4.

Sin calcular los indicadores de opacos y de huecos, y suponiendo que  $IEE_{DC} = 1$ , media española, los resultados con bastante claros. La ventilación puede suponer entre un 38% y un 50% para las zonas A, B, C y D y entre un 45% y un 60% para la zona E.

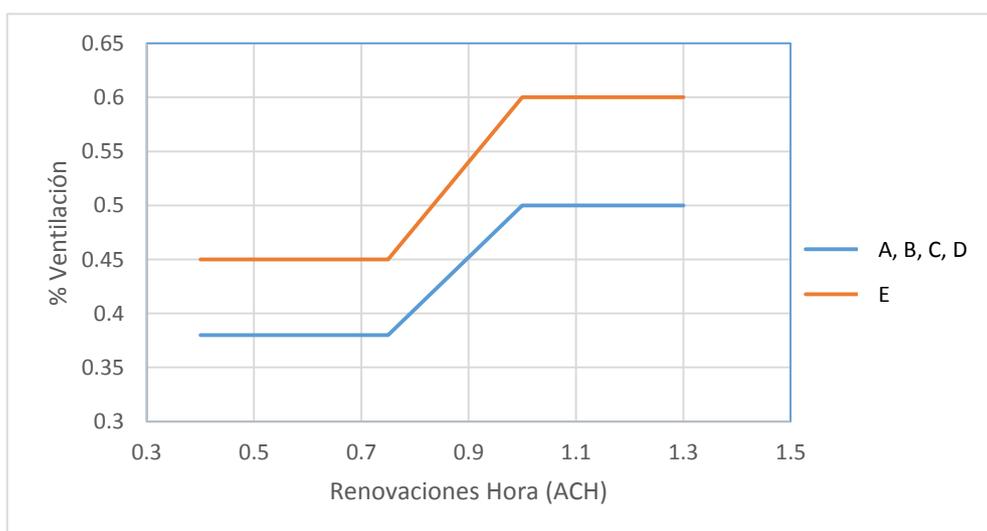


Figura 4 Representación gráfica del IEE de calefacción respecto a las ACH, en las zonas climáticas indicadas. Se observa la interpolación lineal establecida para los valores intermedios.

#### 1.3.4.2. CE3

Para evitar las simplificaciones usadas anteriormente a la hora de determinar la influencia de la ventilación en la demanda de calefacción, se ha utilizado el Ce3, para la Calificación de edificios existentes. Se han realizado diversas simulaciones de un edificio unifamiliar y un bloque. Evidentemente la información obtenida resulta bastante sesgada, al tener datos únicamente referidos a una vivienda de cada tipo, pero la idea de realizar estas simulaciones no van más allá de mostrar al lector la importancia de la ventilación e infiltraciones y ubicar la importancia que tiene el estudio/cálculo de las mismas.

Se han importado dos ficheros .cte (LIDER 2006) para obtener la geometría de la vivienda y el porcentaje de huecos existente en la misma. Al trabajar el programa con el edificio de referencia no ha hecho falta importar los distintos elementos de la base de datos, exceptuando el de los vidrios empleados.

La vivienda se ha ubicado en cada una de las cinco zonas climáticas existentes, para así poder en principio relacionarlo con el estudio anterior del Ce2. Las localidades elegidas han sido Cádiz A3, Sevilla B4, Barcelona C2, Madrid D3 y León E1.

Para cada localización así mismo se han variado las ACH de la vivienda, partiendo de las renovaciones hora requeridas por el edificio, e introduciendo otros valores de ACH superiores e inferiores al mismo, y ver así la evolución de la figura 5 que resulta de la utilización de este programa CE3. Los valores ACH elegidos han sido 0.7 y 1, valores límite en dicha figura, además de 0.4 y 1.2 ACH.

Exportando a Excel los ficheros .res obtenidos una vez simulados los casos se obtiene una tabla como la siguiente:

Tabla 2 Cálculo detallado de las demandas del Ejemplo 1 con 1.2 ACH en zona A, usando el CE3

Concepto	Cal positivo	Cal negativo	Cal neto	Ref positivo	Ref negativo	Ref neto
Paredes Exteriores	2.2128	-5.0416	-2.8288	2.4970	-4.8739	-2.3768
Cubiertas	0.2383	-0.4400	-0.2017	0.2289	-0.3279	-0.0990
Suelos	1.9143	-3.8690	-1.9547	1.8777	-2.6746	-0.7969
Puentes Térmicos	1.4737	-6.4259	-4.9522	4.3561	-3.5985	0.7575
Solar Ventanas	5.3136	0	5.3136	23.517	0	23.517
Transmisión Ventanas	2.6834	-9.0646	-6.3812	6.0219	-9.2399	-3.2180
Fuentes Internas	18.9669	0	18.966	21.025	0	21.025
Infiltración	0.0690	-21.204	-21.135	1.7197	-19.393	-17.673
<b>TOTAL</b>	<b>32.8723</b>	<b>-46.046</b>	<b>-13.1739</b>	<b>61.244</b>	<b>-40.108</b>	<b>21.135</b>

Dicha tabla es la suma de cada una de las cargas para cada uno de los espacios, y han sido debidamente ponderadas al área total de la vivienda ya que las unidades resultantes son  $KWh/m^2$ .

La relevancia de la ventilación se puede ver de una manera bastante gráfica en las siguientes figuras 5 y 6.

Como se aprecia de la primera (0.4 ACH) a la segunda (1.2 ACH), la influencia de la ventilación pasa de un 28% a un 56%.

Al haberse realizado las simulaciones para viviendas y bloques, se van a mostrar los porcentajes de ventilación en ambas en las siguientes tablas. De esta manera se comprobará la validez de la suposición realizada anteriormente con el Ce2.

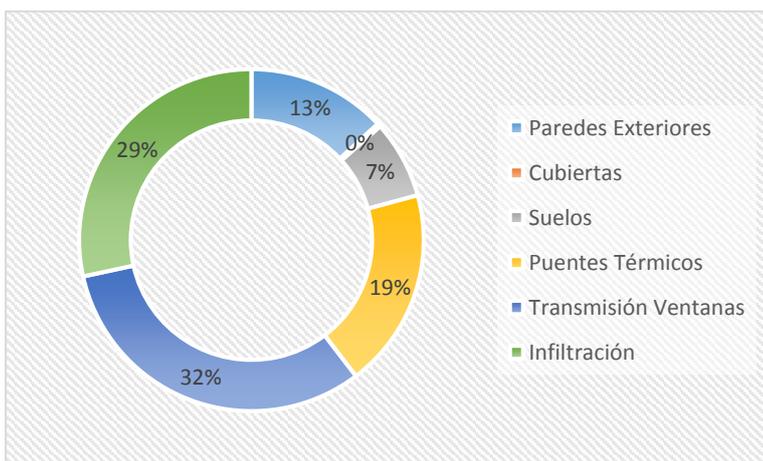


Figura 5 Influencia en la demanda de calefacción de los elementos indicados. Ejemplo 1 con 0.4 ACH en zona A, usando el CE3

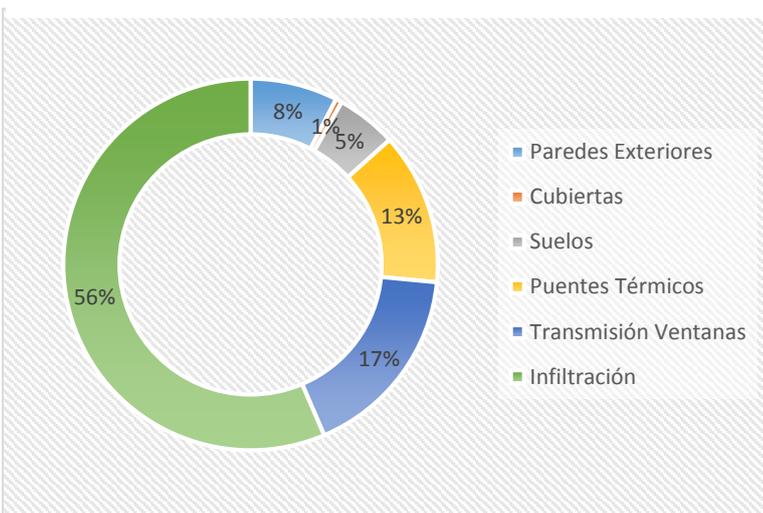


Figura 6 Influencia en la demanda de calefacción de los elementos indicados. Ejemplo 1 con 1.2 ACH en zona A, usando el CE3

En la siguiente tabla 3, se muestran los resultados de la primera de las simulaciones. La vivienda es el ejemplo 1 (unifamiliar) del LIDER 2006, y en la misma evidentemente no se muestran las demandas resultantes. Lo que se quiere mostrar básicamente es como en todas las zonas (localidades) calculadas se aprecia la importancia que tiene la ventilación, en porcentaje, en el total de la demanda del edificio

Tabla 3 Influencia de la ventilación en la demanda para distintas ACH y zonas. Ejemplo 1 (LIDER 2006), usando CE3

ACH\Zona	A	B	C	D	E
0.4	28.41	35.87	38.02	35.68	39.57
0.6	36.37	41.53	42.65	40.21	43.2
0.7	38.49	43.65	44.73	42.16	44.7
1	53.27	52.19	52.4	48.89	50.14
1.2	56.43	52.59	56.1	52.89	53.54

Por otro lado, si los valores mostrados en la tabla, los introducimos a nivel gráfico, en cierta medida se pueden asimilar a la evolución que se muestra en la figura 7, con los valores del Ce2 y siempre asumiendo que la vivienda es de tipo D (valor 1), así se puede comparar en porcentaje.

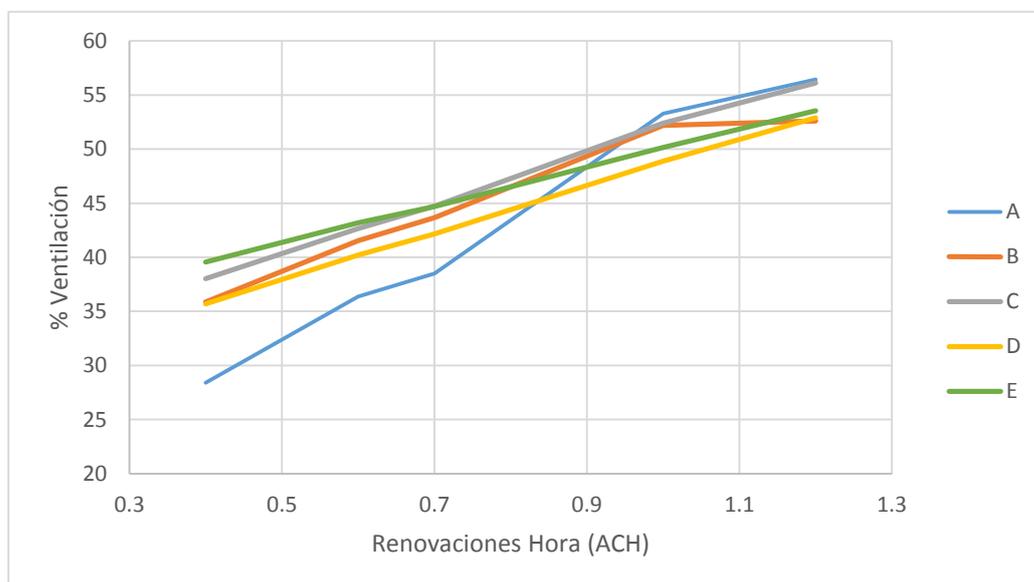


Figura 7 Evolución de la ventilación en la demanda de acorde a distintos valores de ACH de entrada, para las distintas zonas climáticas. Ejemplo 1 (LIDER 2006), usando CE3.

A la vista de la evolución de la figura, se puede observar que no existen las zonas de valor constante para valores altos y bajos de renovaciones hora, tal y como se asumía en el método simplificado del Ce2. De hecho se aprecia una evolución lineal en la mayoría de las zonas climáticas.

Además del ejemplo 1, unifamiliar, se han realizado los mismos cálculos con el ejemplo 6 del LIDER 2006, para así obtener una visión de la evolución del porcentaje de infiltraciones en el caso en el que se tenga una vivienda en bloque. Una vez realizados los cálculos internos, se ha llegado a la siguiente tabla 4, resumen similar al realizado anteriormente:

Tabla 4 Influencia de la ventilación en la demanda para distintas ACH y zonas. Ejemplo 6 (LIDER 2006), usando CE3

ACH\Zona	A	B	C	D	E
0.4	23.53	22.77	23.92	22.46	26.08
0.7	29.4	28.71	29.61	26.92	30.54
1	35.77	35.3	35.98	33.17	35.74
1.2	39.61	39.34	39.93	37.09	39.08

Evidentemente no se pueden extrapolar los resultados, ya que sólo se está considerando una vivienda como ejemplo, y la finalidad de estas tablas es simplemente ofrecer al lector diferentes ejemplos de la importancia de la ventilación en la demanda. En este bloque de viviendas del ejemplo 6 se puede apreciar que prácticamente a lo largo de las zonas el porcentaje de las infiltraciones con el total de la demanda de calefacción se mantiene prácticamente constante. De igual manera que en el caso del ejemplo se van a mostrar dichos resultados en la siguiente figura 8, para que aparezcan como en Ce 2:

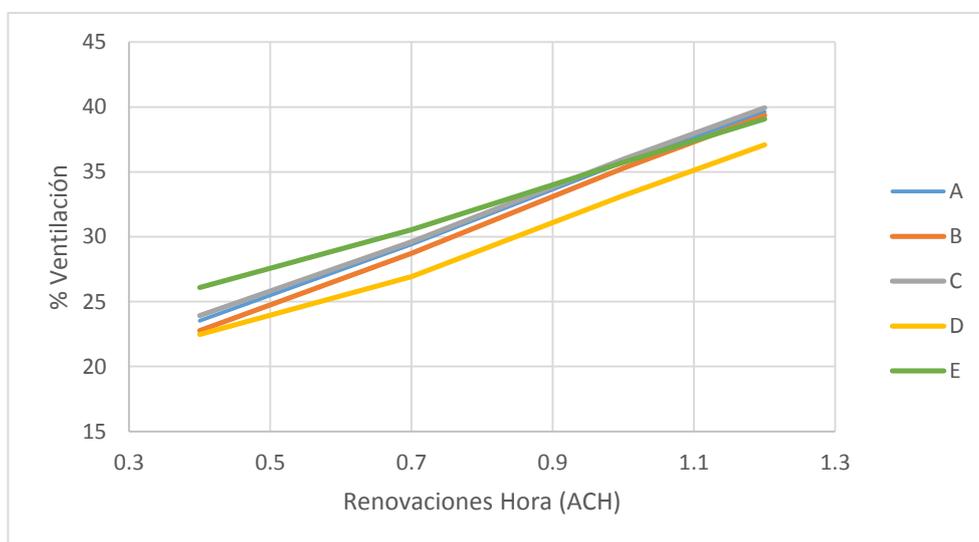


Figura 8 Evolución de la ventilación en la demanda de acuerdo a distintos valores de ACH de entrada, para las distintas zonas climáticas. Ejemplo 6 (LIDER 2006), usando CE3.

Tal y como se ha mencionado al observar los resultados en la tabla relativa al ejemplo 6, la evolución del porcentaje de la demanda debido a las infiltraciones aumenta de manera lineal en las distintas zonas al aumentar las ACH de la vivienda.

#### 1.3.4.3. LIDER 2006 (Edificio de Referencia)

El último de los ejemplos que se ha creído conveniente mostrar es utilizando el programa detallado LIDER 2006. Para ello se ha vuelto a utilizar el ejemplo 1 y accediendo a los archivos .res, se han obtenido los resultados relativos a las demandas del edificio de referencia. El formato de estos archivos es similar a los generados por el Ce 3, por lo cual se ha operado de la misma manera que en el caso anterior.

Los resultados mostrados corresponden a 0.6 ACH, que son las renovaciones hora reales calculadas para esta vivienda, estando la vivienda ubicada en Sevilla. A la vista de la figura mostrada a continuación se observa que se tiene una diferencia del 9% a la baja, con los resultados obtenidos con el programa Ce-3.

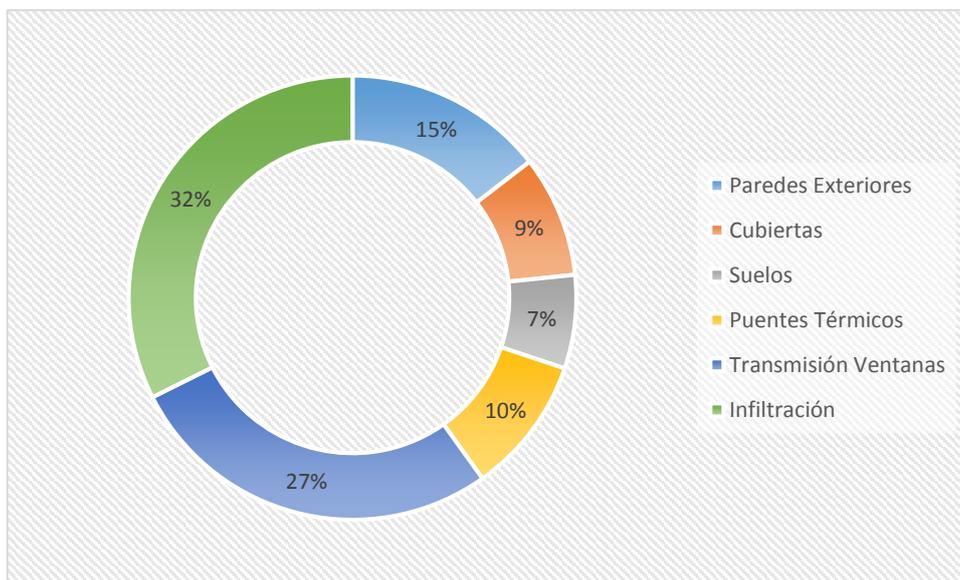


Figura 9 Influencia en la demanda de calefacción de los elementos indicados. Ejemplo 1 con 0.6 ACH en zona A, usando el edificio de referencia del LIDER 2006.

Viendo la evolución de resultados obtenidos con cada método, Ce2, Ce3 y LIDER 2006, se puede observar la variación en los datos de salida. Teniendo unos porcentajes debido a la ventilación mayores usando los métodos simplificados.

Debido a esto es conveniente realizar los análisis detallados que ofrecen la nueva versión de LIDER con Capacidades Adicionales, que ofrece una perspectiva más cercana a la situación real.

## 1.4. Capacidades Adicionales Ventilación LIDER 2013

### 1.4.1. Introducción

Debido a la importancia que tiene la ventilación en la demanda de la vivienda tal y como se ha mostrado en los apartados anteriores, se ha implementado un módulo en la versión de LIDER 2013 relativo al mismo. Éste módulo, tiene como objeto, a través de diversas tecnologías en la vivienda mostrar una disminución de la demanda energética de la vivienda. Para ello el usuario podrá indicar los usos para los distintos espacios de la vivienda, el tipo de tecnología, la permeabilidad de la vivienda y el tipo de rejillas a usar en la vivienda. Así pues los datos que se solicitarán al usuario son los siguientes:

1. Asignación de uso de los distintos locales habitables de la vivienda
2. Tecnología de caudal (Schedule)
3. Permeabilidad Total de la vivienda n50
4. Rejillas

De una manera más detallada se va ahondar en estos distintos parámetros que se le requiere al usuario

### 1.4.2. Uso de los locales de habitables de la vivienda

En las capacidades adicionales del LIDER 2013 de ventilación, se podrán asignar diferentes usos a los espacios que conforman una vivienda. Implícitamente la elección del espacio lleva asociado un caudal de acorde con la figura 10 perteneciente al HS-3. Las diferentes asignaciones que contempla LIDER 2013 son las siguientes:

- Salón
- Dormitorio
- Baño
- Pasillo
- Cocina

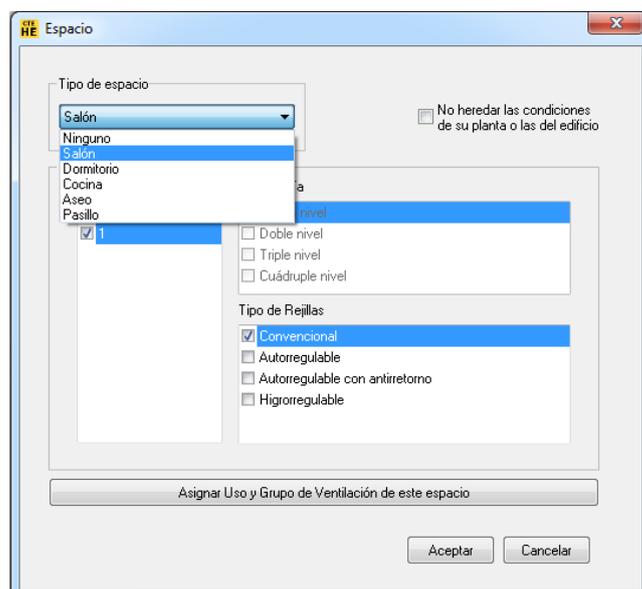


Figura 10 Captura del nuevo menú de Capacidades Adicionales del LIDER 2013

Los caudales asociados a los espacios a su vez varían según el tipo de tecnología de acorde a unas horas de uso (u ocupación de la vivienda). La asignación de estos caudales, sumados a las restricciones de caudales máximos suma de las zonas (los

cuales se detallarán en el siguiente apartado), formarán el llamado “Schedule” de caudales de la vivienda y que variarán según la tecnología usada en cada caso.

#### 1.4.3. Tecnologías. Schedule de caudales (Esquemas de caudales)

En esta apartado se centran las mayores novedades, debido al abandono en el cálculo de las renovaciones hora de la vivienda, cambiando a los caudales en  $l/seg$  de acorde al uso de la zona. Siendo por lo tanto los resultados obtenidos más cercanos a lo regulado según el código técnico, ya que no influirá tanto las dimensiones de la vivienda y sí los usos de los locales de la misma. Se han creado 4 esquemas diferentes de uso, de acorde a diferentes tecnologías empleadas en la vivienda y la ocupación/uso de los espacios según un esquema horario, relacionado con esa ocupación.

Los caudales que se calculan para cada hora del día son considerados caudales de extracción, es decir, el caudal que se garantiza que va a salir de la vivienda a través de los locales húmedos. No hay que confundir que los caudales indicados en el HS-3 van a entrar en la vivienda según se indica en dicha tabla.

Por último, antes de comenzar a detallar los diferentes casos, hay que reseñar que los esquemas indicados corresponden a los horarios de invierno y de verano. Variando el segundo del primero en la ventilación nocturna correspondientes a las primeras 8 horas del día.

##### 1.4.3.1. Consideraciones previas. Diferencias LIDER 2006-LIDER 2013 en el cálculo de los caudales de ventilación.

Antes de comenzar es conveniente comentar los antecedentes previos al LIDER 20013, esto ayudará a comprender mejor los cambios realizados.

En LIDER 2006 el caudal mínimo de ventilación, que se usaba iba acorde a la fórmula 4:

$$q_{v2006} = \max \left( \sum_i q_{si} + \sum_i q_{di}, \sum_i q_{bi} + \sum_i q_{ci} \right) \quad (4)$$

En LIDER 2013 por el contrario, el caudal relativo a la cocina, se separa y tiene su propio esquema de caudales, como se verá más adelante. Por lo que eliminando de la ecuación los caudales relativos a la cocina se tiene:

$$q_{v2013} = \max \left( \sum_i q_{si} + \sum_i q_{di}, \sum_i q_{bi} \right) \quad (5)$$

#### 1.4.3.2. Caudales LIDER 2006. Distribución de caudales en la vivienda

La forma en la que el usuario podía indicar en el LIDER 2006 los caudales en la vivienda se hacía a través de las renovaciones hora, para ello una vez asignado el uso de los espacios y de acorde con la Figura 1 (Tabla 2.1 del HS-3) y haciendo uso de la ecuación 4, se tienen dos posibilidades:

1. La suma de los caudales relativos a los espacios salón más dormitorio es mayor al de baños más cocinas.
2. El caso contrario, la suma de los caudales baños más cocinas es superior al de salones más dormitorios.

En cualquier caso, el esquema de caudales resultante, permanecerá constante las 24 horas del día, teniendo como valor de caudal cada hora el resultante de  $q_{v2006}$ .

#### 1.4.3.3. Ejemplo 0. Cálculo de caudal de ventilación HS-3 LIDER 2006

Así pues mostrando lo anteriormente dicho en un ejemplo sencillo, se ha creado la siguiente vivienda unifamiliar. Se ha decidido no incluir una cocina en la vivienda para mantener una paridad a la hora de obtener resultados entre  $q_{v2006}$  y  $q_{v2013}$ .

La vivienda por lo tanto cuenta con los siguientes espacios (su distribución se aprecia en la figura 11):

- Salón de  $24.6 \text{ m}^2$
- Pasillo de  $10 \text{ m}^2$
- Baño de  $3.4 \text{ m}^2$
- Dormitorio de  $13.4 \text{ m}^2$

Una vez conocidos los usos de los espacios y su superficie (la superficie es necesaria para conocer si los dormitorios se consideran simples o dobles), es posible asignar los caudales a cada local y calcular la  $q_{v2006}$ .

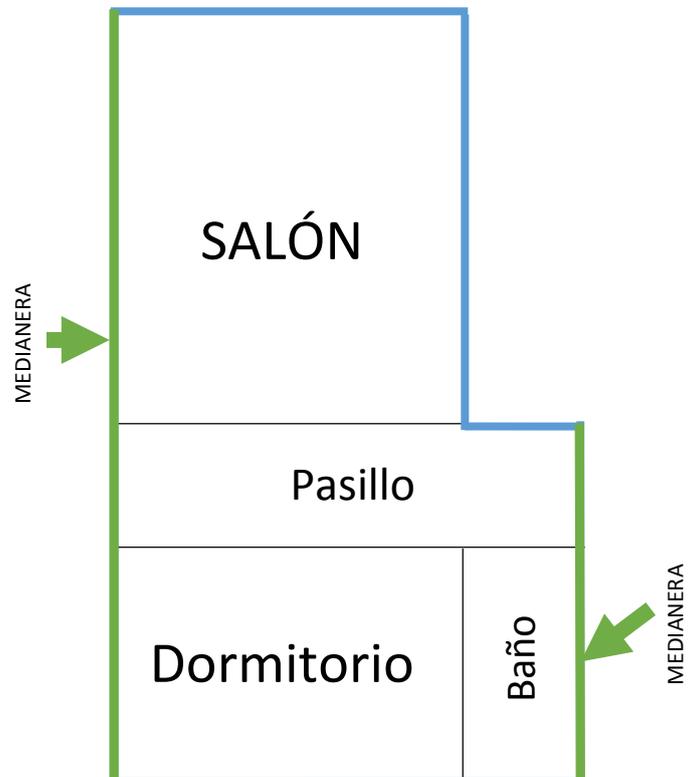


Figura 11 Esquema del Ejemplo 0

Tabla 5 Resumen de los distintos valores relevantes para el cálculo de la ventilación mínima exigida. Ejemplo 0 LIDER 2006, LIDER 2013 simple nivel.

Espacio	Superficie (m <sup>2</sup> )	ocupantes	q <sub>s</sub> , q <sub>d</sub> (l/s)	q <sub>b</sub> , q <sub>c</sub> (l/s)	4ACH → q <sub>verano</sub> (l/s)
Salón	24.6	2	3 · ocup = 6	-	82
Pasillo	10	-	-	-	33.33
Baño	3.4	-	-	15	11.33
Dormitorio	13.4	2	5 · ocup = 10	-	44.66
<b>Total</b>	<b>51.5</b>		<b>16</b>	<b>15</b>	<b>171.66</b>

Para el cálculo del  $q_{v2006}$ , de una manera más detallada se ha empleado la ecuación 4, en la que una vez introducidos los valores

$$q_{v2006} = \max(6 + 10, 15) = 16 \text{ l/s}$$

Con éste  $q_{v2006}$ , ya se pueden calcular las renovaciones hora, conocido el volumen de la vivienda,  $V = 154 \text{ m}^3$  y convirtiendo los  $\text{l/s}$  en  $\text{m}^3/\text{h}$

$$ACH = \frac{q_v}{V} = \frac{16 \cdot 3.6}{154} = 0.37 \cong 0.4 \text{ h}^{-1}$$

El significado de estos cálculos, ya sean mostrados en  $\text{l/s}$  o  $\text{h}^{-1}$ , es que el caudal de extracción por hora durante las 24 horas del día es ese mismo, tal y como se puede apreciar en la siguiente figura 12:

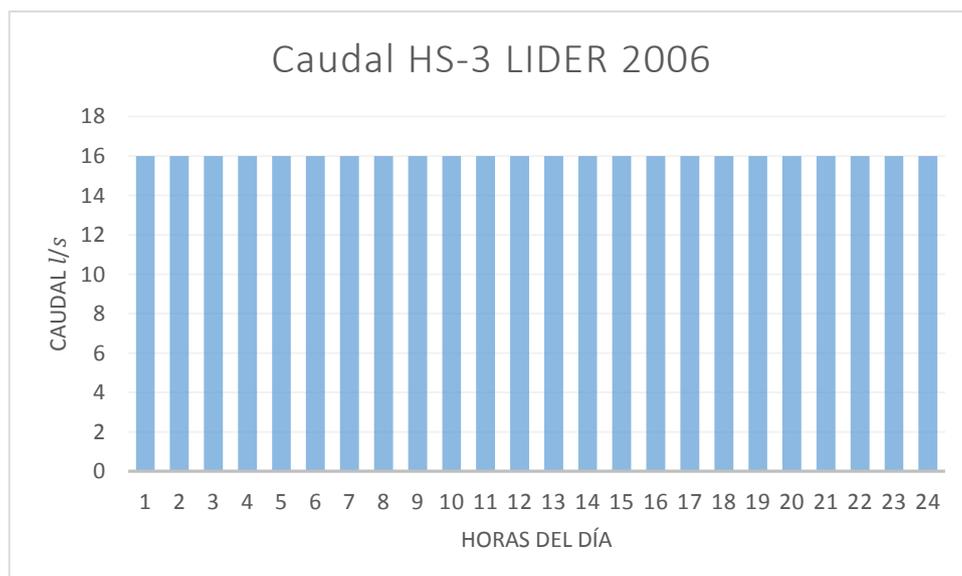


Figura 12 Caudal mínimo de ventilación del Ejemplo 0 en LIDER 2006 y LIDER 2013 Simple nivel.

Es conveniente indicar la segunda configuración de caudales que se tiene en LIDER, relativa al horario de verano. Durante las 8 primeras horas del día (durante la noche) el caudal de extracción de la vivienda corresponde a 4ACH, que se calculan de la siguiente forma:

$$\dot{V}_{\text{verano}} = 4ACH \cdot V_{\text{vivienda}} \quad (6)$$

Para pasarlo a las unidades con las que se están trabajando simplemente se realizará la conversión necesaria:

$$q_{\text{verano}} = \frac{\dot{V}_{\text{verano}}}{3.6} \quad (7)$$

Correspondiendo el valor  $1/3.6$  al factor de conversión para pasar  $\dot{V} \left( \frac{m^3}{h} \right)$  en  $q \left( \frac{l}{s} \right)$

Éste cálculo se corresponde con la última columna de la tabla 5, mostrada anteriormente. Y colocando dicho caudal de verano en las primeras 8 horas del día, configuran el Schedule completo de caudales tanto para verano como para invierno, mostrado en la siguiente figura 13:

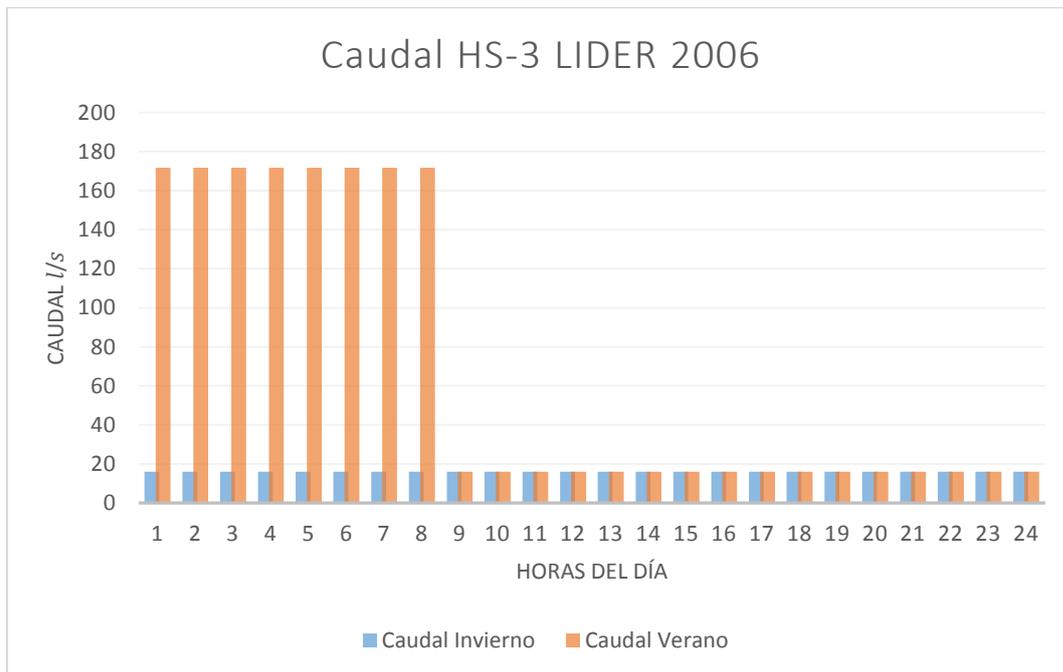


Figura 13 Caudales mínimos de ventilación del Ejemplo 0 en LIDER 2006 y LIDER 2013 Simple nivel, Invierno-Verano

#### 1.4.3.4. Caudales de Extracción 2013. Simple nivel

La primera de las tecnologías de caudales implementadas en LIDER 2013 se refiere básicamente a la misma utilizada en LIDER 2006, aunque en este caso utilizando la

ecuación 5, que elimina como anteriormente se ha comentado el caudal de cocina de la ecuación de la versión anterior

$$q_{v2013}^{simple} = \max \left( \sum_i q_{si} + \sum_i q_{di}, \sum_i q_{bi} \right) \quad (8)$$

Por otro lado se abandona el uso de las renovaciones hora y se trabaja con caudales ( $l/s$ ). De esta manera se le quita importancia a la geometría de la vivienda, ciñéndose por lo tanto a los usos de los espacios marcados por el HS-3.

El esquema de caudales de extracción por hora permanecerá constante a lo largo de las 24 horas del día, de similar manera a lo que ocurría en LIDER 2006. Si se usara de nuevo el ejemplo 0, y al no haber considerado la inclusión de un espacio tipo cocina, el resultado del esquema de caudales, será exactamente igual al de la figura 12.

El esquema resultante para la ventilación en horario de verano tampoco sufrirá modificación alguna respecto a la figura 13 del LIDER 2006.

#### 1.4.3.5. Doble nivel

La segunda de las tecnologías existentes empieza a mostrar ciertas variaciones respecto al simple nivel, aunque con esta tecnología se pueden alcanzar resultados iguales a la vista en el caso anterior. Al ser llamado doble nivel, básicamente el esquema de caudales se conforma mediante dos ecuaciones de comparación.

Durante 22 horas del día, el caudal de extracción vendrá dado por la suma de los caudales salón más dormitorios, las dos horas restantes se compararán de igual manera a como se actuaba en simple nivel, eligiendo el caudal mayor entre salón más dormitorios, y baños. Detalladamente:

- De la hora 1 a la hora 6, De la hora 8 a la hora 18, y de la hora 20 a la hora 24 se usará la siguiente ecuación:

$$q_{v2013}^{doble} = \max \left( \sum_i q_{si} + \sum_i q_{di}, \sum_i 0.1ACH_{bi} \right) \quad (9)$$

Nota: Se ha elegido el comparar la suma de los caudales de salones más dormitorios con el mínimo de ventilación en los Baños, para no escribir cero. Puesto que el cero puede acarrear problemas en ciertos lenguajes de computación.

Básicamente, lo que quiere decir esta ecuación que el caudal elegido para las horas indicadas es el de la suma de los espacios tipo salón más los espacios tipo dormitorio.

Para las otras dos horas restantes se tendrán:

- La hora 7 y la hora 19

$$q_{v2013}^{doble^2} = \max\left(\sum_i q_{si} + \sum_i q_{di}, \sum_i q_{bi}\right) \quad (10)$$

La comparativa que se realiza en este caso, es como ya se ha indicado la misma que se realizan para las 24h del simple nivel.

Debido a las suposiciones realizadas para los dos tipos de ecuaciones que se tienen en doble nivel, se pueden tener dos tipos de resultados.

#### 1.4.3.5.1. Doble Nivel. Caso 1. $(\sum_i q_{si} + \sum_i q_{di}) \geq \sum_i q_{bi}$

Si se vuelve a utilizar el ejemplo cero, del que se rescata la tabla, añadiendo una columna más en la que se indican los 0.1ACH de cada espacio.

Tabla 6 Resumen de los distintos valores relevantes para el cálculo de la ventilación mínima exigida. Ejemplo 0 LIDER 2013 Doble nivel. Caso 1

Espacio	Superficie (m <sup>2</sup> )	ocupantes	q <sub>s</sub> , q <sub>d</sub> (l/s)	q <sub>b</sub> (l/seg)	4ACH → q <sub>verano</sub> (l/s)	0.1ACH → q(l/s)
Salón	24.6	2	3 · ocup = 6	-	82	2.05
Pasillo	10	-	-	-	33.33	0.83
Baño	3.4	-	-	15	11.33	0.28
Dormitorio	13.4	2	5 · ocup = 10	-	44.66	1.12
<b>Total</b>	<b>51.5</b>		<b>16</b>	<b>15</b>	<b>171.66</b>	<b>4.29</b>

Se aprecia cómo se ha comprobado anteriormente que el caudal suma de dormitorio más salón es mayor que el de baños, por lo que aplicando lo que se ha visto para doble nivel:

Según la ecuación 9, para las 22 horas (de 1 a 6, de 8 a 18 y de 20 a 24 horas), se tiene:

$$q_{v2013}^{doble^1} = \max(6 + 10, 0.28) = 16 \text{ l/s}$$

Y para las dos horas restantes (a las 7h y las 19h) haciendo uso de la ecuación 11:

$$q_{v2013}^{doble^2} = \max(6 + 10, 15) = 16 \text{ l/s}$$

Así pues el Schedule de caudales será el siguiente:

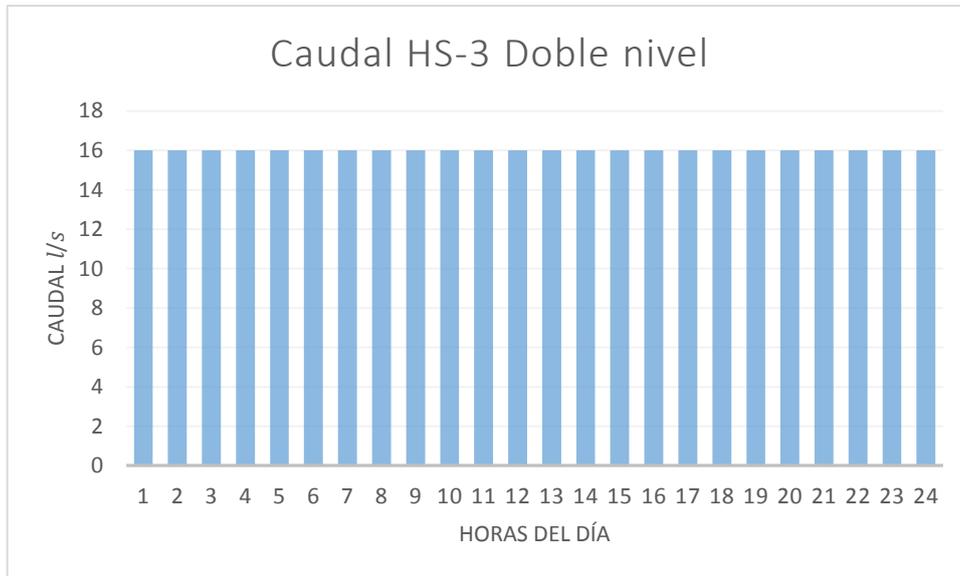


Figura 14 Caudal mínimo de ventilación del Ejemplo 0 en LIDER 2013 Doble nivel

Teniendo en cuenta el horario de verano se formará la siguiente figura:

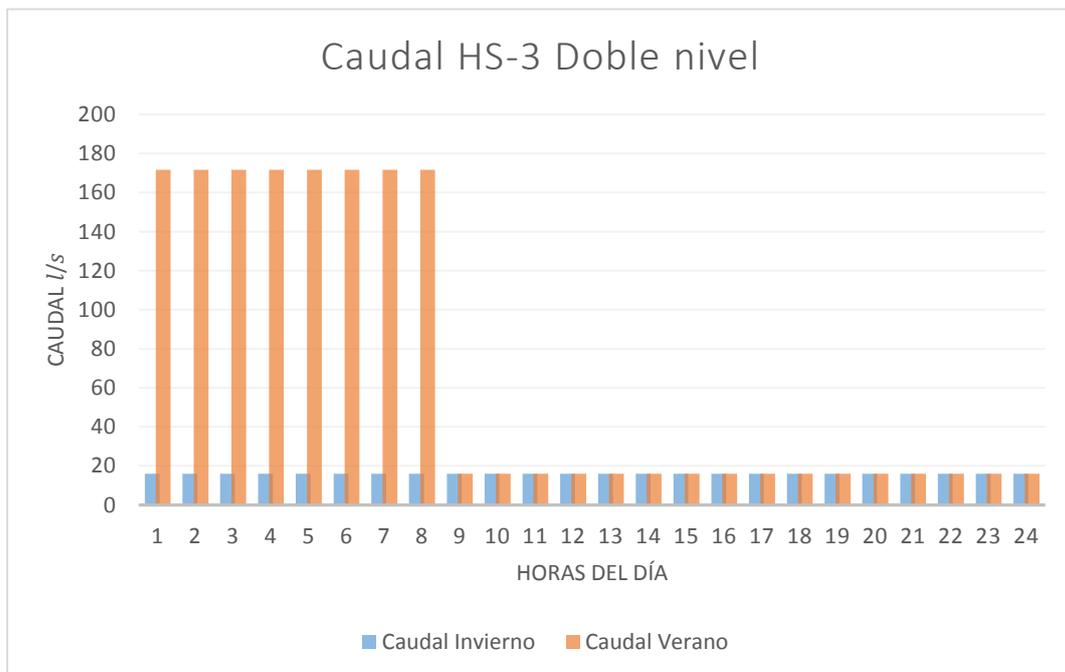


Figura 15 Caudales mínimos de ventilación del Ejemplo 0 en LIDER 2013 Doble nivel, Invierno-Verano

A la vista de los resultados se puede concluir por lo tanto, que en doble nivel en el caso que el la suma de caudales de los espacios tipo baño más salón sea superior al de la suma de los baños, el esquema resultante será igual al de simple nivel.

Este caso particularmente se ha formulado de esta manera, para controlar los resultados. Debido a la complejidad de trabajar con los resultados del LIDER 2013, si al ejecutar este ejemplo 0, tanto en simple nivel como en doble nivel, los resultados son los mismos, el programa realiza bien el Schedule de caudales.

1.4.3.5.2. *Doble Nivel. Caso 2 .  $(\sum_i q_{si} + \sum_i q_{di}) < \sum_i q_{bi}$*

El doble nivel realmente se encuentra orientado a disminuir el Schedule de caudales en el caso en el que la suma de caudales de baños sea mayor al de los dormitorios más los salones, tal y como se va a mostrar en el siguiente ejemplo representado en la figura 15.

Ejemplo 0.1

A partir del ejemplo cero, se ha realizado una pequeña modificación en el mismo incluyendo un espacio más. Para ello se ha dividido el espacio salón en dos, y asignando al nuevo espacio un uso de tipo baño.

Agregando este nuevo espacio a la tabla anterior, y modificando los elementos necesarios de la misma, se puede formar la nueva tabla 7 del ejemplo 0.1

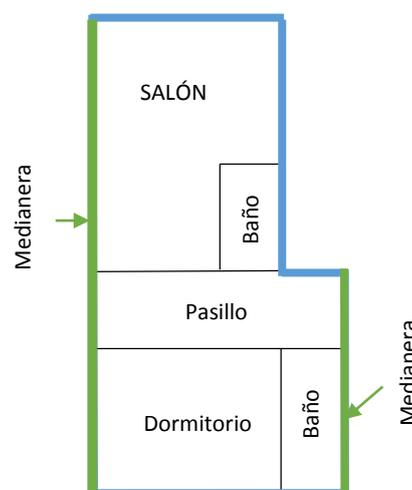


Figura 16 Esquema del Ejemplo 0.1

Tabla 7 Resumen de los distintos valores relevantes para el cálculo de la ventilación mínima exigida. Ejemplo 0.1 LIDER 2013 Doble nivel. Caso 2

Espacio	Superficie (m <sup>2</sup> )	ocupantes	$q_s, q_d$ (l/s)	$q_b$ (l/seg)	4ACH → $q_{verano}$ (l/s)	0.1ACH → $q$ (l/s)
Salón	20.9	2	$3 \cdot ocup = 6$	-	69.67	1.74
Pasillo	10	-	-	-	33.33	0.83
Baño	3.4	-	-	15	11.33	0.28
Dormitorio	13.4	2	$5 \cdot ocup = 10$	-	44.67	1.12
Baño 2	3.7	-	-	15	12.33	0.31
<b>Total</b>	51.5		16	<b>30</b>	171.66	4.29

Se puede aprovechar esta ocasión para mostrar que en este caso el caudal de baños es mayor al de la suma de salones más dormitorios, así que si fuera el caso de simple nivel el valor de los caudales durante las 24 horas sería de 30 l/s.

Volviendo al caso que ocupa el ejemplo, si se vuelven a realizar las mismas comprobaciones efectuadas para el ejemplo 0 en doble nivel y utilizando las ecuaciones 9 y 10 se tendrá:

Para el intervalo de 22 horas (de 1 a 6, de 8 a 18 y de 20 a 24 horas), se tiene:

$$q_{v2013}^{doble^1} = \max(6 + 10, 0.28 + 0.31) = 16 \text{ l/s}$$

Y para las dos horas restantes (a las 7h y las 19h)

$$q_{v2013}^{doble^2} = \max(6 + 10, 30) = 30 \text{ l/s}$$

Así pues el Schedule de caudales será el siguiente:

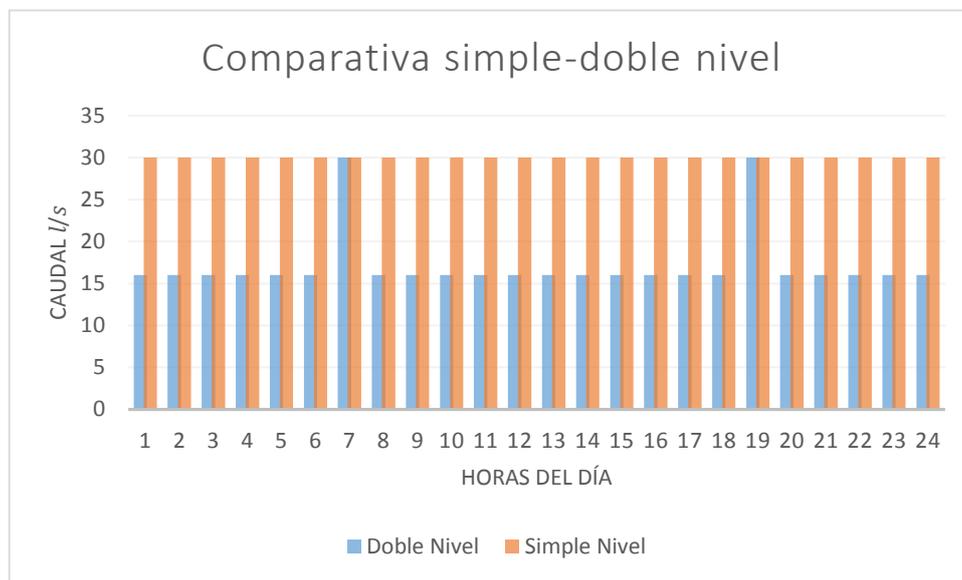


Figura 17 Comparativa simple-doble nivel. Ejemplo 0.1

Observando los resultados entre simple nivel y doble nivel del ejemplo 0.1, el cual representa un caso un tanto extremo de reducción de caudal, se puede apreciar que tal reducción alcanza un 48% entre ambas tecnologías.

#### 1.4.3.6. Triple nivel

El esquema que se trata en estas líneas empieza a tener cuenta la ocupación de la vivienda, teniendo en cuenta que a ciertas horas la casa puede encontrarse desocupada. De nuevo se puede hacer mención a que el nombre de este esquema va a estar referido a que en el esquema resultante va a ser conformado a través de 3 ecuaciones.

Al encontrarse la vivienda desocupada el caudal de extracción en esas horas se efectuará con un caudal de ventilación mínima igual a 0.1 ACH de la vivienda.

Detallando los diferentes caudales por hora, se tienen las siguientes ecuaciones 11, 12 y 13 del caudal de ventilación:

- De la hora 1 a la 6, de la hora 12 a la 18 y de la hora 20 a la 24

$$q_{v2013}^{triple^1} = \max \left( \sum_i q_{si} + \sum_i q_{di}, \sum_i 0.1ACH_{bi} \right) \quad (11)$$

Como en el caso de doble caudal, sería lo mismo indicar en esta ecuación como la siguiente  $q_{v2013}^1 = (\sum_i q_{si} + \sum_i q_{di})$ , pero es preferible indicarlo de esta manera ya que así se encuentra programado. Así pues, se tiene que para estas horas el caudal de ventilación es el que marca el HS-3 para la suma de los espacios salón y dormitorio.

- Hora 7 y hora 19

$$q_{v2013}^{triple^2} = \max \left( \sum_i 0.1ACH_{si} + \sum_i 0.1ACH_{di}, \sum_i q_{bi} \right) \quad (12)$$

Es el caso inverso a la ecuación anterior, y debido a la misma razón, no realizar comparaciones utilizando el número 0. La ecuación real para este segundo tipo horario sería básicamente la siguiente,  $q_{v2013}^2 = \sum_i q_{bi}$  la suma de caudales debido a los espacios tipo baño según marca el código técnico HS-3.

- De la hora 8 a la hora 11

$$q_{v2013}^{triple^3} = 0.1 ACH \text{ de la vivienda} \quad (13)$$

Este es el nuevo caudal indicado en las primeras líneas del triple caudal. Cuando se refiere a la vivienda, y como se ha comentado anteriormente, la cocina no entraría en estos cálculos al tener un esquema propio. Por lo que las 0.1 ACH de la vivienda se refiere a los usos Salón, Dormitorio, Pasillo y Baño.

#### *Triple Nivel. Ejemplo 0*

Se va a usar de nuevo el ejemplo 0 para ilustrar, como resultan los esquemas de caudales en este caso. Para ello se van a realizar los cálculos de los caudales a partir de la tabla 8 utilizada en el Caso 1 del doble nivel:

Tabla 8 Resumen de los distintos valores relevantes para el cálculo de la ventilación mínima exigida. Ejemplo 0 LIDER 2013 Triple nivel.

Espacio	Superficie (m <sup>2</sup> )	ocupantes	$q_s, q_d$ (l/s)	$q_b$ (l/s)	4ACH → $q_{verano}$ (l/s)	0.1ACH → $q$ (l/s)
Salón	24.6	2	$3 \cdot ocup = 6$	-	82	2.05
Pasillo	10	-	-	-	33.33	0.83
Baño	3.4	-	-	15	11.33	0.28
Dormitorio	13.4	2	$5 \cdot ocup = 10$	-	44.66	1.12
Total	51.5		16	15	171.66	4.29

Todos los datos necesarios se encuentran en la tabla, y haciendo uso de las ecuaciones indicadas, se podrá indicar de una manera gráfica la forma del esquema de caudales del triple nivel:

- Caudal 1, de la hora 1 a la 6, de la hora 12 a la 18 y de la hora 20 a la 24, ecuación 11:

$$q_{v2013}^{triple^1} = \max(6 + 10, 0.28) = 16 \text{ l/s}$$

El resultado es la suma de los caudales de los espacios salón más dormitorio.

- Caudal 2, hora 7 y hora 19 (ecuación 12):

$$q_{v2013}^{triple^2} = \max(2.05 + 1.12, 15) = 15 \text{ l/s}$$

- Caudal 3, entre la hora 8 y 11 (ecuación 13):

$$q_{v2013}^{triple^3} = 2.05 + 0.83 + 0.28 + 1.12 = 4.29 \text{ l/s}$$

Formado a partir de los 0.1 ACH de cada espacio que compone la vivienda.

Una vez conocidos los tres caudales que conforman el Schedule, es fácil montar el esquema que resulta:

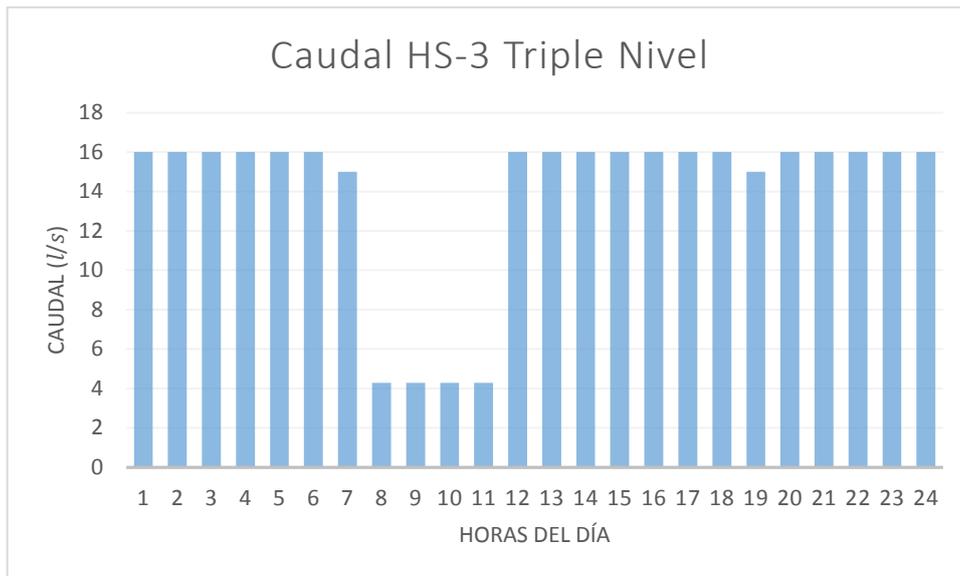


Figura 18 Caudal mínimo de ventilación del Ejemplo 0 en LIDER 2013 Triple nivel

Y si a su vez se incluyen las 4 ACH relativas al horario de verano, se tiene la siguiente figura:

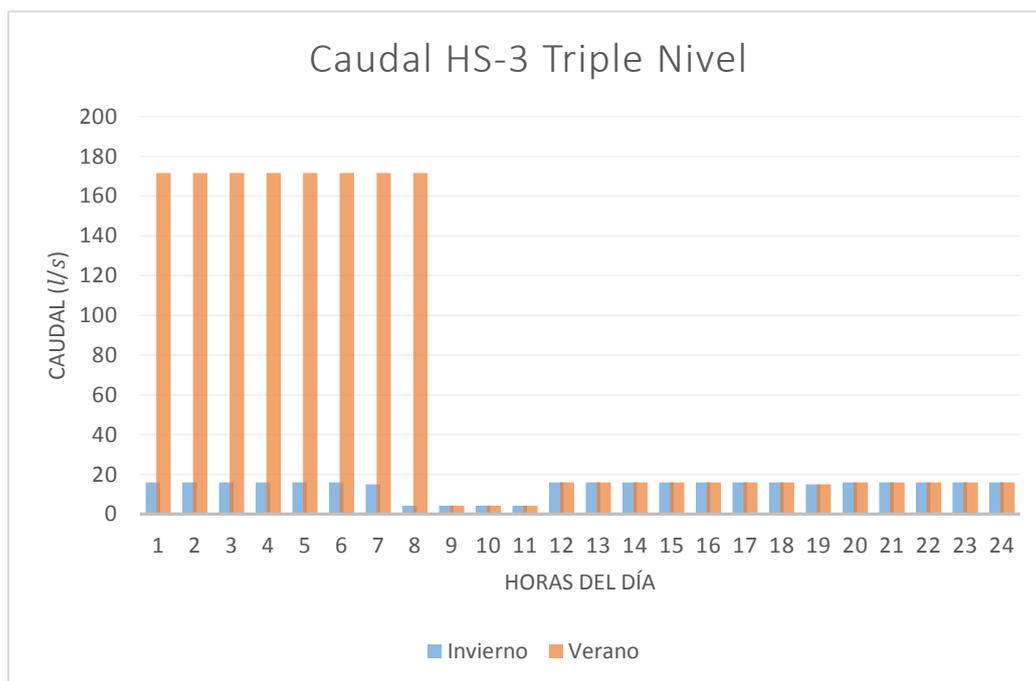


Figura 19 Caudales mínimos de ventilación del Ejemplo 0 en LIDER 2013 Triple nivel, Invierno-Verano

#### 1.4.3.7. Cuádruple Nivel

En el último de los esquemas de caudales establecidos por defecto en la versión del LIDER 2013, se tienen 4 niveles de caudales a lo largo de un día. En este caso los caudales referidos a cada uso de los espacios se encuentran completamente separados

del resto, a lo que hay que sumarle el tiempo en el que la vivienda se encuentre desocupada. Por lo que existirá un tiempo en el que el caudal de extracción según el HS-3 se deberá exclusivamente al necesario debido a los dormitorios, otro debido al uso de los baños, un tercero cuando la vivienda se encuentre desocupada y por último un cuarto caudal debido al uso de los salones. Esta última frase en término de ecuaciones será como sigue:

- Caudal 1. De la hora 1 a la hora 6 y de la hora 23 a la 24:

$$q_{v2013}^{cuádruple^1} = \max \left( \sum_i q_{di}, \sum_i 0.1ACH_{bi} \right) \quad (14)$$

El caudal resultante será el requerido para la suma de los espacios tipo dormitorio según el HS-3. Esta ecuación para un mejor entendimiento de la misma se podría escribir de la siguiente forma,  $q_{v2013}^1 = \sum_i q_{di}$

- Caudal 2. Hora 7 y 19:

$$q_{v2013}^{cuádruple^2} = \max \left( \sum_i 0.1ACH_{si} + \sum_i 0.1ACH_{di}, \sum_i q_{bi} \right) \quad (15)$$

Se tiene el mismo caso que en triple nivel. El segundo de los caudales será debido a los baños, pudiéndose indicar por lo tanto de la siguiente forma:  $q_{v2013}^2 = \sum_i q_{bi}$

- Caudal 3. De la hora 8 a la hora 11:

$$q_{v2013}^{cuádruple^3} = 0.1 ACH \text{ de la vivienda} \quad (16)$$

De igual manera que en triple nivel. Se considerarán los espacios salón, dormitorio, baño y pasillo para los cálculos de este caudal:

- Caudal 4. De la hora 12 a la 18 y de la hora 20 a la 22

$$q_{v2013}^{cuádruple^4} = \max \left( \sum_i q_{si}, \sum_i 0.1ACH_{bi} \right) \quad (17)$$

En este caudal se tendrán en cuenta los debidos a los espacios tipo salón, por lo que de una manera simplificada la ecuación mostrada será equivalente a  $q_{v2013}^4 = \sum_i q_{si}$

Mostrados los 4 diferentes caudales que conforman el cuádruple nivel, es posible formar su Schedule, para ello se ilustrará con el ejemplo 0, como se ha realizado en los casos anteriores.

*Cuádruple nivel. Ejemplo 0*

Una vez más (y ya por último) se va a emplear este ejemplo, en este caso para formar la gráfica que muestra como resulta el Schedule del cuádruple nivel, según se ha explicado en el apartado anterior. Para ello, como se ha realizado anteriormente se partirá de la tabla resumen del ejemplo 0

*Tabla 9 Resumen de los distintos valores relevantes para el cálculo de la ventilación mínima exigida. Ejemplo 0 LIDER 2013 Cuádruple nivel.*

Espacio	Superficie (m <sup>2</sup> )	ocupantes	$q_s, q_d(l/s)$	$q_b(l/s)$	4ACH → $q_{verano}(l/s)$	0.1ACH → $q(l/s)$
Salón	24.6	2	3 · ocup = 6	-	82	2.05
Pasillo	10	-	-	-	33.33	0.83
Baño	3.4	-	-	15	11.33	0.28
Dormitorio	13.4	2	5 · ocup = 10	-	44.66	1.12
<b>Total</b>	<b>51.5</b>		<b>16</b>	<b>15</b>	<b>171.66</b>	<b>4.29</b>

Haciendo uso de las ecuaciones se tendrá por lo tanto:

- Caudal 1. De la hora 1 a la hora 6 y de la hora 23 a la 24 (ecuación 14):

$$q_{v2013}^{cuádruple^1} = \max(10, 0.28) = 10 \text{ l/s}$$

- Caudal 2. Hora 7 y 19 (ecuación 15)

$$q_{v2013}^{cuádruple^2} = \max(2.05 + 1.12, 15) = 15 \text{ l/s}$$

- Caudal 3. De la hora 8 a la hora 11 (ecuación 16)

$$q_{v2013}^{cuádruple^3} = 2.05 + 0.83 + 0.28 + 1.12 = 4.29 \text{ l/s}$$

- Caudal 4. De la hora 12 a la 18 y de la hora 20 a la 22 (ecuación 17):

$$q_{v2013}^{cuádruple^4} = \max(6, 0.28) = 6 \text{ l/s}$$

Con estos valores, el Schedule resultante se puede ver en la siguiente figura:

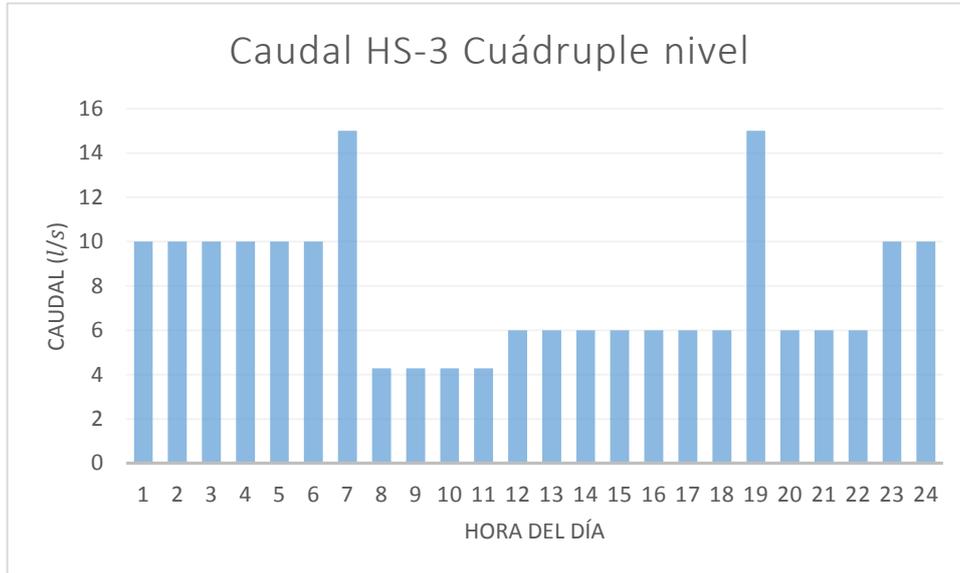


Figura 20 Caudal mínimo de ventilación del Ejemplo 0 en LIDER 2013 Cuádruple nivel

Y añadiendo las 4 ACH del horario de verano a las 8 primeras horas del día se puede conformar rápidamente el Schedule de verano:

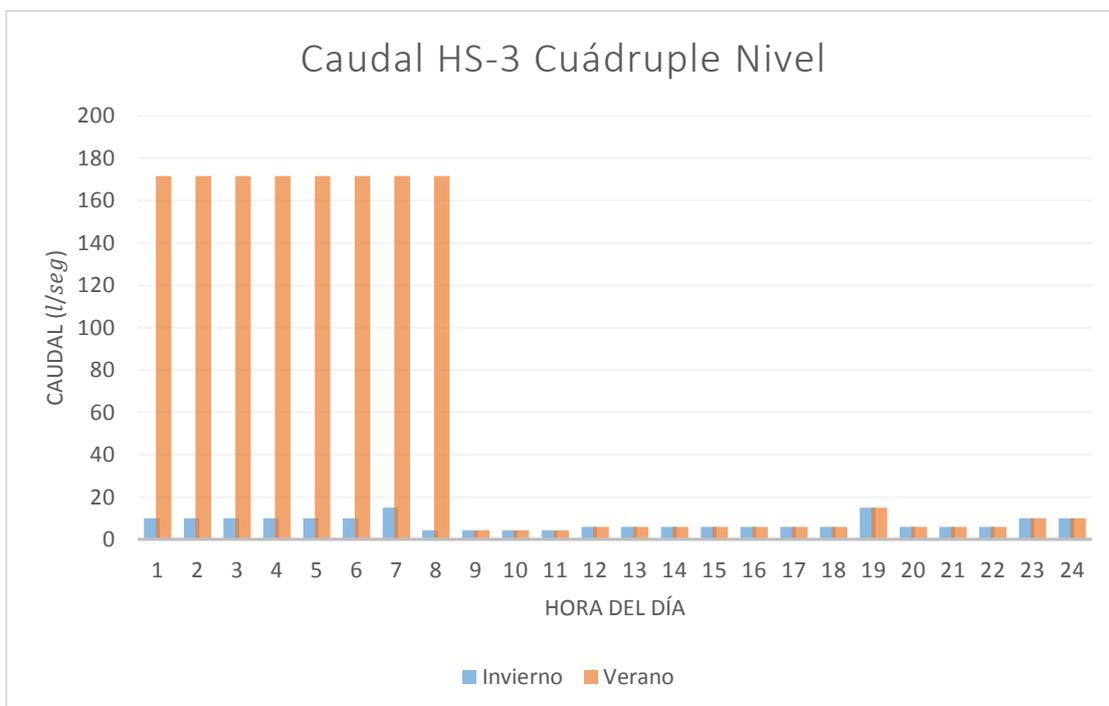


Figura 21 Caudales mínimos de ventilación del Ejemplo 0 en LIDER 2013 Cuádruple nivel, Invierno-Verano

#### 1.4.3.8. Caudal Cocina

Como se ha mencionado en diversas ocasiones, una de las mayores diferencias entre LIDER 2006 y LIDER 2013, es que las cocinas van a contar con su propio Schedule. No importa en este caso la tecnología de caudal que se use para la vivienda ya que este Schedule de la cocina será común a todos ellos.

El esquema de caudales, estará conformado a su vez por dos caudales. El extractor de la cocina trabajará 22 horas según lo requerido en el HS-3 ( $q_c^1 = 2 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ ) y las dos horas restantes se considerarán con el caudal de la campana extractora  $q_c^2 = 100 \text{ l}/\text{seg}$

Así pues suponiendo una cocina de  $8 \text{ m}^2$  de superficie y  $24 \text{ m}^3$  de volumen, se tendrá el siguiente Schedule.

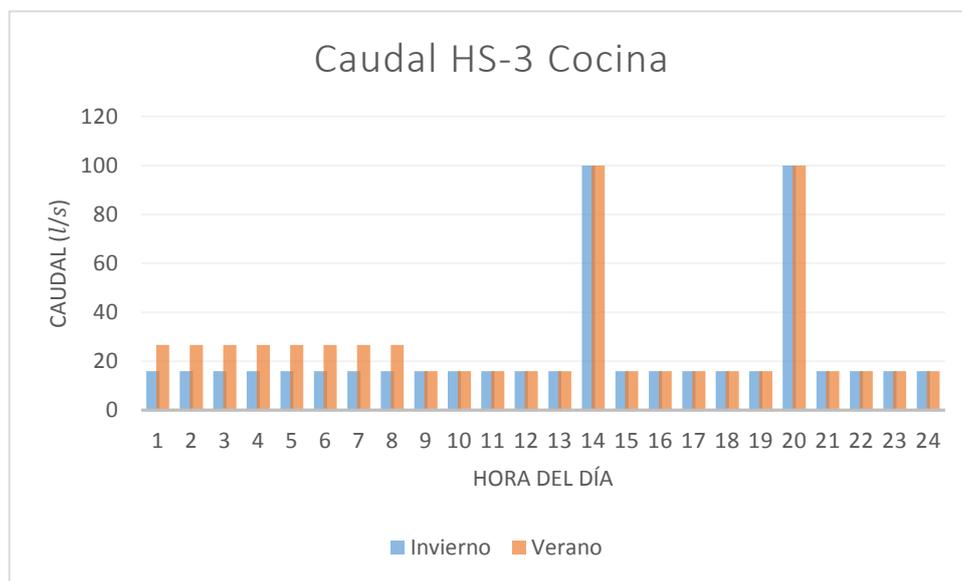


Figura 22 Caudales mínimos de ventilación del Ejemplo 0 en LIDER 2013 Cocina, Invierno-Verano

El horario de verano nocturno, resultará agregando a las 8 primeras horas del día en el caudal resultante debido a las  $4 \text{ ACH} = 26.67 \text{ l}/\text{s}$ .

#### 1.4.3.9. Significado de las tecnologías. Reducción de Caudal. ACH equivalente

Tal y como se ha expresado en los primeros apartados de este proyecto, la ventilación tiene una gran repercusión en el total de la demanda energética del edificio. Con el uso de las distintas tecnologías se pretende que el caudal que entra (caudal de extracción) en la vivienda sea menor y por lo tanto la demanda energética se reduzca según el uso de estas tecnologías.

Por lo que de una manera comparativa, se añade el término de renovaciones hora equivalentes, de forma que con este término se pueda comparar de una forma global

(en caso de procedimientos simplificados), cómo resulta esta reducción de demanda con el uso de las diferentes tecnologías implementadas en LIDER 2013.

Al haber estado trabajando con el ejemplo 0, se van a mostrar estas renovaciones equivalentes tanto para simple, triple y cuádruple caudal (el doble caudal no se calculará ya que tiene el mismo Schedule que el simple nivel). La forma de cálculo de estas renovaciones hora equivalentes se harán de la siguiente forma.

En primer lugar se realizará el cálculo del caudal equivalente por hora, a partir del Schedule de la tecnología. Nótese que el subíndice  $i$  se refiere a la hora del día.

$$q_{vequiv} = \frac{\sum_1^{24} q_{v2013i}}{24} \text{ (l/s)} \quad (18)$$

Una vez calculado el caudal equivalente, se calcularán las ACH equivalentes de forma análoga al cálculo de las ACH.

$$ACH_{equiv} = \frac{q_{vequiv}}{V} \quad (19)$$

El valor del que se va a partir en esta comparación es de la ACH calculada en LIDER 2006, la cual es equivalente en este ejemplo 0 a la del LIDER 2013 con simple nivel y cuyo valor era de  $ACH_{simple} = 0.373 \text{ h}^{-1}$

Para triple nivel se va a mostrar el procedimiento siendo la  $q_{vequiv}$  igual a:

$$q_{v\ triple\ equiv} = \frac{\sum_1^{24} q_{v2013i}}{24} = \frac{335.16}{24} = 13.965 \text{ l/s}$$

Siendo por lo tanto las ACH equivalentes para el ejemplo 0, triple nivel:

$$ACH_{equiv}^{triple} = \frac{13.965 \cdot 3.6}{51.5 \cdot 3} = 0.325 \text{ h}^{-1}$$

Y de la misma forma, para cuádruple nivel, el caudal equivalente resultará:

$$q_{v\ cuádr\ equiv} = \frac{187.16}{24} = 7.8 \text{ l/s}$$

Las renovaciones hora equivalentes del cuádruple nivel:

$$ACH_{equiv}^{cuádr} = \frac{7.8 \cdot 3.6}{51.5 \cdot 3} = 0.182 \text{ h}^{-1}$$

Mostrando los valores obtenidos y la reducción en porcentaje que se producido entre las distintas tecnologías empleadas, se tiene el siguiente cuadro resumen:

Tabla 10 Reducción del caudal equivalente en el Ejemplo 0, según la utilización de las diversas tecnologías

Tecnología	$q_{v\text{equiv}}(l/s)$	$ACH_{\text{equiv}} h^{-1}$	Reducción (%)
Simple Nivel	16	0.373	0
Triple Nivel	13.965	0.325	12.86
Cuádruple Nivel	7.8	0.182	51.2

Como se aprecia en la tabla resumen, la reducción entre simple nivel y triple nivel aun no siendo muy notoria, se reduce a lo largo del día un 12.86% el caudal de extracción (se recuerda que estos resultados son para el ejemplo 0, así que no son extrapolables a todos los resultados, pero se consideran significativos). Donde se nota una mayor reducción del caudal de extracción es cuando se aplican la tecnología de cuádruple nivel, alcanzando para el ejemplo 0 calculado un valor del 51.2%. Así pues al aplicar la tecnología de cuádruple caudal se reduce a más de la mitad el caudal de extracción.

#### 1.4.3.10. Consideraciones Computacionales, Cálculo de Perfiles de Caudal CDEEW

A la hora de elaborar los perfiles comentados en las líneas anteriores, es necesario hacer mención de cómo el programa los forma internamente. El “problema” surge de dos maneras; cómo se envían los datos al programa de cálculo, y cómo éste realiza los cálculos de manera interna.

Debido a cómo se ha programado la captura de los datos enviados, ha sido necesario realizar ciertas consideraciones a la hora de enviar los datos que pueden crear cierta confusión. Se han creado dos variables a comparar, tal y como se puede comprobar fácilmente en las ecuaciones mostradas para las distintas tecnologías:

- $q_{sdp}$  → En esta variable se suman los caudales de los espacios tipo salón, dormitorio y pasillo.
- $q_b$  → En esta variable se aglutinan los caudales de los espacios tipo baño.

Finalmente el programa realiza una comparación entre estas variables, para observar cual es el máximo entre ambas, y la guarda en la variable  $q_{sdpb}$  que según se ha indicado en este texto sería equivalente al  $q_{v2013}^i$ .

Esta relación sería válida para todas las ecuaciones en las que se tiene una comparación entre las variables, pero existen ciertos momentos (tal y como se hace constancia en las ecuaciones de las tecnologías) en los que el  $q_{v2013}^i$  es la suma de los caudales de todos los espacios que componen la vivienda (siempre excluyendo la cocina de estos cálculos), los cuales son en los momentos que se considera la vivienda

desocupada (0.1ACH de la vivienda), y en la ventilación nocturna de verano (4ACH de la vivienda). Al ser  $q_{sdpb} = \max(q_{sdp}, q_b)$ , ha sido preciso colocar las renovaciones hora de los baños al enviar los datos al programa de cálculo en un espacio de los que conforman los caudales de la primera variable,  $q_{sdp}$ .

Para ello se han incluido las 0.1ACH o las 4ACH de todos los espacios tipo baño en el primer espacio tipo salón de la vivienda, y en el caso en que la vivienda no contara con este tipo de espacio, se incluirán en el primer espacio tipo dormitorio de la vivienda.

Una vez realizadas estas consideraciones se van a mostrar cómo se envían estos datos al programa de cálculo, a su vez al final de este texto en el anexo 1 se va a incluir la guía técnica con la que el programador ha realizado la escritura de los datos, para su posterior lectura por parte del programa de cálculo. Mostrando la forma en la que los datos son escritos, a su vez, se podrá comprobar el sentido que tienen los nombres aplicados a las tecnologías, al indicarse un número igual de caudales al tipo de tecnología, más uno adicional correspondiente a la ventilación nocturna de verano.

Todo lo que se va a escribir a continuación aparece en los ficheros \*.INP o \*.CA\_VEN, los cuales se generan al calcular la vivienda en LIDER 2013.

#### 1.4.3.11. Escritura de los datos de entrada según la tecnología empleada

Se van a indicar los datos que exclusivamente interesan para cada tipo de tecnología, a la hora de realizar la explicación. Cuando se usa la keyword VENTILATION-SPACE-TYPE, a su derecha se indica el tipo de ese espacio, en la segunda, VENTILATION-RATE-HS3, se indican los caudales de cada espacio según los  $q_{v2013}^i$ , tal y como esos valores se pedirían en las ecuaciones anteriormente explicadas y que posteriormente el programa de cálculo hallará.

##### *Simple nivel*

Para cada espacio, cuando se escriba VENTILATION-RATE-HS-3 = ( $q_{v2013}, q_{verano}$ )

-Salón: VENTILATION-SPACE-TYPE = SALON

1<sup>er</sup> Salón: VENTILATION-RATE-HS3 = (3\*ocup, 4ACH+4ACH de todos los baños)

Resto de salones: VENTILATION-RATE-HS3 = (3\*ocup, 4ACH)

En el segundo término del VENTILATION-RATE-HS3 se aprecia cómo se han incluido las 4ACH del horario de verano de todos los espacios tipo baño para que estos se sumen a los del resto de la vivienda a la hora de que queden añadidos en la variable  $q_{sdpb}$  que usa el programa de cálculo.

-Dormitorio: VENTILATION-SPACE-TYPE = DORMITORIO

1<sup>er</sup> Dormitorio (En el caso que no existan espacios tipo salón):

VENTILATION-RATE-HS3 = (5\*ocup, 4ACH+4ACH de todos los baños)

Resto de Dormitorios: VENTILATION-RATE-HS3 = (5\*ocup, 4ACH)

Se ha tenido en cuenta la consideración de 1<sup>er</sup> Dormitorio, en el caso de que no se haya asignado ningún espacio tipo salón. Si no se tuviera en cuenta esto, los 4ACH de los espacios tipo baño no se sumarían a la variable  $q_{sdpb}$ .

Por otro lado se recuerda que la ocupación del dormitorio se tiene en cuenta según la superficie del espacio. Si la superficie es menor a  $10 m^2$  la ocupación será igual a 1, en caso de que sea mayor la ocupación será igual a 2.

-Pasillo: VENTILATION-SPACE-TYPE = PASILLO

VENTILATION-RATE-HS3 = (0, 4ACH)

-Baño: VENTILATION-SPACE-TYPE = BAÑO

VENTILATION-RATE-HS3 = (15, 4ACH)

#### *Doble Nivel*

Para cada espacio, en este caso los valores del Ventilation Rate son:

VENTILATION-RATE-HS-3 = ( $q_{v2013}^1, q_{v2013}^2, q_{verano}$ )

-Salón: VENTILATION-SPACE-TYPE = SALON

1<sup>er</sup> Salón: VENTILATION-RATE-HS3 = (3\*ocup, 3\*ocup, 4ACH+4ACH de todos los baños)

Resto de salones: VENTILATION-RATE-HS3 = (3\*ocup, 3\*ocup, 4ACH)

-Dormitorio: VENTILATION-SPACE-TYPE = DORMITORIO

1<sup>er</sup> Dormitorio (En el caso que no existan espacios tipo salón):

VENTILATION-RATE-HS3 = (5\*ocup, 5\*ocup, 4ACH+4ACH de todos los baños)

Resto de Dormitorios: VENTILATION-RATE-HS3 = (5\*ocup, 5\*ocup, 4ACH)

-Pasillo: VENTILATION-SPACE-TYPE = PASILLO

VENTILATION-RATE-HS3 = (0, 0, 4ACH)

-Baño: VENTILATION-SPACE-TYPE = BAÑO

VENTILATION-RATE-HS3 = (0.1ACH, 15, 4ACH)

Se vuelve a recalcar que en el primer valor del Ventilation Rate del Baño se ha colocado la ventilación mínima, para cuando se realice la comparación  $q_{sdpb} = \max(q_{sdp}, q_b)$  el término  $q_b$  no sea igual a 0.

#### Triple Nivel

En la siguiente de las tecnologías que se están estudiando en el LIDER 2013, la relación de los valores es la que sigue:

$$\text{VENTILATION-RATE-HS-3} = (q_{v2013}^1, q_{v2013}^2, q_{v2013}^3, q_{\text{verano}})$$

-Salón: VENTILATION-SPACE-TYPE = SALON

1<sup>er</sup> Salón:

VENTILATION-RATE-HS3 = (3\*ocup, 0.1ACH, 0.1ACH+0.1ACH de todos los baños, 4ACH+4ACH de todos los baños)

Resto de salones: VENTILATION-RATE-HS3 = (3\*ocup, 0.1ACH, 0.1ACH, 4ACH)

En el tercer término se incluye de nuevo la otra de las excepciones que se producen al calcular la variable  $q_{sdpb}$ . Se produce de nuevo el mismo caso que cuando se comentó

en simple nivel las 4ACH del horario nocturno de verano. El caudal relacionado con las 0.1ACH d

e los espacios tipo baño se incluyen en el primer salón (o si este no existiera en el primer dormitorio) para que al utilizar la expresión  $q_{sdpb} = \max(q_{sdp}, q_b)$  este caudal de los baños sea incluido.

-Dormitorio: VENTILATION-SPACE-TYPE = DORMITORIO

1<sup>er</sup> Dormitorio (En el caso que no existan espacios tipo salón):

VENTILATION-RATE-HS3 = (5\*ocup, 0.1ACH, 0.1ACH+0.1ACH de todos los baños, 4ACH+4ACH de todos los baños)

Resto de Dormitorios: VENTILATION-RATE-HS3 = (5\*ocup, 0.1ACH, 0.1ACH, 4ACH)

-Pasillo: VENTILATION-SPACE-TYPE = PASILLO

VENTILATION-RATE-HS3 = (0, 0, 0.1ACH, 4ACH)

-Baño: VENTILATION-SPACE-TYPE = BAÑO

VENTILATION-RATE-HS3 = (0, 15, 0.1ACH, 4ACH)

#### *Cuádruple Nivel*

En la última de las tecnologías no se cambia la manera de actuar que se ha visto en los casos anteriores. Así pues en cada espacio se escribirán los caudales de la siguiente forma, VENTILATION-RATE-HS-3 = ( $q_{v2013}^1, q_{v2013}^2, q_{v2013}^3, q_{v2013}^4, q_{verano}$ ).

-Salón: VENTILATION-SPACE-TYPE = SALON

1<sup>er</sup> Salón:

VENTILATION-RATE-HS3 (0, 0.1ACH, 0.1ACH+0.1ACH de todos los baños, 3\*ocup, 4ACH+4ACH de todos los baños)

Resto de salones: VENTILATION-RATE-HS3 = (0, 0.1ACH, 0.1ACH, 3\*ocup, 4ACH)

-Dormitorio: VENTILATION-SPACE-TYPE = DORMITORIO

1<sup>er</sup> Dormitorio (En el caso que no existan espacios tipo salón):

VENTILATION-RATE-HS3 = (5\*ocup, 0.1ACH, 0.1ACH+0.1ACH de todos los baños, 0, 4ACH+4ACH de todos los baños)

Resto de Dormitorios: VENTILATION-RATE-HS3 = (5\*ocup, 0.1ACH, 0.1ACH, 0, 4ACH)

-Pasillo: VENTILATION-SPACE-TYPE = PASILLO

VENTILATION-RATE-HS3 = (0, 0, 0.1ACH, 0, 4ACH)

-Baño: VENTILATION-SPACE-TYPE = BAÑO

VENTILATION-RATE-HS3 = (0.1ACH, 15, 0.1ACH, 0.1ACH 4ACH)

#### 1.4.4. Permeabilidad Total. Permeabilidad de opacos.

En este apartado se va a analizar otro de los nuevos parámetros, la permeabilidad total de la vivienda, que el usuario puede modificar en las Capacidades Adicionales de Ventilación en el LIDER 2013.

En la versión anterior del LIDER, la permeabilidad total se daba por defecto, en esta versión el usuario podrá indicar este valor después de haber realizado un ensayo de puerta soplante, o en su defecto se podrá utilizar un nuevo valor por defecto, aunque en este caso de permeabilidad de opacos.

En primer lugar se van a analizar estos valores por defecto que se incluyen en las versiones tanto de 2006 como de 2013

##### 1.4.4.1. Permeabilidad Total por defecto LIDER 2006

Hasta ahora, en el LIDER 2006, se tomaba por defecto la Permeabilidad Total de 0.3 ACH a 1Pa, y en ningún caso el usuario podía modificarlo.

Si se realizan las conversiones del anterior valor de ACH a 4Pa y 50Pa, se tiene:

$$0.3h^{-1} \text{ a } 1Pa = 0.3h^{-1} \left(\frac{4}{1}\right)^{0.667} \text{ a } 4Pa = 0.3h^{-1} \left(\frac{50}{1}\right)^{0.667} \text{ a } 50Pa \quad (20)$$

Siendo  $n = 0.667$  el exponente del flujo de aire.

Resultando los siguientes valores de permeabilidad expresados en  $h^{-1}$ :

$$n_1 = k_{total} = 0.3h^{-1} \text{ a } 1Pa \quad n_4 = 0.76h^{-1} \text{ a } 4Pa \quad n_{50} = 4.125h^{-1} \text{ a } 50Pa \quad (21)$$

Por lo que este último valor es el que se debe introducir en la nueva versión de LIDER en el caso que se quiera establecer una comparación entre ambas versiones. Se van a analizar en las siguientes líneas como afecta en los cálculos la inclusión de este parámetro en la nueva versión.

##### 1.4.4.2. Permeabilidad de Opacos por defecto LIDER 2013

En el caso que el usuario desconozca el valor a introducir de Permeabilidad de Opacos, el programa de cálculo introduce por defecto los siguientes valores:

- Si la vivienda es unifamiliar:

$$Q_{4PA\ opac}^{unifam} = 1.8 \frac{m^3}{h \cdot m_{ext}^2} \quad (22)$$

- El resto de viviendas

$$Q_{4PA\ opac}^{resto} = 1.95 \frac{m^3}{h \cdot m_{ext}^2} \quad (23)$$

Se puede observar como los valores por defecto se aproximan a los valores más desfavorables en la tabla 11, extraída de la norma UNE-EN 15242.2007.

Tabla 11 Valores aproximados de la Permeabilidad de Opacos, de acorde a la UNE-EN 15242.2007

		m <sup>3</sup> /h por m <sup>2</sup> de envolvente exterior (exp n = 0,667)		
Nivel de fugas		Q4Pa	Q10Pa	Q50Pa
Unifamiliar	bajo	0,5	1	2,5
	medio	1	2	5
	alto	2	3,5	10
Multifamiliar; no residencial excepto industrial	bajo	0,5	1	2,5
	medio	1	2	5
	alto	2	3,5	10
Industrial	bajo	1	2	5
	medio	2	3,5	10
	alto	4	7	20

Aunque como se ha mencionado que los valores utilizados por defecto se aproximan a los de la tabla, la misma norma comenta respecto a estos valores de Permeabilidad de Opacos los siguiente: “los niveles de fuga bajos, medios y altos no son normativos, y sólo se aportan para ilustrar la forma de expresar los resultados o requisitos y no deberían considerarse como valores típicos debidos a la variedad de hábitos de construcción nacional”. Dicho esto, si es conveniente utilizar unos valores por defecto a la hora de ayudar al usuario en el caso que no conozca o no haya realizado un ensayo de puerta soplante para conocer el valor de la permeabilidad total.

1.4.4.3. Permeabilidad total n50. Puerta soplante método B. UNE-EN 13829:2002 Apartado 6.3.1

(Extracto y resumen de la norma 13829:2000)

El método de presurización mediante ventilador está dirigido a caracterizar la permeabilidad al aire de la envolvente del edificio o sus partes componentes:

En su apartado a) se encuentra el uso destinado a obtener el valor de permeabilidad total que puede indicarse en las capacidades adicionales de ventilación del LIDER 2013

- a) Para medir la permeabilidad al aire de un edificio, o parte componente del mismo que sea conforme con la especificación de un diseño para la hermeticidad al aire.

El cálculo del valor de permeabilidad del edificio se realizará de acorde el método B (ensayo de la envolvente del edificio), en el cual se determina que cualquier abertura en la envolvente del edificio, debe ser cerrada o sellada.

Por lo tanto en resumidas cuentas, el Blower Door cuenta con un ventilador especial el cual se encuentra acoplado en la puerta exterior de la vivienda.

Una vez cerradas todas las ventanas y conductos, y abiertas todas las puertas interiores se realiza la medición de la vivienda como si fuera una única zona. El ventilador acoplado en la puerta comienza a succionar el aire del interior del edificio para llevarlo al exterior, hasta generar un vacío de 50 Pascales. Este proceso es llamado modo de despresurización.

El viento que llega a la vivienda afecta a todo el entorno y durante la realización del test el aire que proviene del exterior de la vivienda fluye hacia el interior a través de las aberturas existentes.

El volumen de aire saliente del edificio es medido y dando en consecuencia la relación del cambio de aire con una presión de 50 Pascales,  $n_{50}$  que podrá ser introducido como dato en LIDER 2013.

#### 1.4.4.4. Permeabilidad total. Relación con permeabilidad de opacos y ventanas

Se han comentado términos tales como Permeabilidad Total, de Opacos y de ventanas, la relación entre ellas es la siguiente:

$$Q_{50Pa}^{total} = Q_{50Pa}^{opac} + Q_{50Pa}^{vent} + Q_{50Pa}^{puertas} \quad (24)$$

En la ecuación 24 se ha utilizado el subíndice 50 Pa, ya que de este modo se introduce el dato de la permeabilidad total en el programa LIDER, aunque el programa

internamente los convierte a 1 Pascal y realiza los cálculos con éste último valor. La relación de conversión se ha mostrado en el apartado 1.4.4.1. de la Permeabilidad Total LIDER 2006.

Por otro lado, ya que las Permeabilidades pueden darse en distintas unidades, ACH o  $\frac{m^3}{h \cdot m^2}$ , es conveniente indicar que la *Relación Aspecto* permitirá pasar de una a otra. Se podría definir la relación aspecto como la relación entre la superficie de transferencia exterior del edificio y su volumen.

Ésta superficie de transferencia exterior del edificio no tendrá en cuenta las medianeras, ni los suelos que se encuentren en contacto con el terreno.

De igual manera atendiendo a las unidades, en esta ocasión referidas a la permeabilidad de ventanas y puertas, se deberá tener en cuenta que las áreas de dichos elementos finalmente se encuentren referidas a la superficie exterior expuesta y una diferencia de presiones de acorde al resto de permeabilidades.

En resumen, las modificaciones que se han de realizar en los elementos de la ecuación 24 anterior, tal y como se reciben los datos a partir del LIDER 2013 son los siguientes:

- 1- En el caso que el dato proporcionado sea  $n_{50}$  ( $h^{-1}$ ), para convertirlo a  $\frac{m^3}{h \cdot m_{ext}^2}$  es decir  $Q_{50Pa}^{total}$ , simplemente bastará con dividir la permeabilidad en renovaciones hora por la relación aspecto  $R. A.$  en  $(\frac{m^2}{m^3})$

$$Q_{50Pa}^{total} = \frac{n_{50}}{R. A.} \quad (25)$$

- 2- Para que converjan las unidades de la permeabilidad de ventanas, con la permeabilidad total, en un primer lugar será necesario convertir el valor introducido en LIDER de 100 Pa a 50 Pa, para posteriormente adecuar el valor resultante a los  $m_{ext}^2$  con los que opera la permeabilidad total.

$$Q_{50Pa}^{vent} = Q_{100Pa}^{vent} \left( \frac{50}{100} \right)^{0.667} \frac{A_{vent}}{A_{ext}} \quad (26)$$

Al introducir el término  $\frac{A_{vent}}{A_{ext}}$  las unidades de  $Q_{50Pa}^{vent}$  serán  $\frac{m^3}{h \cdot m_{ext}^2}$

3- Siguiendo con la misma explicación que en el caso de la permeabilidad de ventanas, la permeabilidad de puertas será la siguiente:

$$Q_{50Pa}^{puertas} = Q_{100Pa}^{puertas} \left( \frac{50}{100} \right)^{0.667} \frac{A_{puertas}}{A_{ext}} \quad (27)$$

Al igual que en el caso anterior, el término  $\frac{A_{puertas}}{A_{ext}}$  hará que las unidades de  $Q_{50Pa}^{puertas}$  sean  $\frac{m^3}{h \cdot m_{ext}^2}$

En tal caso y volviendo a la ecuación inicial de partida:

$$Q_{50Pa}^{total} = Q_{50Pa}^{opac} + Q_{50Pa}^{vent} + Q_{50Pa}^{puertas} \quad (28)$$

La permeabilidad de opacos a 50 Pascales será una vez conocidos los valores nombrados anteriormente:

$$Q_{50Pa}^{opac} = Q_{50Pa}^{total} - Q_{50Pa}^{vent} - Q_{50Pa}^{puertas} \quad (29)$$

Siendo  $Q_{50Pa}^{opac}$ ,  $\frac{m^3}{h \cdot m_{ext}^2}$

Adaptando  $Q_{50Pa}^{opac}$  finalmente a superficie de opacos  $\frac{m^3}{h \cdot m_{ext}^2}$ .

$$Q_{50Pa}^{opac'} = Q_{50Pa}^{opac} \frac{A_{ext}}{A_{opac}} \quad (30)$$

#### 1.4.4.5. Consideración computacional. Permeabilidad de opacos calculada por tipo de espacio

El cálculo de la permeabilidad de opacos en las capacidades de ventilación ha presentado un punto de discusión en el momento de la decisión de cómo ésta iba a ser calculada. Se han comentado los diversos valores a la hora de introducir el valor de la permeabilidad, ya sea en valor por defecto (se tiene la permeabilidad de opacos directamente) o después de haber realizado un ensayo de blower door en la vivienda, que será este último el que interesa para efectuar el cálculo de la permeabilidad de opacos.

El valor de la permeabilidad total de la vivienda después de realizar el ensayo de blower door se obtiene considerando la propia vivienda como un grupo o espacio único

(vivienda unizona), ya que todas las puertas entre los distintos espacios que conforman la misma se encuentran abiertas. Por lo que al obtener el valor  $n_{50}$ , éste va a representar la relación de cambio de aire en la vivienda debido a los elementos no cerrados o sellados.

Teniendo en cuenta que el cálculo del  $n_{50}$  considera la vivienda unizona, se han contemplado 3 posibles hipótesis para el cálculo de la permeabilidad de opacos:

- Contemplar la vivienda como unizona

Es decir, ya que el valor de la permeabilidad ha sido calculado con esta misma consideración, y siendo éste único para toda la vivienda, y a su vez asumiendo que los muros exteriores están compuestos por los mismos elementos en toda la vivienda, parece razonable esta suposición a la hora de establecer el cálculo de la permeabilidad de opacos.

En este caso la superficie de transferencia exterior contemplaría todos los muros exteriores y cubiertas de la vivienda, para realizar los cálculos.

- Contemplar cada espacio que compone la vivienda por separado

En esta segunda hipótesis se asume que al ser el valor de la permeabilidad  $n_{50}$  renovaciones hora. Por cada espacio de la vivienda entrará un caudal con el mismo valor  $n_{50}$  renovaciones hora.

Por lo tanto, el cálculo de la permeabilidad de opacos dependerá del volumen de cada espacio, la superficie de transferencia exterior del espacio y los elementos tipo ventana que se encuentren en cada espacio

- Agrupar los espacios en tipo de uso

La tercera y última de las hipótesis contempladas se puede decir que aúna las dos anteriores, puesto que considera la vivienda como multizona en tipo de uso. En esta hipótesis se sumarán los volúmenes, superficies de transferencia exterior y elementos tipo ventanas de los espacios con el mismo tipo de uso. Por lo que la permeabilidad de opacos resultante será la misma para espacios con el mismo tipo de uso asignado.

Esta hipótesis tiene en cuenta que al agrupar los espacios por tipo de uso, se agrupen a su vez posibles características similares existentes en estos espacios destinados a actividades similares.

Finalmente se ha decidido que ésta tercera hipótesis de cálculo sea la implementada en el programa por entenderse como la intermedia entre las tres hipótesis mostradas. Se

ha observado a su vez que debido al hecho de agrupar los espacios con el mismo uso, a la hora de calcular la permeabilidad de opacos, en ciertos casos se pueden obtener resultados diferentes en el momento de establecer el reparto de caudales, teniendo el mismo caudal de extracción en la vivienda. Este suceso se va a mostrar en los ejemplos de cálculo de la permeabilidad de opacos que se presentan a continuación.

Puesto que se parte de la permeabilidad total (en el caso que el usuario introduzca este dato) y conocida la permeabilidad de ventanas al ser un valor introducido por el usuario, se está en disposición de calcular la permeabilidad de opacos. Con el siguiente ejemplo de cálculo se va a mostrar el proceso interno del programa a la hora de obtener la permeabilidad de opacos, dato necesario en cálculos sucesivos.

#### 1.4.4.6. Ejemplo de cálculo de permeabilidad de opacos, Ejemplo 0

Se va a mostrar un ejemplo de cálculo de la permeabilidad de opacos del espacio salón del ejemplo 0, conociendo el valor de la permeabilidad total de LIDER 2006, es decir  $n_{50} = 4.125h^{-1}$ . Para ello y a través de los planos de la vivienda, se podrán conocer todos los datos relativos a la geometría del espacio, su superficie, volumen y superficie de transferencia exterior.

Por lo tanto, de acorde con la figura 23, estos datos son los siguientes:

$$A_s = 24.6 m^2$$

A pesar de que la altura de la vivienda está indicada con 3 metros de altura, internamente el programa resta 0.2 metros, debido a los elementos que conforman el edificio, de esta manera el Volumen del espacio salón es:

$$V_s = 24.6 \cdot 2.8 = 68.88 m^3$$

Para hallar la superficie de transferencia total (superficie de opacos más superficie ventanas), se tendrán en cuenta los muros exteriores, señalados en verde en la

figura y la cubierta, que en este casi coincide con la planta del espacio. No entrarán en este cálculo los suelos en contacto con el terreno ni las medianeras. Por lo que si el espacio cuenta con una altura de 3 metros, la superficie de transferencia exterior es:

$$Ste_s = (4.35 + 5.65) \cdot 3 + 24.6 = 54.6 m^2$$

El primero de los sumandos corresponde a los muros y el segundo a la cubierta.

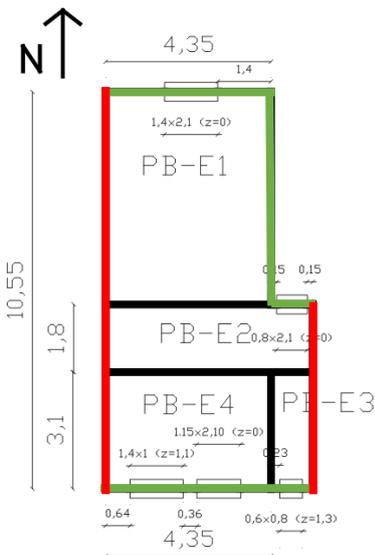


Figura 23 Plano del Ejemplo 0 (Obtenido de la planta baja del Ejemplo 1 del LIDER 2006)

El siguiente de los elementos que es necesario conocer es la superficie relativa a los elementos tipos ventana. En este caso el espacio que se está analizando cuenta con único elemento cuya superficie es de:

$$A_s^{vent} = 2.94 \text{ m}^2$$

En consecuencia el área correspondiente a los elementos opacos, total menos ventanas es:

$$A_s^{opac} = Ste_s - A_s^{vent} = 54.6 - 2.94 = 51.66 \text{ m}^2$$

Una vez que se cuentan con los diversos elementos geométricos del espacio, y conocidas las permeabilidades total ( $n_{50} = 4.125 \text{ h}^{-1}$ ) y de ventanas ( $Q_{100Pa}^{vent} = 25 \frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{m}^2_{ventana}}$ ), se puede calcular sin mayor problema la permeabilidad de opacos del espacio en cuestión.

$$n_{50}^{opac} = 4.125 - 25 \left( \frac{50}{100} \right)^{0.67} \frac{2.94}{68.88} = 4.125 - 0.671 = 3.454 \text{ h}^{-1}$$

El resultado mostrado de la permeabilidad de opacos se encuentra en renovaciones hora y a una diferencia de presiones de 50 Pascales, este dato se puede convertir rápidamente a otra de las unidades con las que se trabaja  $\frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{m}^2_{opacos}}$ , resultando:

$$Q_{50Pa}^{opac} = 3.454 \cdot \frac{68.88}{51.66} = 4.605 \frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{m}^2_{opacos}}$$

Realizado el caso del espacio salón, se va a mostrar en la siguiente tabla 12, el resumen de las permeabilidades de opacos resultantes para el resto de espacios de la vivienda. Para el cálculo de dichas permeabilidades bastaría con seguir el procedimiento indicado anteriormente:

Tabla 12 Valor de las variables significativas en el cálculo de la Permeabilidad de Opacos en el ejemplo 0 partiendo de la Permeabilidad Total por defecto en LIDER 2006

Espacio	A	V	Ste	A <sup>vent</sup>	A <sup>opac</sup>	n <sub>50</sub>	Q <sub>100Pa</sub> <sup>vent</sup>	n <sub>50</sub> <sup>vent</sup>	n <sub>50</sub> <sup>opac</sup>	Q <sub>50Pa</sub> <sup>opac</sup>
Salon	24.6	68.88	54.6	2.94	51.66	4.125	25	0.671	3.454	4.606
Pasillo	10	28	13.11	1.68	11.43	4.125	25	0.943	3.182	7.796
Baño	3.4	9.52	6.7	0.48	6.22	4.125	25	0.792	3.333	5.101
Dorm	13.4	37.52	26.535	3.815	22.72	4.125	25	1.598	2.527	4.174

Esta tabla se ha obtenido con el valor de la permeabilidad por defecto del LIDER 2006, tal y como se aprecia en la columna permeabilidad total. Los resultados obtenidos en la última columna de la tabla son fácilmente comparables con las nuevas permeabilidades por defecto del LIDER 2013 y como se aprecian aproximadamente y para esta vivienda, estos valores calculados tienen un valor de aproximadamente el 50% de los nuevos valores por defecto. Así pues se puede confirmar, al menos para este ejemplo 0, que los nuevos valores por defecto van a proporcionar mayores caudales de entrada en la vivienda que en la versión anterior.

Debido a la forma en la que el programa actúa al calcular la permeabilidad de opacos pueden darse casos curiosos. Esto ocurre cuando se introducen valores de  $n_{50}$  con valores muy bajos. Puede darse que en un determinado espacio calcule la permeabilidad de opacos sin ningún tipo de problemas y en cambio en otro espacio la permeabilidad resultante tenga signo negativo. Si la permeabilidad fuera negativo (valor sin sentido) como se ha comentado en la introducción teórica, el valor de dicha permeabilidad de opacos se cambiará automáticamente por 0. La tabla 13 muestra el hecho comentado:

Tabla 13 Valor de las variables significativas en el cálculo de la Permeabilidad de Opacos en el ejemplo 0 partiendo de la Permeabilidad Total  $n_{50}=1$  ACH

Espacio	$A$	$V$	$S_{te}$	$A^{vent}$	$A^{opac}$	$n_{50}$	$Q_{100Pa}^{vent}$	$n_{50}^{vent}$	$n_{50}^{opac}$	$Q_{50Pa}^{opac}$
Salon	24.6	68.88	54.6	2.94	51.66	1	25	0.671	0.329	0.439
Pasillo	10	28	13.11	1.68	11.43	1	25	0.943	0.057	0.140
Baño	3.4	9.52	6.7	0.48	6.22	1	25	0.792	0.208	0.318
Dorm	13.4	37.52	26.535	3.815	22.72	1	25	1.598	(-0.598) → 0	(-0.987) → 0

Al cambiar en este caso la permeabilidad total, y asignando un valor de  $n_{50} = 1 h^{-1}$ , se observa que en el caso del espacio dormitorio, el valor de la permeabilidad de ventanas es mayor que el  $n_{50}$ , debido a esto la permeabilidad de opacos tendrá signo negativo. Como se ha comentado en la introducción a este caso, al ser éste valor de permeabilidad de opacos no válido automáticamente se asigna el valor 0 a dicha permeabilidad a la hora de efectuar futuros cálculos.

#### 1.4.4.7. Ejemplo 0.1 Cocina y aseo, y 2 aseos

Tal y como se ha comentado en el apartado de consideraciones computacionales en el cálculo de la permeabilidad de opacos, en la nueva versión de LIDER en sus capacidades de ventilación dicha permeabilidad es calculada agrupando los espacios que tengan un mismo tipo de uso. En el ejemplo que se acaba de mostrar, no se ha podido apreciar el caso que se trata en este apartado, debido a que en dicho ejemplo 0 o se tienen tipos de uso asignado a los espacios repetidos. Así que haciendo uso de nuevo el ejemplo 0.1 (ya utilizado para el caso 2 del doble nivel) se ilustrará el cálculo de la permeabilidad de opacos

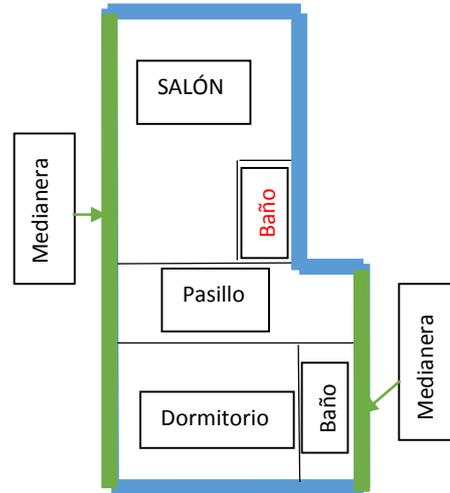


Figura 24 Esquema de la planta del Ejemplo 0.1 (Se añade un baño al Ejemplo 0)

para una vivienda general. Las asignaciones de espacios se encuentran en la figura 24, que se encuentra entre estas líneas.

Tabla 14 Valor de las variables significativas en el cálculo de la Permeabilidad de Opacos en el ejemplo 0.1 partiendo de la Permeabilidad Total por defecto en LIDER 2006. Se resaltan las variaciones computacionales de los espacios tipo baño.

Espacio	$A$	$V$	$S_{te}$	$A^{vent}$	$A^{opac}$	$n_{50}$	$Q_{100Pa}^{vent}$	$n_{50}^{vent}$	$n_{50}^{opac}$	$Q_{50Pa}^{opac}$
Salon	20.9	58.52	43.4	2.94	40.46	4.125	25	0.789	3.336	4.825
Pasillo	10	28	13.11	1.68	11.43	4.125	25	0.943	3.182	7.796
Baño1	3.4	9.52	6.7	0.48	6.22	4.125	25	0.792	3.333	5.101
Baño2	3.7	10.36	11.2	1	10.2	4.125	25	1.517	2.608	2.649
TotalBaño	7.1	19.88	17.9	1.48	16.42	4.125	25	1.170	2.955	3.578
Dormitorio	13.4	37.52	26.535	3.815	22.72	4.125	25	1.598	2.527	4.174

En la tabla 14 que precede estas líneas se muestra el cálculo detallado de las permeabilidades de opacos del ejemplo 0.1 contando con dos baños, tal y como se muestra en la figura 24. A pesar de detallarse el valor de la permeabilidad de opacos el valor que adoptará de permeabilidad de opacos cada baño, será el indicado en la fila total baño. Resumiendo estos cambios en la tabla 15, se indican los valores definitivos de los espacios tipo baño, que el programa usará para realizar el resto de los cálculos futuros.

Tabla 15 Valor de la Permeabilidad de Opacos en los distintos espacios de la vivienda. Se resalta el valor modificado en los espacios tipo baño, al calcularse la permeabilidad como la suma de ambos espacios.

Espacio	$n_{50}^{opac}$	$Q_{50Pa}^{opac}$
Salon	3.336	4.825
Pasillo	3.182	7.796
Baño1	2.955	3.578
Baño2	2.955	3.578
Dormitorio	2.527	4.174

Actuando de la misma manera que en el caso anterior, si en el espacio número 5, asignado como baño en el ejemplo 0.1 se cambia a uso 'cocina' (se cambia el nombre del espacio para la comprobación de que el programa efectúa los cálculos correctamente, aunque internamente a nivel de comportamiento de caudales sigue siendo un baño) se podrá apreciar cómo la permeabilidad de opacos de dicho espacio será distinta, aun cuando las características geométricas de la vivienda no han sufrido variación alguna. Dicha nueva asignación en los locales de uso se puede ver fácilmente en la figura 25. Los valores que se obtendrán serán los mismos que los mostrados en el proceso intermedio de cálculo de la tabla 16:

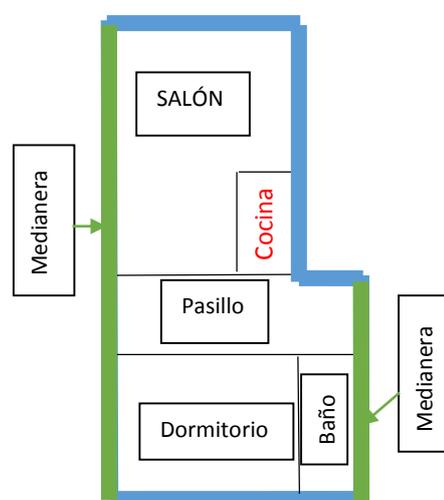


Figura 25 Modificación del ejemplo 0.1, cambiando un espacio baño por uno 'cocina'

Tabla 16 Valor de las variables significativas en el cálculo de la Permeabilidad de Opacos en el ejemplo 0.1 modificado partiendo de la Permeabilidad Total por defecto en LIDER 2006

Espacio	$A$	$V$	$S_{te}$	$A^{vent}$	$A^{opac}$	$n_{50}$	$Q_{100Pa}^{vent}$	$n_{50}^{vent}$	$n_{50}^{opac}$	$Q_{50Pa}^{opac}$
Salon	20.9	58.52	43.4	2.94	40.46	4.125	25	0.789	3.336	4.825
Pasillo	10	28	13.11	1.68	11.43	4.125	25	0.943	3.182	7.796
Baño	3.4	9.52	6.7	0.48	6.22	4.125	25	0.792	3.333	5.101
Cocina	3.7	10.36	11.2	1	10.2	4.125	25	1.517	2.608	2.649
Dormitorio	13.4	37.52	26.535	3.815	22.72	4.125	25	1.598	2.527	4.174

Estas diferencias en la permeabilidad de opacos tendrán un leve impacto en el dimensionamiento de las rejillas, el posterior reparto de caudales en la vivienda y finalmente en los resultados de la demanda.

#### 1.4.5. Rejillas

El último de los parámetros que el usuario va a poder modificar en las capacidades adicionales del LIDER 2013 va a ser las rejillas. Se van a disponer 3 modelos de rejillas, para que el programa realice el dimensionado de las mismas, y a su vez otra opción en la que el usuario pueda introducir los valores de las rejillas manualmente. Si el usuario introduce los valores de  $c$  y  $n$  manualmente, estos corresponden a la siguiente ecuación general de funcionamiento de las rejillas:

$$\dot{V} = c \cdot \Delta P^n \quad (31)$$

Los tipos de rejillas a utilizar y las ecuaciones asociadas al comportamiento de las mismas son las siguientes:

##### 1.4.5.1. Rejilla Convencional

En este tipo de rejillas se pueden identificar dos posibles estados. En un primer caso, que la diferencia de presiones sea negativa, y un segundo caso que esta diferencia de presiones sea positiva. La curva resultante de ambas expresiones será antisimétrica tal y como se puede comprobar en la figura XXX. Las ecuaciones mostradas corresponden a una rejilla convencional a 20 Pascales, las cuales son las utilizadas para su posterior dimensionamiento en LIDER 2013.

Si  $\Delta P \leq 0$

$$\dot{V} = -c_{20} \left( \frac{-\Delta P}{20} \right)^{0.5} \quad (32)$$

Si  $\Delta P > 0$

$$\dot{V} = c_{20} \left( \frac{\Delta P}{20} \right)^{0.5} \quad (33)$$

##### 1.4.5.2. Rejilla autorregulable

Cuatro diferentes estados se pueden identificar en las rejillas autorregulables. Como se aprecian en las ecuaciones que siguen estas líneas, hasta una diferencia de presiones de 20 Pascales, las rejillas autorregulables se comportan de igual manera que las rejillas convencionales. A partir de 20 Pascales y hasta 100, el caudal se mantiene constante y a partir de 100 Pa vuelve a subir de acorde con la expresión mostrada. Hay que destacar

que puesto a que se dé el último caso  $\Delta P > 100$ , éste no se ha tenido en cuenta en la programación de LIDER 2013 en sus capacidades adicionales.

Si  $\Delta P \leq 0$

$$\dot{V} = -c_{20} \left( \frac{-\Delta P}{20} \right)^{0.5} \quad (34)$$

Si  $0 < \Delta P \leq 20$

$$\dot{V} = c_{20} \left( \frac{\Delta P}{20} \right)^{0.5} \quad (35)$$

Si  $20 < \Delta P \leq 100$

$$\dot{V} = c_{20} \quad (36)$$

Si  $\Delta P > 100$

$$\dot{V} = c_{20} \left( \frac{\Delta P}{100} \right)^{0.5} \quad (37)$$

#### 1.4.5.3. Rejilla Antirretorno

La diferencia entre este tipo de rejilla y la anterior radica esencialmente en el comportamiento de la misma cuando existen diferencias de presiones negativas. Cuando sucede esto, el caudal se encuentra reducido a la mitad, comparándolo con las rejillas anteriores tal y como se muestra en la expresión para  $\Delta P \leq 0$ . En el resto de casos, el comportamiento es el mismo a la rejilla autorregulable.

Si  $\Delta P \leq 0$

$$\dot{V} = -\frac{c_{20}}{2} \left( \frac{-\Delta P}{20} \right)^{0.5} \quad (38)$$

Si  $0 < \Delta P \leq 20$

$$\dot{V} = c_{20} \left( \frac{\Delta P}{20} \right)^{0.5} \quad (39)$$

Si  $20 < \Delta P \leq 100$

$$\dot{V} = c_{20} \quad (40)$$

Si  $\Delta P > 100$

$$\dot{V} = c_{20} \left( \frac{\Delta P}{100} \right)^{0.5} \quad (41)$$

#### 1.4.5.4. Consideraciones computacionales en el Cálculo de Rejillas

A efectos prácticos a la hora de realizar el dimensionado por defecto de las rejillas, puesto que básicamente la ecuación del comportamiento de las rejillas es la misma exceptuando mínimas variaciones, se producirán las siguientes consignas

- El valor de  $n$  de las rejillas se considerará  $n = 0.5$  .
- El valor de  $n$  en las rejillas autorregulables y antirretorno será igual a  $n = 0$  cuando la diferencia de presiones sea superior a 20 Pascales
- En las rejillas antirretorno el  $c_{salida} = \frac{c_{entrada}}{2}$ , (caso que ocurre con diferencia de presiones negativas)

Por otro lado si el usuario introduce los valores de  $n$  manualmente, y éste a su vez cuenta con valores diferentes según los espacios en los que se aplique, se realizará una ponderación de estos valores de  $n$ , a través de las superficies de los espacios implicados.

## COMPARATIVA REJILLAS

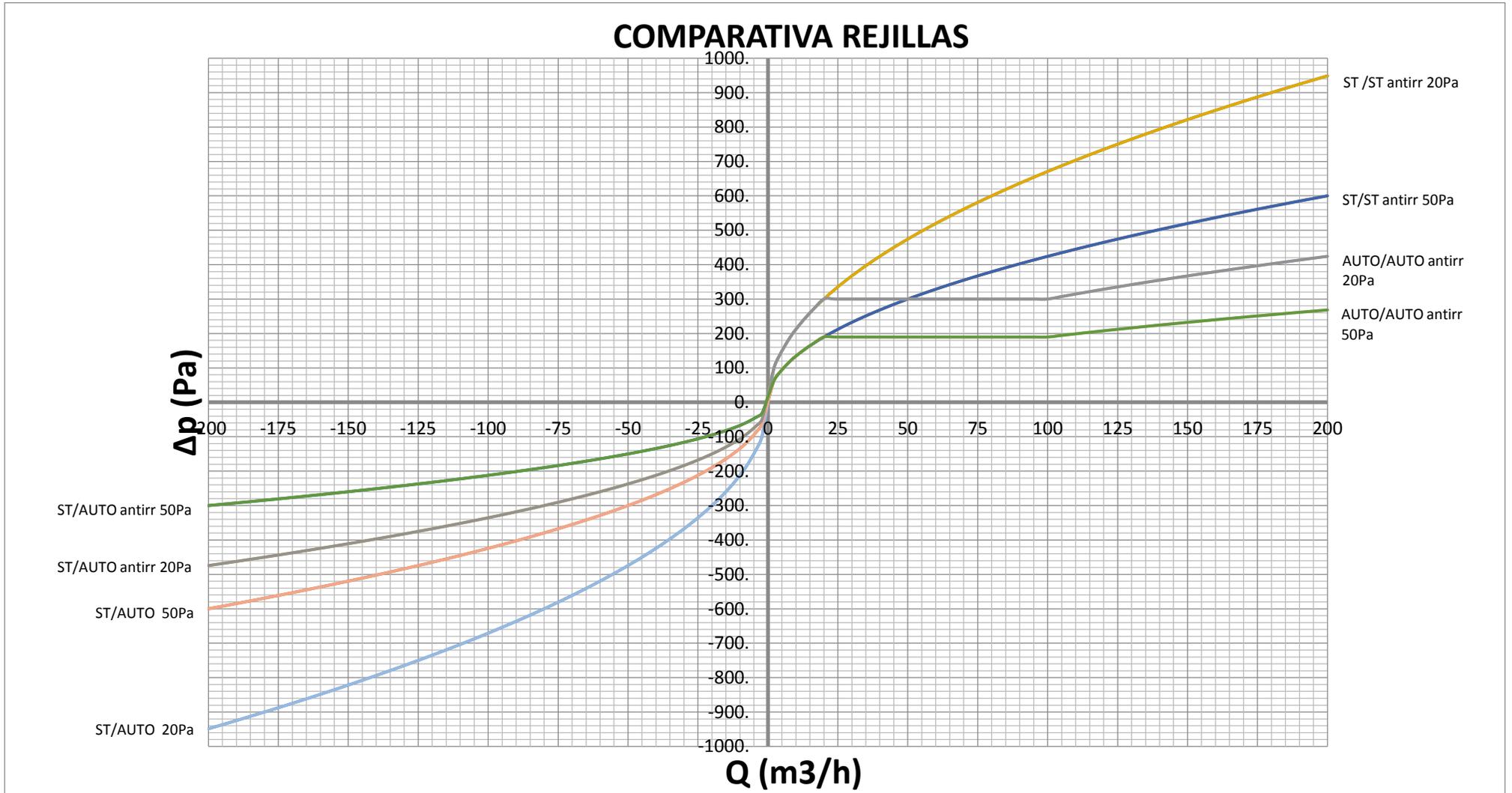


Figura 26 Comparativa de la variación del comportamiento de las rejilla según el tipo.

#### 1.4.6. Dimensionamiento de rejillas. Distribución de caudales a lo largo de la vivienda

En el apartado 1.4.1 se han indicado los datos que se requieren al usuario y los cuales se han comentado en las líneas anteriores. Se ha hecho un gran hincapié en el cálculo de los caudales, y a pesar de que según el HS-3 diversifica los caudales según los espacios, estos no son necesariamente los que entran por los mismos. Ya que el caudal calculado según las asignaciones de uso de espacio y el empleo de tecnologías es el caudal de extracción. Aquel que saldrá por los espacios húmedos de la vivienda (cocinas y baños).

Por otro lado, se van a indicar las diversas hipótesis tanto para el dimensionamiento de las rejillas como para la distribución de caudales a lo largo de la vivienda.

Cabe resaltar que para realizar la distribución de caudales será necesario llevar a cabo el cálculo de dichos caudales para cada espacio. A pesar que la vivienda cuenta con ciertos datos que pueden calificarse de globales o comunes a todos los espacios, la entrada de dichos datos en el programa son independientes en cada espacio (como por ejemplo el valor del  $n_{50}$ ). Esto ofrecerá una gran versatilidad a usuarios avanzados a la hora de realizar diversas pruebas con el programa

Así pues para facilitar al lector la lectura de este documento se van a mostrar las ecuaciones para el caso de los espacios tipo dormitorio, aunque a su vez estas se podrán extrapolar al resto de tipos de espacios.

##### 1.4.6.1. Permeabilidad. Cálculo de Permeabilidad de Opacos

El primer paso para el cálculo de la permeabilidad de opacos es conocer los valores tanto de la permeabilidad total (ya sea como  $\dot{V}_{50}$  o  $n_{50}$ ) como de la permeabilidad de ventanas (en la que se incluirá la permeabilidad de las puertas).

Se recuerda, que este cálculo puede omitirse en el caso en el que el usuario no indique la permeabilidad total, ya que en ese caso se asumirán los valores indicados de permeabilidad de opacos por defecto.

A pesar de que sólo se indica una permeabilidad total para todo el edificio, los cálculos que se van a realizar de la permeabilidad de la permeabilidad de opacos son relativos a cada espacio. Es decir cuando se indican los volúmenes y las superficies de muro expuestas estas son exclusivas de un espacio y no de la vivienda total.

Se van a normalizar las distintas permeabilidades a 1 Pascal a la hora de realizar los cálculos.

La variable  $k_v$  será la permeabilidad de ventanas, siendo un valor conocido ya que se indica en la definición de las características de la vivienda en LIDER. Este valor introducido se encuentra definido para una diferencia de presiones de 100 Pascales por lo que:

$$Q_{100Pa}^{vent} = k_{vent} \cdot \Delta P^n \quad (42)$$

El valor de  $n = 0.67$ , y como se ha dicho al encontrarse  $k_{vent}$  normalizado, el valor de este será:

$$k_{vent} = \frac{Q_{100Pa}^{vent}}{100^{0.67}} \quad (43)$$

$k_{vent}$  se encuentra en  $\frac{m^3}{h \cdot m^2_{vent}}$

Por otro lado, y siempre que el usuario haya indicado el valor del blower door  $\dot{V}_{50}(\frac{m^3}{h})$  o  $n_{50}(h^{-1})$ , según las unidades en las que escriba el valor, y convirtiéndolo a su vez según el caso a  $\frac{m^3}{h \cdot m^2_{expuesta}}$ , dividiéndolo por la superficie del espacio expuesta (muros exteriores y cubierta) para el caso del  $\dot{V}_{50}$ , o multiplicando por el Volumen del espacio y dividiéndolo por la superficie del espacio expuesta, se tendrá  $k_{total}$  permeabilidad total a 1 Pascal, que para el caso en el que el usuario introduzca el valor de  $n_{50}$  resultará:

$$n_{50} \frac{V_{zona}}{A_{exp}} = k_{total} \cdot \Delta P^n \quad (44)$$

Al igual que antes,  $n = 0.67$  y al encontrarse el valor a 50 Pascales, para normalizarlo a 1 Pa se tendrá:

$$k_{total} = \frac{n_{50} \frac{V_{zona}}{A_{exp}}}{50^{0.67}} \quad (45)$$

En el caso que la variable indicada sea  $\dot{V}_{50}$ , el valor de  $k_{total}$  será como sigue:

$$k_{total} = \frac{\dot{V}_{50} \frac{1}{A_{expuesta}}}{50^{0.67}} \quad (46)$$

Encontrándose calculadas ambas permeabilidades a una diferencia de presiones de 1 Pascal es fácil concluir, que el valor de la permeabilidad de opacos es el siguiente:

$$k_{opac} = k_{total} - k_{vent} \quad (47)$$

Hay que tener ciertas consideraciones con este cálculo, ya que se pueden obtener resultados incoherentes:

- En el caso que la permeabilidad total sea menor que la permeabilidad de ventanas,  $k_{total} < k_{vent}$ , la permeabilidad de opacos resultará  $k_{opac} < 0$ , al tener un valor absurdo se ha optado por considerar  $k_{opac} = 0$
- Se permite al usuario indicar un  $\dot{V}_{50} = 0$  o  $n_{50} = 0$ , a pesar de no ser valores coherentes. Al escribir estos valores 0 en las variables se incurrirá en la consideración anterior.
- Al ser un cálculo realizado para cada uso y espacio de la vivienda, realmente se van a calcular tantas  $k_{opac}$  como locales se tengan. Así pues, y como en siguientes cálculos se van a diferenciar los espacios para facilitar al lector la comprensión de lo aquí expuesto se van a emplear superíndices que indicarán el uso de dichos espacios.

#### 1.4.6.2. Dimensionamiento de rejillas

Continuando con el proceso de la asignación de caudales a lo largo de la vivienda, el siguiente paso es el del cálculo de  $c$  y  $n$  de las rejillas. Este paso no será necesario en cierta medida en el caso que el usuario introduzca directamente los valores característicos de las rejillas. Tanto para el dimensionamiento de las rejillas (cálculo de  $c$ ) como para la posterior distribución de caudales se van a proponer ciertas hipótesis y consideraciones de caudales que serán comentadas a continuación. El valor  $n$  de las rejillas se considerará fijado, siendo igual a  $n = 0.5$ .

#### 1.4.6.3. Hipótesis para el cálculo de la $c$ de rejillas

Las siguientes consideraciones que se han reflejado en la programación, no hacen más que refrendar lo expuesto en el apartado 1.3.1.3 y que gracias a la figura 2 se puede observar con detalle gráfico lo que se expone en los siguientes párrafos.

- Las rejillas irán situados en espacios con uso asignado tipo salón y/o dormitorio. Esto se debe a que son los denominados locales secos y por los que se considera que entra la mayor parte del aire en la vivienda.
- Los pasillos se consideran espacios de transición, es decir el aire circula de los espacios secos a los húmedos, pasando por los mismos.

- Los baños y cocinas (locales húmedos), por su parte, no contarán con rejillas ya que poseen extractor, por los cuales se realizará la salida del aire.

Por otro lado, a la vez que se calcula  $c$  de rejillas, se va a empezar en un primer escenario a realizar el reparto de caudales en la vivienda. En este caso en concreto para viento nulo  $v = 0 \text{ m/s}$ .

#### 1.4.6.3.1. Situación 1. Viento nulo.

Como se ha comentado, las rejillas se van a colocar en los espacios tipo salón y tipo dormitorio. Así que en esta primera hipótesis con  $v = 0 \text{ m/s}$ , se van a comparar dos diferentes situaciones:

##### Primer Escenario

Se van a considerar los espacios con su permeabilidad de ventanas real (a  $100 \text{ Pa}$ ), con los valores que se introdujeron en LIDER. A su vez en los espacios tipo salón y tipo dormitorio se incluirán rejillas.

La variable  $c$  de rejillas se va a equiparar a una segunda situación

##### Segundo Escenario

Se va a reemplazar el valor de la permeabilidad de ventanas indicado en LIDER por ventanas tipo A1. Este tipo de ventanas posee una permeabilidad a  $100 \text{ Pascales}$  de  $50 \text{ m}^3/\text{hm}^2_{vent}$ . En este caso no se incluirán rejillas.

En la siguiente figura se aprecia con claridad lo expuesto:

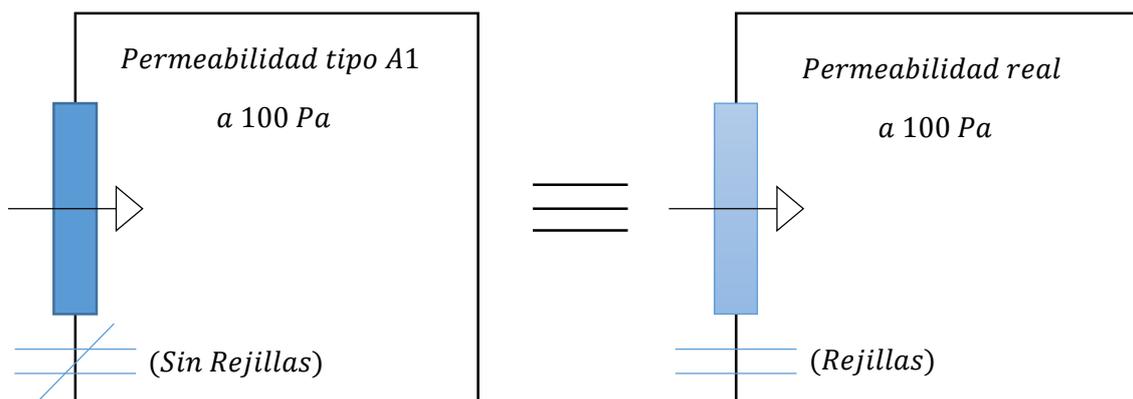


Figura 27 Hipótesis empleadas para el dimensionamiento de las rejillas. Será exclusivo a espacios con uso asignado de salón o dormitorio.

Al realizar los cambios indicados, hay que aclarar a su vez que en el caso que en alguno de los espacios existiera algún elemento tipo puerta, con permeabilidad  $60 \text{ m}^3/\text{hm}^2_{vent}$  a  $100 \text{ Pa}$ , o si alguno de los elementos ventana tuvieran una permeabilidad superior a

$50 \text{ m}^3/\text{hm}_{vent}^2$ , al realizar el escenario 2 se dejarían con sus permeabilidades reales y no se cambiarían por tipo A1. Las razones son bastante claras, ya que lo que se pretende es aumentar las permeabilidades de los elementos ventana, y que la diferencia la cubran las rejillas, por lo que no tiene sentido el disminuir esas permeabilidades.

Otra consideración que es pertinente indicar es la siguiente. Si en los espacios tipo dormitorio y/o salón no cuentan con elementos tipo ventanas, o estos elementos ya cuentan con ventanas tipo A1 o con una permeabilidad superior, entonces la  $c$  de rejillas será igual a cero. De esta segunda consideración se puede interpretar la anterior.

Habiendo explicado los dos escenarios que se tienen, se van a mostrar las ecuaciones relacionados a los mismos teniendo en cuenta que se necesita conocer el valor del caudal de extracción de la vivienda  $\dot{V}_{sdpb}$ .

El valor de caudal de extracción de la vivienda,  $\dot{V}_{sdpb}$  que se aplicará para la obtención de la  $c$  de rejillas será el mayor de los  $\dot{V}_{sdpb}^i$ . Este valor máximo se alcanzará en el llamado caudal de verano, el cual se ha detallado en los diversos apartados de las tecnologías empleadas en LIDER 2013.

Así pues, para el primer escenario donde se tienen las ventanas con su permeabilidad real, y rejillas en los espacios tipo salón y tipo dormitorio, se tendrá:

$$\dot{V}_{sdpb} = (k_{real}^{vent\ s+d} \cdot A_{vent}^{s+d} + k_{real}^{vent\ p+b} \cdot A_{vent}^{p+b} + k_{opac} \cdot A_{opac}) \cdot \Delta P^{0.67} + c_d \Delta P^{0.5} + c_s \Delta P^{0.5} \quad (48)$$

Y en el segundo escenario donde se sustituyen las ventanas tipo A1 (y siempre teniendo en cuenta que la permeabilidad real de las ventanas sea inferior a las de este tipo), se puede formar la siguiente ecuación:

$$\dot{V}_{sdpb} = (k_{A1}^{vent\ s+d} \cdot A_{vent}^{s+d} + k_{real}^{vent\ p+b} \cdot A_{vent}^{p+b} + k_{opac} \cdot A_{opac}) \cdot \Delta P^{0.67} \quad (49)$$

De esta ecuación al conocerse todos los datos exceptuando el último término  $\Delta P$  se puede fácilmente obtener despejándolo de la ecuación 49:

$$\Delta P = \left( \frac{\dot{V}_{sdpb}}{k_{A1}^{vent\ s+d} \cdot A_{vent}^{s+d} + k_{real}^{vent\ p+b} \cdot A_{vent}^{p+b} + k_{opac} \cdot A_{opac}} \right)^{\frac{1}{0.67}} \quad (50)$$

Teniendo calculada la diferencia de presiones existente en la vivienda e introduciendo el valor en la ecuación 48 correspondiente al escenario 1, se puede calcular finalmente la  $c$  de las rejillas.

Para ello, separando los distintos términos que conforman la ecuación, en caudal total del espacio, caudal que entra por ventanas, el que entra por los elementos opacos y el caudal que entra por rejillas, y aplicando esto por ejemplo a un espacio tipo dormitorio se tienen las siguientes ecuaciones:

$$\dot{V}_{0\text{ m/s}}^d = (k_{A1}^{vent\ d} \cdot A_{vent}^d + k_{opac}^d \cdot A_{opac}^d) \cdot \Delta P^{0.67} \quad (51)$$

Correspondiente al caudal total que entra en el espacio tipo dormitorio a  $v = 0\text{ m/seg}$ . Siguiendo con la siguiente ecuación 52, relativa al caudal de ventanas, se tendrá:

$$\dot{V}_{0\text{ m/s}}^{vent\ d} = k_{real}^{vent\ d} \cdot A_{vent}^d \cdot \Delta P^{0.67} \quad (52)$$

El caudal que entra por los elementos opacos del espacio dormitorio será:

$$\dot{V}_{0\text{ m/s}}^{opacos\ d} = k_{opac}^d \cdot A_{opac}^d \cdot \Delta P^{0.67} \quad (53)$$

Habiendo calculado todos estos caudales es fácil despejar de la ecuación siguiente el valor  $c$  de rejillas para el espacio tipo dormitorio del cual se está detallando el proceso de obtención.

$$\dot{V}_{0\text{ m/s}}^d = \dot{V}_{0\text{ m/seg}}^{vent\ d} + \dot{V}_{0\text{ m/seg}}^{opac\ d} + c_d \Delta P^{0.5} \quad (54)$$

El proceso mostrado resultaría equivalente para el resto de espacios. En particular, se seguirían los mismos pasos para un espacio tipo salón en el que se obtendrá el  $c_s$  correspondiente.

$$\dot{V}_{0\text{ m/s}}^s = \dot{V}_{0\text{ m/seg}}^{vent\ s} + \dot{V}_{0\text{ m/seg}}^{opac\ s} + c_s \Delta P^{0.5} \quad (55)$$

Para el resto de los tipos de espacio, evidentemente no será necesario añadir los elementos de las ecuaciones que hacen referencia a las rejillas.

#### 1.4.6.3.2. Situación 2. Viento a $v = 4 \text{ m/seg}$ Cálculo del reparto de caudales

Una vez dimensionadas las rejillas, se va a proceder a mostrar de una manera resumida las condiciones de la segunda parte de los cálculos de distribución de caudales en la vivienda. Al considerarse la existencia de viento habrá que diferenciar entre las fachadas expuestas y no expuestas del edificio.

Debido a la variabilidad del viento y al ser una variable de difícil medición para establecer un patrón que lo represente (la realización de la rosa de los vientos de una localidad no es práctica para este programa de nivel nacional) se ha optado por establecer la siguiente hipótesis de cálculo.

Se van a considerar que el 50% del tiempo las fachadas se encontraran expuestas y el 50% restante no lo estarán.

De esta manera se tendrán las siguientes expresiones, tanto para fachada expuesta como para no expuesta que representan la diferencia de presiones entre el interior y el exterior de la fachada.

*Fachada expuesta:*

$$\Delta P_{exp} = c_p \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot v^2 - P_{int} \quad (56)$$

Siendo  $c_p$  el coeficiente de presión de la fachada y teniendo un valor de  $c_p = 0.25$ , el segundo término representa el porcentaje de exposición,  $\rho$  la densidad del aire con un valor de  $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$ ,  $v^2$  la velocidad del viento  $v = 4 \text{ m/s}$ , y por último  $P_{int}$  que representa la presión interior y la cual se calculará más adelante iterando.

Con lo cual una vez introducidos estos valores la expresión para la fachada expuesta será como continúa:

$$\Delta P_{exp} = 0.25 \cdot 0.5 \cdot 1.2 \cdot 4^2 - P_{int} = 2.4 - P_{int} \quad (57)$$

*Fachada no expuesta*

La expresión será igual a la anterior pero en este caso el valor del coeficiente de presión será igual a  $c_p = -0.5$ , permaneciendo iguales el resto de valores.

$$\Delta P_{no\ exp} = c_p \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot v^2 - P_{int} = -0.5 \cdot 0.5 \cdot 1.2 \cdot 4^2 - P_{int} = -4.8 - P_{int} \quad (58)$$

En este mismo caso, si existiera lucernario el coeficiente de presión sería igual a  $c_p = -0.6$

Una vez definidas los  $\Delta P$  se está en disposición de establecer las relaciones de los caudales de entrada a la vivienda. Para cada espacio se tendrán 3 pares de ecuaciones, tanto para el caso en que las fachadas se encuentren expuestas, como para el caso contrario. Las relaciones son las siguientes:

#### Caudal ventanas:

La ecuación 59, que define el caudal de ventanas para fachadas expuestas es la siguiente:

$$\dot{V}_{vent}^{exp} = k_{vent} \cdot A_{vent} \cdot \Delta P_{exp}^{0.67} \cdot 0.5 \quad (59)$$

Idem para no expuestas

$$\dot{V}_{vent}^{no\ exp} = k_{vent} \cdot A_{vent} \cdot \Delta P_{no\ exp}^{0.67} \cdot 0.5 \quad (60)$$

El último valor denota lo comentado anteriormente, el porcentaje en el que se encuentra expuesta o no la fachada a la influencia del viento.

#### Caudal opacos

De igual manera que en el caso de caudal de ventanas, las expresiones de caudal de opacos resultan:

$$\dot{V}_{opac}^{exp} = k_{opac} \cdot A_{opac} \cdot \Delta P_{exp}^{0.67} \cdot 0.5 \quad \dot{V}_{opac}^{no\ exp} = k_{opac} \cdot A_{opac} \cdot \Delta P_{no\ exp}^{0.67} \cdot 0.5 \quad (61)$$

#### Caudal rejillas (Sólo en espacios tipo dormitorio y salón)

Con los valores de  $c$  de rejillas calculados en la situación de viento nulo, se forman las siguientes expresiones de caudal de rejillas:

$$\dot{V}_{rejillas}^{exp} = c \cdot \Delta P_{exp}^{0.5} \cdot 0.5 \quad \dot{V}_{rejillas}^{no\ exp} = c \cdot \Delta P_{no\ exp}^{0.5} \cdot 0.5 \quad (62)$$

Una vez expuestas estas seis ecuaciones (de la 59 a la 62), que a su vez son relativas a cada espacio, se suman, formando el caudal total que entra en la vivienda. Así pues se tendrá una expresión que dependerá de la Presión Interior (Término que se encuentra en las variables diferencia de presiones, tanto para fachadas expuestas como no expuestas).

Se realiza con el programa de cálculo de LIDER 2013 un proceso iterativo para calcular la Presión Interior, para ello se igualarán las 6 expresiones mostradas anteriormente con el caudal de extracción de la vivienda, el  $\dot{V}_{sdpb}$  relativo al HS-3.

Al haber obtenido el valor de la presión interior, y volviendo a las seis expresiones de caudales mostradas anteriormente para fachadas expuestas y no expuestas, introduciendo el valor hallado, se van a separar los caudales en positivos y negativos. No hay que olvidar en todo momento que a pesar de esta diferenciación entre caudales positivos y negativos, hay que asegurar que por el extractor de los espacios húmedos salga el  $\dot{V}_{sdpb}$ . Dicho de otra manera:

$$\dot{V}_{sdpb} = \sum (\dot{V}_+) + \sum (\dot{V}_-) \quad (63)$$

Los caudales positivos serán llamados los caudales a la velocidad de viento de 4 m/seg  $\dot{V}_+ = \dot{V}_{4\ m/s}$ , con los que se realizará la media con los valores de caudales hallados a  $\dot{V}_{0\ m/s}$  y que serán finalmente los caudales definitivos que entrarán en la vivienda.

$$\dot{V}_{vivienda} = \frac{\dot{V}_{0\ m/s} + \dot{V}_{4\ m/s}}{2} \quad (64)$$

#### 1.4.7. Cuándo se empiezan a producir infiltraciones $q_{vivienda} > q_{sdpb}$

(Nota: Se emplea de nuevo el término  $q$  en vez de  $\dot{V}$  para designar los caudales)

Debido a los diferentes valores de permeabilidad que se pueden introducir en las capacidades adicionales del LIDER 2013, y según el proceso de distribución de caudales a lo largo de la vivienda anteriormente explicado, se ha observado un hecho significativo en los resultados obtenidos (resultados que se mostrarán en siguientes apartados).

El suceso es el siguiente; para valores relativamente bajos de la permeabilidad total del edificio, el caudal de ventilación de entrada en el edificio tiene el mismo valor que el caudal de extracción requerido en la vivienda según el HS-3. Esto sucede hasta que se alcanza cierto valor de la permeabilidad total y el caudal de entrada en la vivienda pasa a ser mayor que el requerido para la extracción.

Este hecho se puede observar perfectamente en la siguiente figura:

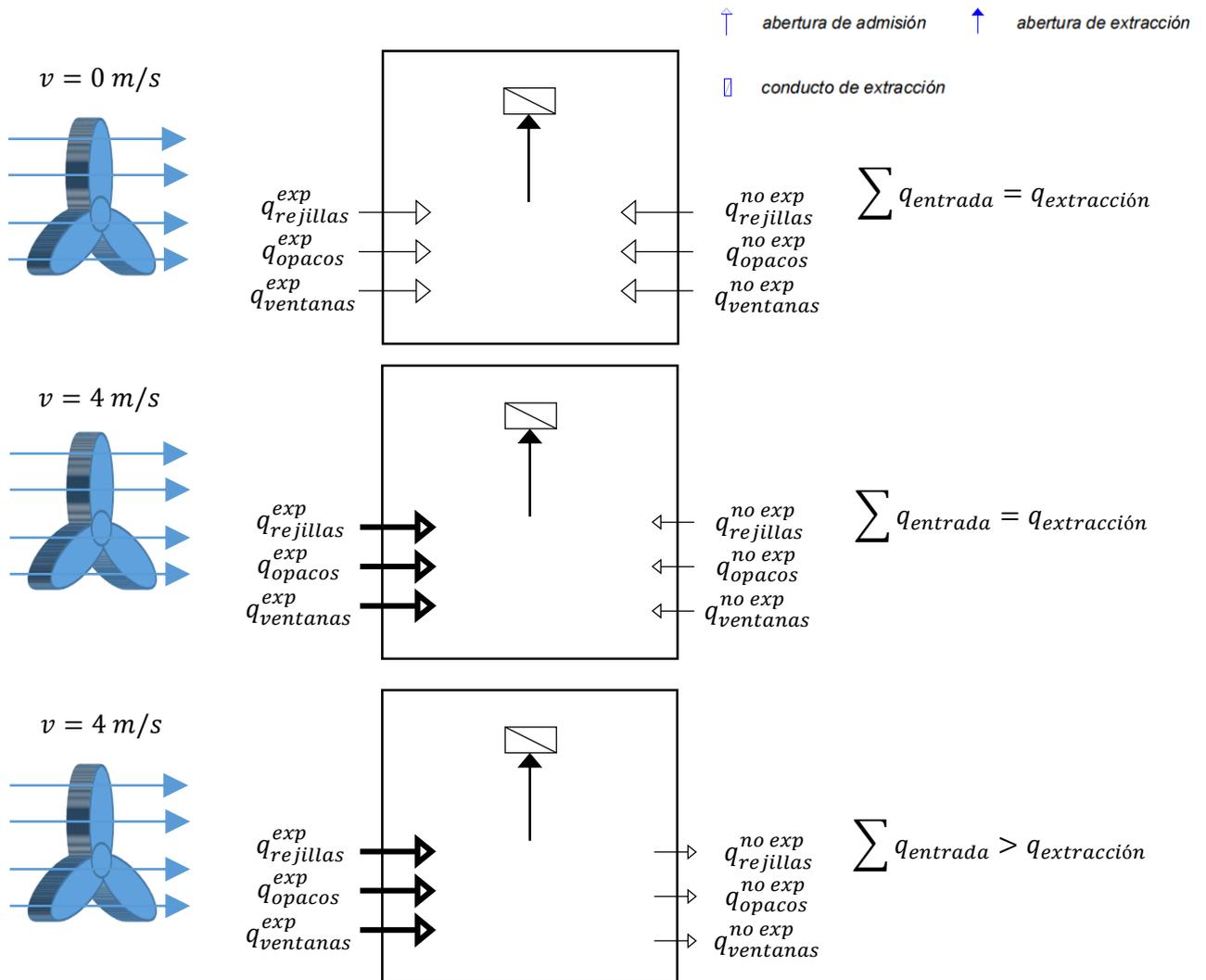


Figura 28 Escenarios posibles en el cálculo de los diversos caudales que afectan a la vivienda. Mientras que en las dos primeras figuras el caudal de entrada es el mismo que el de extracción, en la última figura se aprecia que existirán infiltraciones al ser el caudal de entrada mayor al de extracción.

#### 1.4.7.1. Situación 1. $v = 0 \text{ m/s}$ Caudal de entrada igual a Caudal de extracción

Según la primera de las hipótesis realizadas para la distribución de caudales y dimensionamiento de rejillas, la situación de cálculo partía de viento nulo. En todo caso para esta primera situación, la distribución partía de la variable  $q_{sdpb}$ , por lo que el caudal de entrada en la vivienda va a ser exactamente el mismo que el caudal de extracción.

Debido a las consideraciones establecidas en la segunda de las hipótesis, los cálculos se realizaban tal y como se han mostrado con una velocidad de viento  $v = 4 \text{ m/s}$ , teniendo en consideración fachadas expuestas y no expuestas. Así mismo el caudal de extracción  $q_{sdpb}$  se dividía según la ecuación 63 en caudales positivos y negativos. En la explicación de la misma se comentaba que los caudales de entrada son los que contaban con signo positivo, y por la misma razón los negativos, los caudales de salida.

#### 1.4.7.2. Situación 2. $v = 4 \text{ m/s}$ Caudal de entrada igual a Caudal de extracción

Dicho esto, volviendo al tema que se está tratando y teniendo presente la figura mostrada (28), es fácilmente observable que en la primera de las opciones no existen caudales de salida de la vivienda. Es decir, una vez realizada la distribución de caudales, no existen términos con valor de caudal negativo, por lo que el término  $\sum(q_-)$  de la ecuación 63 es igual a cero. Así se tendría, eliminando dicho término de la ecuación:

$$q_{sdpb} = \sum(q_+) \quad (65)$$

Si a su vez se ha renombrado  $q_+ = q_{4 \text{ m/s}}$ , se tiene por lo tanto que  $q_{4 \text{ m/s}} = q_{sdpb}$  y por otro lado se ha confirmado que  $q_{0 \text{ m/s}} = q_{sdpb}$ , y siempre hablando de estos caudales como los globales de la vivienda. El caudal total de entrada a la vivienda de acorde a la expresión 64 será igual a:

$$q_{vivienda} = \frac{q_{0 \text{ m/s}} + q_{4 \text{ m/s}}}{2} = \frac{q_{sdpb} + q_{sdpb}}{2} = q_{sdpb} \quad (66)$$

Se comprueba por lo tanto que el caudal de entrada en la vivienda es el mismo que el caudal de extracción requerido por el HS-3.

#### 1.4.7.3. Situación 3. $v = 4 \text{ m/s}$ Caudal de entrada mayor a Caudal de extracción

Continuando con la figura 28 en su componente inferior, la segunda de las situaciones a  $v = 4 \text{ m/s}$  es que se tengan caudales de entrada y de salida en la vivienda. Realizando el mismo análisis que se acaba de mostrar, para la primera hipótesis de viento nulo se mantiene que el caudal de entrada es el mismo que el de extracción.

Por otra parte cuando se tiene en cuenta la existencia de viento  $v = 4 \text{ m/s}$  y asumiendo que se tendrán tanto caudales positivos como negativos  $q_+$  y  $q_-$  (para que difiera del caso anterior). Utilizando la ecuación 63, se comprueba que se asegura la extracción

del  $q_{sdpb}$ , pero debido a que existen caudales que salen de la vivienda, evidentemente el caudal  $q_{4\ m/s}$  será mayor que el  $q_{sdpb}$ ,

Al realizar la media entre  $q_{4\ m/s}$  y  $q_{0\ m/s}$ , con el que se tiene el caudal de entrada en la vivienda, será de igual manera mayor que el caudal de extracción requerido en el HS-3.

#### 1.4.8. Distribucion de caudales en la vivienda, diferencias entre 2006-2013 y Capacidades Adcionales de Ventilación

La oportunidad que ofrece el módulo de capacidades adicionales al poder indicar los posibles usos de los espacios, lleva acompañada otra nueva característica que merece

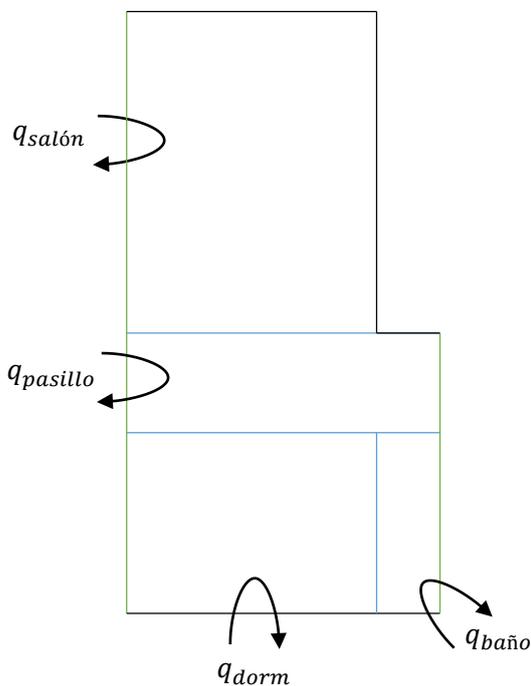


Figura 29 Caudales de entrada en la vivienda en LIDER 2006. Como se aprecia en la figura no existe interacción entre los distintos espacios que componen la vivienda. Ejemplo 0.

la pena destacar. Hasta ahora, en LIDER 2006 (y LIDER 2013 sin capacidades adicionales), el reparto de caudales se realizaba sin tener en cuenta el uso de los espacios, y como ya se ha mencionado en este escrito en innumerables ocasiones sólo se contaba con la variable de renovaciones hora para indicar el caudal de ventilación. Así pues el “camino” que describen los caudales que provienen del exterior en las versiones sin uso de C.A. se limitan simplemente a la entrada del caudal en la vivienda, asegurando que este caudal al menos es el indicado en renovaciones hora. En definitiva, el proceso de reparto de caudales es

muy similar al indicado en este proyecto, se calcula para cada espacio el caudal de entrada pero no importa hacia donde se dirige ese caudal. En la figura 29 se puede ver claramente sobre el ejemplo cero cuales son los caudales que las versiones de LIDER sin capacidades adicionales tiene en cuenta. Observando el esquema, se aprecia que cada espacio cuenta con se propio caudal de ventilación, pero no existe ninguna interacción interna entre los caudales de entrada y los espacios que componen la vivienda.

Comprobado esto, es fácil identificar que el supuesto de cálculo no se asemeja en absoluto a la distribución de caudales indicada en el código técnico HS-3 y cuyo esquema de ejemplo se encuentra en este texto como la figura 30. La posibilidad de asignar usos a los diferentes locales de la vivienda permitirá por lo tanto identificar los locales secos y húmedos, e internamente el programa pueda realizar la correcta distribución de caudales, con sus correspondientes interacciones internas. Así pues utilizando las Capacidades Adicionales de Ventilación, el esquema de caudales para el ejemplo 0 resultaría:

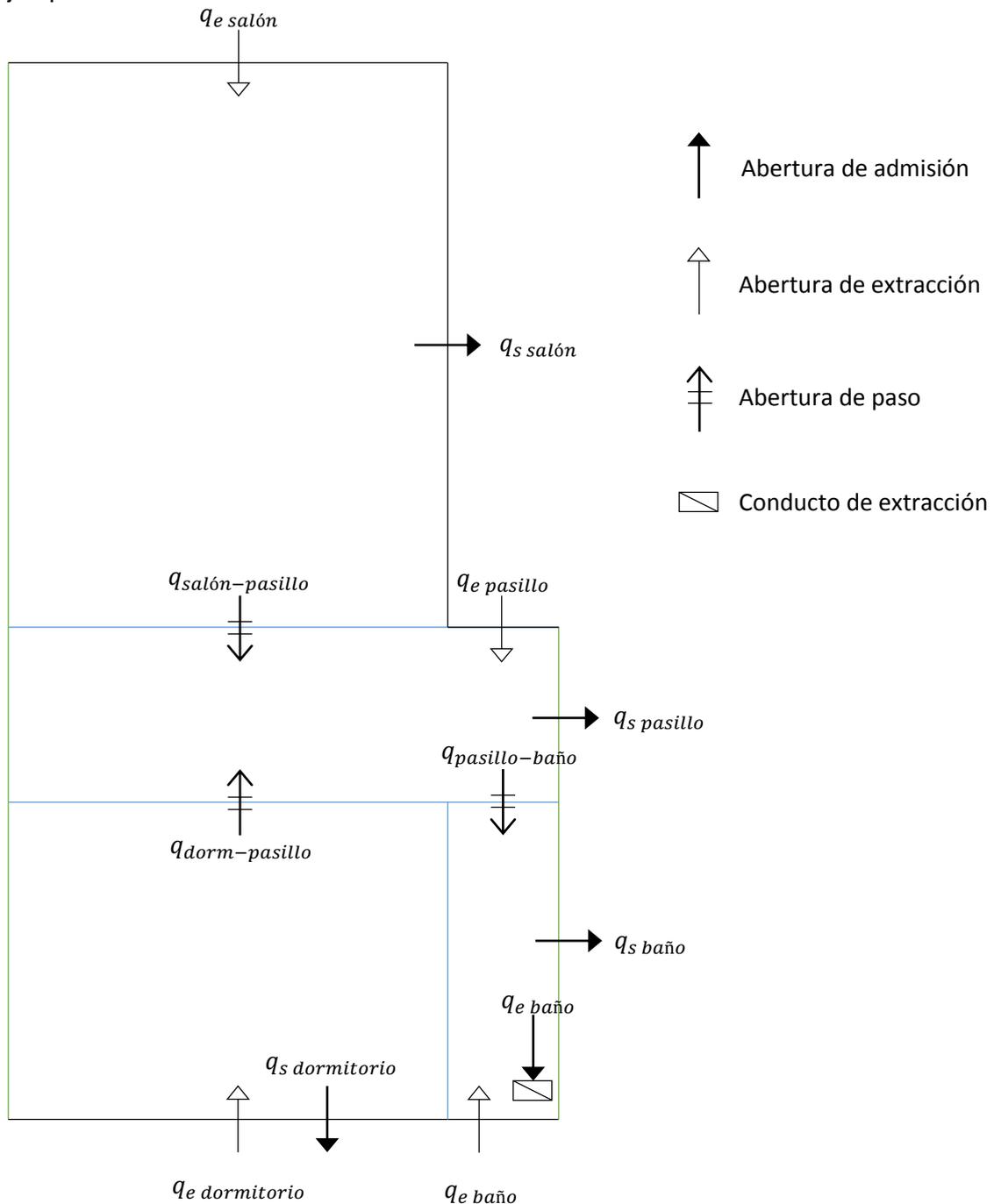


Figura 30 Ventilación en LIDER 2013 Ejemplo 0. Los espacios interactúan unos con otros, siendo el recorrido de los caudales de espacios secos a húmedos, tal como especifica el CTE HS-3

## 1.5. Bibliografía

- Código Técnico de la Edificación, Documento básico HE Ahorro de Energía HE-1 Limitación de demanda energética
- Código Técnico de la Edificación, Documento básico HS Salubridad HS3 Calidad del aire interior
- Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y Calener. AICIA-IDAE
- Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y Calener. Anexos, AICIA-IDAE
- Modalites d'instruction des avis techniques sur les systemes de ventilation asservis, Villeneuve, J.G.
- UNE-EN\_13829-2002 Aislamiento térmico, Determinación de la estanqueidad al aire en edificios. Métodos de presurización por medio de ventilador. AENOR.
- Procedimiento Simplificado para certificación de eficiencia energética de edificios de viviendas Ce2. AICIA
- Manual de fundamentos técnicos de calificación energética de edificios existentes CE3. IDEA
- Gráficas y Figuras de Rejillas – John Chrisney. Universidad de Sevilla 2014

## 2. Resultados

En el siguiente apartado del proyecto se van a mostrar los diversos efectos que acarrearán la modificación de los parámetros que el usuario puede introducir en las capacidades adicionales del LIDER 2013. Dichas comprobaciones se van a llevar a cabo en diversos ejemplos de vivienda (ejemplos LIDER 2006), al igual que en dos ejemplos simplificados (ya mostrados en este proyecto) que han facilitado la interpretación y la corrección de los diversos errores que existían en la programación del ejecutable del LIDER 2013.

A parte de los diversos ejemplos que se tienen en cuenta para el estudio, se van a modificar los distintos parámetros explicados anteriormente:

-Tecnología

-Tipo de Rejilla

-Variación de la 'c' de rejillas

-Permeabilidad

La variación de cada uno de estos parámetros afectará en cierta medida el caudal de entrada en la vivienda, y por lo tanto a la demanda de la misma.

A su vez, estos estudios se extrapolarán a las diversas zonas climáticas existentes a lo largo del territorio español, y de esta manera comprobar cómo afecta la localización de la vivienda a dichos parámetros.

Así pues, se va a comenzar explicando las diversas consideraciones llevadas a cabo, a la hora de la importación realizada a partir de los archivos del LIDER 2006 a LIDER 2013, y a su vez mostrar los diversos ejemplos elegidos para este estudio.

### 2.1. Consideraciones Previas

Para ciertos estudios, en los cuales se realizará una comparación entre los resultados obtenidos entre ambas versiones de LIDER, será necesario tener ejemplos equivalentes en dichas versiones. Por ello se ha empleado la herramienta de importación de archivos .cte que ofrece la nueva versión de LIDER.

En la mayoría de los casos han existido problemas en dicha importación, al igual que en el momento de realizar los cálculos (por ejemplo debido a un exceso número de espacios existentes en la vivienda). Debido a esto se han efectuado ciertas modificaciones en algunos de los ejemplos de la versión 2006. Una vez solventados estos problemas (los cuales representaron un arduo trabajo) se han obtenido como resultado viviendas semejantes para ambas versiones.

Evidentemente al realizar la importación lo que se consigue es mantener las características geométricas de los edificios al igual que los elementos que componen las mismas. Dicho esto, existen ciertas diferencias entre las versiones, que aunque no afecten en demasía al resultado final de cálculo es conveniente resaltarlas.

-Los elementos que constituyen las bases de datos en ciertos casos cambian el valor de la transmitancia U.

-Los puentes térmicos entre ambas versiones se indican de manera diferente. Siendo probablemente el mayor aspecto discordante a la hora de realizar la importación. Por ello para introducir los datos en la nueva versión se ha utilizado la siguiente tabla que relaciona los puentes térmicos que procura minimizar dichas diferencias entre las versiones.

Tabla 17 Relación de puentes térmicos entre las versiones LIDER 2006 y LIDER 2013

LIDER 2006	LIDER 2013
<b>Forjados</b>	
-Encuentro forjado-fachada	-Frente de forjados
-Encuentro suelo exterior-fachada	-Forjado inferior en contacto con el aire
-Encuentro cubierta-fachada	-Cubiertas planas
<b>Cerramiento vertical</b>	
-Esquina saliente	-Esquinas exteriores
-Esquina entrante	-Esquinas interiores
-Hueco ventana	-Alfeizar -Dinteles/Capialzados -Jambas
-Pilar	-Pilares
<b>Contacto terreno</b>	
-Unión solera pared exterior	-Suelos en contacto con el terreno

En principio no se han encontrado mayores problemas al realizar la conversión de los puentes térmicos, a excepción del valor de las esquinas interiores. Dicho valor es negativo, y al introducir el valor en la versión actual del LIDER 2013 en la fecha en la

que se encuentra escrito este documento el programa no reconoce tales valores negativos asignando '0'. Para solucionar esto se ha decidido el valor que el programa reconoce por defecto, estando dicho error reportado a los programadores de la nueva versión del LIDER.

## 2.2. Detalle de los ejemplos utilizados

Se ha comentado en el apartado introductorio de este capítulo de resultados, que se van a emplear los distintos ejemplos que acompañan la versión de LIDER 2006 para realizar los diversos análisis de las variables. Así mismo que dichos ejemplos en ciertos casos requerían de ciertas modificaciones, para que el ejecutable de cálculo no tenga error durante el proceso de obtención de resultados.

Se incluyen en este apartado los dos ejemplos simplificados (a partir de la vivienda 1) que han servido para los cálculos más detallados, tales como los relativos a los análisis de los caudales y la interacción de los mismos entre los espacios que componen la vivienda.

Por otro lado se cree interesante indicar la asignación de los usos de los espacios para cada ejemplo, al igual que el cálculo de las renovaciones hora del caudal de ventilación mínimo requerido para cada ejemplo.

### 2.2.1. Ejemplos propios

#### *Ejemplo 0*

El primero de los ejemplos ya ha sido comentado en el apartado de las tecnologías de los caudales.

Gracias a su simplicidad y al contener los distintos usos asignados a los espacios, será la base de la mayor parte de los estudios a realizar. Los datos relativos a usos, áreas y caudales correspondientes a cada espacio se encuentran en la Tabla 5.

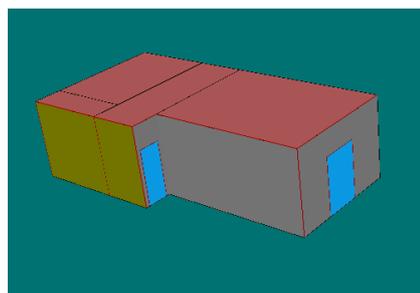


Figura 31 Ejemplo 0

#### *Ejemplo 0.1*

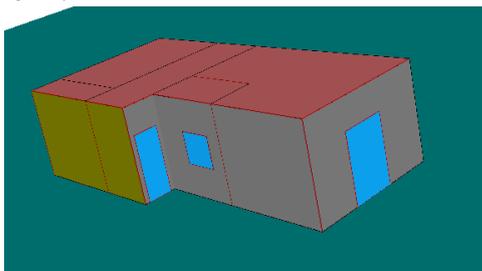


Figura 32 Ejemplo 0.1

El siguiente ejemplo también ha sido estudiado en el capítulo de las tecnologías de los caudales. Cuenta con una pequeña modificación respecto al ejemplo 0, creando un nuevo espacio en el espacio salón, asignando su uso como aseo. De esta manera se consigue que el caudal de

ventilación mínimo exigido sea el debido a los espacios húmedos. Los datos relativos a usos, áreas y caudales correspondientes a cada espacio se encuentran en la Tabla 7.

### 2.2.2. Viviendas unifamiliares

Se han rehecho los ejemplos, respetando las geometrías de las viviendas y los elementos constructivos. A pesar de conseguir dichos archivos equivalentes, no se han podido importar directamente los archivos originales en ningún caso

#### Ejemplo 1

Tabla 18 Datos relevantes del Ejemplo 1, asignación de uso a los espacios, y caudales correspondientes para obtener las ACH de la vivienda

Espacio	Uso	Área (m <sup>2</sup> )	q(s+d) (l/s)	q(b+c) (l/s)
P01_E01	Salón	57	3 · 8	-
P02_E01	Aseo	3.5	-	15
P02_E02	Pasillo	9.8	-	-
P02_E03	Dormitorio	13.3	5 · 2	-
P02_E04	Salón	23.8	-	-
P03_E01	Dormitorio	8.6	5 · 1	-
P03_E02	Dormitorio	12.3	5 · 2	-
P03_E03	Dormitorio	8.2	5 · 1	-
P03_E04	Dormitorio	14.6	5 · 2	-
P03_E05	Aseo	5.7	-	15
P03_E06	Pasillo	7.6	-	-
P04_E01	No habitable	-	-	-
<b>Total</b>			<b>64</b>	<b>30</b>

$$AP01 = 57 \text{ m}^2 \quad hP01 = 2.4 \text{ m} \quad VP01 = 136.8 \text{ m}^3$$

$$AP02 = 50.4 \text{ m}^2 \quad hP02 = 2.55 \text{ m} \quad VP02 = 128.52 \text{ m}^3$$

$$AP03 = 57 \text{ m}^2 \quad hP03 = 2.55 \text{ m} \quad VP03 = 145.35 \text{ m}^3$$

$$q = 64 \text{ l/s} \quad \dot{V} = 230.4 \text{ m}^3/\text{h} \quad V_{total} = 410.67 \text{ m}^3$$

$$ACH = \frac{\dot{V}}{V_{total}} = \frac{230.4}{410.67} = 0.56 \cong 0.6 \text{ h}^{-1}$$

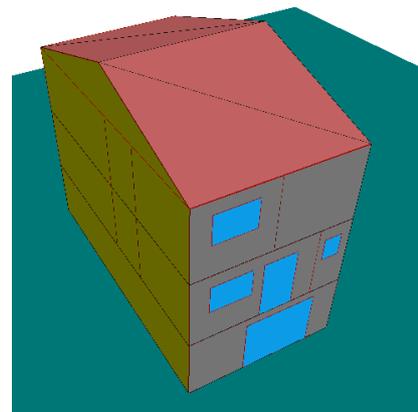


Figura 33 Ejemplo 1

### Ejemplo 2

Tabla 19 Datos relevantes del Ejemplo 2, asignación de uso a los espacios, y caudales correspondientes para obtener las ACH de la vivienda

Espacio	Uso	Área ( $m^2$ )	$q(s+d)$ ( $l/s$ )	$q(b+c)$ ( $l/s$ )
P01_E01	Salón	25	$3 \cdot 5$	-
P01_E02	Pasillo	5.5	-	-
P01_E03	Aseo	10.8	-	15
P01_E04	Pasillo	6.5	-	-
P02_E01	Aseo	11.1	-	15
P02_E02	Dormitorio	9.9	$5 \cdot 1$	-
P02_E03	Dormitorio	12.4	$5 \cdot 2$	-
P02_E04	Dormitorio	5.8	$5 \cdot 1$	-
P02_E05	Dormitorio	5.9	$5 \cdot 1$	-
P02_E06	Pasillo	9.6	-	-
<b>Total</b>			<b>40</b>	<b>30</b>

$$AP01 = 47.8 \text{ m}^2 \quad hP01 = 2.7 \text{ m} \quad VP01 = 129.06 \text{ m}^3$$

$$AP02 = 54.7 \text{ m}^2 \quad hP02 = 3 \text{ m} \quad VP02 = 164.1 \text{ m}^3$$

$$q = 40 \text{ l/s} \quad \dot{V} = 144 \text{ m}^3/\text{h} \quad V_{total} = 293.16 \text{ m}^3$$

$$ACH = \frac{\dot{V}}{V_{total}} = \frac{144}{293.16} = 0.49 \cong 0.5 \text{ h}^{-1}$$

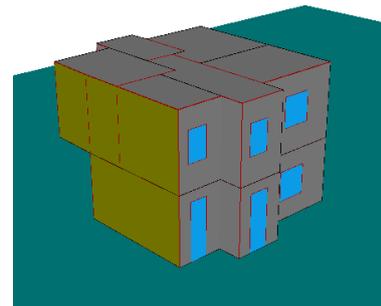


Figura 34 Ejemplo 2

### Ejemplo 3

Al tener ambas plantas de la vivienda la misma estructura solo se mostrará la distribución de la planta baja. (El segundo salón no aportará ningún caudal debido a los ocupantes, al encontrarse incluidos en el primero).

Tabla 20 Datos relevantes del Ejemplo 3, asignación de uso a los espacios, y caudales correspondientes para obtener las ACH de la vivienda. Entre paréntesis se indica la multiplicidad de los caudales relativos a la segunda planta.

Espacio	Uso	Área ( $m^2$ )	$q(s+d)$ ( $l/s$ )	$q(b+c)$ ( $l/s$ )
P01_E01	Salón	31.3	$3 \cdot 6$	-
P01_E02	Pasillo	11.8	-	-
P01_E03	Dormitorio	12.5	$5 \cdot 2(\cdot 2)$	-
P01_E04	Dormitorio	8.3	$5 \cdot 1(\cdot 2)$	-
P01_E05	Aseo	3.2	-	$15(\cdot 2)$

$$AP01 = 67.1 \text{ m}^2 \quad hP01 = 3 \text{ m} \quad VP01 = 201.45 \text{ m}^3$$

$$AP02 = 67.1 \text{ m}^2 \quad hP02 = 3 \text{ m} \quad VP02 = 201.45 \text{ m}^3$$

$$q = 48 \text{ l/s} \quad \dot{V} = 172.8 \text{ m}^3/\text{h} \quad V_{total} = 402.9 \text{ m}^3$$

$$ACH = \frac{\dot{V}}{V_{total}} = \frac{172.8}{402.9} = 0.43 \cong 0.4 \text{ h}^{-1}$$

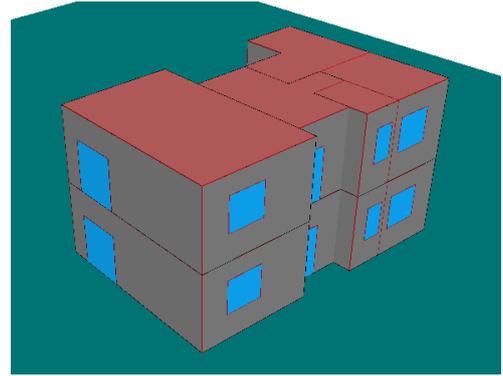


Figura 35 Ejemplo 3

### 2.2.3. Viviendas en bloque

El siguiente tipo de viviendas han sido los que han ofrecido un mayor número de complicaciones debido a la cantidad de espacios que contienen. Al encontrarse LIDER 2013 en fase experimental, dichos problemas de espacios no se encuentran solucionados, por lo que se ha optado por reducir el número de plantas para poder realizar las distintas evaluaciones en viviendas en bloque.

#### Ejemplo 4

En la versión original este ejemplo poseía 7 plantas, en las que se consideraban para su cálculo 3, la baja, la superior y una intermedia. Debido a los problemas ya comentados, el programa sólo soporta la vivienda con dos plantas. Una vez dicho esto, la asignación de los espacios resulta como sigue.

Tabla 21 Datos relevantes del Ejemplo 4, asignación de uso a los espacios, y caudales correspondientes para obtener las ACH de la vivienda. Entre paréntesis se indica la multiplicidad de los caudales relativos a la segunda planta.

Espacio	Uso	Área (m <sup>2</sup> )	q(s+d) (l/s)	q(b+c) (l/s)
P01_E01	Pasillo	27	-	-
P01_E02	Aseo	4	-	15(· 2)
P01_E03	Aseo	4	-	15(· 2)
P01_E04	Dormitorio	17.1	5 · 2(· 2)	-
P01_E05	Salón	27.9	3 · 4 · 4(· 2)	-
P01_E06	Dormitorio	17.1	5 · 2(· 2)	-
P01_E07	Pasillo	3.4	-	-
P01_E08	Dormitorio	10.7	5 · 2(· 2)	-
P01_E09	Aseo	4	-	15(· 2)
P01_E10	Dormitorio	10.7	5 · 2(· 2)	-
P01_E11	Pasillo	3.4	-	-
P01_E12	Salón	27.8	-	-
P01_E13	Dormitorio	17.1	5 · 2(· 2)	-

Espacio	Uso	Área (m <sup>2</sup> )	q(s+d) (l/s)	q(b+c) (l/s)
P01_E14	Dormitorio	17.2	5 · 2(· 2)	-
P01_E15	Dormitorio	10.7	5 · 2(· 2)	-
P01_E16	Dormitorio	10.6	5 · 2(· 2)	-
P01_E17	Aseo	3.9	-	15(· 2)
P01_E18	Pasillo	3.5	-	-
P01_E19	Salón	27.8	-	-
P01_E20	Pasillo	3.4	-	-
P01_E21	Salón	27.9	-	-

$$AP01 = 279.1 \text{ m}^2 \quad hP01 = 3 \text{ m} \quad VP01 = 837.45 \text{ m}^3$$

$$AP02 = 279.1 \text{ m}^2 \quad hP02 = 3 \text{ m} \quad VP02 = 837.45 \text{ m}^3$$

$$q = 256 \text{ l/s} \quad \dot{V} = 921.6 \text{ m}^3/\text{h} \quad V_{total} = 1674.9 \text{ m}^3$$

$$ACH = \frac{\dot{V}}{V_{total}} = \frac{921.6}{1674.9} = 0.55 \cong 0.6 \text{ h}^{-1}$$

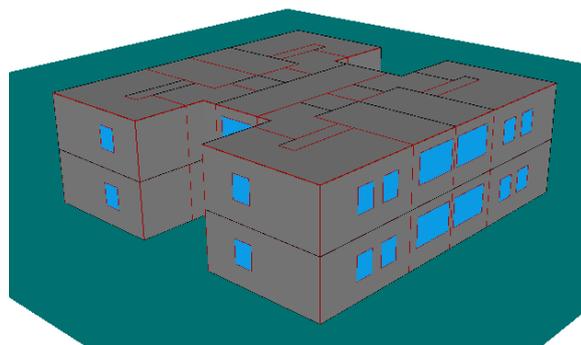
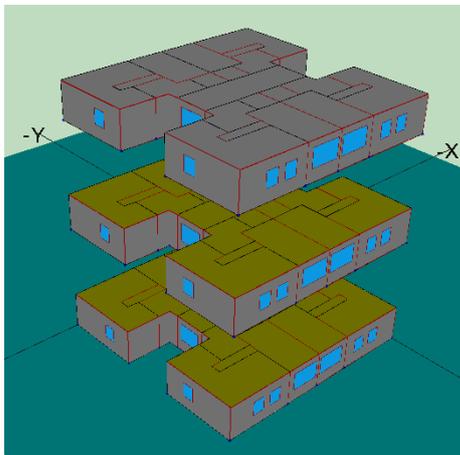


Figura 36 Ejemplo 4. La figura de la izquierda muestra el original en LIDER 2006, la derecha muestra la versión final para LIDER 2013.

#### Ejemplo 5

En la versión que se utilizará en el LIDER 2013 se ha tenido que reducir la última planta que poseía el archivo original. Por lo tanto la nueva vivienda contará con las 3 primeras

plantas iguales y una cuarta (en vez de la cuarta y quinta) distinta. Las dos próximas tablas mostrarán la asignación de los espacios llevada a cabo

Tabla 22 Datos relevantes del Ejemplo 5, plantas 1,2 y 3. Asignación de uso a los espacios, y caudales correspondientes para obtener las ACH de la vivienda. Entre paréntesis se indica la multiplicidad de los caudales relativos a la segunda y tercera plantas.

Espacio	Uso	Área (m <sup>2</sup> )	q(s+d) (l/s)	q(b+c) (l/s)
P01_E01	Dormitorio	15.6	5 · 2(· 3)	-
P01_E02	Dormitorio	11.2	5 · 2(· 3)	-
P01_E03	Pasillo	14.2	-	-
P01_E04	Dormitorio	11.2	5 · 2(· 3)	-
P01_E05	Dormitorio	15.7	5 · 2(· 3)	-
P01_E06	Pasillo	5.6	-	-
P01_E07	Pasillo	5.3	-	-
P01_E08	Pasillo	5.7	-	-
P01_E09	Dormitorio	9.4	5 · 1(· 3)	-
P01_E10	Dormitorio	9.4	5 · 1(· 2)	-
P01_E11	Aseo	6.4	-	15(· 3)
P01_E12	Pasillo	5.4	-	-
P01_E13	Pasillo	12.2	-	-
P01_E14	Salón	19.6	3 · 5 · 2(· 3)	-
P01_E15	Salón	19.6	-	-
P01_E16	Aseo	6.5	-	15(· 3)

Tabla 23 Datos relevantes del Ejemplo 5, planta 4. Asignación de uso a los espacios, y caudales correspondientes para obtener las ACH de la vivienda

Espacio	Uso	Área (m <sup>2</sup> )	q(s+d) (l/s)	q(b+c) (l/s)
P04_E01	Salón	15.6	3 · 4	-
P04_E02	Pasillo	14.2	-	-
P04_E03	Dormitorio	15.7	5 · 2	-
P04_E04	Pasillo	18.4	-	-
P04_E05	Aseo	11.2	-	15
P04_E06	Dormitorio	11.2	5 · 2	-

$$A_{TOTAL} = 604.3 \text{ m}^2 \quad h = 3 \text{ m}$$

$$q = 272 \text{ l/s} \quad \dot{V} = 172.8 \text{ m}^3/\text{h} \quad V_{total} = 1812.9 \text{ m}^3$$

$$ACH = \frac{\dot{V}}{V_{total}} = \frac{979.2}{1812.9} = 0.54 \cong 0.5 \text{ h}^{-1}$$

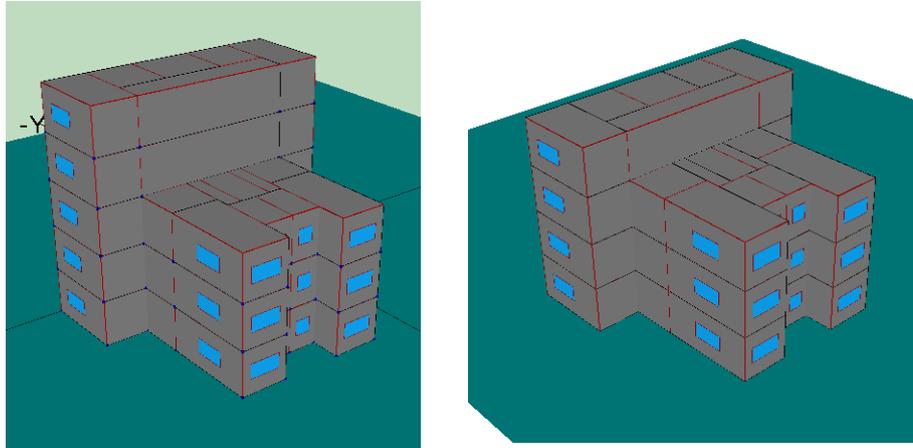


Figura 37 Ejemplo 5. La figura de la izquierda muestra el original en LIDER 2006, la derecha muestra la versión final para LIDER 2013.

#### Ejemplo 6

Para el último de los ejemplos no ha sido necesario realizar ninguna modificación de la geometría de la vivienda. Los problemas surgidos han sido similares a los encontrados en las viviendas unifamiliares en el momento de importar el archivo .cte original, por lo que de nuevo ha sido preciso rehacerlo desde el principio. En este caso la vivienda cuenta con la primera planta distinta al resto, por lo que se elaborarán dos tablas con los datos característicos que se muestran a continuación.

Tabla 24 Datos relevantes del Ejemplo 6, planta baja. Asignación de uso a los espacios, y caudales correspondientes para obtener las ACH de la vivienda

Espacio	Uso	Área (m <sup>2</sup> )	q(s+d) (l/s)	q(b+c) (l/s)
P01_E01	Pasillo	3	-	-
P01_E02	Dormitorio	12.5	5 · 2	-
P01_E03	Dormitorio	12.5	5 · 2	-
P01_E04	Aseo	3.5	-	15
P01_E05	Aseo	3.5	-	15
P01_E06	Salón	7	3 · 4	-
P01_E07	Salón	7	-	-
P01_E08	Pasillo	3	-	-

Tabla 25 Datos relevantes del Ejemplo 6, plantas 2, 3 y 4. Asignación de uso a los espacios, y caudales correspondientes para obtener las ACH de la vivienda. Entre paréntesis se indica la multiplicidad de los caudales relativos a la segunda, tercera y cuarta plantas.

Espacio	Uso	Área (m <sup>2</sup> )	q(s+d) (l/s)	q(b+c) (l/s)
P01_E01	Salón	5.2	3 · 4(· 3)	-
P01_E02	Dormitorio	15	5 · 2(· 3)	-
P01_E03	Aseo	5.3	-	15
P01_E04	Dormitorio	15	5 · 2(· 3)	-
P01_E05	Salón	5.3	-	-
P01_E06	Aseo	5.3	-	15

$$A_{TOTAL} = 205.5 \text{ m}^2 \quad h = 3 \text{ m}$$

$$q = 128 \text{ l/s} \quad \dot{V} = 460.8 \text{ m}^3/\text{h} \quad V_{total} = 616.5 \text{ m}^3$$

$$ACH = \frac{\dot{V}}{V_{total}} = \frac{460.8}{616.5} = 0.747 \approx 0.7 \text{ h}^{-1}$$

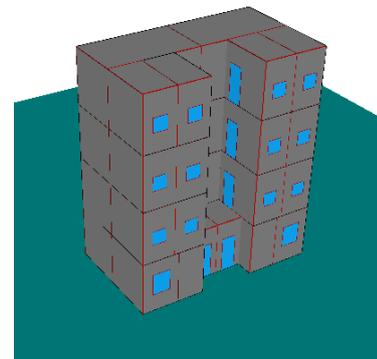


Figura 38 Ejemplo 6

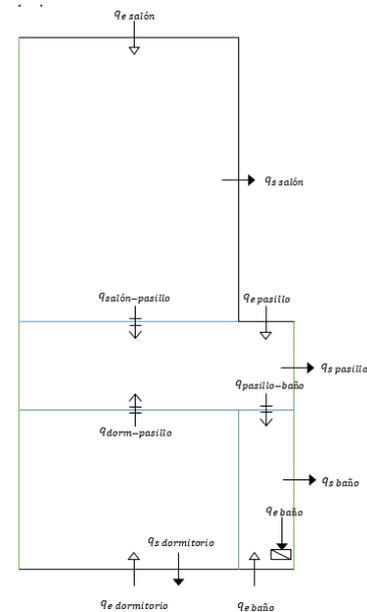
### 2.3. Análisis a realizar

#### 2.3.1. Distribución de caudales en la vivienda, comprobación de balance de caudales

Se utilizará el ejemplo 0 y se realizará el análisis numérico según los datos obtenidos del fichero caudales.txt.

Realizando el análisis del Triple y Cuádruple nivel se tendrán todas las configuraciones, que se mostrarán como se indica según la figura anexa (Figura 30 del texto).

(Se puede incluir aquí el ejemplo 0.1, para ver su diferencia con simple y doble nivel)



### 2.3.2. Variación de la demanda debido a la interacción de los caudales entre espacios

Para ello se analizará la demanda resultante según tres configuraciones de cálculo, variando los caudales de entrada en los espacios.

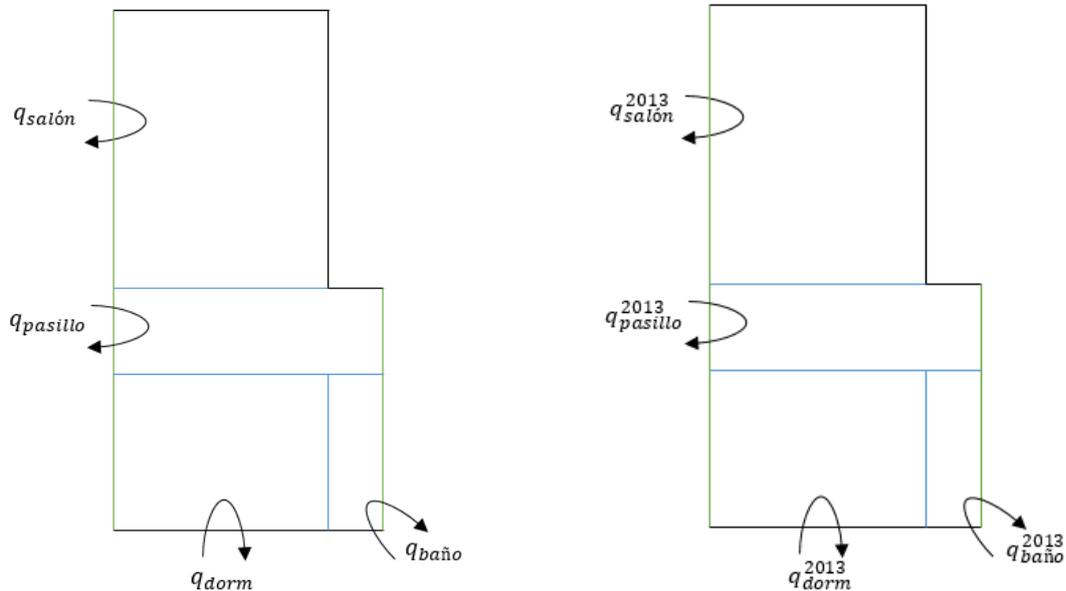


Figura 39 La primera imagen corresponde a LIDER 2006 (cálculo con ACH de la vivienda), la segunda (arriba a la izquierda) a LIDER 2006 con caudales correspondientes a LIDER 2013 (introduciendo el caudal en ACH por espacio), por último (la imagen inferior) LIDER 2013.

La primera de ellas será la configuración LIDER 2006, en la que los caudales se introducen calculando las renovaciones hora de la vivienda.

Una segunda, que será utilizando el motor de cálculo de LIDER 2006, pero introduciendo el caudal de entrada a cada espacio obtenido en el fichero caudales.txt del LIDER 2013.

Por último se obtendrá la demanda según las capacidades adicionales del LIDER 2013.

Este análisis tiene sentido exclusivamente en simple nivel, ya que para el resto de casos habría que utilizar las ACH equivalentes.

Se utilizará el ejemplo 0, Permeabilidad de LIDER 2006 ( $n_{50} = 4.125 h^{-1}$ ), simple nivel, rejillas convencionales (con c por defecto). El análisis se realizará para cada una de las zonas climáticas de España.

Serán precisos 10 casos para este ejemplo (5 zonas por 2 valores de ACH de caudal de entrada, ACH vivienda en general y ACH por espacio).

Los datos precios necesarios para este análisis son los caudales de LIDER 2013 de entrada a cada espacio. Una vez calculados será preciso convertirlos en ACH, para posteriormente escribir en el archivo de entrada esos ACH específicos para cada espacio.

### 2.3.3. Análisis del parámetro c de rejillas

Dado que LIDER 2013 permite la introducción a mano de este valor, se va a analizar tanto su repercusión en caudales como en la demanda de la vivienda.

Se utilizará el ejemplo 0, los tres tipos de rejillas (dejando al motor de cálculo hallar el valor de c), 5 zonas, dejando la permeabilidad por defecto del LIDER 2006.

Una vez leído el valor de c resultante para cada uno de los ejemplos anteriores, éste se modificará a 2c (el doble) y 0.5c (la mitad), y se recalcularán los casos observando las variaciones tanto en caudal como en la demanda resultante.

Serán precisos 45 casos (3 rejillas por 5 zonas por 3 c de rejillas)

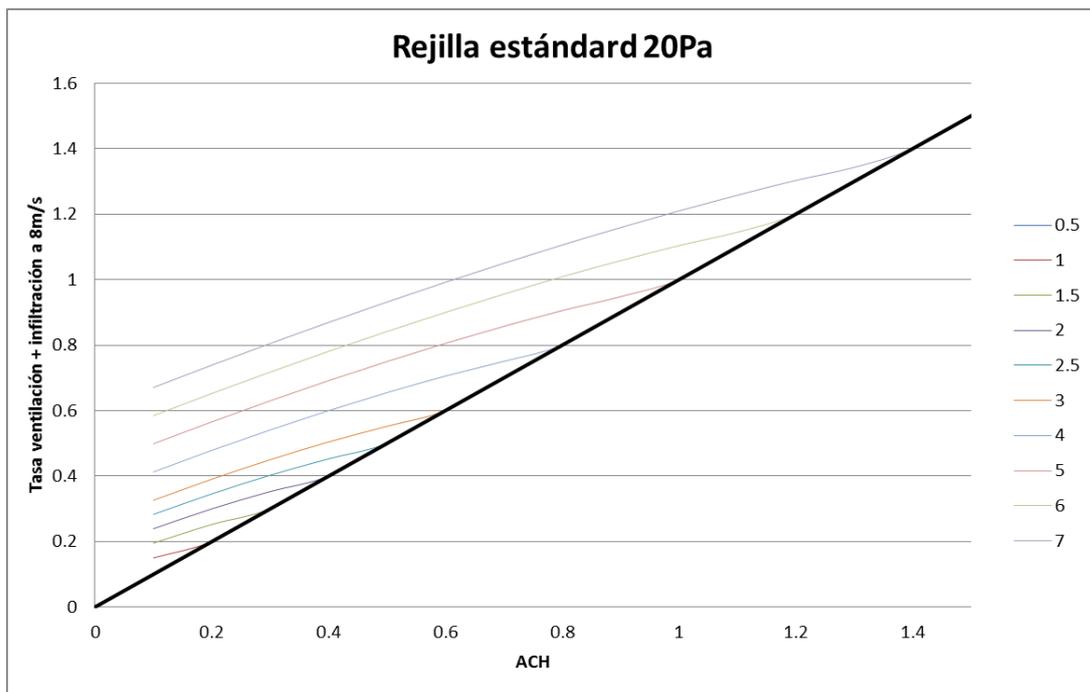
### 2.3.4. Análisis de la permeabilidad

Utilizar las siguientes permeabilidades en los ejemplos 0 y 1 . Con las siguientes condiciones, 1 zona climática, rejillas convencionales (c calculado por defecto)

- Permeabilidad calculada por defecto
- Permeabilidad LIDER 2006
- Permeabilidad baja
- Permeabilidad alta
- Permeabilidad en la que aproximadamente se empiezan a producir infiltraciones

Se podrá comprobar efecto en los caudales y evolución de las infiltraciones, efecto del por qué se empiezan a producir las infiltraciones y por último los efectos en la demanda.

Se parte de la siguiente figura realizada por el compañero John Chrisney en la que analiza según la entrada en ACH en la vivienda, las ACH equivalentes a 4m/seg.



#### Ejemplo 0

Se ha realizado el siguiente estudio:

N50\ACH	0.2	0.3	0.37	0.5	0.6	0.8	1	1.2
0.5	9.59	12.87	16	21.46	25.75	34.33	42.91	51.5
1	9.84	13	16	21.46	25.75	34.33	42.91	51.5
2	10.78	13.66	16.29	21.46	25.75	34.33	42.91	51.5
3	11.78	14.49	17.03	21.46	25.75	34.33	42.91	51.5
4.125	12.91	15.46	17.99	21.91	25.75	34.33	42.91	51.5
6	14.82	17.29	19.68	23.7	26.6	34.33	42.91	51.5
8	16.9	19.35	21.53	25.62	28.63	34.33	42.91	51.5
defecto	20.01	18.9	20.86	25.08	26.21	34.33	42.91	51.5

Para cada una de las renovaciones indicadas y para cada uno de las permeabilidades mostradas se ha simulado la vivienda cero, con rejillas convencionales y cálculo de c por defecto.

Del fichero caudales.txt se ha obtenido el llamado  $q_{vivienda}$  que es la media entre los valores obtenido a 0 m/s y a 4 m/s

$$q_{vivienda} = \frac{q_{0m/s} + q_{4m/s}}{2}$$

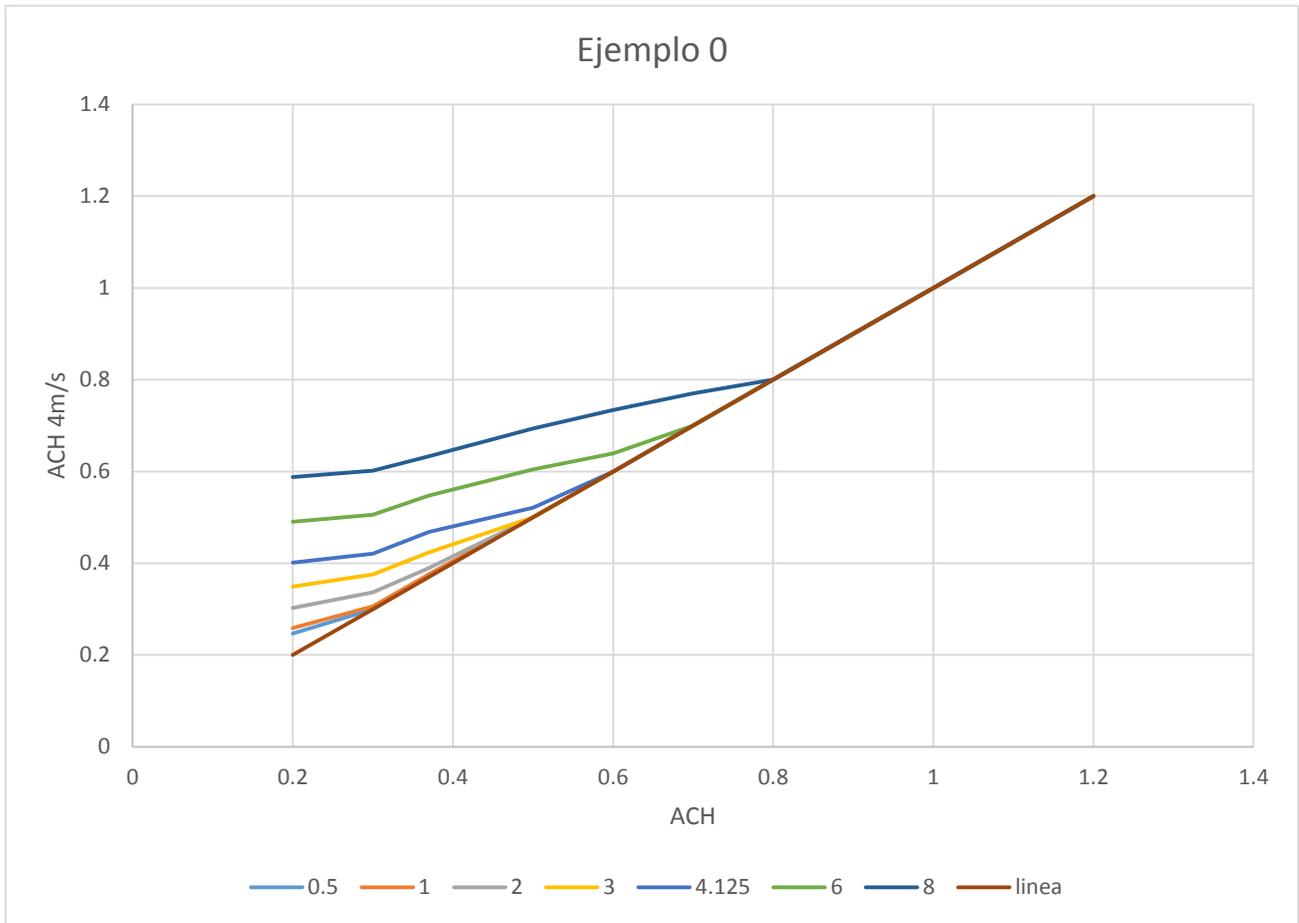
Si se despeja de la ecuación  $q_{4m/s}$ , se obtiene la siguiente tabla (con los valores nuevamente en l/s

N50\ACH	0.20	0.30	0.37	0.50	0.60	0.80	1.00	1.20
0.50	10.60	12.87	16.12	21.46	25.75	34.33	42.90	51.50
1.00	11.10	13.13	16.12	21.46	25.75	34.33	42.90	51.50
2.00	12.98	14.45	16.70	21.46	25.75	34.33	42.90	51.50
3.00	14.98	16.11	18.18	21.46	25.75	34.33	42.90	51.50
4.13	17.24	18.05	20.10	22.36	25.75	34.33	42.90	51.50
6.00	21.06	21.71	23.48	25.94	27.45	34.33	42.90	51.50
8.00	25.22	25.83	27.18	29.78	31.51	34.33	42.90	51.50
defecto	31.44	24.93	25.84	28.70	26.67	34.33	42.90	51.50

Por último se convierten los valores a ACH (a 4 m/s)

N50\ACH	0.20	0.30	0.37	0.50	0.60	0.70	0.80	1.00	1.20
0.50	0.25	0.30	0.38	0.50	0.60	0.70	0.80	1.00	1.20
1.00	0.26	0.31	0.38	0.50	0.60	0.70	0.80	1.00	1.20
2.00	0.30	0.34	0.39	0.50	0.60	0.70	0.80	1.00	1.20
3.00	0.35	0.38	0.42	0.50	0.60	0.70	0.80	1.00	1.20
4.13	0.40	0.42	0.47	0.52	0.60	0.70	0.80	1.00	1.20
6.00	0.49	0.51	0.55	0.60	0.64	0.70	0.80	1.00	1.20
8.00	0.59	0.60	0.63	0.69	0.73	0.77	0.80	1.00	1.20
linea	0.20	0.30	0.37	0.50	0.60	0.70	0.80	1.00	1.20

Si se aglutinan los valores de esta última tabla se puede formar la siguiente figura que sigue en forma, y no en escala (debido a que depende del porcentaje acristalado de la vivienda la posición de la gráfica) la figura anterior extraída de los estudios de John Chrisney.



El trabajo que lleva esta gráfica es bastante importante debido a la multitud de casos que componen dicho estudio en este caso se han creado y simulado 72 casos para crear la gráfica

Ejemplo1

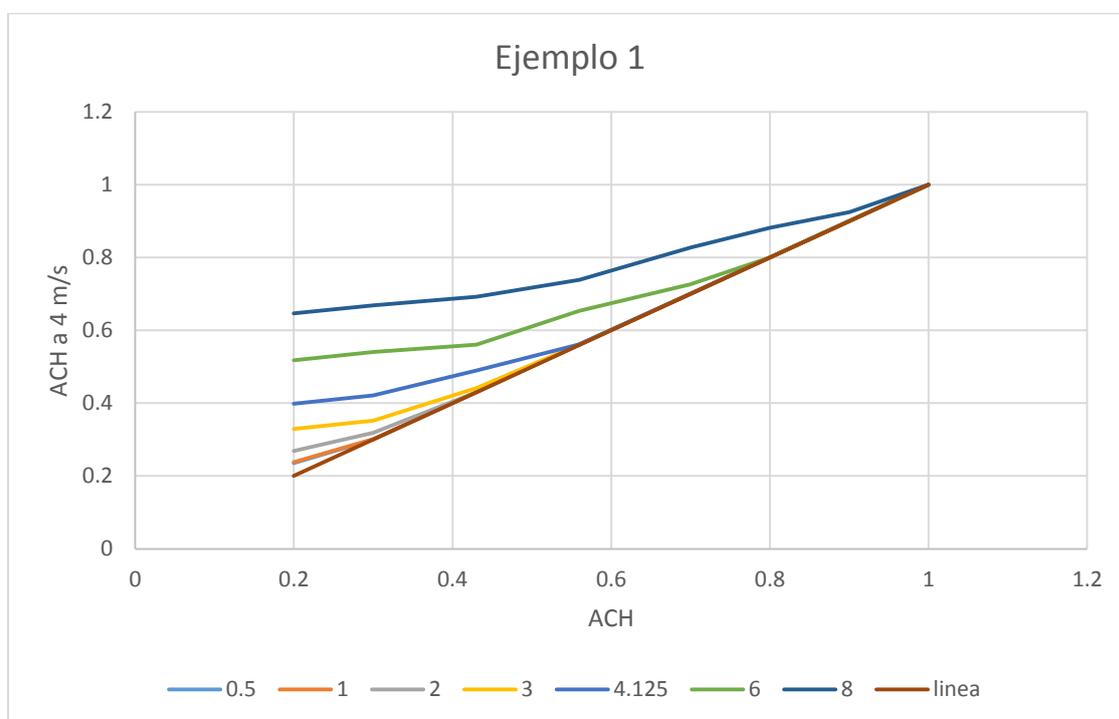
De igual manera al ejemplo 0 se ha procedido con el ejemplo 1, obteniéndose los siguientes caudales de entrada en la vivienda:

N50\ACH	0.2	0.3	0.43	0.56	0.7	0.8	0.9	1
0.5	24.86	34.2225	49.052	64	79.85	91.26	102.67	114.075
1	25.01	34.31	49.052	64	79.85	91.26	102.67	114.075
2	26.75	35.28	49.052	64	79.85	91.26	102.67	114.075
3	30.17	37.195	49.7	64	79.85	91.26	102.67	114.075
4.125	34.16	41.14	52.47	64	79.85	91.26	102.67	114.075
6	40.96	47.93	56.5	69.259	81.35	91.26	102.67	114.075
8	48.31	55.28	64.01	74.082	87.11	95.91	104.104	114.075
defecto	36.75	43.68	54.2	66.14	79.85	91.26	102.67	114.075

Despejando  $q_{4\text{ m/s}}$  y convirtiéndolo a ACH se obtienen los ACH a 4 m/s:

	0.20	0.30	0.43	0.56	0.70	0.80	0.90	1.00
0.50	0.24	0.30	0.43	0.56	0.70	0.80	0.90	1.00
1.00	0.24	0.30	0.43	0.56	0.70	0.80	0.90	1.00
2.00	0.27	0.32	0.43	0.56	0.70	0.80	0.90	1.00
3.00	0.33	0.35	0.44	0.56	0.70	0.80	0.90	1.00
4.13	0.40	0.42	0.49	0.56	0.70	0.80	0.90	1.00
6.00	0.52	0.54	0.56	0.65	0.73	0.80	0.90	1.00
8.00	0.65	0.67	0.69	0.74	0.83	0.88	0.93	1.00
línea	0.20	0.30	0.43	0.56	0.70	0.80	0.90	1.00

Trasladados a la siguiente representación:



#### Comentario

La elaboración de este tipo de gráficas ayuda mucho a definir el comportamiento de la vivienda. Ya que servirá de ayuda al obtener cualquier modificación del caudal de la vivienda, y conocer así su posible comportamiento.

Llega un momento dado en que todas permeabilidades concurren en la línea de base 1 a 1. Pero es notorio como a bajas ACH de entrada se incrementa una barbaridad las infiltraciones sobre todo con altos valores de  $n_{50}$ .

### 2.3.5. Análisis general

4 ejemplos, 5 zonas, 3 tecnologías, 1 tipos de rejillas (c por defecto), permeabilidad por defecto.

Ejemplo 0.1, 5 zonas, 4 tecnologías, 1 tipos de rejillas (c por defecto), permeabilidad por defecto.

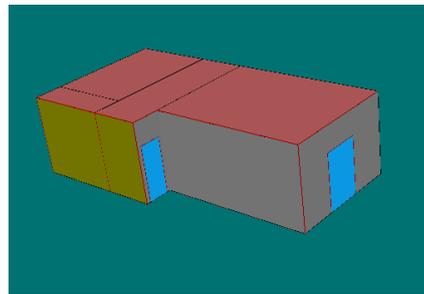
Con los resultados obtenidos en este apartado, comentar también la ventilación de verano.

Ventilar menos es peor en Verano (sube la demanda de refrigeración)

Las rejillas no tienen ningún efecto en los cálculos.

#### Ejemplo 0

	qteorico	q entrada
<b>simple</b>	16	20.86
<b>triple1</b>	16	20.86
<b>triple2</b>	15	20.09
<b>triple3</b>	4.29166667	13.87
<b>cuatro1</b>	10	17.24
<b>cuatro2</b>	15	20.09
<b>cuatro3</b>	4.29166667	13.87
<b>cuatro4</b>	6	14.89



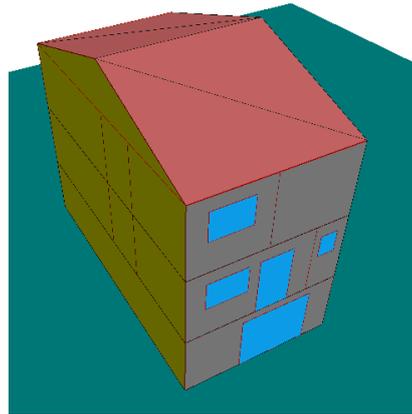
	q equiv	qe equiv	ACH equiv	ACHe equiv	%total	%simple
<b>simple</b>	16	20.86	0.37281553	0.48605825	1	1
<b>triple</b>	13.9652778	19.6308333	0.32540453	0.45741748	0.87282986	0.94107542
<b>cuadruple</b>	7.79861111	15.9366667	0.18171521	0.37133981	0.48741319	0.7639821

Al tener este ejemplo unas ACH muy bajas, y al haber podido comprobar en las gráficas anteriores que para bajas ACH de entrada en la vivienda las infiltraciones comparadas con ese caudal serán muy altas.

Así pues cuando en principio se esperaba reducir el caudal del triple nivel al 87 % del original, y el del cuádruple nivel al 48% del total. En realidad “sólo” se ha conseguido reducir en un 6% en el triple y en algo menos del 24% en el cuádruple.

Ejemplo 1

	q teorico	q entrada
simple	64	66.14
triple1	64	66.14
triple2	30	41.15
triple3	11.4075	29.6
cuatro1	40	47.07
cuatro2	30	41.15
cuatro3	11.4075	29.6
cuatro4	24	37.5

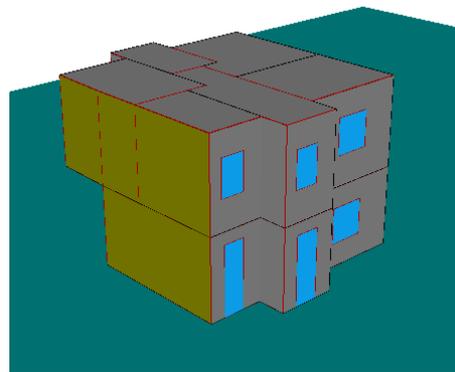


	q equiv	qe equiv	ACH equiv	ACHe equiv	%total	%simple
simple	64	66.14	0.56103441	0.579794	1	1
triple	52.40125	57.9675	0.45935788	0.50815253	0.81876953	0.87643635
cuadruple	27.7345833	39.6775	0.24312587	0.34781942	0.43335286	0.59990172

En este caso se aprecia como la permeabilidad total de la vivienda está muy ajustada al caudal de extracción de la vivienda. Se consigue una reducción hasta el 60% del valor de entrada utilizando la tecnología del cuádruple nivel

Ejemplo 2

	q ventilacion	q entrada
simple	40	44.95
triple1	40	44.95
triple2	30	38.23
triple3	8.14333333	24.73
cuatro1	25	35.23
cuatro2	30	38.23
cuatro3	8.14333333	24.73
cuatro4	15	29.07

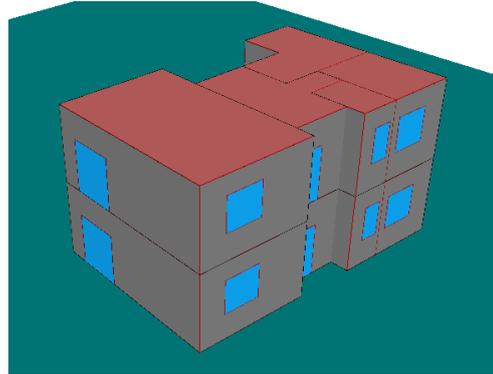


	q equiv	qe equiv	ACH equiv	ACHe equiv	%total	%simple
simple	40	44.95	0.49119935	0.55198526	1	1
triple	33.8572222	41.02	0.41576613	0.50372493	0.84643056	0.91256952
cuadruple	18.4405556	31.1633333	0.22644972	0.38268522	0.46101389	0.69328884

Se consigue reducir al 70% del valor original con el ejemplo2 cuádruple nivel

### Ejemplo3

	qteorico	q entrada
<b>simple</b>	48	71.93
<b>triple1</b>	48	71.93
<b>triple2</b>	30	60.07
<b>triple3</b>	11.1916667	47.37
<b>cuatro1</b>	30	60.07
<b>cuatro2</b>	30	60.07
<b>cuatro3</b>	11.1916667	47.37
<b>cuatro4</b>	18	52



	q equiv	qe equiv	ACH equiv	ACHe equiv	%total	%simple
<b>simple</b>	48	71.93	0.42889054	0.64271035	1	1
<b>triple</b>	40.3652778	66.8483333	0.36067262	0.59730454	0.84094329	0.92935261
<b>cuadruple</b>	21.8652778	54.5908333	0.19537106	0.48778109	0.45552662	0.75894388

En este caso el beneficio llega a una disminución del 25 % del total cuando se esperaba en torno al 55%.

#### 2.3.6. Grupos de Ventilación en viviendas en bloque.

En el momento de la conclusión de este proyecto, en las viviendas en bloque, la Interacción de los caudales entre espacios es errónea (por ejemplo se manda caudal de la cuarta planta a la primera).

### 3. Desarrollos futuros y Conclusiones

Sin duda alguna uno de los mayores problemas que ha tiene el estudio de este proyecto es el no poder contar con el uso de los espacios tipo cocina.

Es preciso por lo tanto implementarlo dentro de la vivienda, que aunque si bien, ya estuvo considerada en su momento dentro compartiendo importancia con el resto de espacios en el cálculo de caudales de extracción, finalmente no ha encontrado su lugar.

Uno de los problemas puede ser, que en el transcurso del desarrollo de este proyecto se han realizado modificaciones en la estructura final del programa en sus Capacidades Adicionales de Ventilación. Prácticamente eliminándose todo el módulo en el cual se basa este estudio.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es la interacción entre los espacios en viviendas en bloque. Como se ha comentado en el proyecto este apartado no se encuentra demasiado pulido en el momento de conclusión de este escrito.

Según se encuentra a fecha de entrega del escrito, existe una limitación del número de grupos de ventilación a 1 por planta. Lo cual simplifica en demasía tales interacciones, ya que se contemplarían si el edificio fuera muy extenso en planta, dichas interacciones entre espacios no contiguos y muy alejados entre sí.

Muy importante por último, sería la opción de validar los datos obtenidos en condiciones reales. Para ello existe la posibilidad de que usando las tecnologías actúales y con la ayuda de Internet obtener el volcado de la información de la demanda en tiempo real de la demanda de viviendas.

Realizando dicho estudio con información de demandas reales, se podrán realizar ajustes futuros en el programa normativo LIDER de futuras revisiones.

Con la colocación de sensores de temperatura, humedad, presencia... y una programación adecuada se podría controlar de una forma automatizada todo la vivienda, ayudando así a una mejor optimización de las pérdidas existentes.

