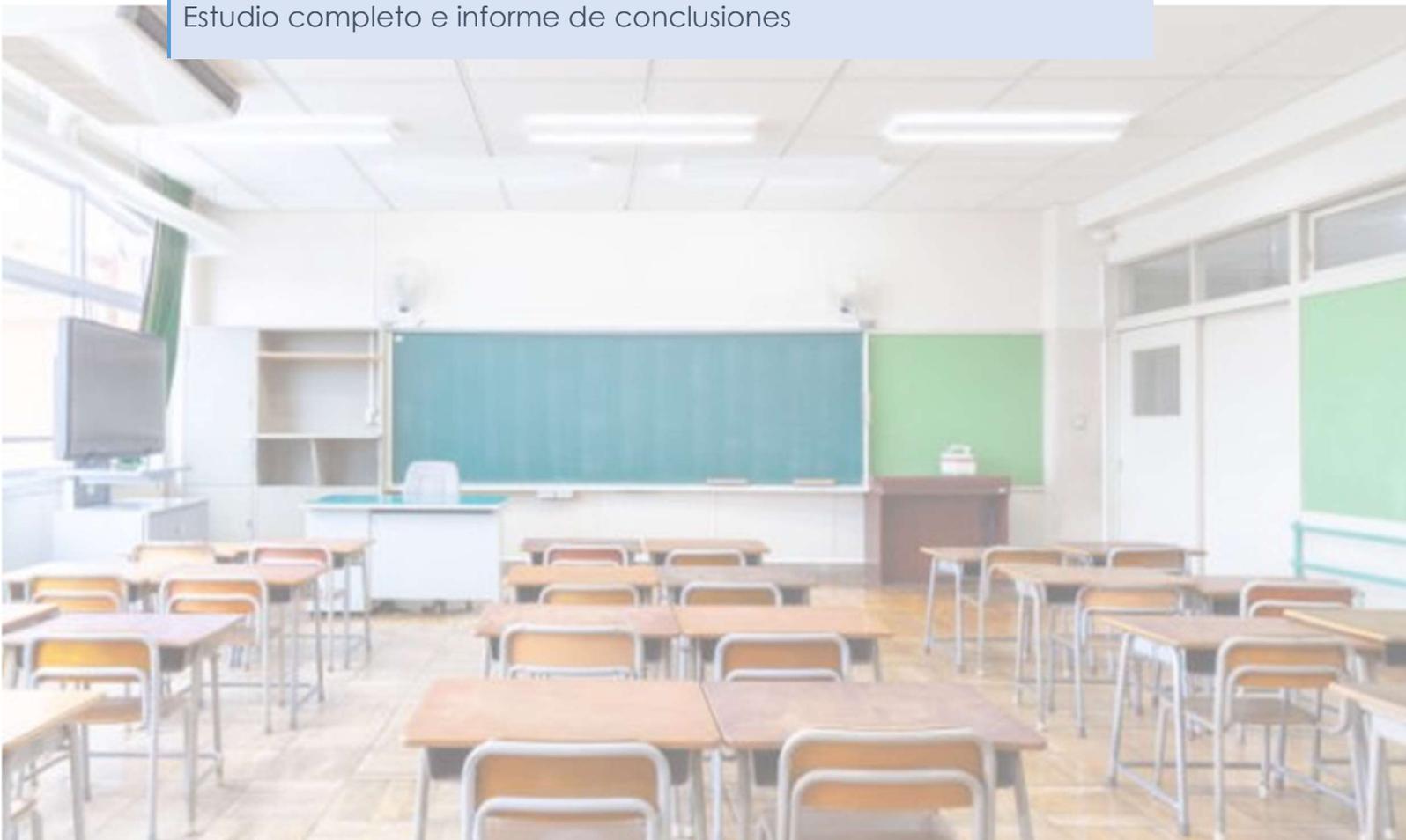


# Proyecto de monitorización de colegios

Estudio completo e informe de conclusiones





**PEP agradece a todas aquellas personas que han dedicado su tiempo y esfuerzo de manera voluntaria a que este proyecto haya salido adelante.**

**A los socios y socias que se han implicado, a los centros educativos participantes, al equipo de la Universidad de Burgos y en especial a Adelina Uriarte, Pedro Mariñelarena y Bruno Gutiérrez por su enorme esfuerzo.**

## Contenido

1. Presentación:	4
2. Conclusiones Universidad de Burgos:	8
3. Resumen	19
4. Introducción:	21
5. Clima atlántico Continental (tabla):	24
6. Clima Atlántico Continental (resumen):	25
7. Clima Atlántico Costa (tabla):	32
8. Clima Atlántico Costa (resumen):	33
9. Clima Cálido (tabla):	38
10. Clima Cálido (resumen):	39
11. Clima Mediterráneo Continental (tabla):	43
12. Clima Mediterráneo Continental (resumen):	44
13. Clima Mediterráneo Costa (tabla):	49
14. Clima Mediterráneo Costa (resumen):	50
15. Informe individualizado por centros educativos	56
15.1. Álava:	56
15.2. Albacete:	62
15.3. Alicante:	67
15.4. Almería:	72
15.5. Ávila:	77
15.6. Badajoz:	82
15.7. Barcelona (norte):	86
15.8. Barcelona (sur):	92
15.9. Bilbao:	97
15.10. Burgos:	103
15.11. Cáceres:	110
15.12. Cádiz:	114
15.13. Córdoba:	119
15.14. Coruña:	125
15.15. Gijón:	129
15.16. Granada:	135
15.17. San Sebastián:	140
15.18. Huelva:	146
15.19. Huesca:	152
15.20. León:	158

15.21.	Lugo: .....	164
15.22.	Madrid (colegio):.....	170
15.23.	Madrid (instituto):.....	175
15.24.	Murcia:.....	180
15.25.	Ourense: .....	186
15.26.	Palencia:.....	192
15.27.	Salamanca:.....	197
15.28.	Santander:.....	202
15.29.	Sevilla (colegio):.....	207
15.30.	Sevilla (instituto):.....	213
15.31.	Teruel:.....	218
15.32.	Toledo: .....	224
15.33.	Valencia: .....	229
15.34.	Vigo:.....	234
15.35.	Zamora:.....	239
15.36.	Zaragoza:.....	245
16.	Terminología .....	250
17.	Bibliografía .....	252
18.	Anexo .....	256
19.	Firma .....	260

## 1. Presentación:

PEP, Plataforma de Edificación Passivhaus, es una asociación sin ánimo de lucro formada por más de 750 socios repartidos por toda la geografía española, en su mayoría técnicos y/o personas vinculadas al sector de la construcción y comprometidos con la eficiencia energética y el desarrollo sostenible.

Nuestra principal actividad es la difusión de las grandes ventajas que aportan los edificios pasivos certificados. Nuestro lema es que es posible vivir mejor con menos energía y trabajamos para ello, facilitando herramientas y conocimiento para conseguirlo.

Las ventajas de los edificios pasivos son aplicables a cualquier tipología. Pero para nosotros resulta especialmente interesante su aplicación en los centros educativos. Por muchos motivos. Porque sus usuarios son mucho más sensibles a la calidad ambiental interior. Porque es en este tipo de edificios donde nuestros hijos pasan una importante parte de su tiempo. Y porque en ellos pretendemos educarlos y que presten atención.

Muchos de nuestros socios venían analizando desde hace años las condiciones de los centros educativos de sus hijos de manera aislada, con resultados similares. Los datos no eran buenos pero los muestreos eran pocos y no continuados en el tiempo.

Es por ello por lo que hace un par de años decidimos acometer de una manera más estructurada y generalizada un estudio sobre el confort interior y la calidad ambiental de los centros educativos en nuestro país. Nuestro objetivo: monitorizar un colegio de cada capital de provincia y poder disponer de datos objetivos.

Para ello formalizamos un convenio de colaboración con la UBU (Universidad de Burgos) con el objetivo de que procediera a la monitorización y análisis de las condiciones en una amplia muestra de centros educativos. Contamos a su vez con la inestimable ayuda de nuestros socios que pusieron a disposición los distintos centros y colaboraron en la instalación de equipos de medida y control y seguimiento de las incidencias que pudieran producirse.

Tras un intenso trabajo hoy presentamos el informe redactado por la UBU.

Las conclusiones del informe resultan evidentes. Las condiciones de confort y calidad ambiental interior de los centros escolares españoles son pésimas de manera generalizada, independientemente de las zonas climáticas, de la tipología de los colegios, su antigüedad, ubicación y casuística particular.

Las cifras hablan por sí solas:

Se han validado un total de 708.375 parámetros en 36 colegios repartidos por toda la geografía española durante un año lectivo.

Si analizamos exclusivamente el confort higrotérmico (temperatura ambiente y humedad relativa) solo durante el 68,06% del tiempo nuestros hijos estudian en condiciones adecuadas de temperatura y humedad.

Si analizamos exclusivamente los niveles de CO<sub>2</sub> (p.p.m.) solo durante el 32,40% del tiempo nuestros hijos estudian en condiciones adecuadas de CO<sub>2</sub>.

Pero esto no es un análisis real. Si cruzamos ambas mediciones podemos comprobar como realmente nuestros hijos estudian en condiciones adecuadas de confort solo durante un 16,16% del tiempo que pasan en los centros escolares (esto equivale a 48 minutos de cada 5 horas de clase).

Podríamos pensar que esta es una media y que la situación puede ser variable entre unas zonas y otras o entre unas tipologías de edificios y otras. Sin embargo, el muestreo realizado es muy amplio y recoge ampliamente las diversas situaciones climáticas existentes en nuestro país, también distintas tipologías (centros antiguos, rehabilitados, modernos, contruidos de acuerdo con el actual CTE, etc.), públicos y privados o concertados. Y, por desgracia, el suspenso es generalizado.

También habrá quien considere que la situación en la que estudian nuestros hijos es mejor, o en su caso similar, a la situación en la que nosotros estudiamos.

Es posible que sea cierto.

Pero hace treinta años no resultaba tan sencillo como hoy en día poder medir y conocer parámetros objetivos sobre el confort y la calidad ambiental de nuestros colegios. Y lo que es más importante, hace treinta años no teníamos ni los conocimientos, ni los medios existentes en la actualidad para poder resolver de manera eficaz esta problemática y garantizar una calidad de aire y un confort óptimo a nuestros hijos en sus centros escolares.

Condiciones que, como veremos, además de afectar al rendimiento escolar, también guardan relación directa con la salud. Y es que garantizar unas condiciones adecuadas de ambiente interior y de ventilación de los espacios tiene relación directa con la salubridad de estos, por ejemplo, como prevención de la transmisión aérea de virus y enfermedades, como es el caso de la familia de los coronavirus, especialmente relevante en centros educativos.

Sin embargo, seguimos construyendo nuevos centros educativos o rehabilitando los existentes sin que la inversión en estas actuaciones consiga alcanzar de manera generalizada niveles óptimos de confort y calidad ambiental. Edificios poco eficientes que, además, requieren destinar durante su vida útil importantes niveles de gasto corriente para intentar alcanzar un confort, que, a la vista de los datos del presente estudio, están muy lejos de conseguir.

Paradójicamente es en estos mismos espacios en los que pretendemos educar a nuestros hijos. Les pedimos que presten atención en las aulas en condiciones que, científicamente, no son las más adecuadas. Pretendemos que aprendan a ser eficientes, sostenibles y responsables en edificios que no lo son; que valoren la inversión frente al gasto en espacios que no lo hacen.

La buena noticia es que revertir esta situación es, bajo nuestra opinión, perfectamente viable. Por el contrario, no hacerlo tiene efectos demoledores: no nos permitirá garantizar unas condiciones mínimas de confort y calidad ambiental a nuestros hijos, nos obligará a destinar importantes cantidades de gasto corriente todos los años para intentar climatizar estos espacios, cantidades que impedirán ser destinadas a una adecuada inversión en rehabilitaciones y nuevos edificios correctamente diseñados, y finalmente, nos hurtará la posibilidad de educar en

eficiencia, sostenibilidad y responsabilidad con el mejor método posible, que no es otro que el del ejemplo.

Por ello esta situación, siendo como es un problema importante es, al mismo tiempo, una gran oportunidad.

Una oportunidad para exponer la situación y analizarla con claridad y sin alarmismo. Porque la situación es perfectamente reversible si nos lo planteamos y acometemos un plan de acción ordenado y transversal. Un plan que no solo se limite a la acción constructiva, que traslade los datos a la comunidad educativa en su conjunto para que en paralelo se puedan desarrollar acciones educativas con relación al confort, la calidad ambiental, la incidencia de nuestros edificios en nuestra salud y en el medio ambiente, así como nuestra gran capacidad de acción y responsabilidad social.

El principal problema no es la situación de los centros escolares que recoge de manera palpable el presente informe. Es ciertamente un problema, pero es reversible. El problema será, en su caso, que no queramos afrontarlo, que dediquemos energías a rebatir los datos de este y otros informes en lugar de actuar de manera inmediata.

Desde PEP tenemos muy clara la línea a seguir. Los casi 30 años de experiencia en edificios pasivos certificados, así como los datos de monitorización de los centros educativos construidos o rehabilitados bajo estándar Passivhaus demuestran de manera evidente que son la manera más eficiente de alcanzar los más altos grados de confort y calidad ambiental interior. Garantizar estos parámetros para nuestros hijos no debiera tener precio, pero se da la circunstancia de que este tipo de edificios son además edificios rentables que se amortizan rápidamente considerando solo el ahorro en la factura energética (muchísimo antes si valorásemos los ahorros en salud, rendimientos, etc..).

Es por ello por lo que desde PEP hacemos un llamamiento a la sociedad en su conjunto para trabajar juntos en la misma dirección. Todos podemos aportar y colaborar en la solución:

-Si eres un padre/madre de familia, intérate, informa a tus hijo/as y al centro, a la asociación de padres. Trabaja por la calidad ambiental del centro de tus hijos.

-Si eres un niño/a o un estudiante, infórmate también, coméntalo en tu casa, con tus profesores.

-Si eres un docente exponlo en clase con tus alumnos y dales herramientas para comprender la situación. También es la calidad ambiental de tu centro de trabajo. Exige ante la delegación de educación correspondiente un plan de acción.

-Si eres profesional de la construcción procura diseñar edificios que garanticen el confort y la calidad ambiental. Es tu responsabilidad.

-Y finalmente, si formas parte de la administración, toma cartas en el asunto. Tu capacidad de acción es muy superior a la del resto de agentes intervinientes y tu deber ejemplarizante resulta innegable. En tu mano está en gran medida revertir esta situación.

Es evidente que podemos construir y rehabilitar colegios que garanticen la calidad ambiental interior para nuestros hijos. Unas condiciones óptimas para el aprendizaje y un ejemplo de responsabilidad y capacidad de acción.

Edificios que reducirán los gastos corrientes en energía de las arcas públicas y que se amortizarán en un período muy reducido de años.

Edificios que debido a su baja demanda energética reducirán de manera importantísima las emisiones de CO2 colaborando por lo tanto con la ralentización del cambio climático y también con la calidad ambiental de nuestras ciudades.

Siendo así la única pregunta que debemos hacernos es:

¿Por qué no vamos a hacerlo?

No solo es necesario, sino que es al mismo tiempo viable técnica, económica y socialmente.

Desde PEP planteamos crear la Mesa para la Educación Sostenible y la Calidad Ambiental de los Centros Educativos. Una mesa en la que puedan reunirse todos los agentes implicados (asociaciones de padres, asociaciones y sindicatos de alumnos, asociaciones y sindicatos de profesores, Ministerio de Educación, Consejerías de Educación de las distintas CCAA, Oficina de Cambio Climático, etc.) para debatir la situación actual y establecer criterios de actuación y un plan de acción a medio plazo que, involucrando a todos los afectados, permita mejorar cuanto antes las condiciones de nuestros centros escolares.

Firmado

Bruno Gutiérrez Cuevas

Presidente Plataforma de Edificación Passivhaus

## 2. Conclusiones Universidad de Burgos:

Las conclusiones del informe son muy claras. Las condiciones de confort y calidad ambiental interior de los centros escolares españoles son pésimas de manera generalizada, independientemente de las zonas climáticas, de la tipología de los colegios, su antigüedad, ubicación y casuística particular.

Se han validado un total de 708.375 parámetros en 36 colegios de toda la geografía española durante un año lectivo.

Si analizamos exclusivamente el confort higrotérmico (temperatura ambiente y humedad relativa) solo durante el 68,06% del tiempo las aulas se encuentran en condiciones adecuadas.

Si analizamos exclusivamente los niveles de CO<sub>2</sub> (p.p.m.) solo durante el 32,40% del tiempo se dispone de niveles aceptables de CO<sub>2</sub>.

Pero esto no es un análisis real. Si cruzamos ambas mediciones podemos comprobar como realmente solo se dan condiciones adecuadas de confort durante un 16,16% del tiempo de uso de los centros escolares.

Si procedemos al mismo análisis atendiendo a las distintas zonas climáticas los datos, con pequeñas oscilaciones siguen siendo demoledores.

### Clima atlántico continental:

En este clima si analizamos exclusivamente el confort higrotérmico (temperatura ambiente y humedad relativa) solo durante el 77,10% del tiempo las aulas se encuentran en condiciones adecuadas.

Si analizamos exclusivamente los niveles de CO<sub>2</sub> (p.p.m.) solo durante el 19,28% del tiempo se dispone de niveles aceptables de CO<sub>2</sub>.

Si cruzamos ambas mediciones podemos comprobar como realmente solo se dan condiciones adecuadas de confort durante un 11,49% del tiempo de uso.

### Clima atlántico costa:

En el clima atlántico costa si analizamos exclusivamente el confort higrotérmico (temperatura ambiente y humedad relativa) solo durante el 74,93% del tiempo las aulas se encuentran en condiciones adecuadas.

Si analizamos exclusivamente los niveles de CO<sub>2</sub> (p.p.m.) solo durante el 27,27% del tiempo se dispone de niveles aceptables de CO<sub>2</sub>.

Si cruzamos ambas mediciones podemos comprobar como realmente solo se dan condiciones adecuadas de confort durante un 15,17% del tiempo de uso.

### Clima mediterráneo continental:

En el clima mediterráneo continental si analizamos exclusivamente el confort higrotérmico (temperatura ambiente y humedad relativa) solo durante el 76,28% del tiempo las aulas se encuentran en condiciones adecuadas.

Si analizamos exclusivamente los niveles de CO<sub>2</sub> (p.p.m.) solo durante el 37,14% del tiempo se dispone de niveles aceptables de CO<sub>2</sub>.

Si cruzamos ambas mediciones podemos comprobar como realmente solo se dan condiciones adecuadas de confort durante un 20,54% del tiempo de uso.

#### Clima mediterráneo costa:

En el clima mediterráneo costa si analizamos exclusivamente el confort higrotérmico (temperatura ambiente y humedad relativa) solo durante el 55,82% del tiempo las aulas se encuentran en condiciones adecuadas.

Si analizamos exclusivamente los niveles de CO<sub>2</sub> (p.p.m.) solo durante el 40,07% del tiempo se dispone de niveles aceptables de CO<sub>2</sub>.

Si cruzamos ambas mediciones podemos comprobar como realmente solo se dan condiciones adecuadas de confort durante un 17,90% del tiempo de uso.

#### Clima cálido:

En el clima cálido si analizamos exclusivamente el confort higrotérmico (temperatura ambiente y humedad relativa) solo durante el 56,15% del tiempo las aulas se encuentran en condiciones adecuadas.

Si analizamos exclusivamente los niveles de CO<sub>2</sub> (p.p.m.) solo durante el 38,26% del tiempo se dispone de niveles aceptables de CO<sub>2</sub>.

Si cruzamos ambas mediciones podemos comprobar como realmente solo se dan condiciones adecuadas de confort durante un 15,69% del tiempo de uso.

#### Total:

	MEDITERRÁNEO CONTINENTAL	MEDITERRÁNEO COSTA	CÁLIDO	ATLÁNTICO COSTA	ATLÁNTICO CONTINENTAL	GLOBAL ESPAÑA
NÚM. MEDICIONES REGISTRADAS	25.789	35.828	20.283	22.007	37.768	141.675
% EN RANGO HIGROTÉRMICO	76,28%	55,82%	56,15%	74,93%	77,10%	68,06%
% EN RANGO CO <sub>2</sub> <1000 PPM	37,14%	40,07%	38,26%	27,27%	19,28%	32,40%
% EN RANGO DE CONFORT REAL	20,54%	17,90%	15,69%	15,17%	11,49%	16,16%

Puede concluirse por lo tanto que independientemente de la zona climática los centros escolares tienen periodos de tiempo muy bajos con adecuados niveles de confort y calidad ambiental interior, oscilando entre el 11,49% en el peor de los casos y el 20,54% del mejor de ellos (el menos malo).

La casuística de los centros analizados también es diversa atendiendo a la antigüedad de los edificios, orientación, tipo de colegio (público, privado o concertado) si bien dichos parámetros no arrojan datos diferenciados en el plano de la calidad ambiental interior y el confort, es decir, que dichos datos son, en general, similares independientemente del tipo de centro analizado.

En los apartados de cada zona climática se analizan con mayor detenimiento las casuísticas de cada zona climática. Las zonas más frías cuentan en general con

un mejor rango de confort higrotérmico, si bien se ven penalizados por la peor calidad ambiental del aire interior. Por contra las zonas más cálidas presentan niveles más bajos de confort higrotérmico. Parece por tanto que las zonas frías cuentan con instalaciones de calefacción suficientes si bien los sistemas de ventilación no lo son. Por el contrario, en las zonas más calurosas es posible que la inexistencia de sistemas de calefacción o de niveles mínimos de aislamiento generen una peor situación higrotérmica. En estos casos los niveles de CO<sub>2</sub> son mejores que en las zonas frías, pero en cualquier caso tampoco garantizan niveles adecuados.

Otra cuestión para considerar es el desfase existente entre los valores de la temperatura ambiente interior y la temperatura de la pared. También en algunos casos entre la temperatura del aire en el interior y la temperatura en las proximidades a la pared. Todos estos aspectos guardan gran relación con la sensación de confort térmico. Estas asimetrías de temperatura pueden ocasionar que el aparente confort higrotérmico recogido en la sonda interior no sea tal y la sensación térmica real sea de disconfort como consecuencia de fenómenos de pared fría o vidrios fríos. Del mismo modo el presente estudio no analiza los niveles de infiltraciones no controladas de aire, con gran incidencia tanto sobre el confort térmico como sobre las pérdidas energéticas. En cualquier caso, generalmente los niveles de infiltraciones en edificios donde no se ha trabajado la hermeticidad resultan bastante elevados.

Al margen de las consideraciones anteriores, hay que tener en cuenta también que los datos analizados solo valoran el confort y la calidad ambiental interior pero no la energía consumida para alcanzar dichos niveles. Si bien no ha sido objeto del presente estudio sí que en algunos casos se ha podido constatar que los niveles de confort higrotérmico se alcanzan a costa de mantener en funcionamiento durante una parte muy importante del día los sistemas activos de climatización, es decir, a costa de importantes gastos de calefacción y refrigeración. Las asimetrías de temperaturas en los paramentos exteriores nos indican en muchos casos niveles de aislamiento insuficiente.

Estas circunstancias vienen a ser una constante en la relación entre eficiencia y confort y calidad ambiental. Los edificios poco eficientes demandan gran cantidad de energía para no lograr a su vez niveles adecuados de confort y calidad ambiental interior.

Por el contrario, los edificios más eficientes (los edificios pasivos certificados son el máximo exponente de ellos) alcanzan los mayores niveles de confort y calidad ambiental interior con la menor demanda energética posible.

Siendo este un estudio sobre la calidad ambiental no puede por lo tanto obviarse esta reflexión aun cuando no se trate del objeto principal del informe. Es decir, que nuestros centros escolares no solo no alcanzan los adecuados niveles de confort y calidad ambiental interior, sino que, debido, en general, a su alta demanda energética son responsables de la emisión a la atmósfera de importantes cantidades de CO<sub>2</sub> lo que agrava la calidad ambiental exterior en las ciudades.

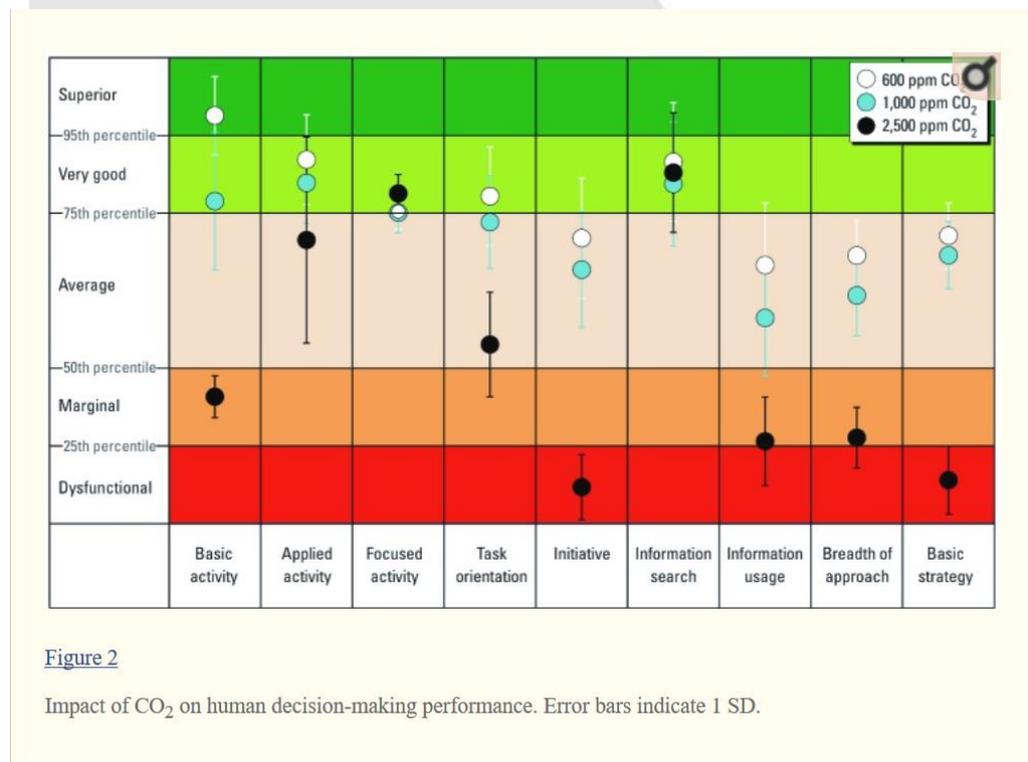
Tampoco podemos obviar las relaciones que existen entre inadecuados niveles de confort higrotérmico y calidad del aire y la salud, sobre todo en edades tempranas

como ocurre con los usuarios de los centros escolares. O la relación con los rendimientos escolares derivados del déficit de atención que generan elevados niveles de CO<sub>2</sub>.

Son numerosos los estudios que profundizan sobre ambos conceptos.

-Gráfico de las afecciones de los niveles de CO<sub>2</sub> del estudio *Is CO<sub>2</sub> an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO<sub>2</sub> Concentrations on Human Decision-Making Performance by*

*Usha Satish, Mark J. Mendell, Krishnamurthy Shekhar, Toshifumi Hotchi, Douglas Sullivan, Siegfried Streufert, and William J. Fisk:*



-Resumen de estudio de la calidad del aire en centros de educación del País Vasco

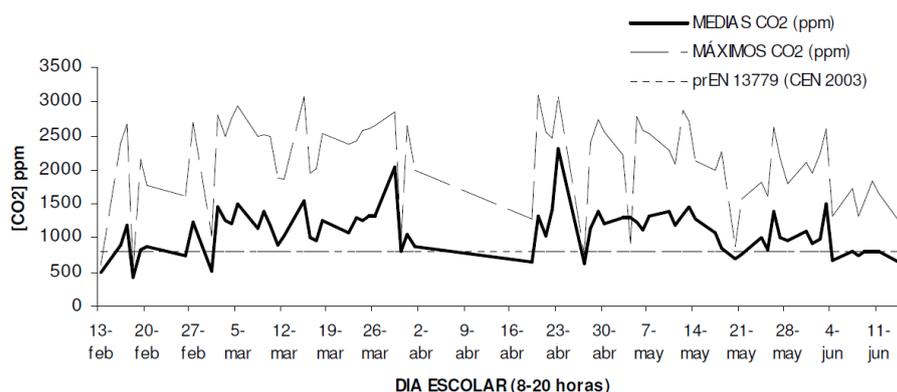
## CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN LOS CENTROS DE EDUCACIÓN INFANTIL DEL PAÍS VASCO.

Dr. Victor del Campo Díaz – [nmdediv@lg.ehu.es](mailto:nmdediv@lg.ehu.es)

Ainhoa Mendivil Martínez – [ainhoa\\_mendivil@sgs.com](mailto:ainhoa_mendivil@sgs.com)

Universidad del País Vasco, Departamento de Máquinas y Motores Térmicos.  
ETS de Ingenieros, Alda. Urquijo s/n. 48013 Bilbao

**Resumen.** La exposición a contaminantes del aire interior es muy importante en términos de potenciales efectos negativos, particularmente en los niños que pasan un tercio de su tiempo en las escuelas. Se eligieron 6 escuelas infantiles situadas en el Bajo Nervión caracterizadas cada una de ellas por un ambiente exterior de muy distinta calidad y naturaleza, clasificados según la pre-norma europea prEN 13779:2003 como: zona rural (ODA 1), pequeña ciudad (ODA 2) y centro urbano contaminado (ODA 4). En el primero se estudió la ventilación y se detectaron elevadas concentraciones de CO<sub>2</sub> durante la actividad escolar de hasta 3000 ppm. Cuando los niveles de dióxido de carbono exceden de 800 ppm en las áreas interiores, muchas personas comienzan a experimentar incomodidad, dolores de cabeza, cansancio y apatía general, estos síntomas se agravan en el caso de los niños debido a su mayor actividad metabólica. En otros 4 colegios también se constataron las concentraciones elevadas de CO<sub>2</sub> y pudimos comprobar que la falta de limpieza y desinfección diaria de las aulas ocasionaba una rápida proliferación de hongos y bacterias aerobias con el consiguiente riesgo de enfermedades. En el último de los casos y cercano a industrias se detectaron concentraciones de TCOVs en el ambiente interior de hasta 4000 ppm. Algunos de ellos sospechosos de producir alteraciones en el núcleo celular. Así mismo se encontraron concentraciones de partículas de hasta 500 µ/m<sup>3</sup>. Lo anterior pone de manifiesto que deben cuidarse las ubicaciones y diseño de los colegios, su ventilación, limpieza y mantenimiento para evitar el absentismo escolar detectado y la mala calidad de aire y de confort que determina en parte, un menor rendimiento escolar de los alumnos implicados.



Gráfica 1. Perfiles de la concentración de CO<sub>2</sub> media y sus máximos diarios (CASO 1).

-Extracto del informe calidad del aire interior del Observatorio de Salud y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

### Calidad del aire interior

sarrollo a los contaminantes aéreos, conduce en último lugar a un mayor riesgo de efectos respiratorios, como se puede ver en la documentada mayor incidencia de infección aguda en niños expuestos a mayores concentraciones de contaminantes interiores.

La exposición ambiental de los niños, además de a otros, es particularmente importante a los contaminantes del aire interior. Como medida preventiva se recomienda la regulación y control de los contaminantes del aire tanto exterior como interior.

Ya que los niños pasan la mayor parte de su tiempo en el interior, es más probable que reciban mayores niveles de exposición, incluso para contaminantes con una concentración relativamente baja en el aire. Los niveles de exposición son mayores en condiciones de escasa ventilación.

### Calidad del aire interior

Además, debido a que la exposición a contaminantes del ambiente interior supone un riesgo para la salud pública, tanto los efectos adversos sobre la salud como los niveles de exposición merecen la atención de políticas públicas, ya que los costes para la sociedad asociados con enfermedades relacionadas con los ambientes interiores son considerables (14).

Los estándares actuales de ventilación no tienen en cuenta la productividad y el aprendizaje (en oficinas y escuelas) y su requerimiento es bastante modesto, ya que se basan en que el aire interior debe ser "aceptable", esto es, que el grupo más sensible de personas (usualmente el 20%) lo perciban como inaceptable mientras que para el resto sea meramente aceptable (14).

Por este motivo no es extraño que haya estudios que muestren altos porcentajes de personas molestas y que padecen los síntomas del síndrome del edificio enfermo. Estudios recientes muestran que la mejora de la calidad del aire interior en un factor de 2 a 7 comparado con los estándares existentes, incrementa la productividad en oficinas y el aprendizaje en colegios de forma significativa, mientras que disminuye el riesgo de síntomas alérgicos y asma en hogares (15).

-La Oficina regional de la OMS en Europa ha recopilado en un libro las guías de la OMS para la protección de la salud pública. Entre otras cuestiones establece:

*El desarrollo de estrategias de calidad del aire interior que tengan en cuenta las necesidades específicas de los niños.*

- *La mejora del acceso a métodos más sanos y seguros de calefacción y cocina, así como a un combustible más limpio.*
- *Aplicar e implementar regulaciones que mejoren la calidad del aire interior, especialmente en hogares, centros de cuidado de niños, con especial referencia a la construcción y materiales de mobiliario.*
- *Reducción de emisiones de contaminantes del aire exterior relacionados con el transporte y otras fuentes mediante la legislación apropiada y medidas regulatorias que aseguren los estándares de calidad del aire tales como aquellos desarrollados bajo la legislación UE que tengan en cuenta los valores establecidos por la OMS como guía para la calidad del aire para Europa.*

-Extracto del informe Madrid aire sano, infancia más sana redactado por Heal (health and environment Alliance)

Para crear conciencia sobre la contaminación del aire en los entornos escolares y cómo ésta afecta a la salud de los niños y las niñas, HEAL desarrolló una iniciativa de ciencia ciudadana para monitorizar los contaminantes del aire interior y exterior alrededor de los colegios de educación primaria en seis capitales de la Unión Europea: Berlín, Londres, París, Madrid, Sofía y Varsovia. Estas ciudades y también los países en los que están situadas actualmente no cumplen las normas de calidad del aire de la UE. Berlín, París, Londres y Madrid han superado los límites de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>); España está incumpliendo las normas de calidad del aire de la UE en materia de NO<sub>2</sub> y MP; y el Tribunal de Justicia de la UE ha declarado que Bulgaria y Polonia incumplen la legislación de la UE en materia de MP<sup>8</sup>.

Los entornos escolares han recibido menos atención tanto en la investigación como en la formulación de políticas, que se han centrado en gran medida en la regulación de la calidad del

aire exterior. A nivel de la UE, existe un amplio conjunto de leyes para garantizar una buena calidad del aire exterior y reducir las emisiones de las principales fuentes de contaminación. La calidad del aire interior se ve afectada significativamente por el aire exterior, así como por los factores internos<sup>9</sup>. Las personas pasan la mayor parte de su tiempo en el interior, y los niños y las niñas pasan hasta un tercio del día en el colegio, pero no existe un marco comparable para los ambientes interiores.

Durante los meses de marzo, abril y mayo de 2019, 50 colegios de estas seis ciudades participaron en la iniciativa utilizando dispositivos de medición de bajo coste para recolectar datos sobre los contaminantes más comunes del aire. El NO<sub>2</sub> fue medido continuamente durante un período de tres a cuatro semanas y los socios locales visitaron cada colegio para efectuar una medición de 20 minutos de la concentración de MP dentro y alrededor de los colegios y los niveles de CO<sub>2</sub> dentro de las aulas.

#### Hallazgos más importantes

- En todas los colegios participantes se detectó NO<sub>2</sub> en el interior de las aulas. Como no había fuentes de NO<sub>2</sub> en las aulas, estos niveles de NO<sub>2</sub> sólo pueden provenir de la contaminación del aire exterior, especialmente del tráfico.
- Las concentraciones de material particulado fueron variables, y para algunos colegios fueron más altas que las recomendadas por la Organización Mundial de la Salud para proteger la salud.
- La mayoría de las aulas tenían valores de CO<sub>2</sub> por encima del nivel recomendado de 1.000 partes por millón (ppm), lo que indica una necesidad general de mayor ventilación.

#### Colegios participantes y número de alumnos representados en toda Europa



Los resultados muestran que había concentraciones variables de contaminantes insalubres dentro y fuera de las aulas.

La variación en los resultados puede explicarse por muchos factores, incluyendo la proximidad a las carreteras más transitadas, la estación del año y las características del edificio. Es complejo entender cómo interactúan estos factores. Sin embargo, los resultados demuestran claramente que los contaminantes exteriores entran en los edificios escolares e influyen en la calidad del aire interior. Dado que no hay fuentes interiores de  $\text{NO}_2$ , las concentraciones detectadas indican la contaminación del aire interior por emisiones relacionadas con el tráfico.

Es importante destacar que las concentraciones compartidas en este informe no se mantienen constantes a lo largo del día ni a lo largo del año, sino que varían en la medida en que las concentraciones de MP y  $\text{NO}_2$  son influenciadas por el tráfico, el clima, el uso de la calefacción o la ventilación. Para determinar el riesgo para la salud de la infancia, se necesita una vigilancia más prolongada y continua.

El ambiente interior no puede separarse del mundo externo. Los altos valores de  $\text{CO}_2$  observados en la mayoría de las aulas subrayan la necesidad de



► Alumnos del CEIP Ignacio Zuloaga, Madrid, utilizando el monitor que mide el  $\text{CO}_2$  | © AEEA |

ventilación. Para evitar la somnolencia, la pérdida de concentración y la disminución de la productividad, es importante ventilar de manera regular. Sin embargo, mientras el aire exterior esté contaminado, los colegios tendrán dificultades para lograr una buena calidad del aire interior. Es necesario que el aire exterior se purifique para que los niños y las niñas puedan aprender bien y crezcan de manera saludable.

## Resultados

Participaron 12 colegios de educación primaria en el proyecto en Madrid. La concentración de  $\text{NO}_2$  en los colegios y sus alrededores fue generalmente alta durante las semanas de la medición. En un colegio cercano a una zona de tráfico pesado, el valor de  $\text{NO}_2$  en la entrada de era de  $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Esta media mensual es superior a las normas anuales de calidad del aire de la UE y la OMS. Dado que los valores medidos son promedios, la concentración de  $\text{NO}_2$  probablemente habrá sido muy superior durante ciertos periodos de la medición. Durante la noche y los fines de semana habrá habido menores concentraciones, ya que hay menos tráfico durante estas horas. Otros tres colegios tenían mediciones de  $\text{NO}_2$  en sus entradas entre  $34$  y  $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Es probable que en estos colegios la concentración de  $\text{NO}_2$  también haya superado los  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durante el horario escolar. En interiores, se observaron concentraciones de  $\text{NO}_2$  de hasta  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , lo que indica que los contaminantes del aire exterior entran en el edificio de la colegio y en el aula.

La monitorización de  $\text{CO}_2$  en las aulas mostró que sólo una de ellas tenía una concentración inferior a  $1.000$  ppm. Dos aulas tenían incluso concentraciones superiores a  $3.000$  ppm, fuera del alcance del dispositivo de medición. Las conversaciones con los profesores

indicaron que la ventilación es a menudo un dilema, ya que la calidad del aire en las calles es deficiente y también hay consideraciones de eficiencia energética, por ejemplo, la pérdida de calor en invierno y el mantenimiento de un ambiente fresco en verano.



► Dos alumnas cuelgan los tubos para medir el  $\text{NO}_2$  en el CEIP Ignacio Zuloaga | © AEEA |

-Extracto del informe Calidad del Aire Interior en Edificios de Uso Público redactado por la Consejería de Salud de la Comunidad de Madrid.

## → Presentación

Las actividades cotidianas (educativas, laborales, sanitarias, ocio, etc.) obligan a diario a la permanencia prolongada de la población en todo tipo de edificios e instalaciones urbanas. Según la OMS, la población de las ciudades pasa entre el 80 y el 90% de su tiempo en ambientes cerrados, cuyo aire está contaminado en mayor o menor grado, lo que puede ocasionar graves problemas para la salud. En la actualidad existen suficientes indicios de que en escuelas, hospitales, áreas de oficinas, centros comerciales, residencias de ancianos, etc., coexisten bacterias, virus, ácaros, partículas, humo ambiental de tabaco, etc, capaces de alterar la calidad del aire interior y originar efectos nocivos en la salud de las personas.

Según estimaciones de la Agencia de Protección Ambiental estadounidense (EPA) los niveles de contaminación en ambientes cerrados pueden llegar a ser de 10 a 100 veces más elevados que las concentraciones exteriores, lo cual aunado a las condiciones operativas no adecuadas de sistemas de ventilación y recirculación de aire, refrigeración y/o calefacción, hacen prever un problema potencial de la calidad del aire dentro de dichos espacios.

Cuando los niveles de CO<sub>2</sub> exceden de 800 a 1.200 ppm en áreas interiores, muchas personas comienzan a experimentar incomodidad, dolores de cabeza, cansancio y problemas respiratorios, dependiendo de la concentración y de la duración de la exposición, estos síntomas se agravan en el caso de los niños y se producen quejas de "ambiente cargado". Los efectos más graves se producen a partir de 5.000 ppm, donde pueden producirse incluso desvanecimientos, aunque estos niveles no suelen alcanzarse en los edificios en condiciones normales, son propios de ambientes cerrados confinados.

Como puede comprobarse muchos de estos estudios no solo se centran en los parámetros analizados en el presente informe, sino que valoran y miden otros parámetros (CO, NO<sub>2</sub>, Pm, formaldehidos, radón, mohos, etc..) cuya mayor concentración guarda una relación directa con espacios con mala ventilación.

Existen estudios que relacionan a su vez altos niveles de CO<sub>2</sub> y espacios mal ventilados con mayores niveles de mohos y otros compuestos nocivos (ver INDOOR

*AIR QUALITY, VENTILATION AND HEALTH SYMPTOMS IN SCHOOLS: AN ANALYSIS OF EXISTING INFORMATION* by Joan M. Daisey<sup>1</sup>, William J. Angell and Michael G. Apte.

Por todo ello y pese a no ser objeto del presente estudio puede afirmarse que los datos monitorizados manifiestan niveles muy altos de CO<sub>2</sub> debido fundamentalmente a sistemas inadecuados de ventilación, y que estos parámetros por lo tanto indican la mayor probabilidad de que en las aulas se estén superando a su vez los niveles máximos de otros parámetros con incidencia directa en la salud de los ocupantes.

Siendo así también sería de gran interés analizar los costes que generan estas afecciones a la salud o al aprendizaje. En cualquier caso y a falta de datos concretos, es evidente que la mejora de las condiciones de los centros escolares reduciría drásticamente dichos costes. Y que las medidas de mejora (sobre todo en los sistemas de ventilación) son medidas que no solo mejoraría los niveles de CO<sub>2</sub>, sino que tendría un impacto positivo sobre los niveles de otros tipos de contaminantes no analizados en el presente informe, pero cuya presencia es puesta de manifiesto por muchos estudios.

Los criterios de actuación para revertir la situación detectada son claros:

-Mejora de la envolvente térmica de los edificios para reducir la demanda de energía y garantizar una simetría de temperaturas en el interior de las aulas que permita mayores niveles de confort higrotérmico.

-Instalación de sistemas de ventilación mecánica controlada con recuperación de calor que garanticen unos adecuados niveles de ventilación sin pérdidas energéticas. Permiten a su vez la instalación de filtros que reduzcan la presencia de otros compuestos nocivos en el aire (Pm, etc..). Permitiría a su vez un mayor control sobre la humedad relativa interior.

Todos estos criterios se encuentran perfectamente definidos, analizados y contrastados en los edificios pasivos certificados que obligan al análisis exhaustivo de cada situación (ubicación, orientación, perfiles de uso, cargas internas, ganancias solares, etc..) así como al control de obra de modo y manera que las prestaciones que se planteen en la fase de diseño se garanticen en la ejecución material del edificio.

Las monitorizaciones de centros escolares certificados en estándar Passivhaus demuestran que se alcanzan condiciones de confort y calidad ambiental interior óptimas con los mínimos costes energéticos posibles.

Las herramientas previstas para rehabilitación (Enerphit step by step) también permiten planificar actuaciones parciales ordenadas garantizando tanto la mejor viabilidad económica como la inexistencia de patologías o condiciones inadecuadas en las distintas fases de actuación que se planteen.

La construcción y/o rehabilitación bajos estos parámetros permitiría disponer de edificios con muy reducida demanda energética, fácilmente resoluble al mismo tiempo con sistemas de energía renovable lo que podría llevar a mínimos las emisiones de CO<sub>2</sub> de estos edificios, contribuyendo por lo tanto al mismo tiempo a la mejora de las condiciones ambientales de nuestras ciudades.

Resultaría a su vez interesante controlar los materiales a utilizar, fundamentalmente en los revestimientos interiores en contacto con los usuarios, mobiliario, etc. para reducir y minimizar la presencia de otros tipos de compuestos nocivos en el aire.

En resumen, los datos del estudio ponen de manifiesto la inadecuada calidad ambiental interior de los centros escolares en nuestro país. Los mejores valores analizados son en cualquier caso valores pésimos que deberían ponernos en alerta.

Los datos del estudio guardan relación con el de otros estudios realizados. Por ello, y pese a que el muestreo del presente informe sea solo de 36 colegios parece evidente que son representativos de la realidad de los centros educativos españoles.

Firmado

Juan Manuel Manso Villalaín

Catedrático de Edificación

Director del Departamento de Ingeniería Civil

Universidad de Burgos

### 3. Resumen

#### Objetivos.

Recopilar resultados mediante la monitorización de un aula en cada provincia del estado durante el horario y calendario escolar.

#### Objetivos específicos.

Determinar la calidad del aire interior y el confort higrotérmico durante la ocupación de las aulas.

#### Condicionantes.

Dada la naturaleza inquieta de los ocupantes de las aulas y la necesidad de que las sondas estén a una altura que permita la manipulación del equipo, la monitorización sufrió pérdidas puntuales de datos por desconexiones que fueron reparadas, en muchos casos, en el momento de detección. Hubo alguna provincia, donde no se pudo realizar el informe.

#### Diseño del sistema:

El sistema de análisis se compone de dos equipos separados e independientes, que recogieron diferentes parámetros relacionados con los ambientes higrotérmicos en el exterior e interior del aula; en adelante, equipo exterior y equipo interior respectivamente.

Ambos equipos recogieron datos cada diez minutos y los enviaron (*siempre que fue posible la conexión wifi*) a la plataforma online "thingspeak". Además, disponen de un dispositivo de almacenamiento de datos en una memoria microSD.

#### Equipo Interior.

Equipo de monitorización instalado, siempre que fue posible, se colocó en una zona centrada del aula a una altura de 1,50 metros. Los datos que recoge son:

- Temperatura del aire.
- Humedad relativa del aire.
- Partes por millón de CO<sub>2</sub> del aire.

#### Equipo Exterior:

Equipo de monitorización instalado junto a una carpintería exterior. Consta de dos sensores, uno que mide las condiciones térmicas exteriores, y otro que se instala en contacto a la pared con pasta térmica, para que se produzca un intercambio de calor óptimo. Los datos que recoge son:

- Temperatura del aire exterior.
- Temperatura superficial interior.

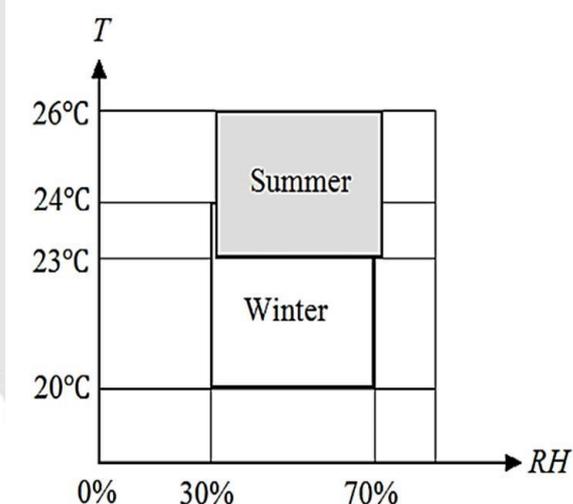
#### **Normativa relacionada.**

- UNE-EN 13779.
- Informe 1752 de CEN (Comité Europeo de Normalización).
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios – RITE (IDA,2007).



## 4. Introducción:

El confort higrotérmico se puede definir como: “Aquella condición de la mente que proporciona satisfacción con el ambiente (higro)térmico” \*ISO7730, o lo que es lo mismo, no estar bajo ninguna condición que produzca incomodidad. Para la realización de este estudio, se han tomado los niveles de confort marcados por el “Modelo térmico de Schnieders”, que están englobados en un rango de temperatura entre **20°C y 26°C** y un rango de humedad entre **30% y 70%**. Es importante recalcar que la sensación térmica que percibe un ser humano no depende solo de la temperatura, sino de parámetros como la propia temperatura del aire, la temperatura media radiante, la humedad y la velocidad del aire, en



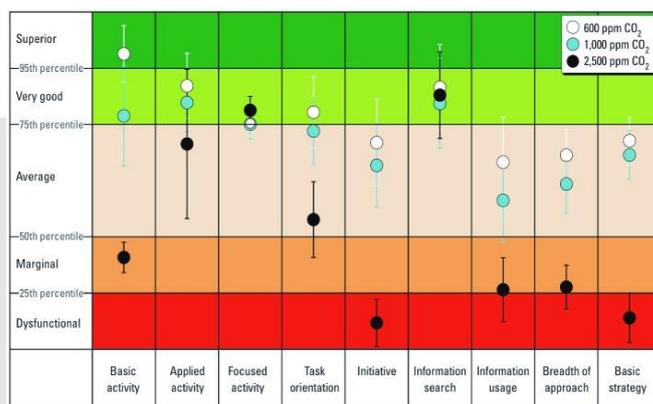
este caso, se analizan las tres primeras, ignorando las corrientes de aire dentro del aula<sup>1</sup>.

Además de esto, debiéramos tener en cuenta las condiciones marcadas por el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, según el cual, las condiciones de confort higrotérmico se definen en un rango de temperatura que oscila entre los 21°C y los 25°C y una humedad relativa entre 40% y 60%. Según esta norma, en las aulas de enseñanza, la concentración de CO<sub>2</sub> no debiera ser mayor de 500ppm que en el exterior (IDA2), teniendo en cuenta que la mayor parte de las muestras fueron tomadas en ambientes urbanos, se ha tomado como límite de salubridad, una cantidad de CO<sub>2</sub> de **1000ppm**.

Los niños pasan más de un 80% del tiempo en ambientes interiores, por lo que se podría deducir que el ambiente y calidad del aire interior son más determinantes en la salud, simplemente por mayor exposición de tiempo. La vulnerabilidad a edades tempranas implica un mayor riesgo de desarrollo de enfermedades relacionadas directa o indirectamente con el sistema respiratorio. Un ambiente interior no óptimo, en este caso, con altas concentraciones de CO<sub>2</sub>, se relaciona

<sup>1</sup> ISO7730 standard for thermal comfort

directamente con un rendimiento escolar deficiente y problemas de salud a corto y largo plazo<sup>2</sup>. Debido al metabolismo de los más jóvenes, estos respiran más del doble de O<sub>2</sub> que los adultos, expulsando, por lo tanto, el doble de CO<sub>2</sub>.<sup>3</sup>



Impacto de CO<sub>2</sub> en humanos. Environ Health Perspect.

Hay que aclarar, que los síntomas de la salud no se midieron en este estudio, pero investigaciones recientes relacionan la cantidad de CO<sub>2</sub> en un ambiente con el nivel de ventilación de este, por lo que se puede llegar a equiparar a los niveles de radón, formaldehídos, materiales volátiles orgánicos o contaminantes biológicos. Esto viene a definir el Síndrome del Edificio Enfermo<sup>4</sup>.

Los principales síntomas detectados en estudios recientes, por una concentración alta de CO<sub>2</sub> son: ataques de estornudo, falta de concentración, dolor de cabeza, síntomas alérgicos y/o asmáticos, tos y sibilancias, de hecho, la falta de concentración se asocia a niveles de CO<sub>2</sub> mayores a 984 ppm<sup>5</sup>.



CO<sub>2</sub> up to 1000 ppm  
Perfect for learning



CO<sub>2</sub> 1000 - 1500 ppm  
Still tolerable for capacity



CO<sub>2</sub> 1500 - 2000 ppm  
Concentration is affected



CO<sub>2</sub> über 2000 ppm  
Headache, Sensitivity to Infections

Stephan Oehler

<sup>2</sup> Indoor air quality and health in schools – Ana María da Conceição Ferreira

<sup>3</sup> NTP 323

<sup>4</sup> \*Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information. Indoor Environment Department, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley

<sup>5</sup> Indoor air quality and health in schools – Ana María da Conceição Ferreira

Según la UNE 100-01191, existen varias estrategias para mejorar la calidad del aire en el interior de un habitáculo a través de una buena ventilación, lo cual se analiza en las conclusiones del informe.

Por poner un ejemplo práctico, un estudio realizado por M.A. Berry. University of North Carolina en el colegio Charles Young, en Washington, USA, se tomaron datos sobre la calidad del aire interior en los años 1996, 1998, 1999 y 2000. Este fue rehabilitado en año 1997, y se dedujeron los siguientes resultados:

Table 2. National Test Results Standard Test Results

<b>Resultados analizados</b>	<b>1996. Antes de la rehabilitación</b>	<b>2000. Después de la rehabilitación</b>	<b>Observación</b>
<b>Resultados en matemáticas</b>	Debajo de los básicos: 49% Por encima del nivel básico: 51%	Debajo de los básicos: 24% Por encima del nivel básico: 76%	El 25% de los alumnos no han conseguido ser motivados para el estudio.
<b>Resultados de lectura</b>	Debajo de los básicos: 41% Por encima del nivel básico: 59%	Debajo de los básicos: 25% Por encima del nivel básico: 75%	La mejora en la lectura viene dada por una mejor concentración mental.

Una vez presentadas las principales consideraciones sobre estas variables de condiciones interiores en el interior de las aulas, sus efectos y sus consecuencias, podremos entender en mayor medida el impacto de los resultados obtenidos relativos a las mismas en cada colegio monitorizado y en cada climatología agrupada.

## 5. Clima atlántico Continental (tabla):

	VITORIA	ÁVILA	BURGOS	LEÓN	PALENCIA	SALAMANCA	ZAMORA	HUESCA	TERUEL	LUGO	OURENSE
<b>AÑO DE CONSTRUCCIÓN</b>	<1979	>2006	<1979	<1979	<1979	1979-2006	<1902	<1979	1979-2006	<1979	1979-2006
<b>SUPERFICIE DE CONSTRUCCIÓN</b>	4 821 m <sup>2</sup>	4 618 m <sup>2</sup>	3 813 m <sup>2</sup>	5 588 m <sup>2</sup>	4 060 m <sup>2</sup>	2 887 m <sup>2</sup>	8060 m <sup>2</sup>	4 909 m <sup>2</sup>	3 598 m <sup>2</sup>	3 643 m <sup>2</sup>	14 857 m <sup>2</sup>
<b>PRESENCIA DE CLIMATIZACIÓN</b>	CALEFACCIÓN	CALEFACCIÓN	CALEFACCIÓN	CALEFACCIÓN	CALEFACCIÓN	CALEFACCIÓN	CALEFACCIÓN	AIRE ACONDICIONADO Y CALEFACCIÓN	AIRE ACONDICIONADO Y CALEFACCIÓN	CALEFACCIÓN	CALEFACCIÓN
<b>MEDICIÓN REGISTRADA</b>	5.863	3.132	5.734	1.976	2.399	3.901	2.148	1.495	2.625	2.413	6.082
<b>% EN RANGO HIGROTÉRMICO</b>	89,45%	79,14%	82,62%	89,07%	46,72%	49,73%	70,08%	95,93%	89,67%	65,81%	89,88%
<b>% EN RANGO CO2&lt;1000 PPM</b>	17,86%	22,89%	9,99%	10,22%	30,47%	10,48%	47,49%	33,78%	14,86%	5,06%	8,96%
<b>% EN RANGO DE CONFORT REAL</b>	15,05%	10,28%	5,72%	8,50%	6,11%	2,30%	26,10%	26,60%	10,74%	3,47%	5,93%

### PROMEDIOS DE CLIMA ATLÁNTICO CONTINENTAL

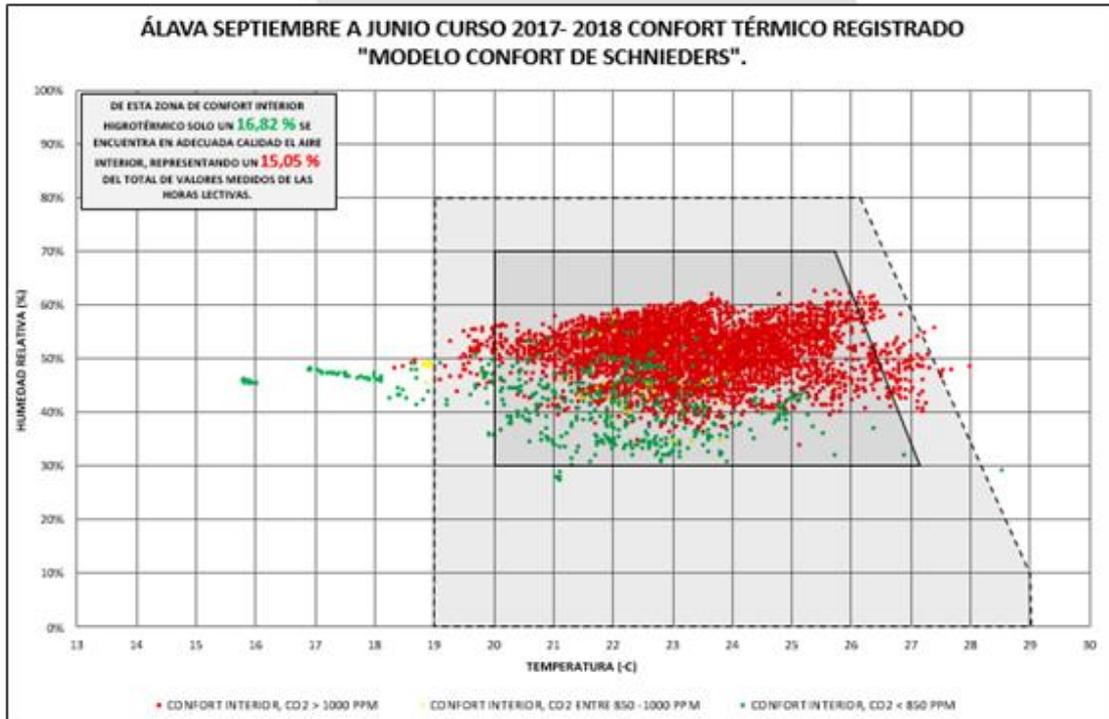
PROMEDIO	
<b>MEDICIÓN REGISTRADA</b>	37.768
<b>% EN RANGO HIGROTÉRMICO</b>	77,10%
<b>% EN RANGO CO2&lt;1000 PPM</b>	19,28%
<b>% EN RANGO DE CONFORT REAL</b>	11,49%

## 6. Clima Atlántico Continental (resumen):

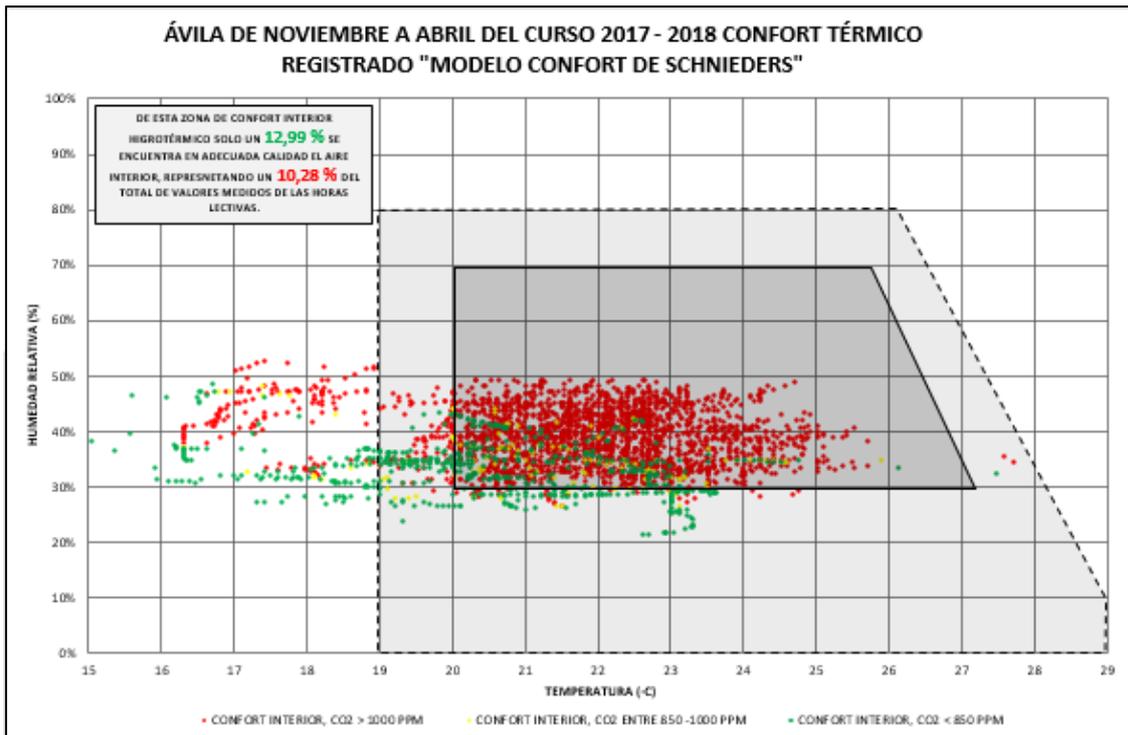
En el clima atlántico continental se han agrupado aquellas provincias interiores de la vertiente atlántica; corresponden con los climas D1 y D2 del Código Técnico de la Edificación. Se trata por lo tanto de climas fríos del norte de la península que se hallan bajo los efectos del mismo océano, pero en distinta latitud y con distinto relieve con contrastes térmicos y pluviométricos notables.

En la agrupación climática que se ha realizado de todos los colegios analizados, se observa que los colegios de clima atlántico continental, con un total de 37.768 registros, presentan los peores comportamientos globales de España, con un promedio de tan solo un 11,49% del total del tiempo de ocupación en rangos de confort real; es decir solo el 11,49% del tiempo se dan buenas condiciones higrotérmicas y de calidad del aire al mismo tiempo. Si el alumnado pasa 5h al día en clase, apenas 35 minutos lo hacen en las condiciones adecuadas.

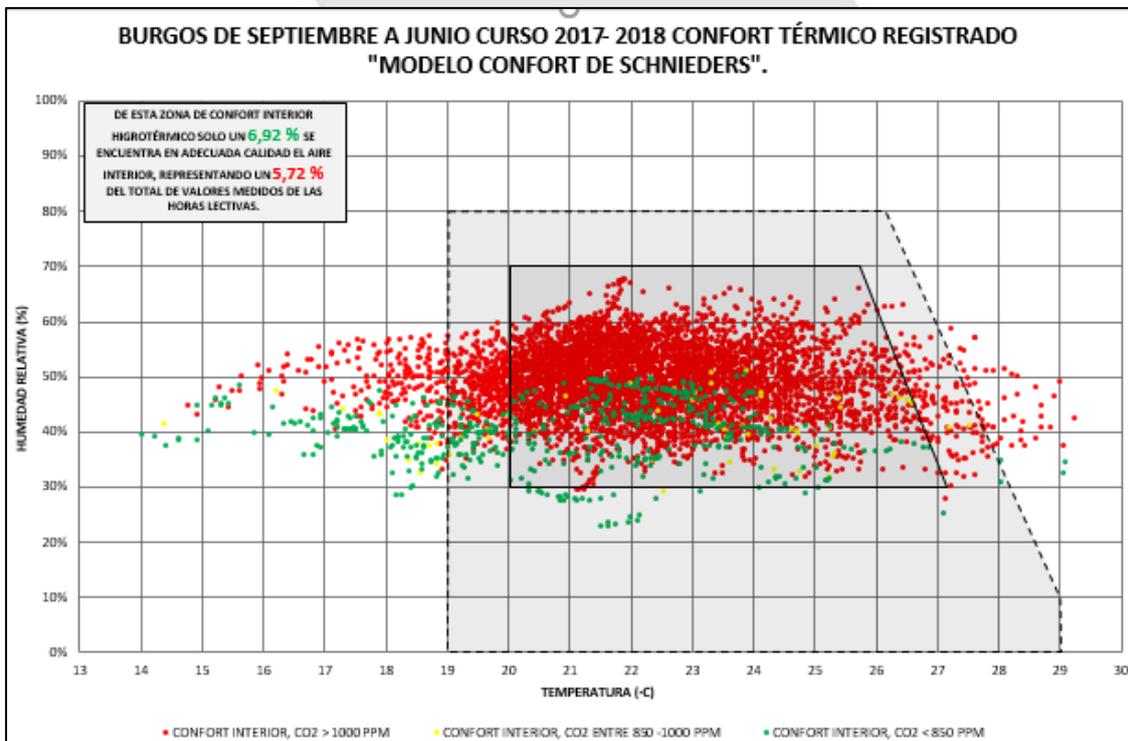
Podríamos pensar que son los colegios con mejor comportamiento higrotérmico del conjunto de los centros muestreados; queda claro que el problema del frío se soluciona a base de calefacción y se soluciona relativamente bien, pues el 77,10% del tiempo de ocupación están en buenas condiciones higrotérmicas. Pero esto también significa que más del 20% del tiempo NO lo están. Y gran parte de ese 20% del tiempo, por regla general los niños pasan frío en este clima.



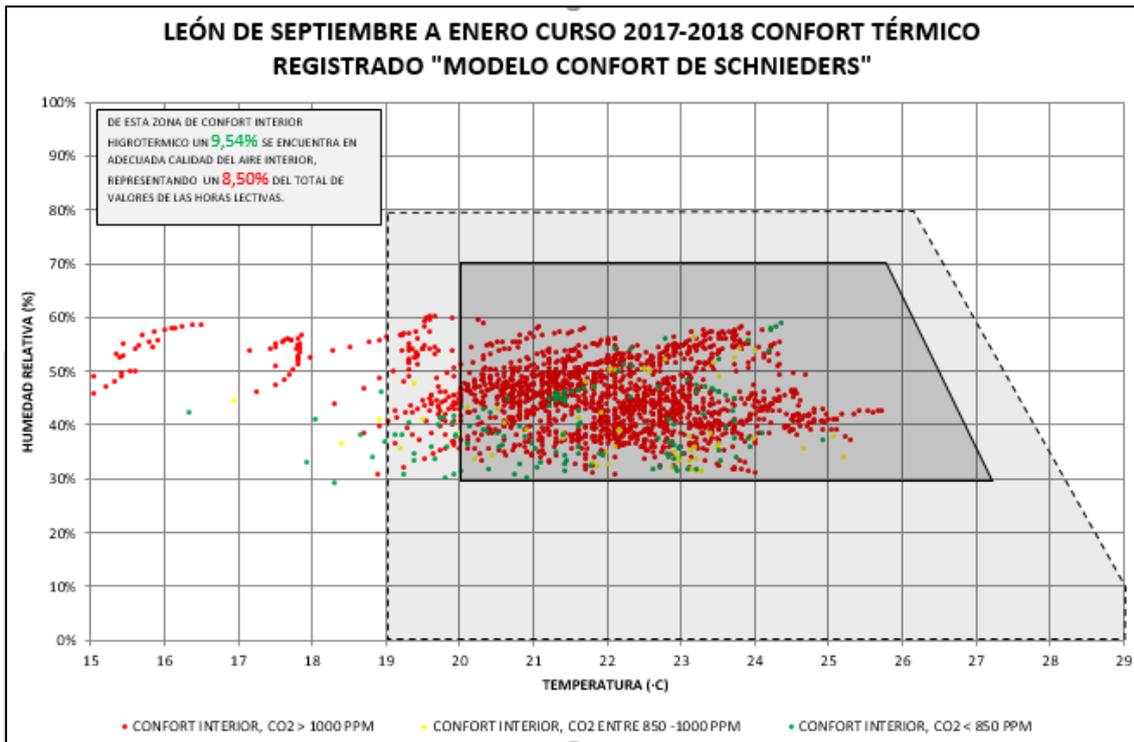
En este centro de Álava, el 89,45% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; solo un 17,86% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; pero al cruzar ambos datos se puede observar que **tan solo el 15,05% del tiempo existe un confort real en el aula.**



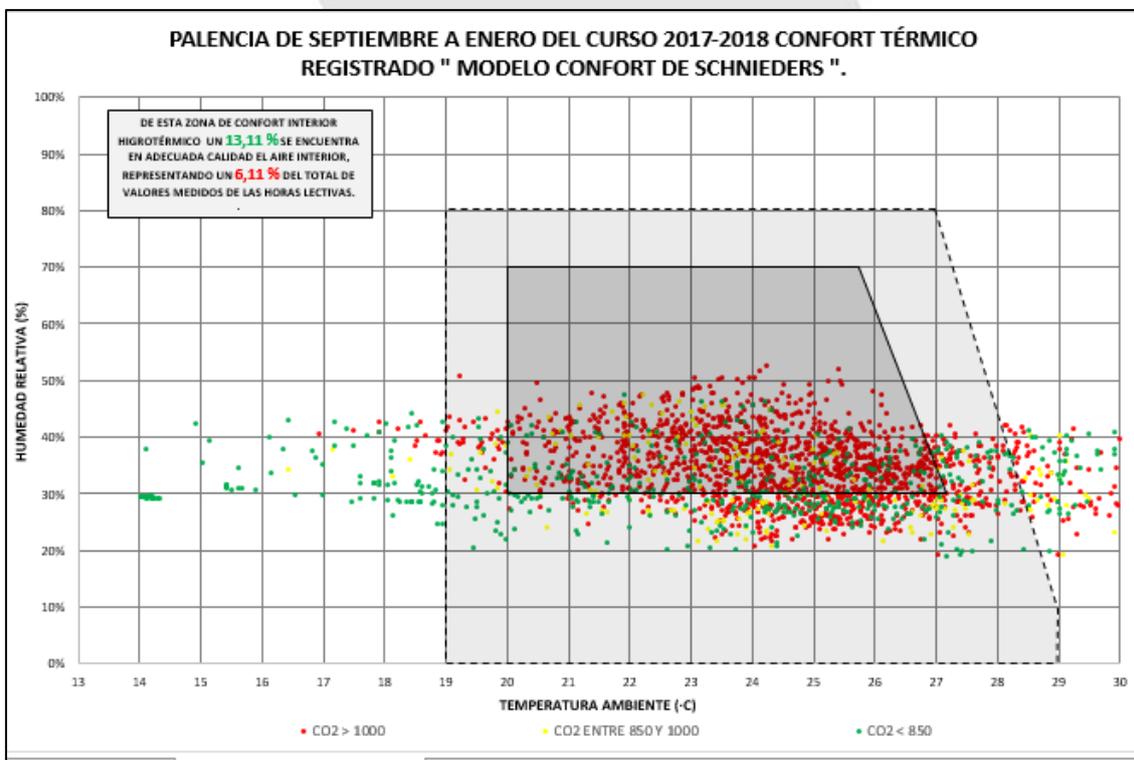
En este centro de Ávila, el 79,14% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 22,89% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; pero al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 10,28% del tiempo existe un confort real en el aula.



En el caso de Burgos, el 82,62 del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; solo un 9,99% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; como resultado, al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 5,72% del tiempo existe un confort real en el aula.

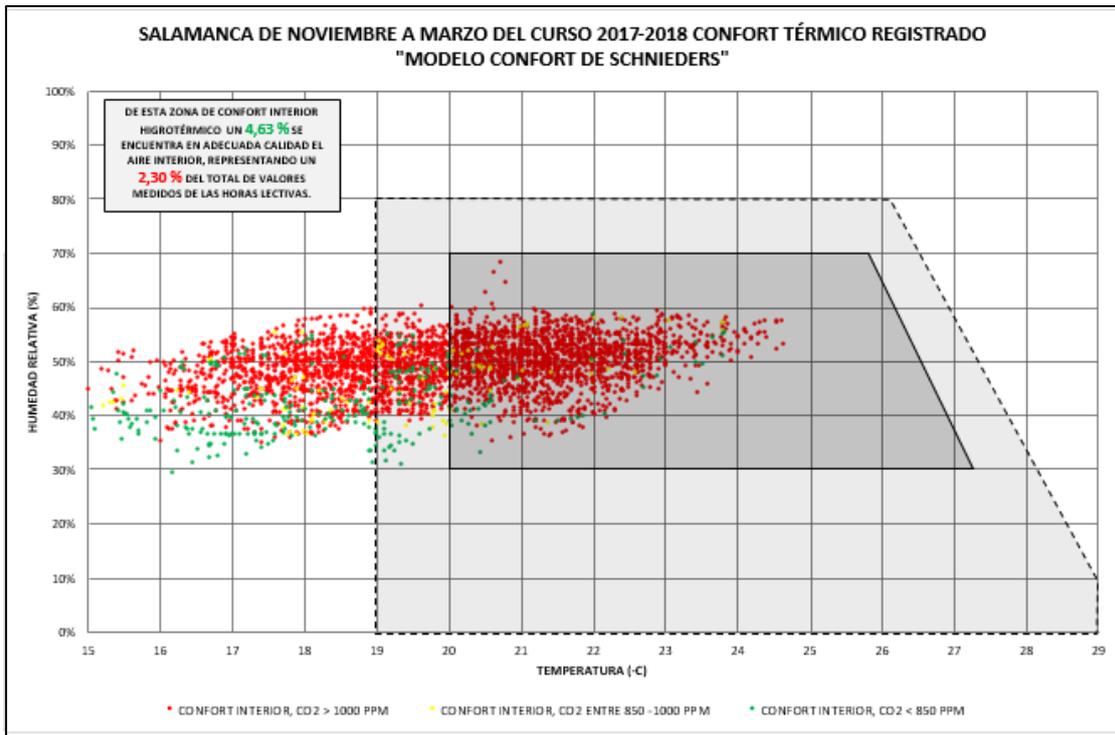


En este centro de León, el 89,07% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 10,22% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; pero al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 8,50% del tiempo existe un confort real en el aula.

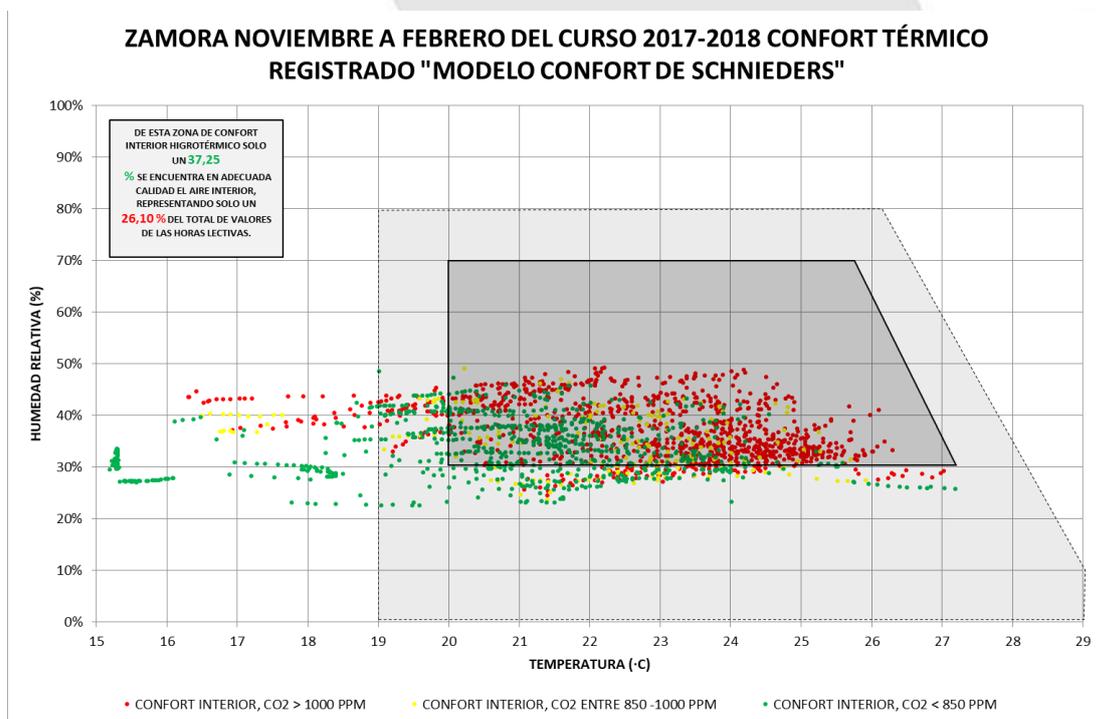


En Palencia, el 46,72% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 30,47% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000

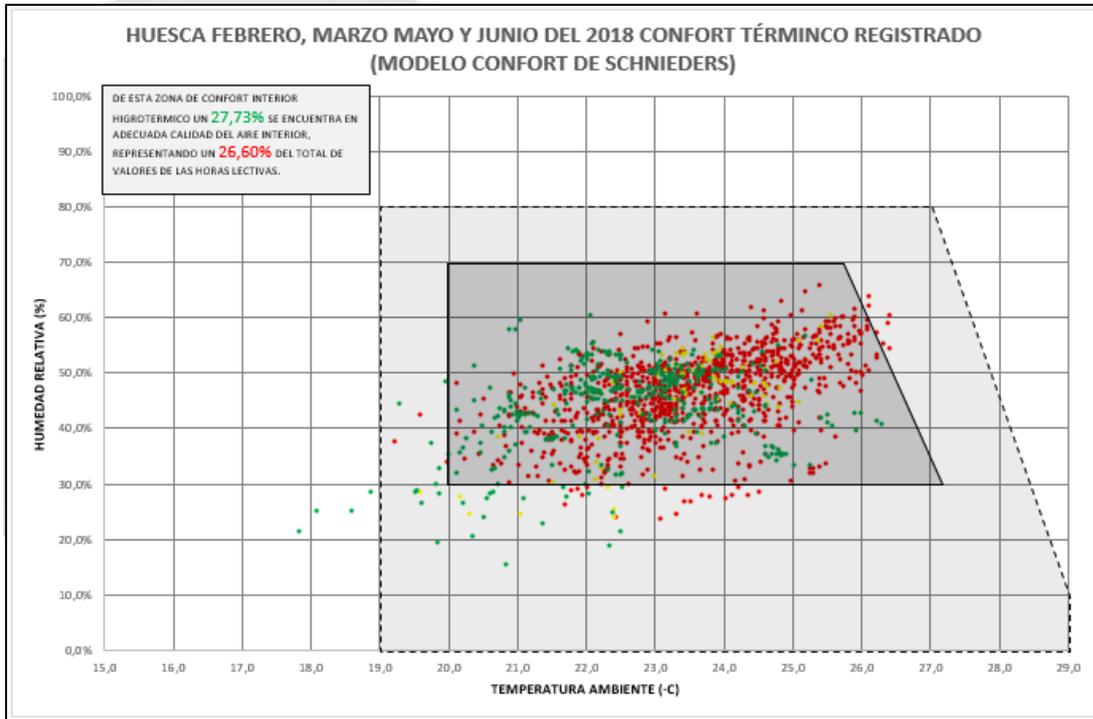
ppm de CO<sub>2</sub>; pero al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 6,11% del tiempo existe un confort real en el aula.



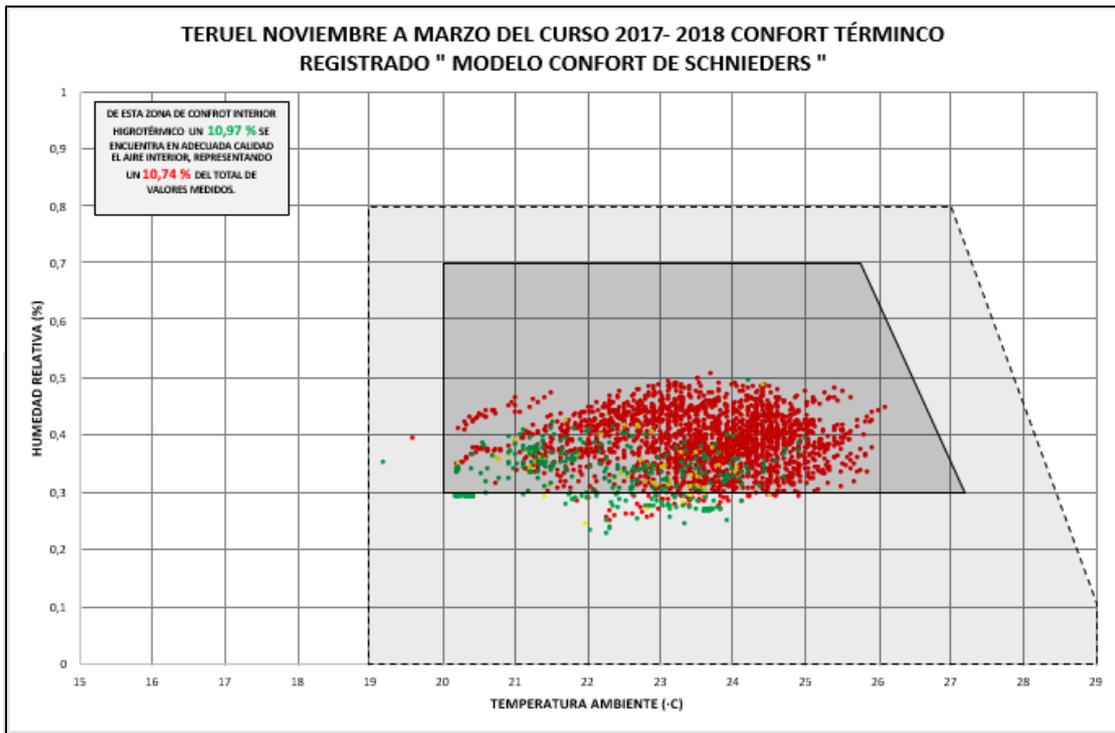
En Salamanca, el 49,73% del tiempo están en condiciones de confort un 10,48% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 2,30% del tiempo existe un confort real en el aula, siendo uno de los peores datos obtenidos (si bien es cierto que no hay ninguno bueno)



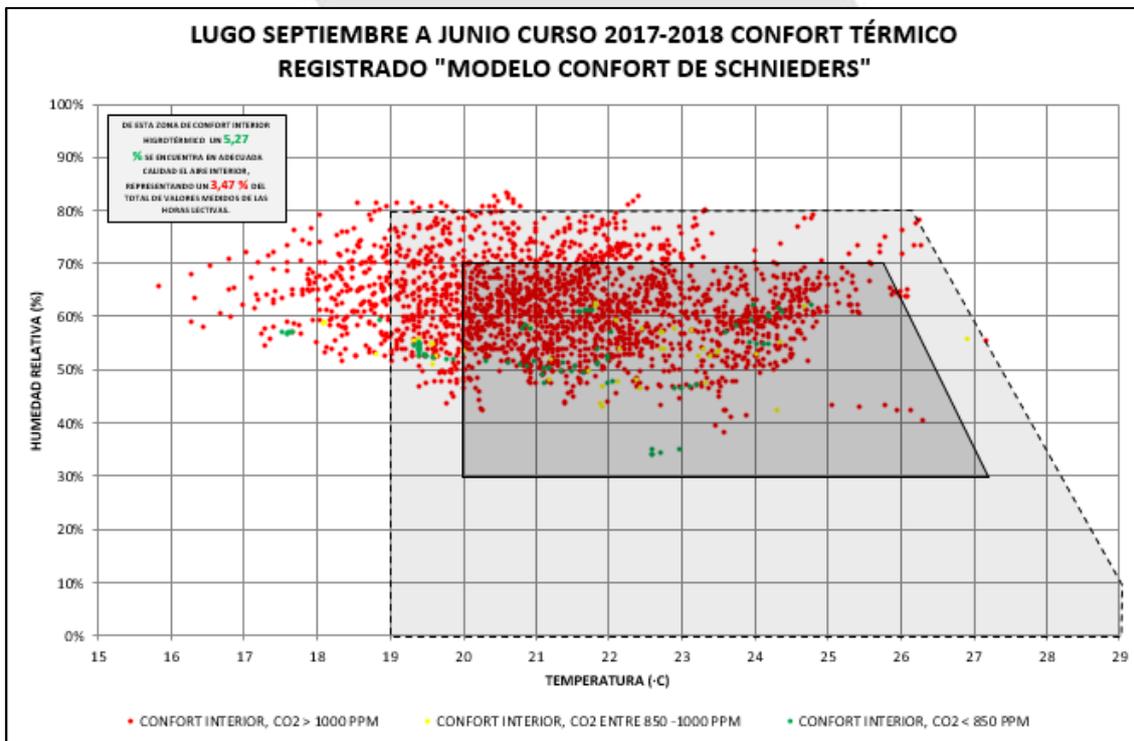
En Zamora, el 70,08% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 47,49% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub> siendo unos de los mejores datos obtenidos, aunque no llega ni siquiera a la mitad del tiempo; al cruzar ambos datos se puede observar que el confort real se da un 26,10% del tiempo. Siendo, junto con Huesca, una de las mejores ratios obtenidos, debe observarse el ratio complementario: el 73,90% del tiempo NO existe confort real en el aula.



En Huesca, el 95,93% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 33,78% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; al cruzar ambos datos se puede observar que el confort real se da un 26,60% del tiempo. Siendo, junto con Zamora una de las mejores ratios obtenidos, debe observarse el ratio complementario: el 73,40% del tiempo NO existe confort real en el aula.

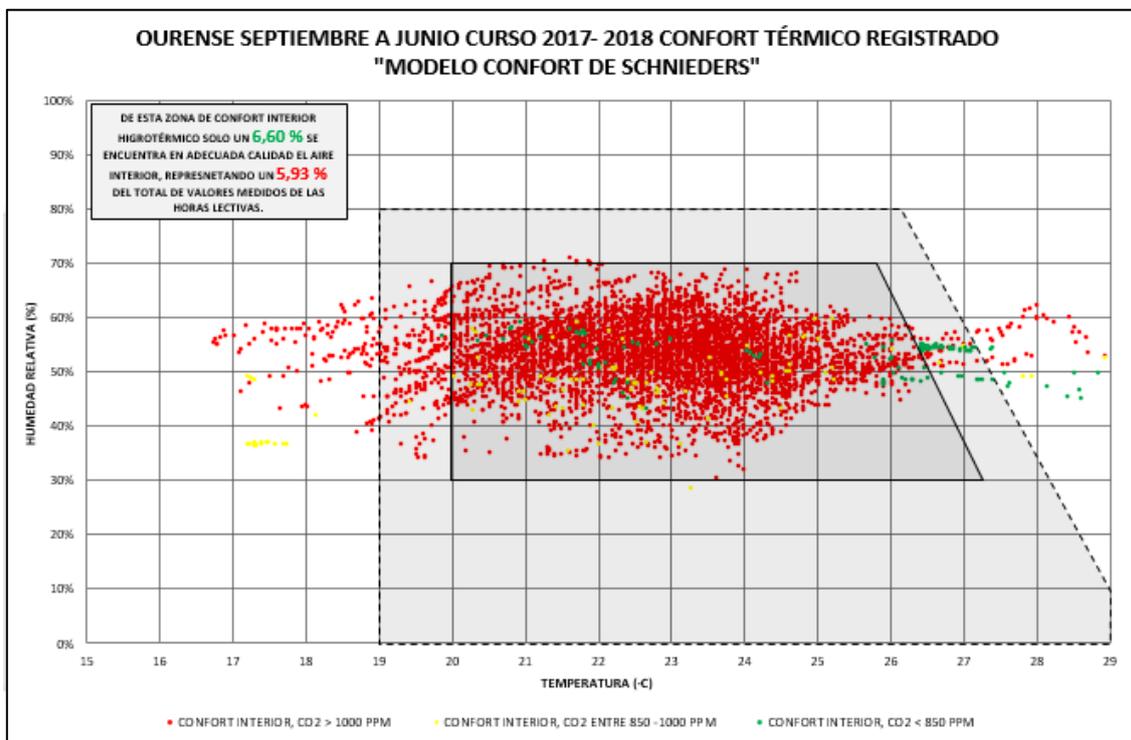


En Teruel, el 89,67% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 14,86% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; al cruzar ambos datos se puede observar que el confort real se da tan solo un 10,74% del tiempo.



En Lugo, el 65,81% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 5,06% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; al cruzar ambos datos se puede observar que el confort real se da tan

solo un 3,47% del tiempo siendo uno de los peores resultados obtenidos (si bien ninguno es medianamente bueno)



En este centro de Ourense, el 89,88% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 8,96% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; al cruzar ambos datos se puede observar que el confort real se da tan solo un 5,93% del tiempo.

## 7. Clima Atlántico Costa (tabla):

	SAN SEBASTIAN	CORUÑA	BILBAO	SANTANDER	GIJÓN	VIGO
<b>AÑO DE CONSTRUCCIÓN</b>	1979-2006	<1979	<1979	<1979	<1979	<1979
<b>PRESENCIA DE CLIMATIZACIÓN</b>	CALEFACCIÓN	CALEFACCIÓN	CALEFACCIÓN	CALEFACCIÓN	CALEFACCIÓN	CALEFACCIÓN
<b>NÚM. MEDICIONES REGISTRADAS</b>	6.338	949	5.583	1.718	3.698	3.721
<b>% EN RANGO HIGROTÉRMICO</b>	93,61%	77,55%	67,22%	79,11%	52,19%	79,89%
<b>% EN RANGO CO2&lt;1000 PPM</b>	47,07%	32,56%	38,13%	17,75%	17,36%	10,72%
<b>% EN RANGO DE CONFORT REAL</b>	34,05%	13,69%	19,21%	11,22%	5,40%	7,44%

### PROMEDIO ATLÁNTICO COSTA

PROMEDIO	
<b>NÚM. MEDICIONES REGISTRADAS</b>	22.007
<b>% EN RANGO HIGROTÉRMICO</b>	74,93%
<b>% EN RANGO CO2&lt;1000 PPM</b>	27,27%
<b>% EN RANGO DE CONFORT REAL</b>	15,17%

## 8. Clima Atlántico Costa (resumen):

Bajo la denominación de clima atlántico se engloban los climas del norte peninsular, incluyendo las costas de País Vasco y Cantabria, pasando por Asturias y Galicia. El clima atlántico costero se extiende por la cornisa cantábrica y la costa gallega, con precipitaciones abundantes y temperaturas medias suaves que oscilan entre los 12° y 14° pudiendo alcanzar mínimas de 6° en invierno y máximas en verano de 20°. No son frecuentes los periodos de calor extremo y tampoco las heladas, siendo la costa gallega ligeramente más fresca y lluviosa que la cantábrica. Se corresponde con zonas climáticas C1 y D1 del Código Técnico de la Edificación.

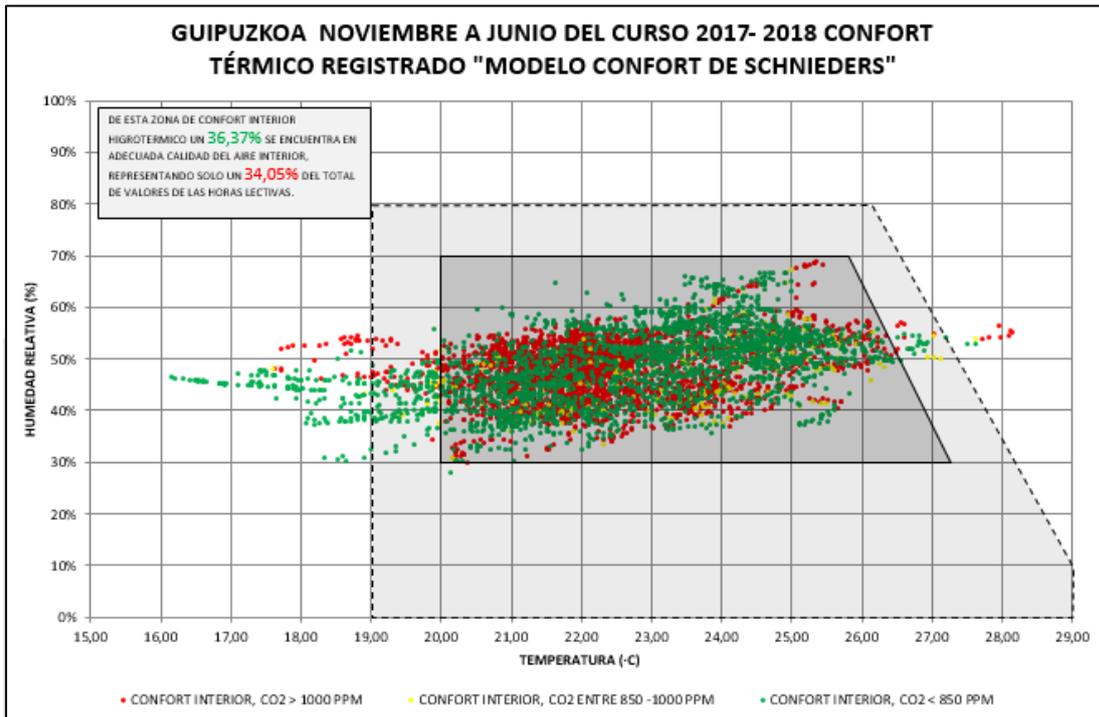
Las provincias de las que se han obtenido datos para su análisis dentro de esta zona climática son San Sebastián, Coruña, Bilbao, Santander, Gijón y Vigo. A continuación, se recoge la tabla completa con los datos registrados de los colegios correspondientes para las zonas indicadas.

Analizando los resultados obtenidos se observa que existe una concordancia en el porcentaje de rango de confort higrotérmico para los casos estudiados, situándose en valores comprendidos entre el 65-70%, con un destacado 93,61% en San Sebastián y con la excepción del colegio de Gijón que se encuentran ligeramente por encima del 50%.

Sin embargo, se observa un descenso importante en los porcentajes referentes a los valores de concentraciones de CO<sub>2</sub> y más aún en los porcentajes de confort real, especialmente para los colegios de Santander, Gijón y Vigo, siendo estos dos últimos los que arrojan peores resultados. Los dos colegios de las provincias del País Vasco tienen unos valores menos malos, destacando principalmente el caso de San Sebastián que puede encontrarse entre los de condiciones de confort menos malas de todos casos estudiados, junto con Toledo. Nótese, que estas condiciones solo se dan un 27,27% del tiempo.

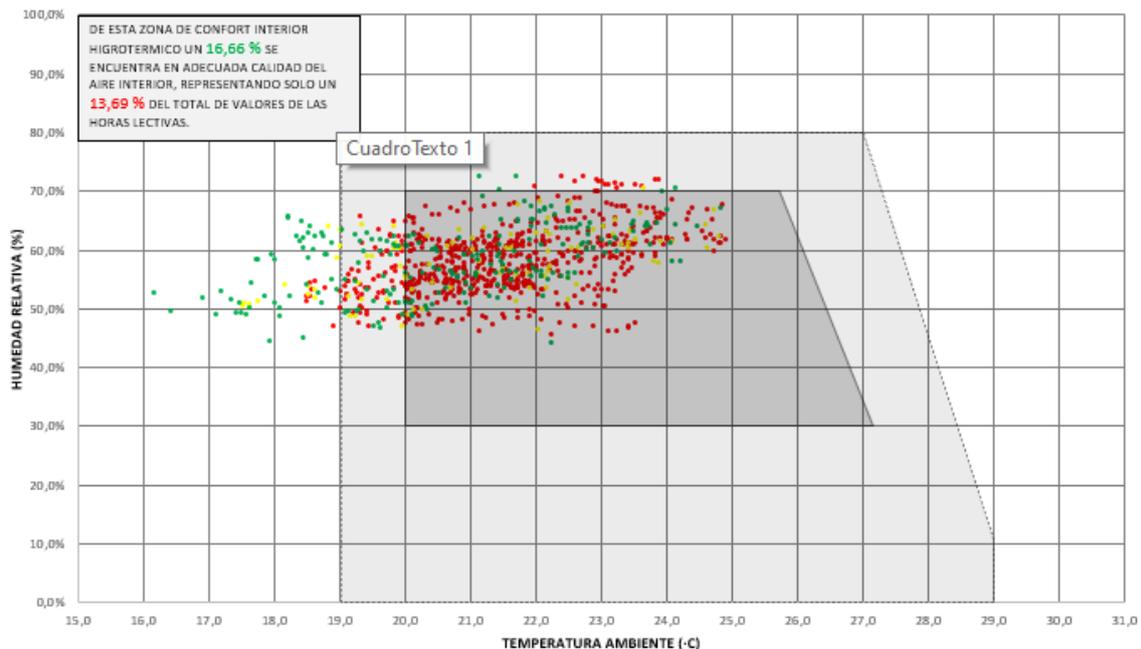
Si tenemos en cuenta que el valor promedio de tiempo en condiciones de confort real es del 15,17% para los centros de esta zona climática, ello implica que, para una estancia diaria del alumnado de 5 horas, tan solo 46 minutos cumplen las condiciones adecuadas para el estudio y desarrollo.

A continuación, se presentan las gráficas correspondientes a los datos de confort térmico registrados para los distintos colegios de esta zona.

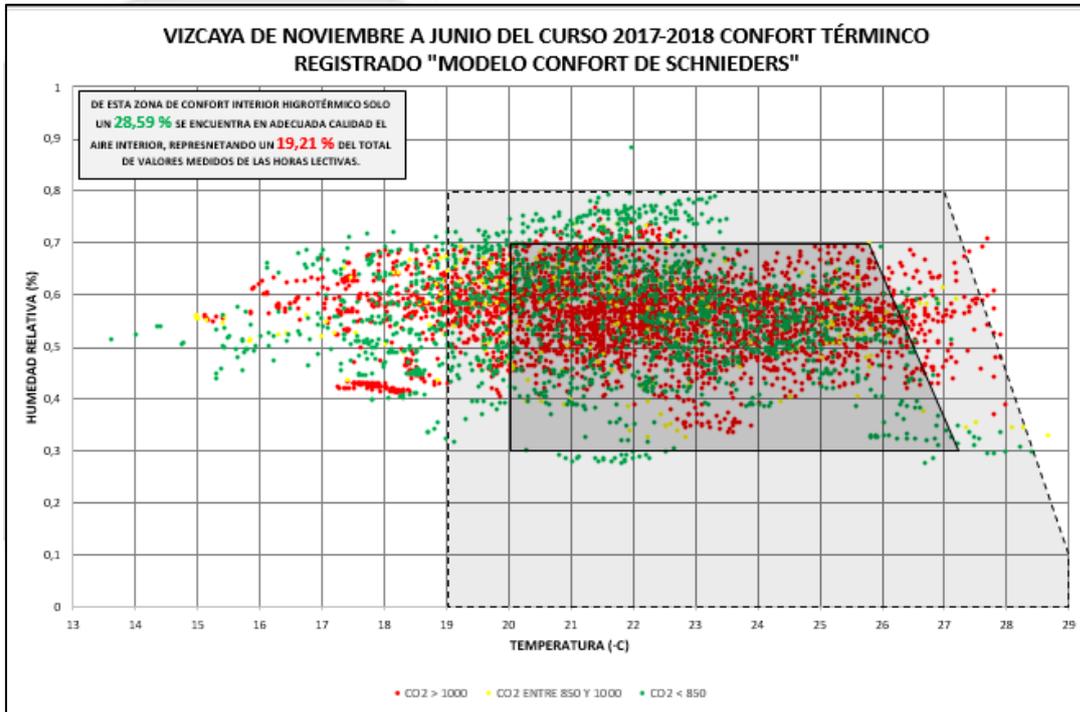


En este centro de Gipuzkoa (San Sebastián), el 93,61% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 47,07% del tiempo total tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; pero al cruzar ambos datos se puede observar que el porcentaje baja hasta el 34,05%, siendo éste el tiempo en el que existe un confort real en el aula. Este es una de las ratios más elevadas de cuantos se han medido en este estudio, que sin embargo no deja de ser un tercio del tiempo de estancia en las aulas.

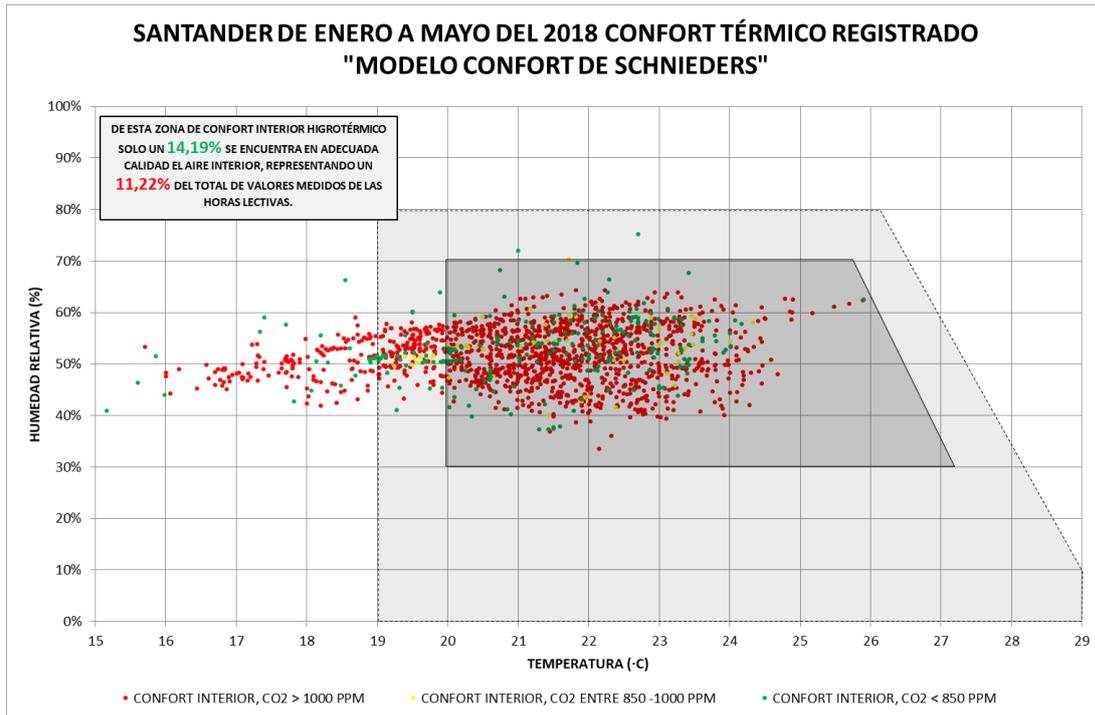
### CORUÑA SEPTIEMBRE A NOVIEMBRE DEL CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO (MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS)



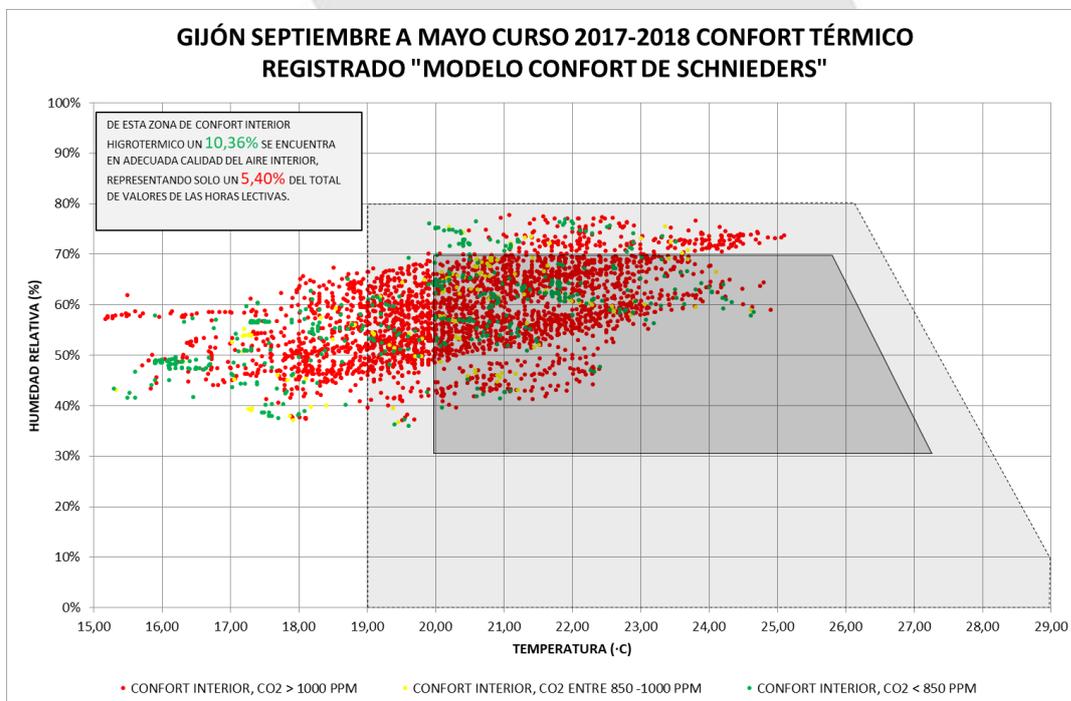
En este centro de Coruña, el 77,55% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 32,56% del tiempo total tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; pero al cruzar ambos datos se puede observar que el porcentaje baja hasta el 13,69%, siendo éste el tiempo en el que existe un confort real en el aula.



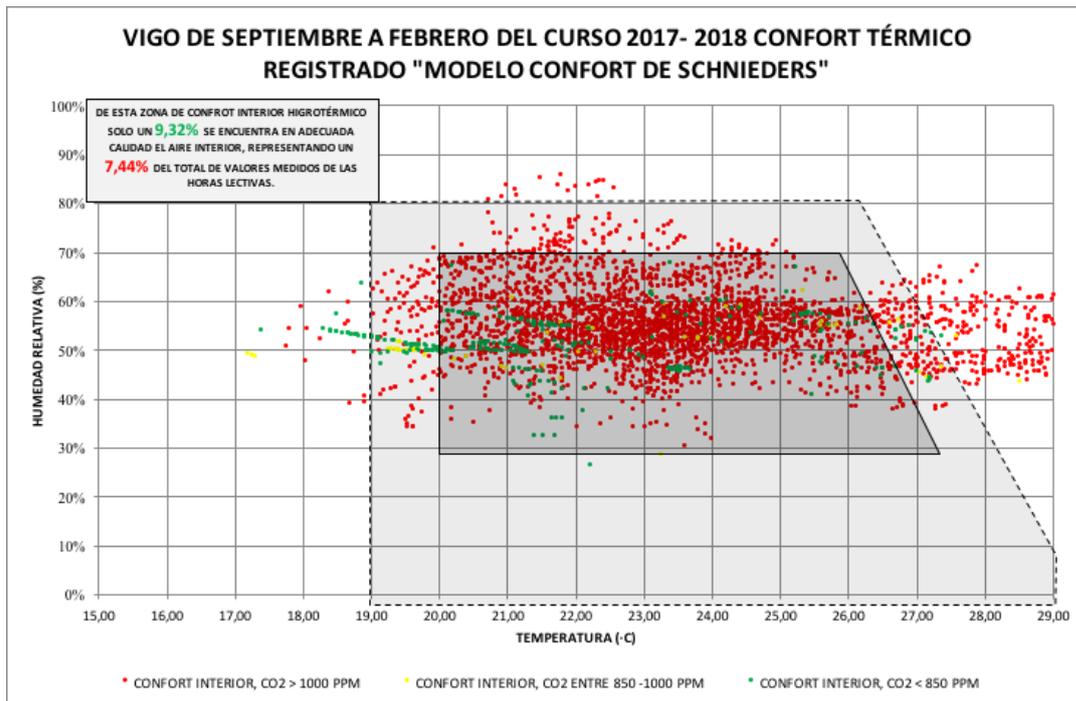
En este centro de Bizkaia (Bilbao), el 67,22% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 38,13% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 19,21% del tiempo existe un confort real en el aula.



En Santander, el 79,11% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 17,75% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; pero al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 11,22% del tiempo existe un confort real en el aula.



En este centro de Gijón, el 52,19% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; solo un 17,36% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; pero al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 5,40% del tiempo existe un confort real en el aula.



En este centro de Vigo, el 79,89% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; solo un 10,72% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; y al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 7,44% del tiempo existe un confort real en el aula.

## 9. Clima Cálido (tabla):

	BADAJOS	CORDOBA	CACERES	SEVILLA C.	SEVILLA IES
<b>AÑO DE CONSTRUCCIÓN</b>	<1.979	<1.979	<1.979	<1.979	1.979 <2.006
<b>SUPERFICIE DE CONSTRUCCIÓN</b>	1.466 m2	19315 m2	2.901 m2	2.859 m2	7.743 m2
<b>PRESENCIA DE CLIMATIZACIÓN</b>	CALEFACCIÓN- AIRE ACONDICIONAD O	AIRE ACONDICIONAD O	CALEFACCIÓN- AIRE ACONDICIONA DO	AIRE ACONDICIONAD O	AIRE ACONDICIONA DO
<b>MEDICIÓN REGISTRADA</b>	1.492	6.778	4.849	3.396	3.768
<b>% EN RANGO HIGROTÉRMICO</b>	49,66%	59,82%	69,84%	40,65%	60,79%
<b>% EN RANGO CO2&lt;1000 PPM</b>	66,02%	41,19%	27,26%	20,05%	36,76%
<b>% EN RANGO DE CONFORT REAL</b>	23,19%	23,47%	10,57%	5,12%	16,12%

### PROMEDIO CLIMA CÁLIDO

<b>MEDICIÓN REGISTRADA</b>	20.283
<b>% EN RANGO HIGROTÉRMICO</b>	56,15%
<b>% EN RANGO CO2&lt;1000 PPM</b>	38,26%
<b>% EN RANGO DE CONFORT REAL</b>	15,69%

## 10. Clima Cálido (resumen):

Se caracteriza por las temperaturas cálidas durante todo el año. Siendo las temperaturas mínimas comúnmente registradas en los meses más fríos en torno a los 15°C. Los veranos registran medias bastante elevadas, por encima de los 25°C. Las lluvias son escasas en estos lugares. Generalmente por debajo de los 300 mm anuales. Corresponde con los climas A3, A4 y B4 del Código Técnico de la Edificación.

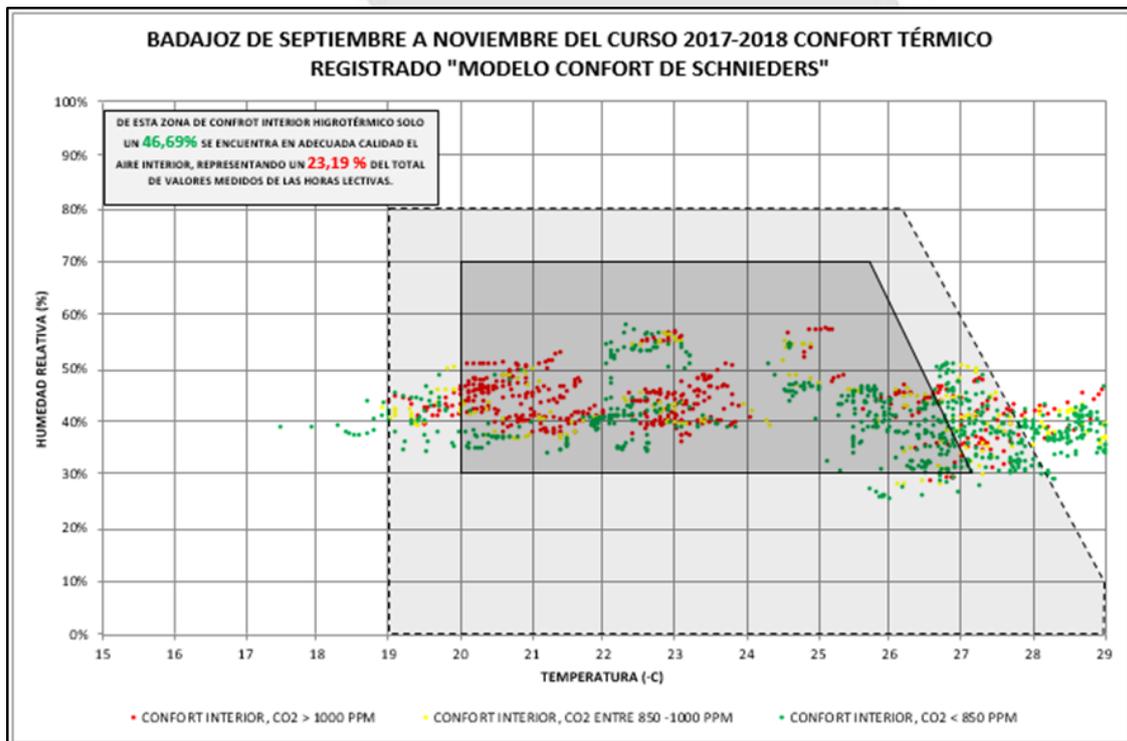
Las provincias de las que se han obtenido datos para su análisis dentro de esta zona climática son Cáceres y Badajoz, Córdoba y Sevilla.

Para los datos de confort interior higrotérmico se puede concluir que en la mayoría de los casos están fuera de los rangos de confort situándose entre el 40% y el 69%

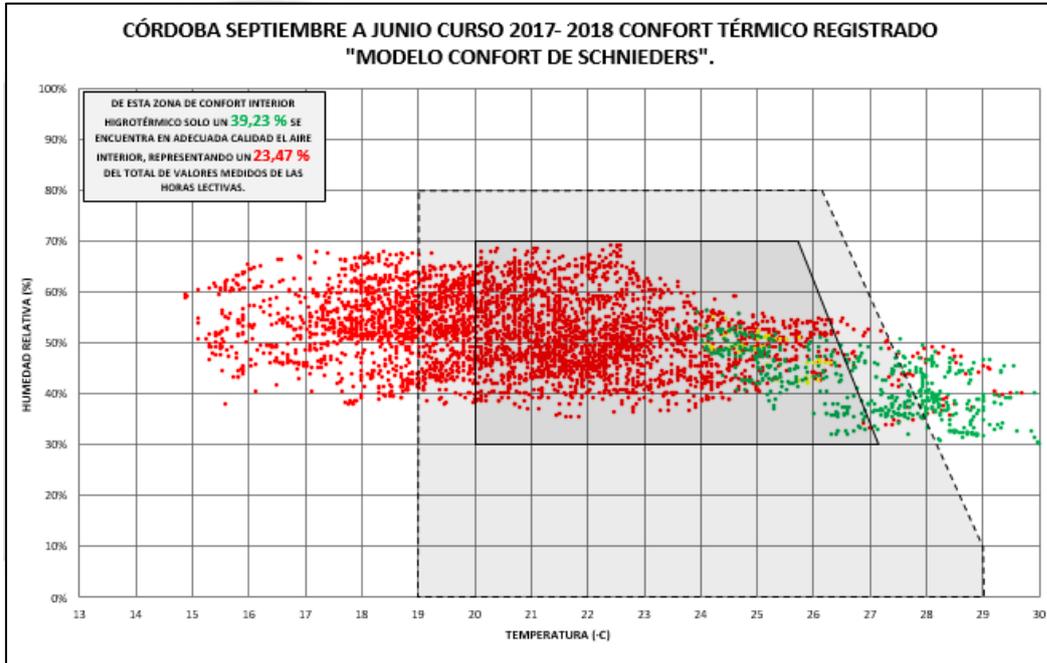
Respecto a los valores de concentraciones de CO<sub>2</sub> los datos registrados se encuentran en porcentajes entre el 20% y el 66%.

Cuando se analizan de manera conjunta las tres variables, es decir, cuando pretendemos estar en condiciones de confort real, las ratios oscilan entre un 5,12% en Sevilla y un 23,47% en Córdoba, con **un promedio para los centros en clima cálido del 15,69%. Esto implica, que, si el alumnado permanece 5 horas al día en clase, tan solo durante 47 minutos lo hace en las condiciones adecuadas.**

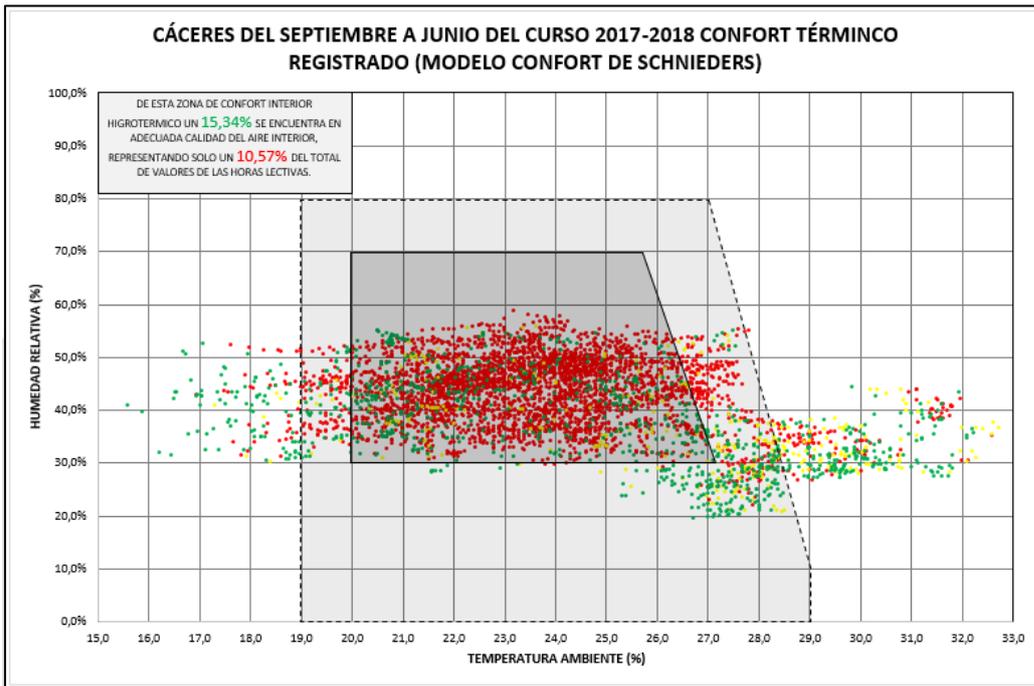
A continuación, se presentan las gráficas correspondientes a los datos de confort térmico registrados para los distintos colegios de esta zona.



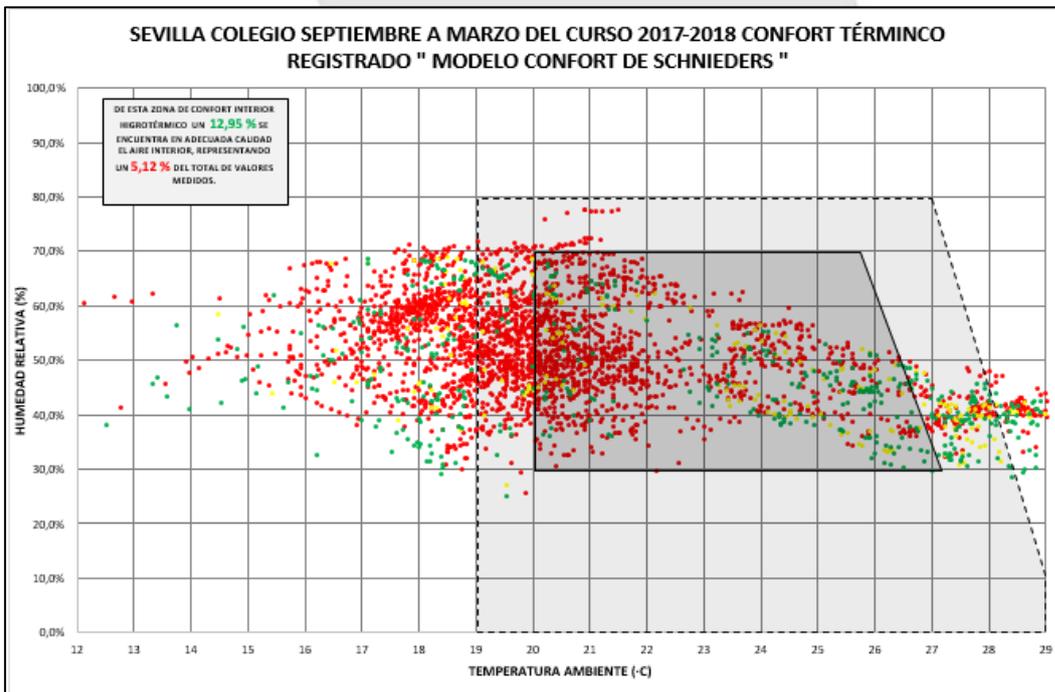
En este centro de Badajoz, el 69,84% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; con independencia de las condiciones de temperatura y humedad relativa, un 27,26% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; ambos son aparente y relativamente “buenos” pero al cruzar las tres variables resulta que tan solo el 23,19% del tiempo existe un confort real en el aula.



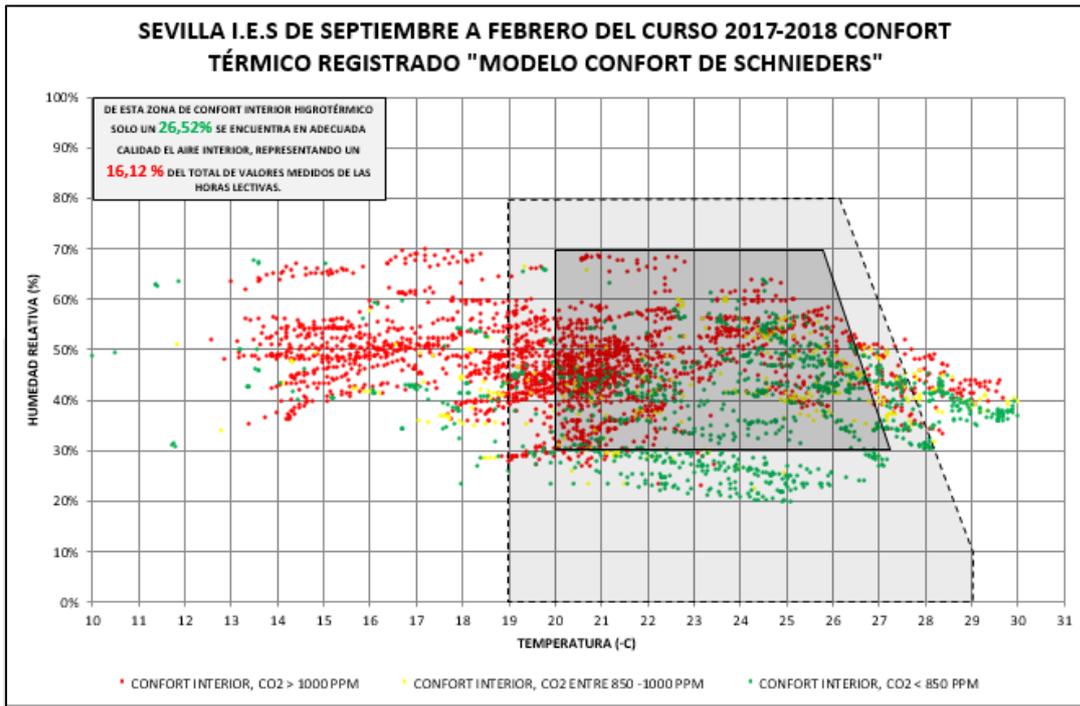
En este centro de Córdoba, el 59,82% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; con independencia de las condiciones de temperatura y humedad relativa, un 41,19% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; al cruzar las tres variables resulta que tan solo el 23,47% del tiempo existe un confort real en el aula.



En este centro de Cáceres, el 49,66% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; con independencia de las condiciones de temperatura y humedad relativa, un 27,26% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; al cruzar las tres variables resulta que tan solo el 10,57% del tiempo existe un confort real en el aula.



En este centro de Sevilla, el 40,65% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; con independencia de esas condiciones, un 20,05% tiene buena calidad del aire con concentración inferior a 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; al cruzar las tres variables resulta que tan solo el 5,12% del tiempo existe un confort real.



En este otro centro de Sevilla, el 60,79% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 36,76% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; al cruzar las tres variables resulta que tan solo el 16,12% del tiempo existe un confort real.

## 11. Clima Mediterráneo Continental (tabla):

	ALBACETE	TOLEDO	GRANADA	ZARAGOZA	MADRID COLEGIO	MADRID INSTITUTO
<b>AÑO DE CONSTRUCCIÓN</b>	1979-2006	>2006	<1979	<1979	1979-2006	1979-2006
<b>SUPERFICIE DE CONSTRUCCIÓN</b>	6 384 m <sup>2</sup>	13 506 m <sup>2</sup>	5 272 m <sup>2</sup>	17 987 m <sup>2</sup>	4 420 m <sup>2</sup>	11 280 m <sup>2</sup>
<b>PRESENCIA DE CLIMATIZACIÓN</b>	AIRE ACONDICIONADO O Y CALEFACCIÓN	AIRE ACONDICIONADO Y CALEFACCIÓN	AIRE ACONDICIONADO	AIRE ACONDICIONADO O Y CALEFACCIÓN	AIRE ACONDICIONADO O Y CALEFACCIÓN	AIRE ACONDICIONADO O Y CALEFACCIÓN
<b>MEDICION REGISTRADA</b>	1.924	5.709	1.185	5.473	6.525	4.973
<b>% EN RANGO HIGROTÉRMICO</b>	72,40%	91,28%	91,03%	51,67%	77,79%	73,52%
<b>% EN RANGO CO<sub>2</sub>&lt;1000 PPM</b>	19,02%	39,62%	60,93%	54,19%	25,79%	23,29%
<b>% EN RANGO DE CONFORT REAL</b>	12,99%	35,65%	29,25%	17,01%	13,12%	15,22%

### PROMEDIO CLIMA MEDITERRANEO CONTINENTAL

<b>MEDICION REGISTRADA</b>	25.789
<b>% EN RANGO HIGROTÉRMICO</b>	76,28%
<b>% EN RANGO CO<sub>2</sub>&lt;1000 PPM</b>	37,14%
<b>% EN RANGO DE CONFORT REAL</b>	20,54%

## 12. Clima Mediterráneo Continental (resumen):

El clima mediterráneo continental es el clima predominante en la meseta, la cuenca del Ebro y parte de Andalucía y Cataluña. Se corresponde con las zonas climáticas D3, C3 y C4 del Código Técnico de la Edificación.

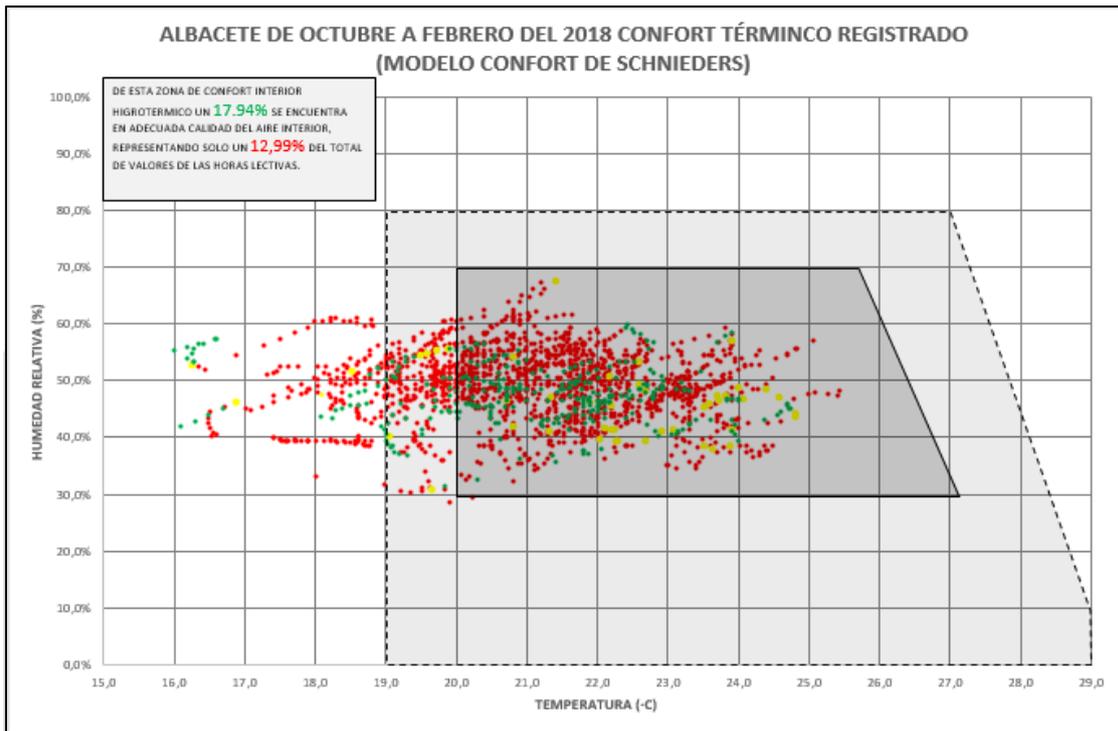
La característica principal de este clima son temperaturas extremas, con inviernos largos y fríos y veranos cortos y cálidos. El salto térmico que experimentan las zonas situadas en este clima entre el día y la noche es muy acusado. Las temperaturas en invierno bajan frecuentemente por debajo de los 0°, con heladas numerosas y nevadas esporádicas. Las precipitaciones son escasas, aunque algo más abundantes en primavera y en otoño.

Para los datos de rango higrotérmico se puede observar que en la mayoría de los casos están dentro de los valores de confort situándose todos por encima del 70%, excepto el centro de Zaragoza que se encuentra ligeramente por encima del 50%. Estos datos se entienden porque estos centros tienen una instalación de calefacción adecuada a las condiciones climáticas de la zona.

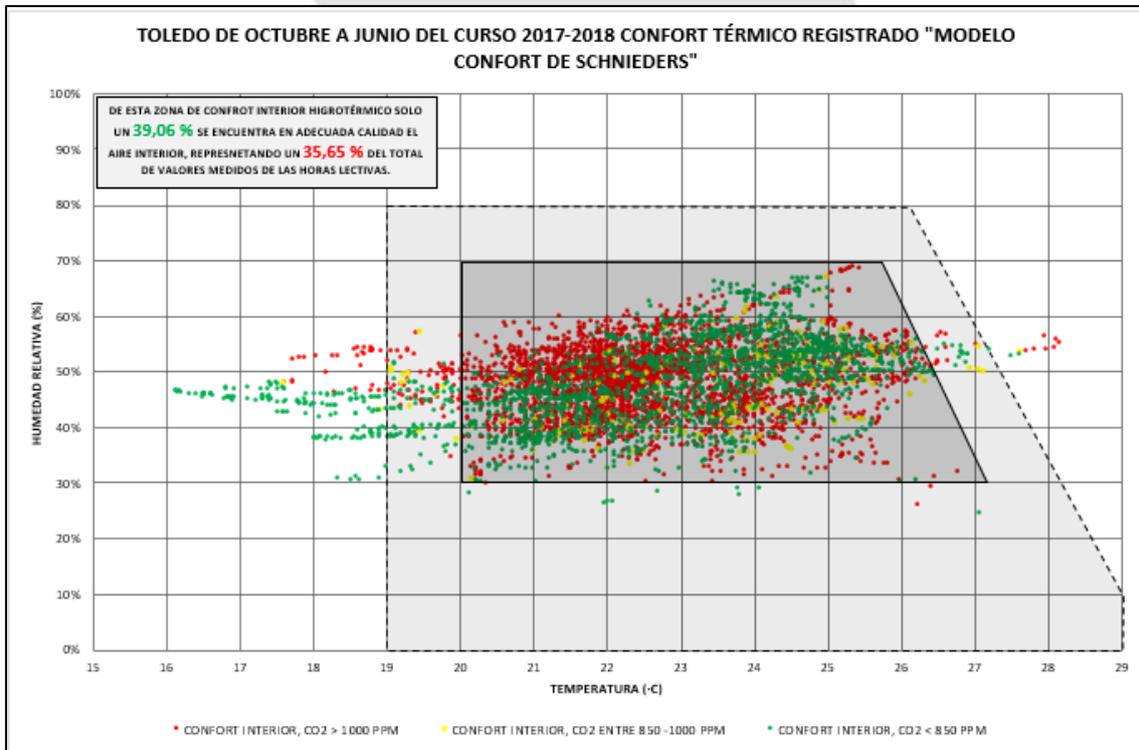
Respecto a los valores de concentraciones de CO<sub>2</sub> no existe una correlación entre los casos estudiados. Los valores registrados se encuentran en porcentajes que varían desde el 60% de Granada, hasta el 19% de Albacete. Por otro lado, al cruzar estos valores con los de confort higrotérmico podemos observar que los porcentajes de condiciones de confort reales descienden significativamente en todos los colegios, y se puede determinar que el tiempo en el que el alumnado está en adecuadas condiciones de confort fluctúa entre los 30 y 60 minutos al día, suponiendo tan solo el 20% del tiempo total.

**El caso de Toledo presenta un porcentaje del 35,65% del tiempo en condiciones adecuadas de confort higrotérmico y calidad interior del aire; puede considerarse el caso de estudio menos malo de toda la geografía española junto con San Sebastián. Este centro, es del año 2006, es decir, un centro relativamente nuevo que sin embargo está muy lejos de cumplir las condiciones normativas.**

A continuación, se presentan las gráficas correspondientes a los datos de confort térmico registrados para los distintos colegios de esta zona

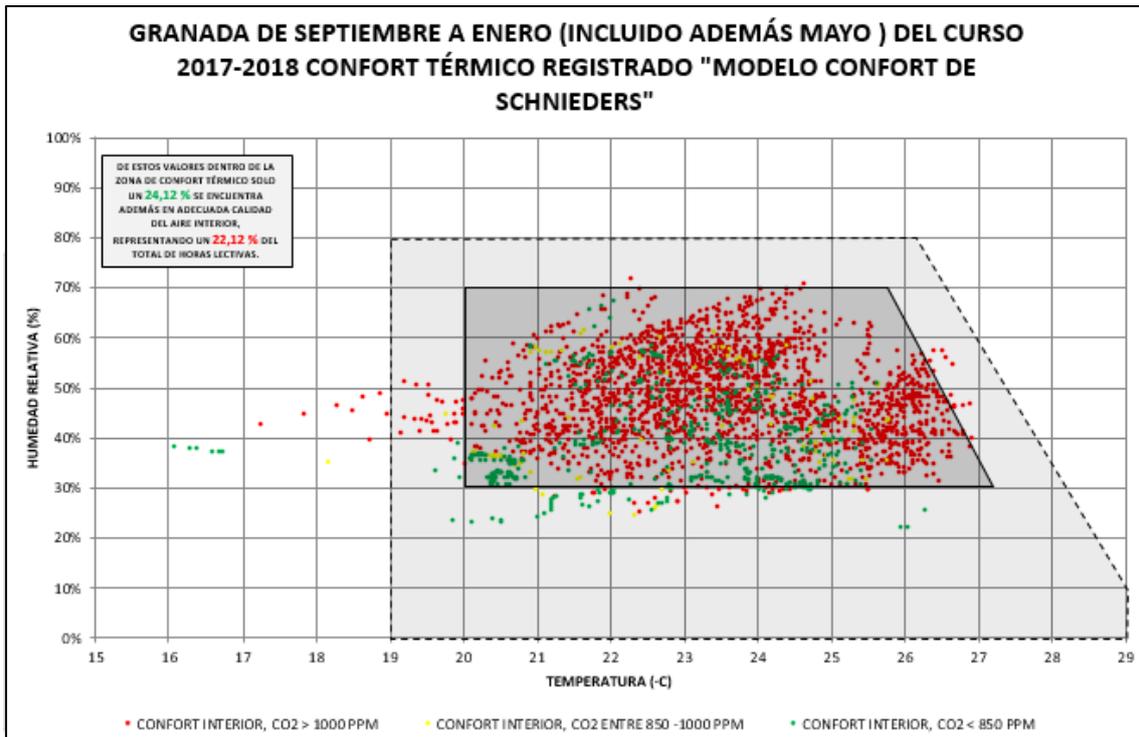


En este centro de Albacete, el 72,40% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 19,02% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 12,99% del tiempo existe un confort real en el aula.

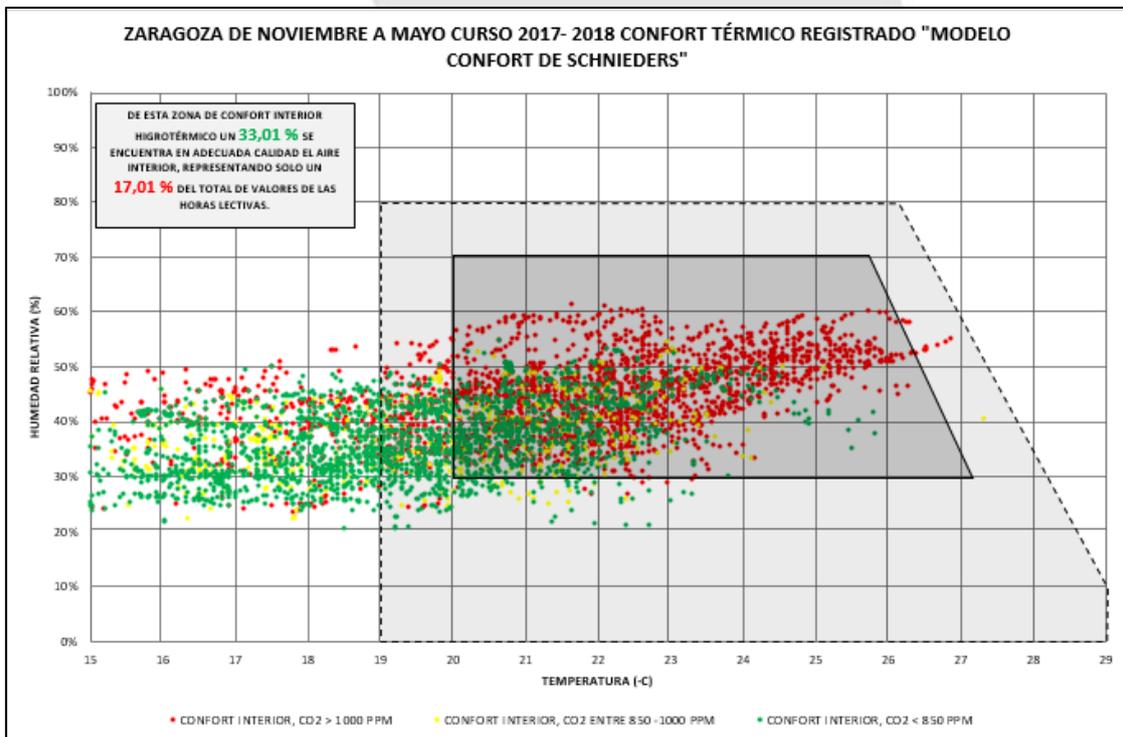


En este centro de Toledo, el 91,28% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 39,62% tienen buena calidad del aire con concentración

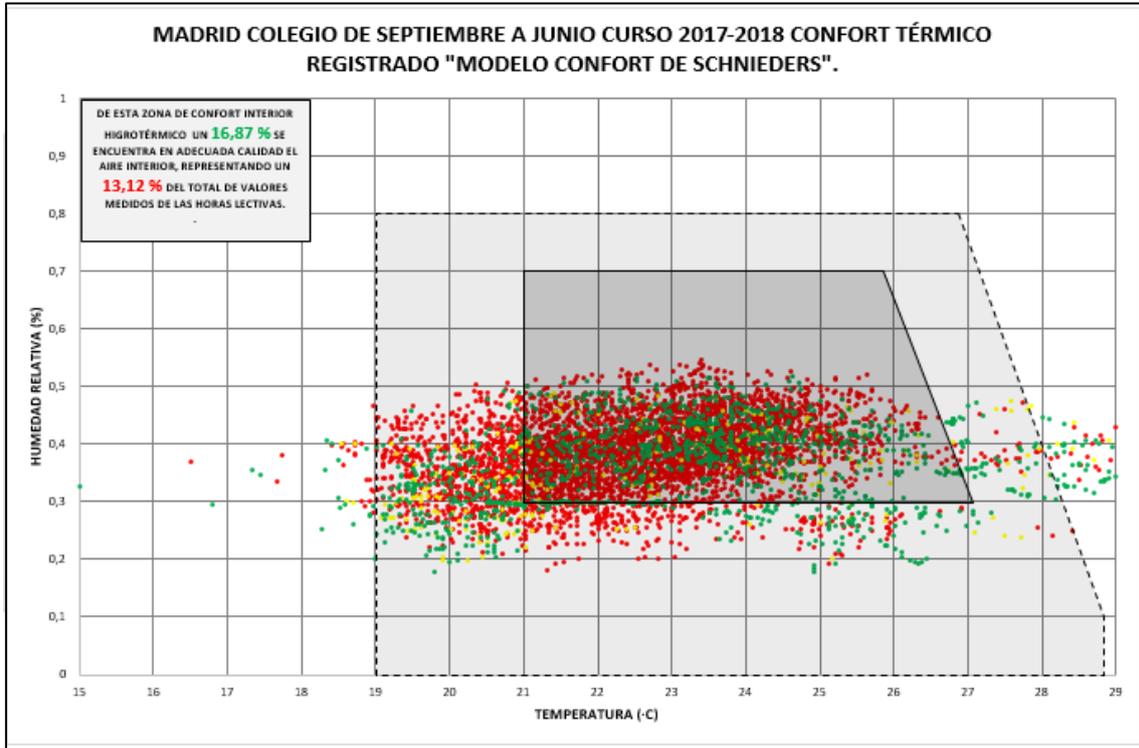
inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 35,65% del tiempo existe un confort real en el aula.



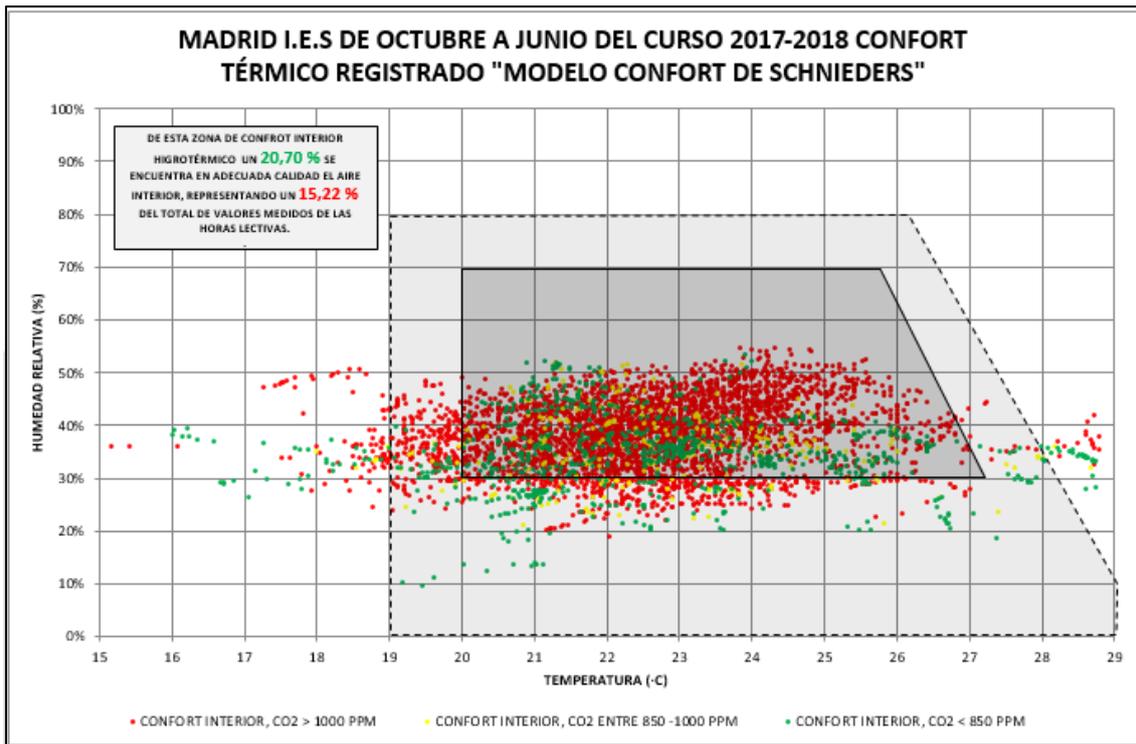
En este centro de Granada, el 91,03% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 60,93% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; al cruzar ambos datos se puede observar que el 29,25% del tiempo existe un confort real en el aula



En este centro de Zaragoza, el 51,67% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 54,19% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; sin embargo, al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 17,01% del tiempo existe un confort real en el aula



En este centro de Madrid, el 77,79% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 25,79% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 13,12% del tiempo existe un confort real en el aula



En este otro centro de Madrid, el 73,79% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 23,29% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 15,22% del tiempo existe un confort real en el aula.

### 13. Clima Mediterráneo Costa (tabla):

	VALENCIA	ALICANTE	MURCIA	BARCELONA N	BARCELONA S	CADIZ	HUELVA	ALMERIA
<b>AÑO DE CONSTRUCCIÓN</b>	<1.979	<1.979	1.979-2.006	<1.979	1.979-2.006	<1.979	<1.979	2.006-2.103
<b>SUPERFICIE DE CONSTRUCCIÓN</b>	8.037 m <sup>2</sup>	18.528 m <sup>2</sup>	4.869 m <sup>2</sup>	3516 m <sup>2</sup>	-	10888 m <sup>2</sup>	5852 m <sup>2</sup>	3120 m <sup>2</sup>
<b>PRESENCIA DE CLIMATIZACIÓN</b>	CALEFACCIÓN N- AIRE ACONDICIONADO	AIRE ACONDICIONADO	AIRE ACONDICIONADO	AIRE ACONDICIONADO Y CALEFCCIÓN	AIRE ACONDICIONADO Y CALEFCCIÓN	AIRE ACONDICIONADO	AIRE ACONDICIONADO	AIRE ACONDICIONADO
<b>MEDICIÓN REGISTRADA</b>	2.782	4.763	5.665	5.071	2.976	6.103	3.423	5.045
<b>% EN RANGO HIGROTÉRMICO</b>	86,65%	63,67%	22,80%	80,95%	51,88%	44,97%	23,70%	71,97%
<b>% EN RANGO CO<sub>2</sub>&lt;1000 PPM</b>	39,58%	35,54%	38,32%	39,34%	47,45%	34,95%	54,95%	30,45%
<b>% EN RANGO DE CONFORT REAL</b>	28,56%	26,35%	3,97%	23,60%	15,89%	21,06%	13,40%	10,34%

#### PROMEDIO MEDITERRÁNEO-COSTA

<b>MEDICIÓN REGISTRADA</b>	35.828
<b>% EN RANGO HIGROTÉRMICO</b>	55,82%
<b>% EN RANGO CO<sub>2</sub>&lt;1000 PPM</b>	40,07%
<b>% EN RANGO DE CONFORT REAL</b>	17,90%

## 14. Clima Mediterráneo Costa (resumen):

El clima mediterráneo costero o litoral es el clima predominante en las costas del este y sur de España, incluyendo las costas de Cataluña al sur de Barcelona, hasta las Islas Baleares, Ceuta y Melilla y la mayor parte de la Comunidad Valenciana, Región de Murcia, así como las provincias mediterráneas de Andalucía, hasta Cádiz. También hemos incluido en esta zona por similitud geográfica la provincia de Huelva a pesar de estar situada en la costa atlántica. Se corresponde con las zonas climáticas B3 y C2 del Código Técnico de la Edificación.

La característica principal de este clima es presentar unos inviernos suaves y veranos calurosos. A lo largo de un año, la temperatura media está alrededor de los 16°C-18°C. Durante la temporada estival, la temperatura puede alcanzar los 35°C e, incluso, durante las olas de calor, puede llegar a los 40 °C. Los inviernos no resultan excesivamente fríos, normalmente rondan los 10 °C, siendo difícil que baje de 0°C.

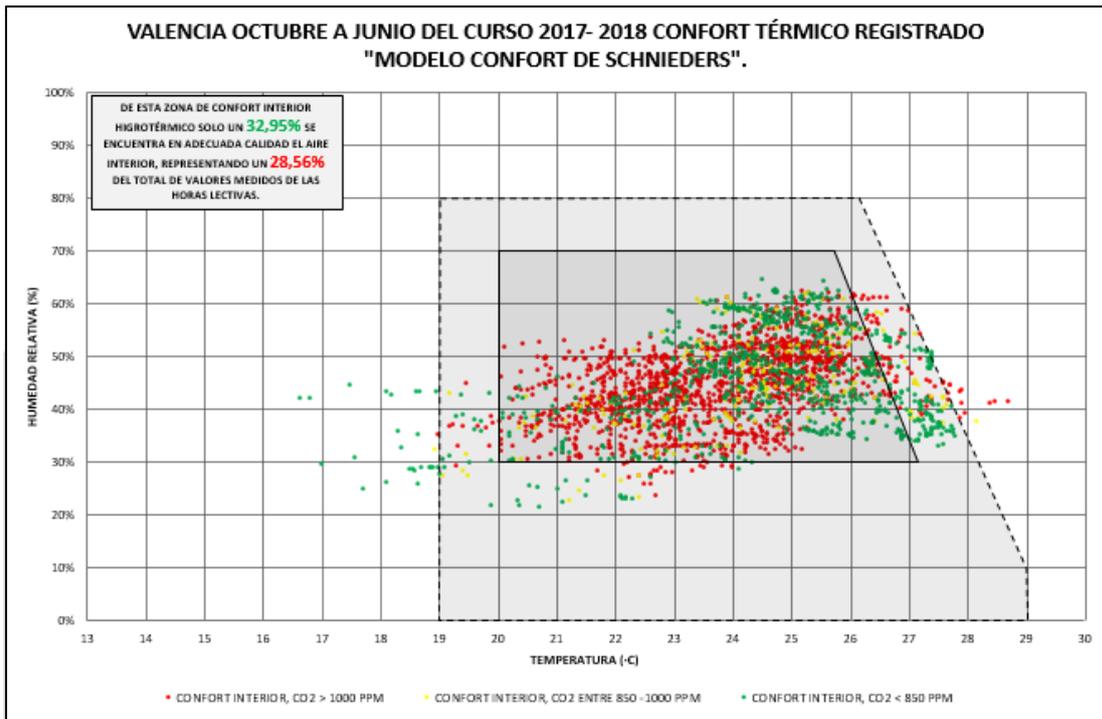
Las provincias de las que se han obtenido datos para su análisis dentro de esta zona climática son Barcelona, Valencia, Alicante, Murcia, Almería, Cádiz y Huelva. A continuación, se recoge la tabla completa con los datos registrados de los colegios correspondientes para las zonas indicadas.

Analizando los resultados obtenidos podemos indicar que existe una concordancia en el porcentaje de rango de confort real para todos los casos, excepto para los colegios de Huelva, Barcelona Sur y Almería que se encuentran ligeramente por debajo de la media y principalmente Murcia que destaca por su bajo porcentaje de confort real, es decir, confort higrotérmico adecuado con buena calidad del aire.

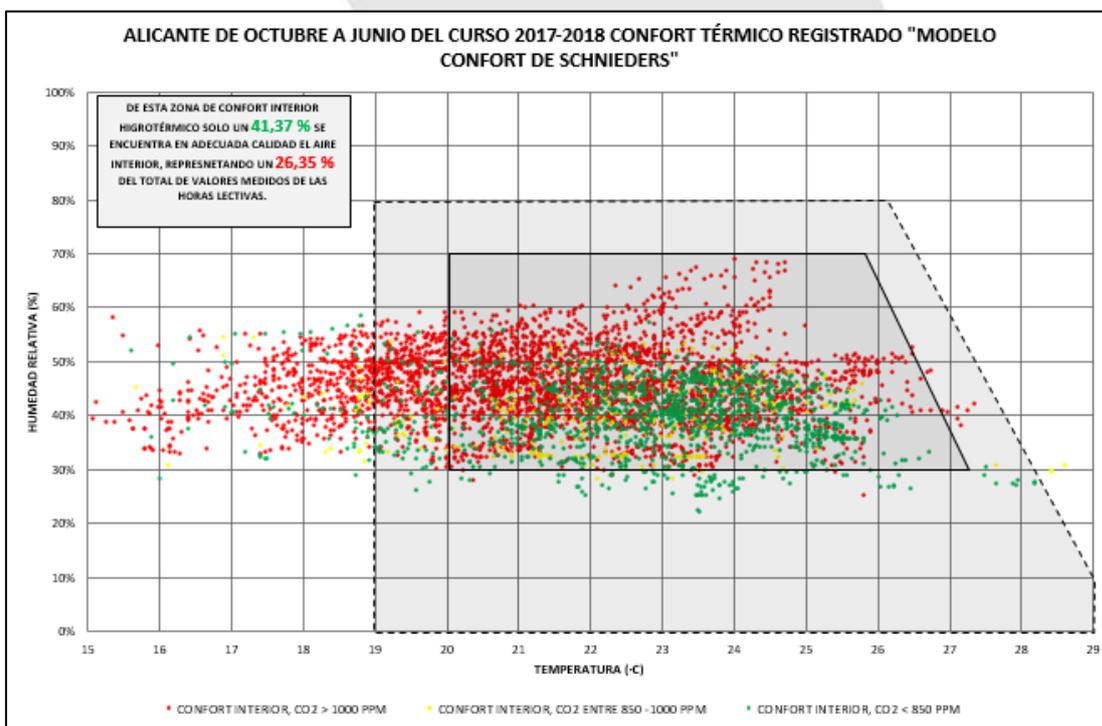
Para los datos de confort interior higrotérmico se puede concluir que en la mayoría de los casos están dentro de los rangos de confort situándose por encima del 60% los centros de Valencia, Alicante, Barcelona y Almería, quedando ligeramente por debajo del 50% el colegio de Cádiz y por último con un 25% de porcentaje Huelva y Murcia.

Respecto a los valores de concentraciones de CO<sub>2</sub> adecuados en todos los casos los valores registrados se encuentran en porcentajes cercanos al 40% pero al cruzar estos valores con los de confort higrotérmico podemos observar que los porcentajes de condiciones óptimas reales descienden significativamente en todos los colegios, lo que determina que el tiempo en el que los **alumnos están en adecuadas condiciones de confort queda reducida a una hora escasa al día (53 minutos), suponiendo tan solo el 17,90% del tiempo total.**

A continuación, se presentan las gráficas correspondientes a los datos de confort térmico registrados para los distintos colegios de esta zona.

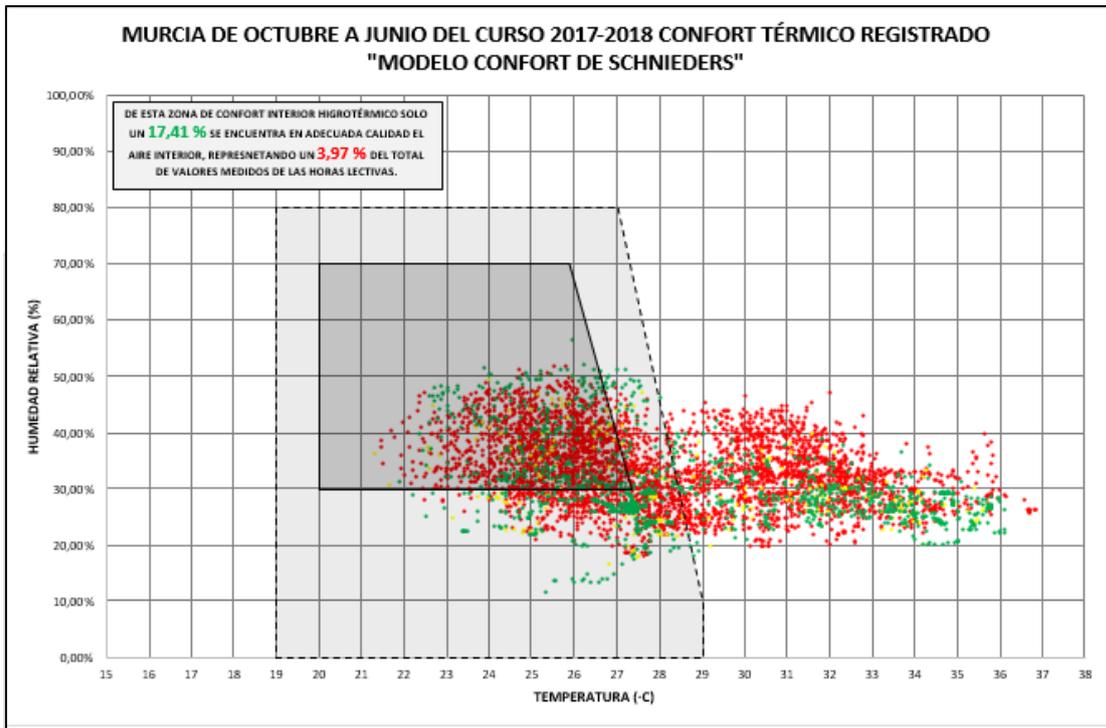


En este centro de Valencia, el 86,65% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; con independencia de las condiciones de temperatura y humedad relativa, solo un 39,58% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; pero al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 28,56% del tiempo existe un confort real en el aula.

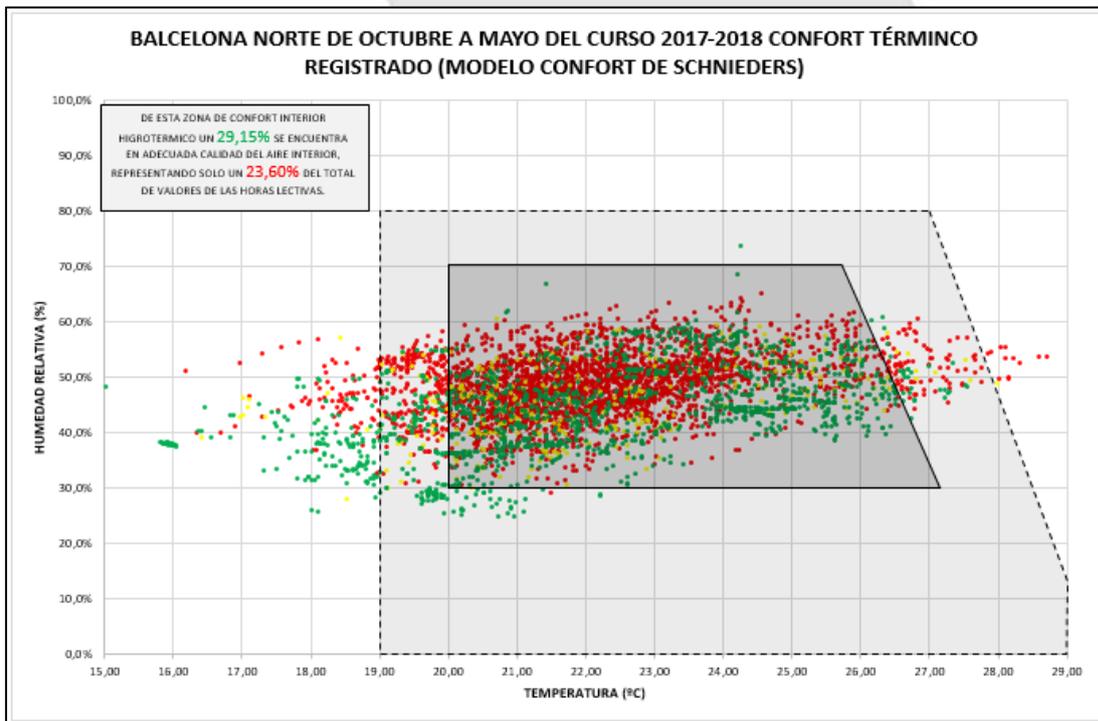


En este centro de Alicante, el 63,67% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 35,54% tienen buena calidad del aire con concentración

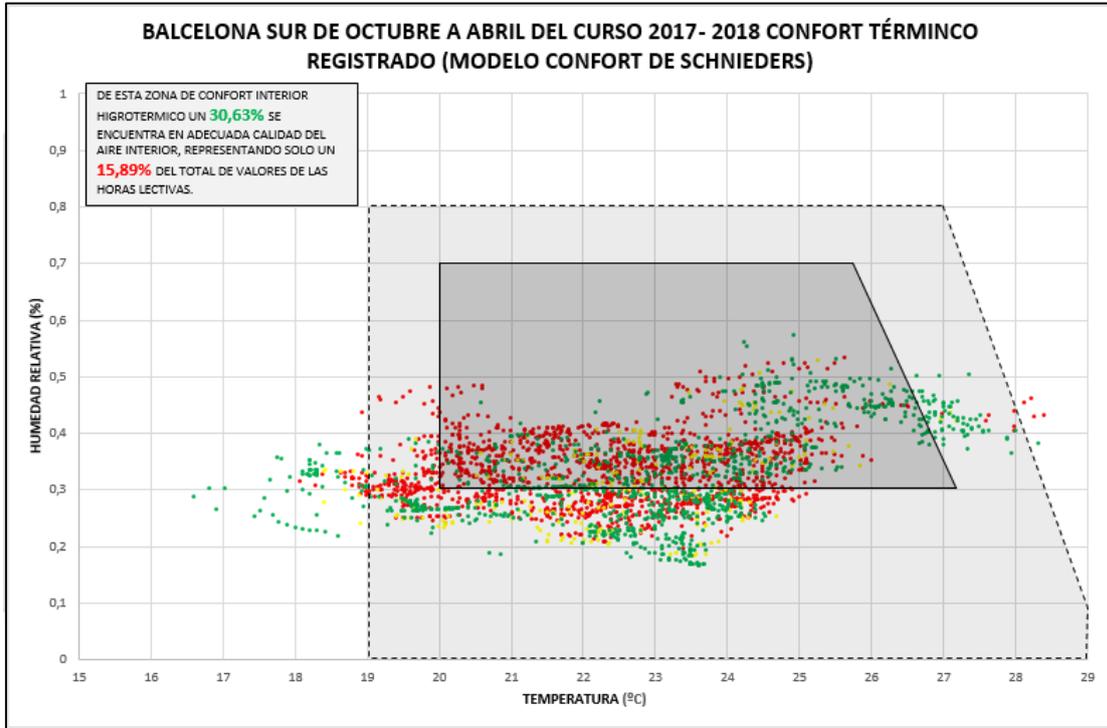
inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; pero al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 26,35% del tiempo existe un confort real en el aula.



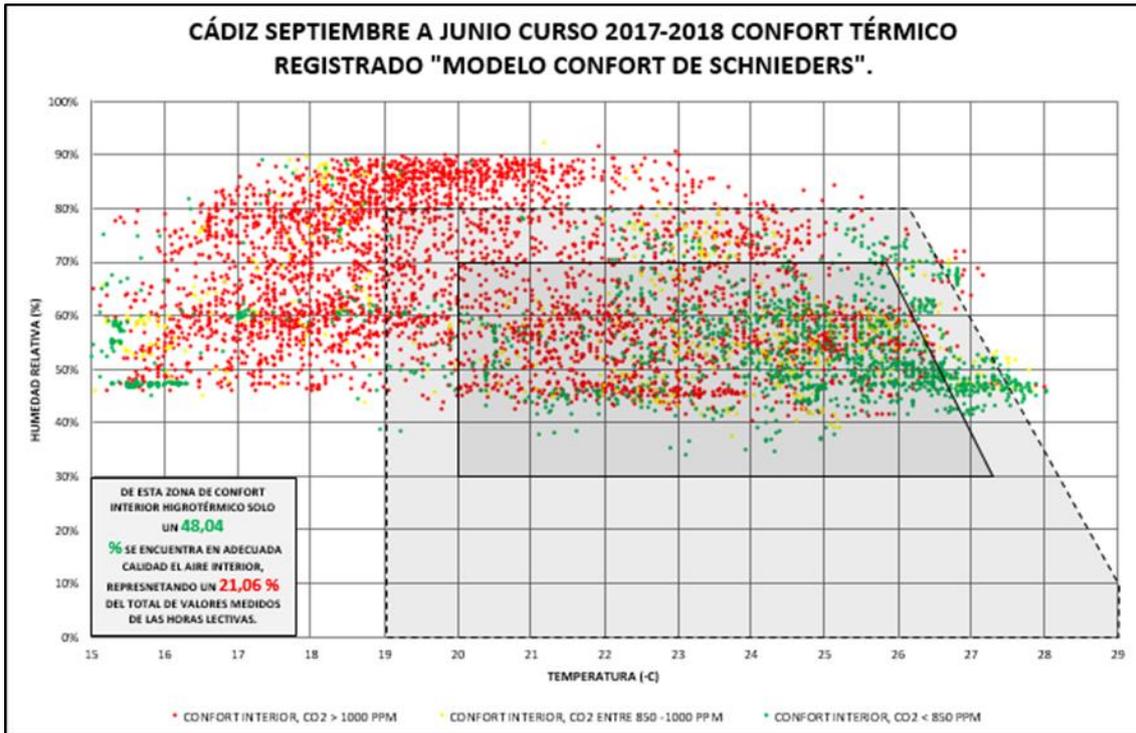
En este centro de Murcia, solo el 22,80% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 38,32% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; pero al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 3,97% del tiempo existe un confort real en el aula, siendo una de las peores ratios obtenidos.



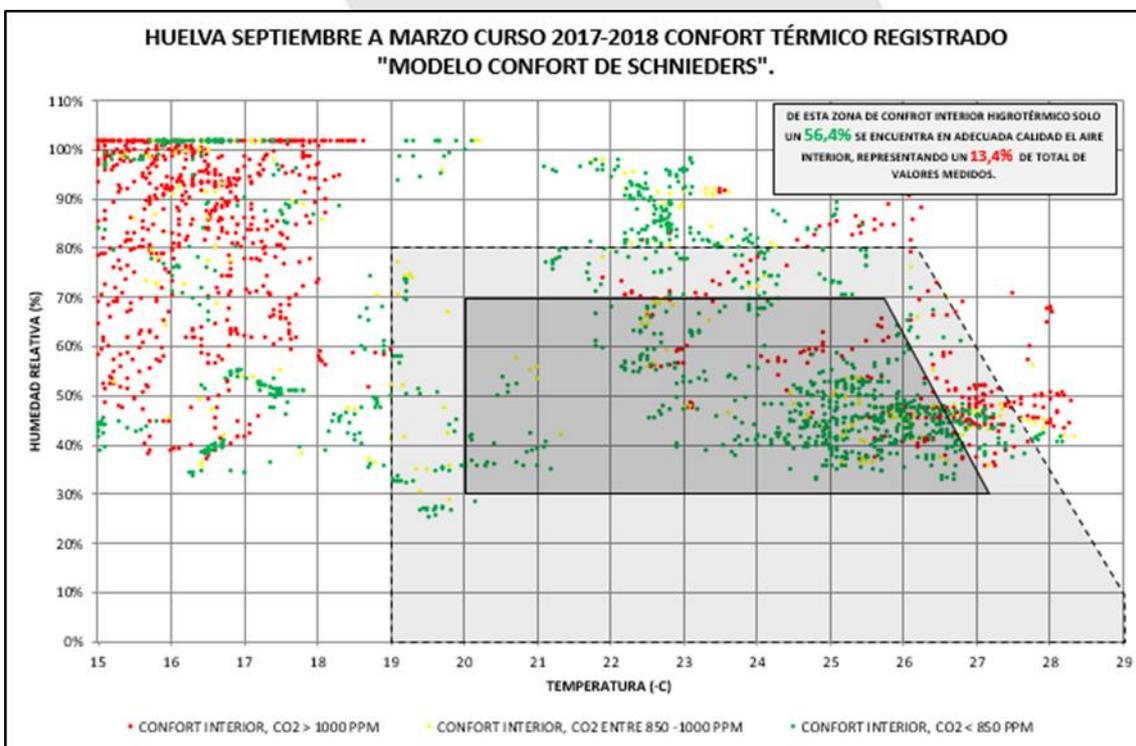
En este centro de Barcelona Norte, el 80,95% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 39,34% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; pero al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 23,60% del tiempo existe un confort real en el aula.



En este centro de Barcelona Sur, el 51,88% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 47,45% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; pero al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 15,89% del tiempo existe un confort real en el aula.

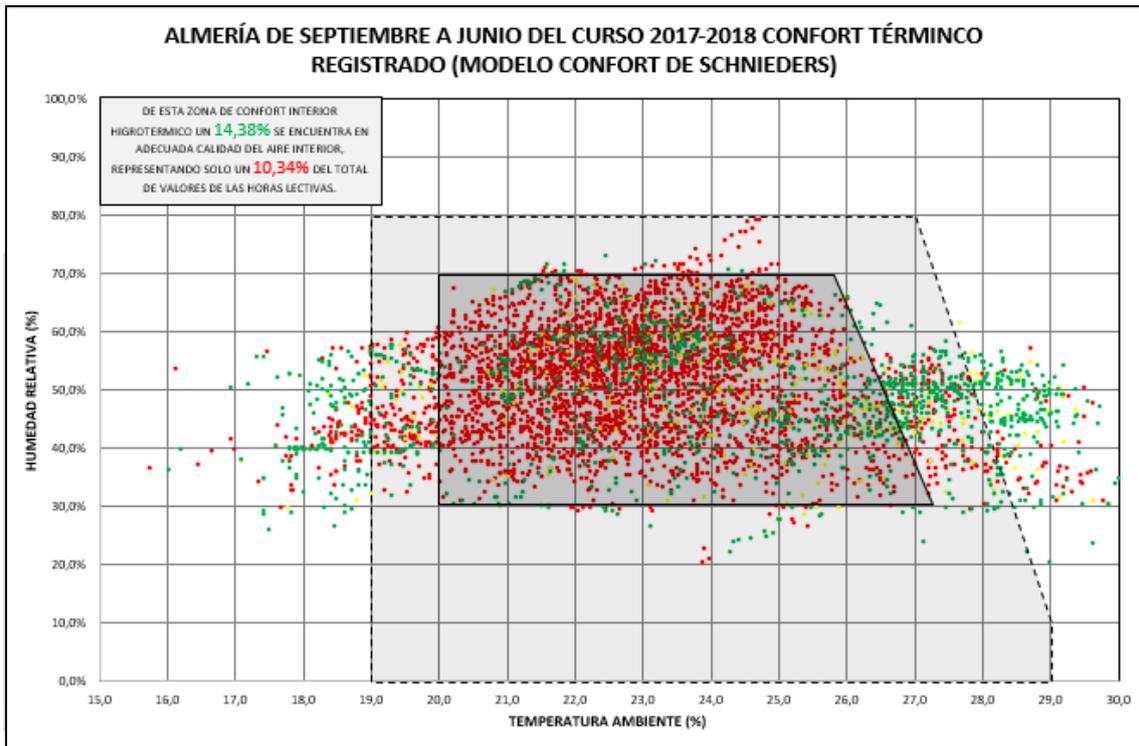


En Cádiz, el 44,97% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 34,95% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; pero al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 21,06% del tiempo existe un confort real en el aula



En Huelva, el 23,70% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; un 54,95% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000

ppm de CO<sub>2</sub>; pero al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 13,40% del tiempo existe un confort real en el aula



En este centro de Almería, el 71,97% del tiempo están en condiciones de confort higrotérmico; con independencia de las condiciones interiores de temperatura y humedad relativa, un 30,45% tienen buena calidad del aire con concentración inferior a las 1.000 ppm de CO<sub>2</sub>; pero al cruzar ambos datos se puede observar que tan solo el 10,34% del tiempo existe un confort real en el aula.

## 15. Informe individualizado por centros educativos

### 15.1. Álava:

La climatología característica en Álava es la propia de la agrupación atlántica continental. El colegio monitorizado se edificó antes del año 1979 y por lo tanto no se acoge a la Norma Básica de Edificación CT-79. Cuenta con instalación de calefacción como único sistema de climatización del edificio.

Del total de puntos de lectura (muestras) se han seleccionado tan solo aquellos que coinciden con el horario de clases de los alumnos, en total 5.863 (puntos de lectura) que recogen 29.315 parámetros, entre los meses de septiembre de 2017 a junio de 2018.

### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico (tabla 1) se aprecia prácticamente la totalidad de las temperaturas registradas dentro del rango y del rango extendido de confort entre 19°C y 27°C mientras que la humedad relativa oscila entre el 30 y el 60%<sup>6</sup>.

**ÁLAVA SEPTIEMBRE A JUNIO CURSO 2017- 2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO  
 "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS".**

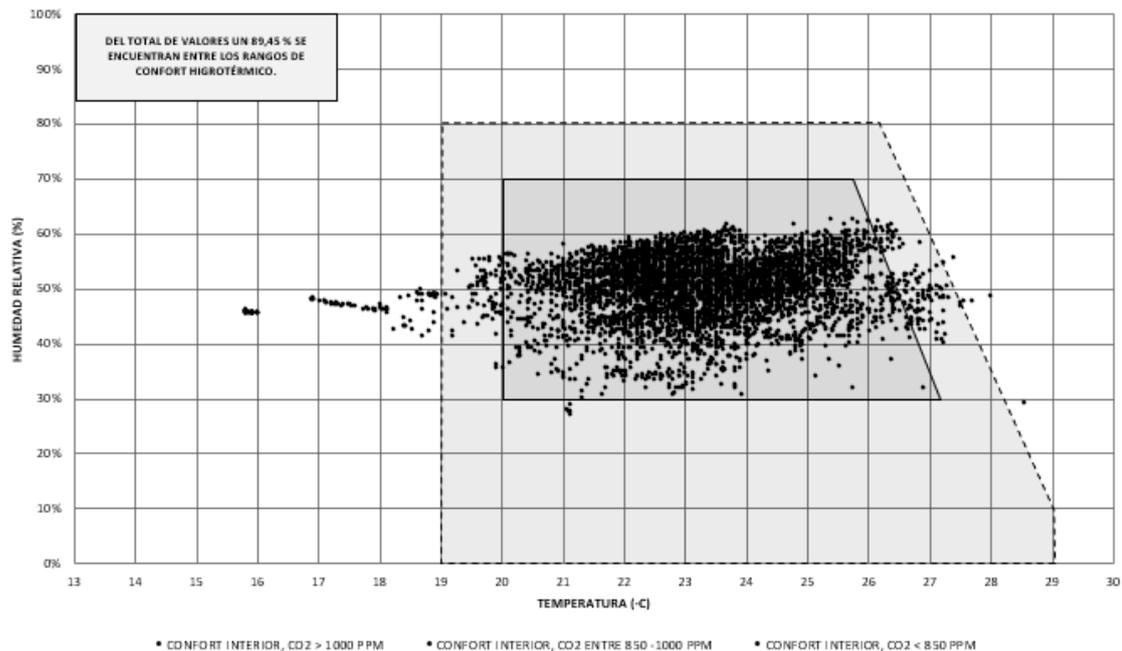


Tabla 1

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a junio cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

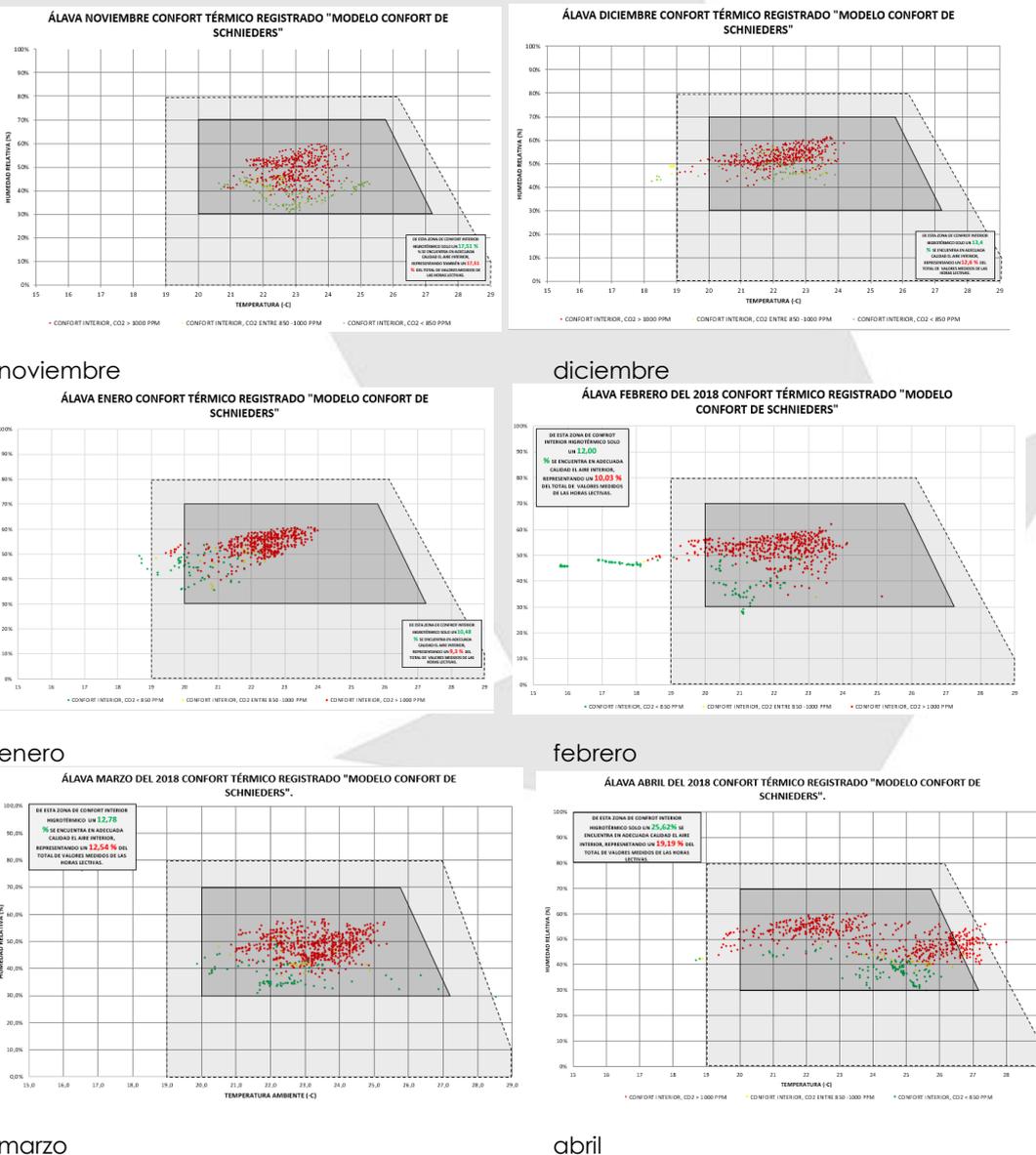
<sup>6</sup> (La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa).

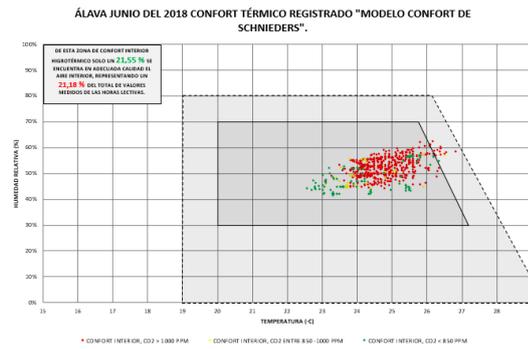
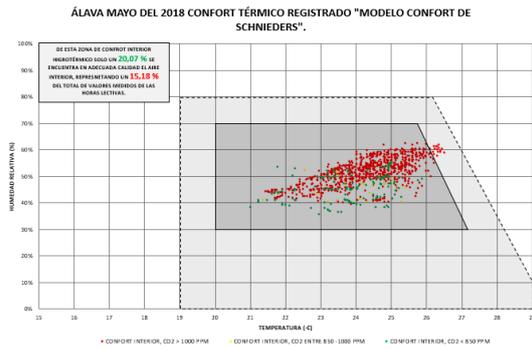
Del total de puntos considerados correspondiente al tiempo que los niños pasan en el aula, el **89,45%** se encuentran dentro de la zona de **confort higrotérmico**.

Los registros que se salen de esta área son mínimos y lo hacen por el lado izquierdo, hacia las temperaturas por debajo de los 19°C.

Desglosando estos datos por meses, se observa como las temperaturas se desplazan hacia temperaturas más frías conforme bajan las temperaturas exteriores a partir del mes de noviembre, pero manteniéndose generalmente en rango los meses más fríos (diciembre, enero, febrero y marzo), volviendo hacia temperaturas más elevadas conforme suben las temperaturas exteriores (abril, mayo y junio) manteniéndose en rango por la parte más calurosa.

Se observa también que en cada mes generalmente los registros con temperaturas más altas y mayor humedad son los que están fuera de rango de confort en cuanto a alta concentración de CO<sub>2</sub>.





mayo  
Tabla 2

junio

### Calidad del aire

En cuanto a la calidad del aire, se observa que la mayoría de los puntos ubicados tanto en la zona central de confort como fuera de ella registran concentraciones superiores a 1.000 ppm (en rojo)<sup>7</sup>.

Los puntos registrados con concentraciones inferiores a 1.000ppm (en verde y amarillo) se encuentran en su mayoría en valores de menor humedad relativa y temperaturas más bajas que las que marcan los valores superiores a 1.000ppm.

Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **17,86%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO2 inferiores a 1000ppm**.

<sup>7</sup> Calidad del aire: aquí, la calidad del aire se mide en partes por millón (ppm) de concentración de Co2 en el aire. Concentraciones de Co2 en el aire >1000ppm no son recomendables.

## Confort real

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Álava el 15,05% del tiempo lo hacen en condiciones de confort real, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

**VITORIA SEPTIEMBRE A JUNIO CURSO 2017- 2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO  
 "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS".**

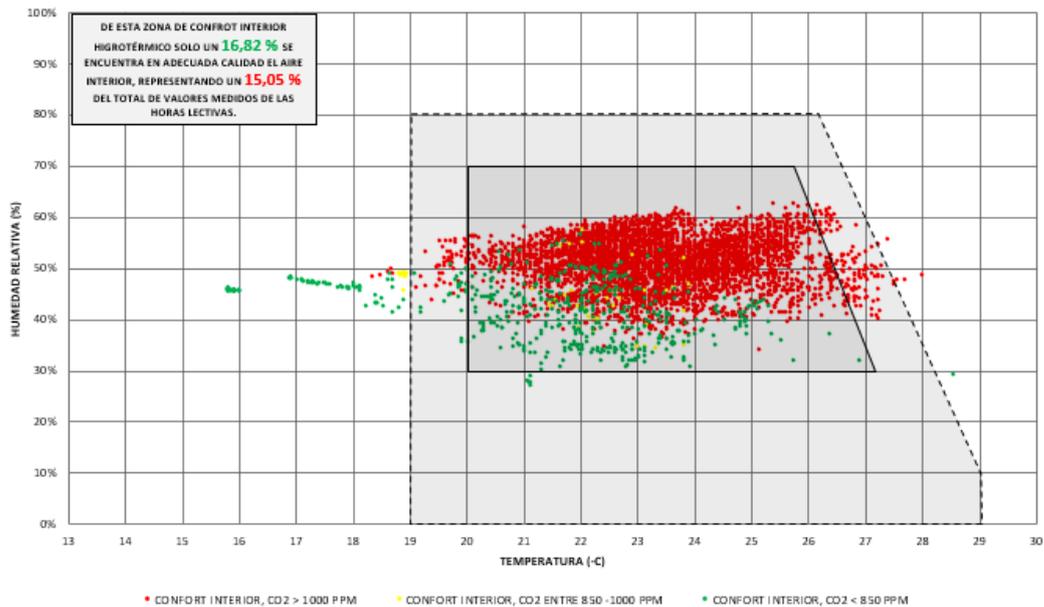


Tabla 3

**Patrones observados:**

La tabla 4 representa los datos obtenidos en cuanto a temperaturas interiores y concentración de CO2 en partes por millón en una semana representativa del mes de febrero.

Se observa el aumento de la concentración de CO2 interior al comienzo de las clases cada día, alcanzando picos de 4.300ppm, y el descenso de este en los periodos sin uso del aula. También, la coincidencia entre descensos puntuales del CO2 interior (línea roja) con descensos de la temperatura interior (línea verde), lo que hace suponer que las ventilaciones del aula se hacen a través de ventanas a costa de la temperatura interior.

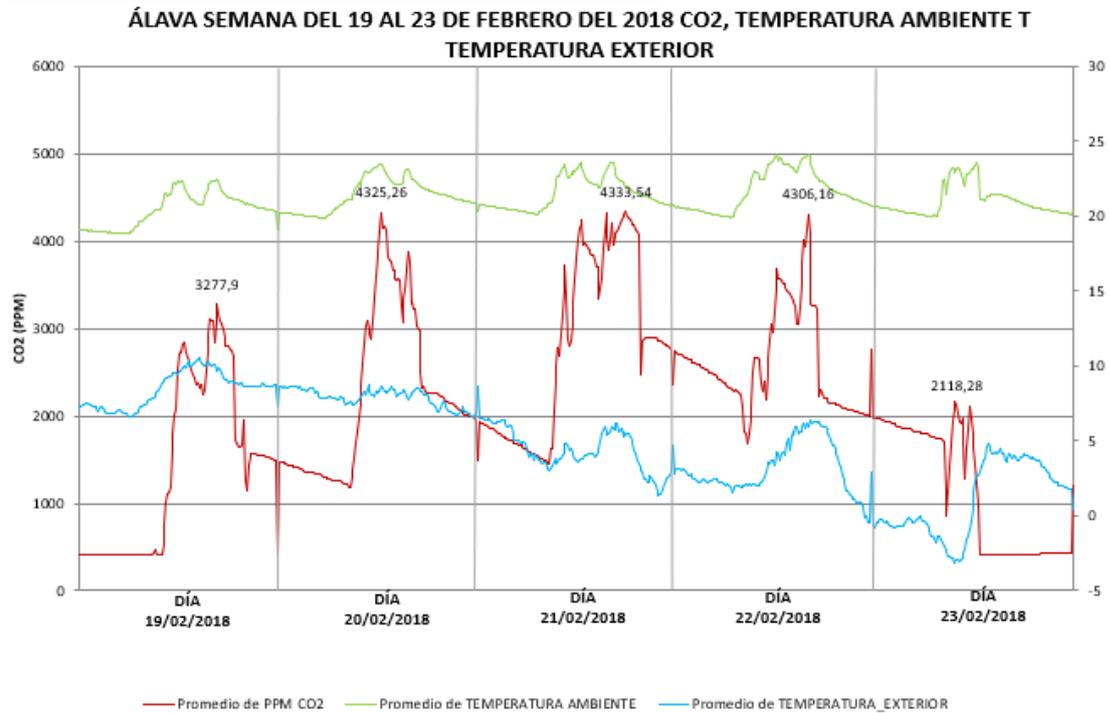


Tabla 4

## CONCLUSIONES

**En el colegio monitorizado de Álava tan solo el 15,05% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 45 minutos de las 5h diarias de clase.**

El hecho de que la fecha de construcción del colegio sea anterior la entrada en vigor de la Norma Básica de Edificación CT-79 hace pensar que los criterios de aislamiento térmico no existan o sean muy bajos. La existencia de sistema de calefacción contribuye a mantener las temperaturas interiores dentro de rango por la parte inferior.

Destaca la correlación entre mayor humedad relativa interior y mayor concentración de CO<sub>2</sub> interior, que a su vez se correlaciona con temperaturas más altas en cada mes. Esto hace pensar que el aumento de los tres parámetros se debe al aporte de calefacción, así como a la presencia de los propios alumnos (generando CO<sub>2</sub> y humedad), mientras que se mantienen las ventanas cerradas para mantener la temperatura, pero impidiendo la correcta ventilación.

Atendiendo exclusivamente a temperatura y humedad relativa, el 89,45% del tiempo que los niños pasan en el aula tienen unas condiciones confortables. Este porcentaje se reduce hasta un 15,05% de confort real cuando además introducimos la calidad del aire en cada punto, lo que supone una media de 45 minutos de las 5 horas diarias que los niños pasan en clase.

## 15.2. Albacete:

El colegio monitorizado en Albacete está situado en el área urbana de Albacete, con clima Mediterráneo continental. Se trata de un colegio construido en el año 2006, por lo que aún se acoge a la normativa CT-79. Cuenta con instalación de calefacción y de refrigeración. Del total de puntos de lectura tomados se han seleccionado aquellos comprendidos dentro el horario lectivo de los alumnos, que ascienden a 1.924 recogiendo 5.772 parámetros, entre los meses de octubre de 2017 a febrero de 2018.

### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico, y en lo referido a temperatura interior del aula, se aprecian las lecturas en el rango entre los 16°C y los 25°C. Si atendemos a las condiciones de humedad relativa, comprobamos que esta oscila entre el 30 y el 70%, encontrando el grueso de las lecturas entre el 40 y el 60%.

Del total de puntos considerados, el 72,40% se encuentran dentro de la zona de confort higrotérmico, comprendida entre los 20°C y los 26°C y entre 30 al 70% de humedad relativa. Los puntos de lectura que se salen de esta área se mantienen en rango de humedad relativa aceptable, pero con temperaturas inferiores a 20°C.

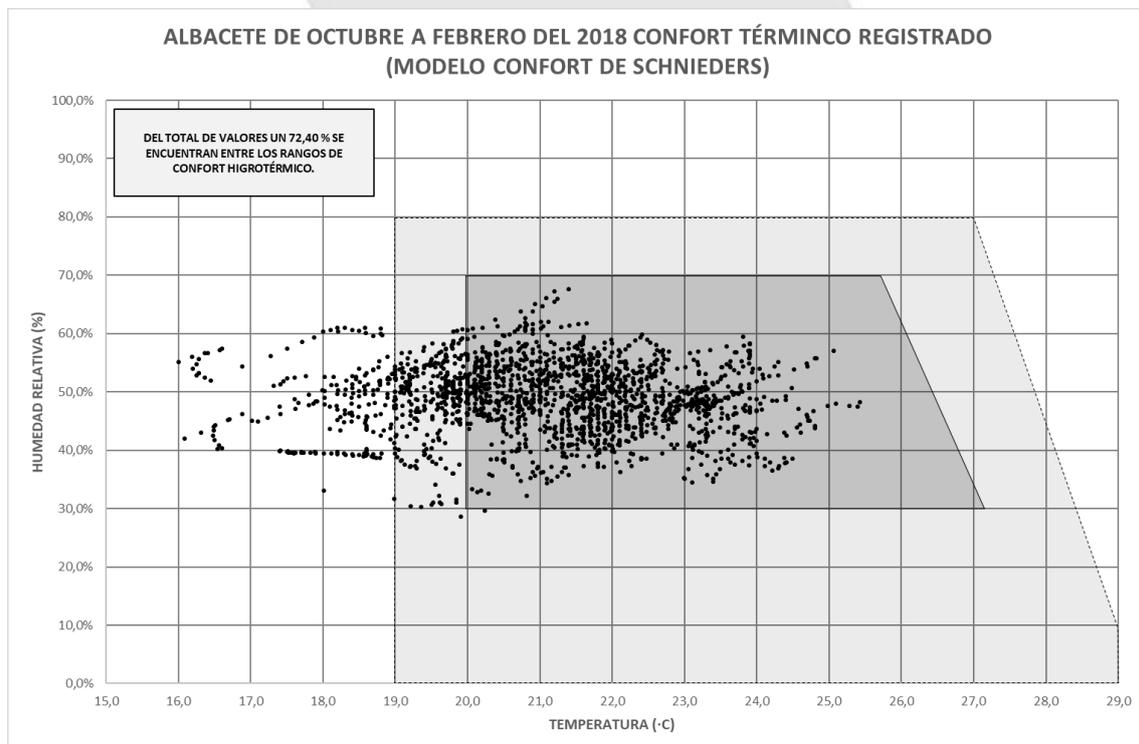
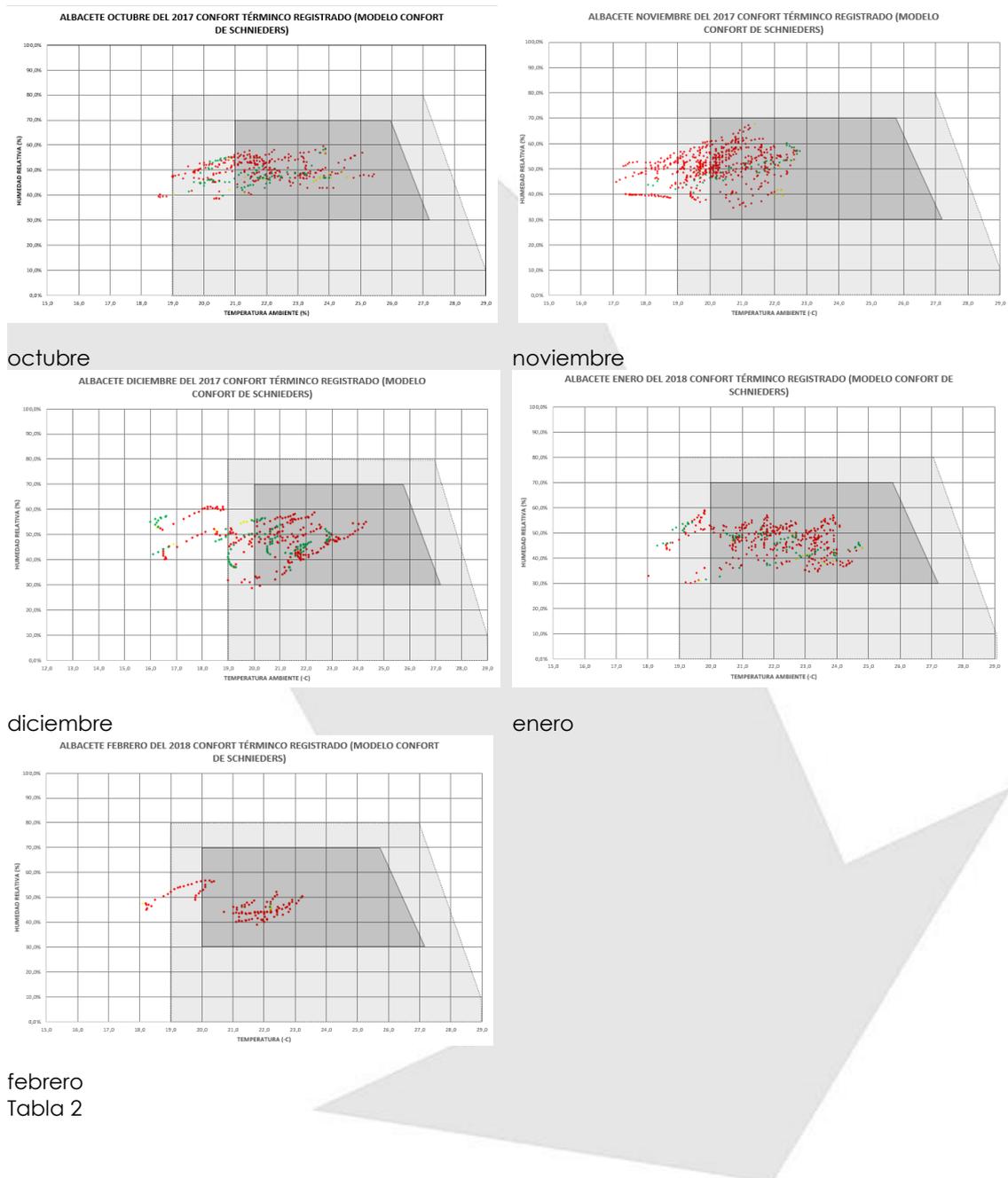


Tabla 1

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde octubre a febrero cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

Desglosando estos datos por meses se puede observar que estos registros de temperaturas se desplazan hacia la izquierda, es decir, hacia temperaturas más frías, coincidiendo con el periodo comprendido entre los meses de noviembre, diciembre y enero.



### Calidad del aire

En cuanto a la calidad del aire interior, referida a la concentración de CO<sub>2</sub>, se observa que los puntos que registran concentraciones superiores a 1.000ppm (en rojo)<sup>8</sup> se reparten en mayor proporción, pero en los mismos rangos que los puntos que registran concentraciones inferiores a 1.000ppm (en amarillo y verde). Sin embargo, atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener

<sup>8</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón (ppm) de concentración de Co<sub>2</sub> en el aire. Concentraciones de Co<sub>2</sub> en el aire >1000ppm no son recomendables.

en cuenta el confort higrotérmico) el **19,02%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO2 inferiores a 1000ppm**.

### Confort real

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO2 resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Albacete, el **12,99%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO2 se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

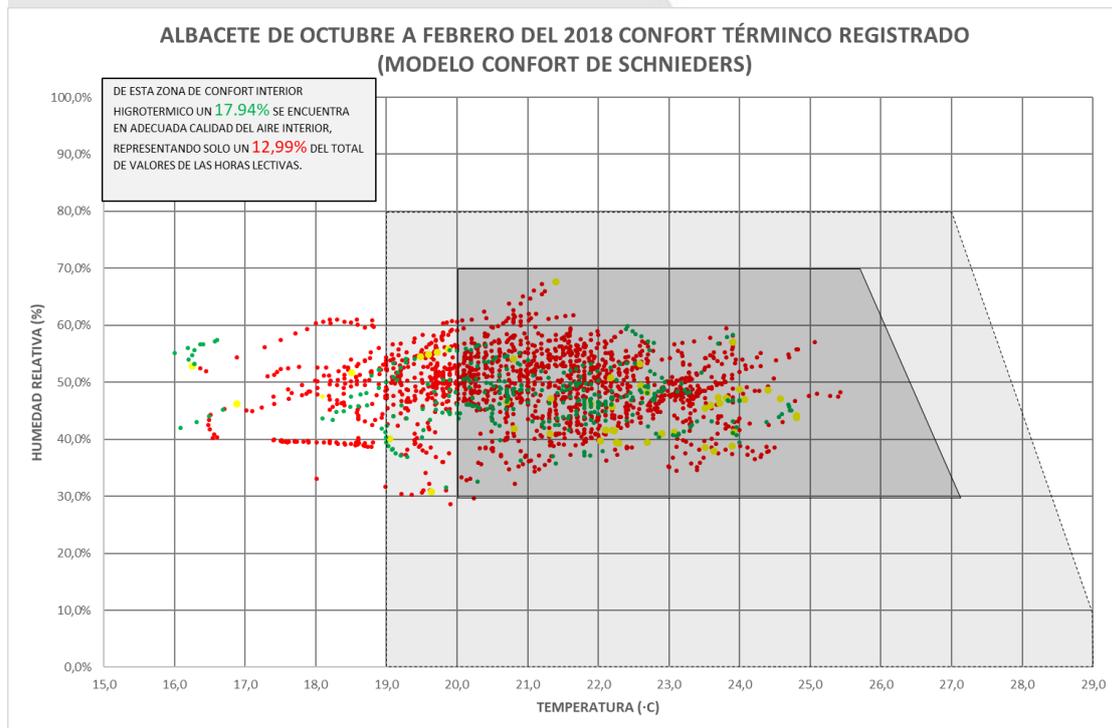


Tabla 3

### Patrones observados:

Se aprecia una diferencia entre la temperatura de la pared interior y la del ambiente interior en torno a 5 grados durante todo el periodo monitorizado. Esto es otro factor de disconfort al superar la diferencia recomendada en la ISO 7730 de 4,2°K. A continuación, se incluye la tabla 4 por ser representativa de este patrón.

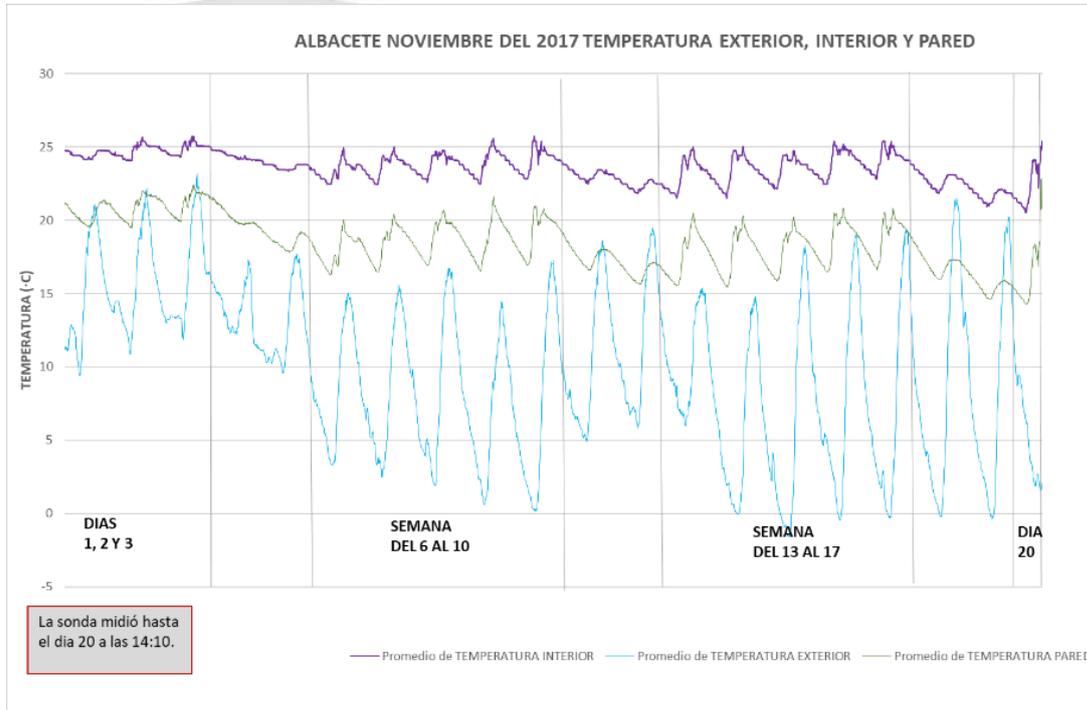


Tabla 4. Registro de temperaturas exteriores, interiores y de superficie interior en el mes de noviembre

El comportamiento de la concentración de CO<sub>2</sub> sigue un patrón de aumento en el momento que comienzan las clases en el aula, alcanzando sus máximos diarios hacia el final de la jornada lectiva y disminuyendo gradualmente en los momentos de no ocupación del aula hasta niveles bajos en espera de la siguiente jornada de ocupación del aula. Los picos máximos registran valores superiores a 2000ppm en la mayoría de los casos, dejando valores entre 2300 y 3500ppm como tónica general y superando en determinadas jornadas puntuales los 4000ppm. A continuación, se incluye la tabla 5 donde se aprecia este patrón.

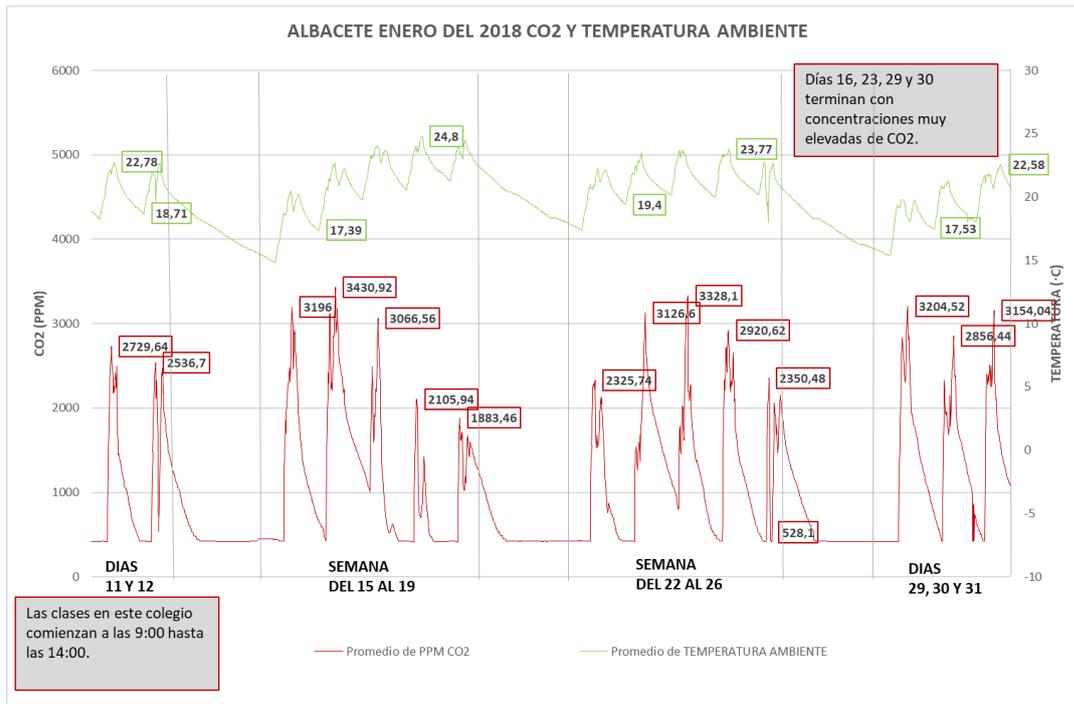


Tabla 5. Registro de temperaturas ambiente y concentración de CO2 del mes de enero.

## CONCLUSIONES<sup>9</sup>

**En el colegio monitorizado de Albacete, tan solo el 12,99% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 39 minutos de las 5h diarias de clase.**

La existencia de un sistema de calefacción, así como de refrigeración, y unido a que el colegio debe contemplar ciertas condiciones térmicas en su construcción por acogerse a la norma CT-79 son factores para que alcance el 72,40% del tiempo en confort exclusivamente higrotérmico. Por su parte, el porcentaje de tiempo en condiciones de confort relativas a la calidad del aire interior es inferior a 1 de cada 5 minutos, y en la combinación de ambas variables menos a 1 de cada 7 minutos del tiempo que los niños están en el aula.

<sup>9</sup> Colegios en climas templados con inviernos fríos y veranos calurosos que disponen de ambos sistemas de climatización (calefacción y refrigeración) alcanzan valores relativamente altos de tiempo en condiciones de confort higrotérmico. Sin embargo, arrojan un valor muy bajo de tiempo en condiciones de confort en cuanto a calidad del aire, causado principalmente en los periodos con temperaturas más frías.

### 15.3. Alicante:

El colegio monitorizado en Alicante está situado en un clima mediterráneo costa. Se trata de un colegio construido antes de que entrase en vigor la Norma Básica de Edificación CT-79. Tiene instalación aire acondicionado como única instalación de climatización. Del total de puntos de lectura (muestras) se han seleccionado tan solo aquellos que coinciden con el horario de clases de los alumnos, en total 4.763 (puntos de lectura) que recogen 23.815 parámetros, entre los meses de octubre de 2017 a junio de 2018.

#### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico se aprecia una distribución dispersa de temperaturas interiores en el aula entre los 15°C y los 29°C mientras que la humedad relativa oscila entre el 20 y el 70% (la temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa).

Del total de puntos considerados, el **63,67%** se encuentran dentro de la zona de **confort higrotérmico**. La mayoría de los puntos que salen de esta área lo hacen hacia el lado izquierdo de la tabla, es decir, hacia las temperaturas más bajas, por debajo de los 20°C.

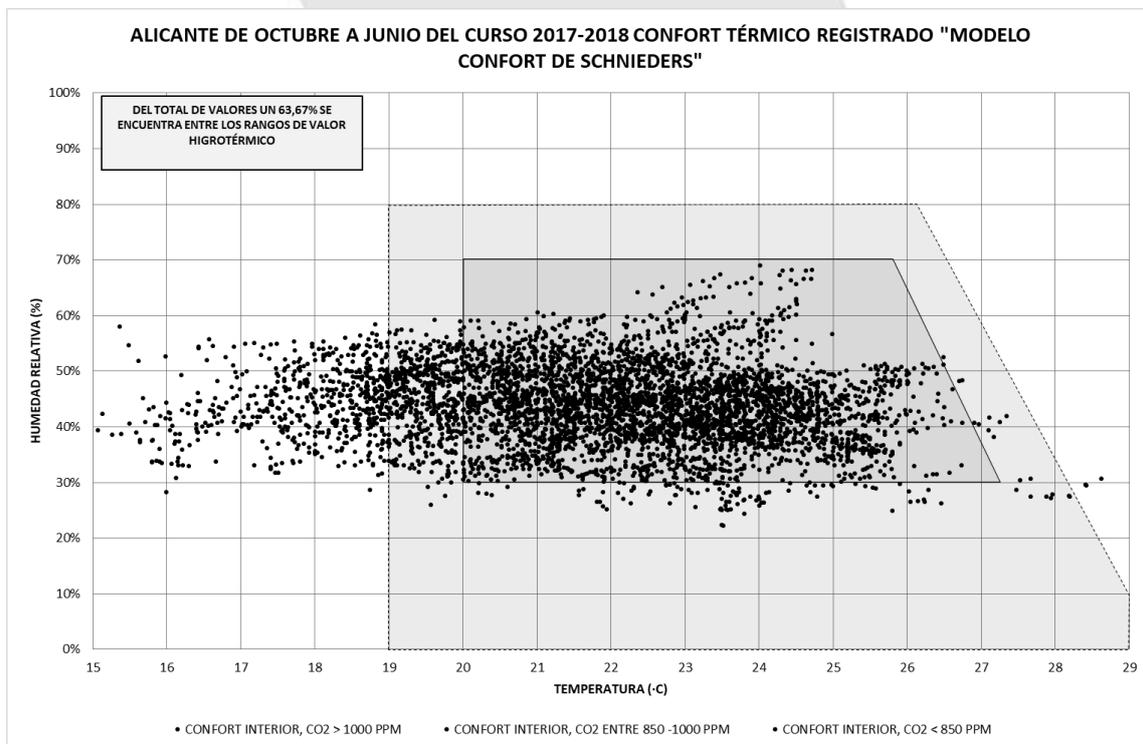
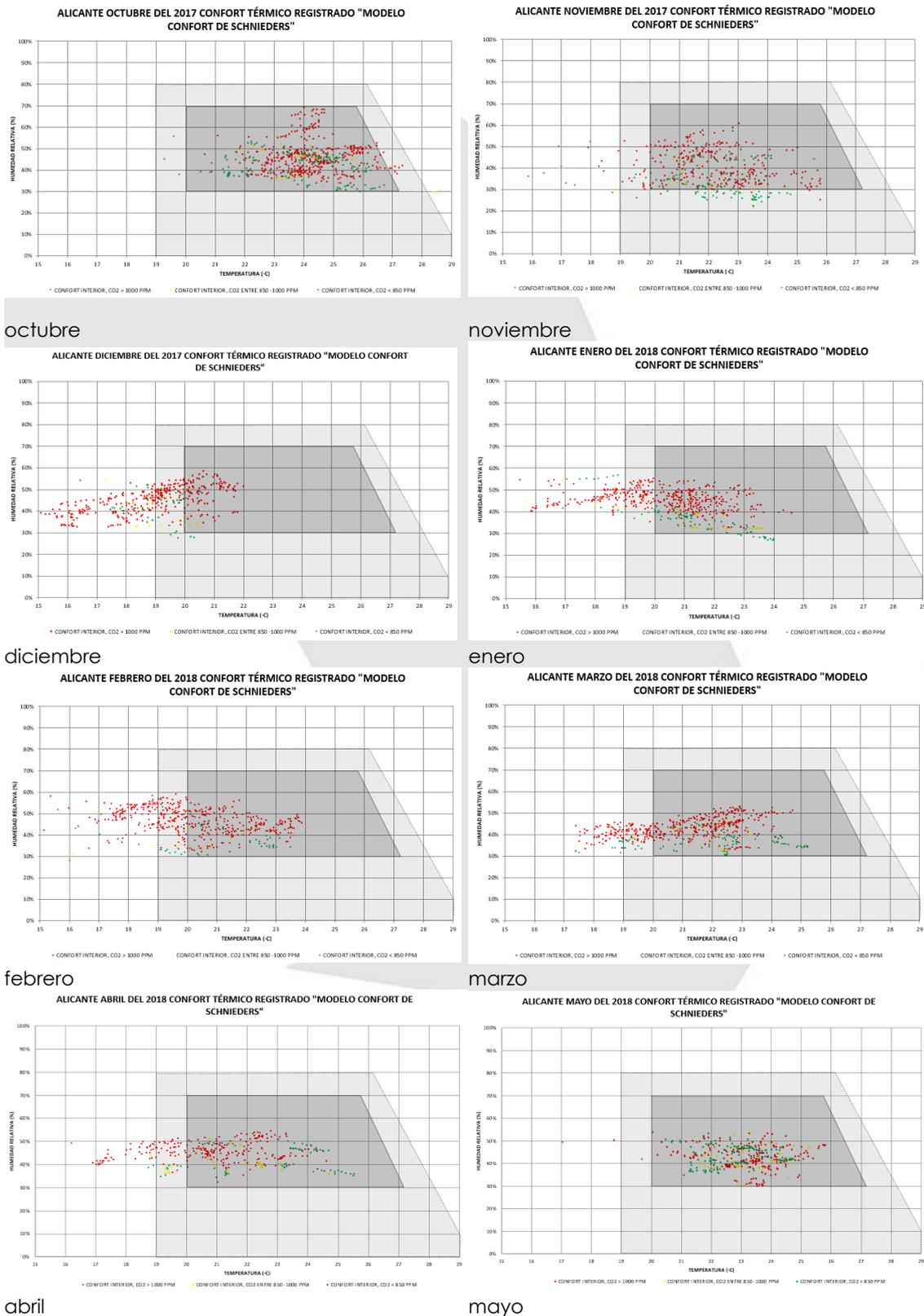


Tabla 1

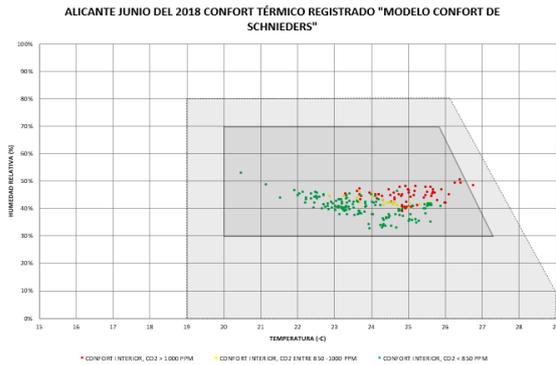
La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde octubre a junio cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

Desglosando estos datos por meses se puede observar que estos registros de temperaturas más bajas se producen entre los meses de diciembre a abril, es decir, coincidiendo con el periodo en el que se registran las temperaturas exteriores más frías.



abril

mayo



junio  
Tabla 2

### Calidad del aire<sup>10</sup>

En cuanto a la calidad del aire, se observa que el 35% del tiempo que los niños están en clase tienen buena calidad del aire, es decir, con concentraciones de CO<sub>2</sub> inferiores a 1000ppm, el resto del tiempo un 20% tienen concentraciones entre 1000 y 1500 ppm, el 21% entre 1500 y 2000ppm y por encima de 2000 ppm el 24% del tiempo.

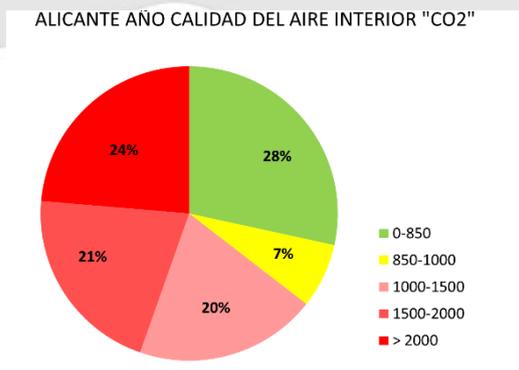


Tabla 3

Cuando a cada punto que refleja temperatura y humedad relativa se le incorpora el dato de calidad del aire se observa que la mayor cantidad de muestras que registran concentraciones superiores a 1.000ppm (en rojos) están ubicados en la zona superior izquierda de la tabla 4 o lo que es lo mismo en la zona de temperaturas más bajas y humedades relativas más altas. Los puntos registrados con concentraciones inferiores a 1000ppm (en verde y amarillo) se encuentran en su mayoría en la zona de confort higrotérmico. Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **65%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO<sub>2</sub> superiores a 1000ppm**.

<sup>10</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón (ppm) referidas a concentración de CO<sub>2</sub> en el aire. Concentraciones de CO<sub>2</sub> en el aire >1000ppm no son recomendables.

## Confort real

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Alicante el **26,35%** lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

ALICANTE DE OCTUBRE A JUNIO DEL CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"

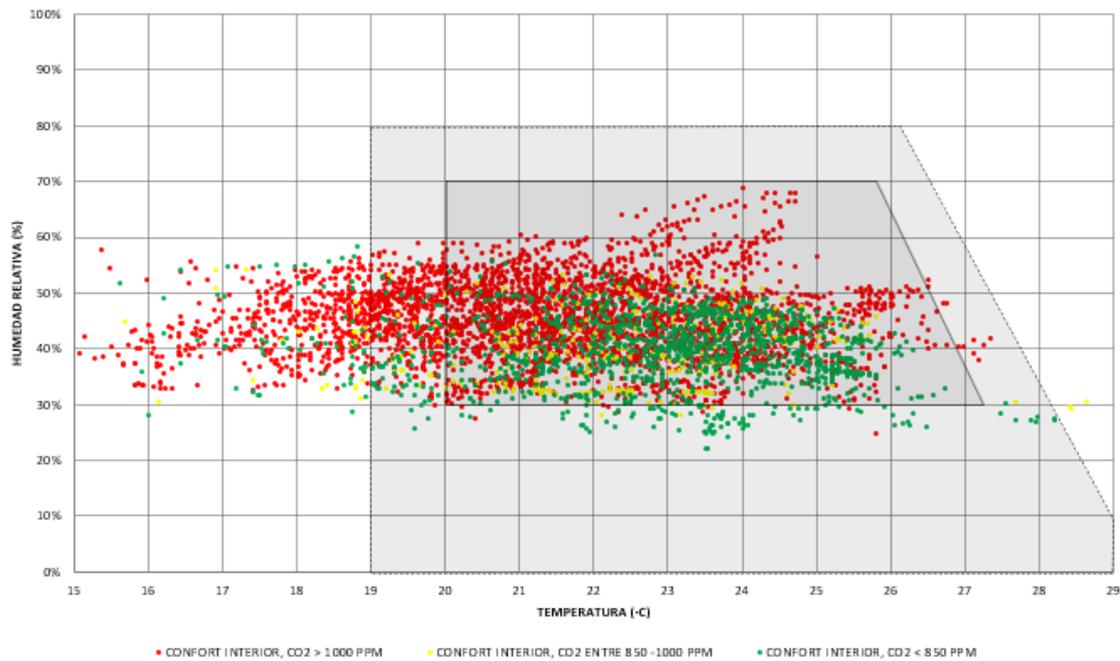


Tabla 4

## Patrones observados:

En la tabla 5 se observa como a pesar de no ser un clima frío, la temperatura del aula se mantiene la mayor parte del tiempo por debajo de los 20°C. Por su parte, la concentración de CO<sub>2</sub> registra rápidos ascensos en los periodos de ocupación del aula, superando con facilidad los 1.000ppm y marcando máximos diarios entre los 2.000ppm y los 4.300ppm.

### Alicante Diciembre del 2017 CO2 y Temperatura Ambiente

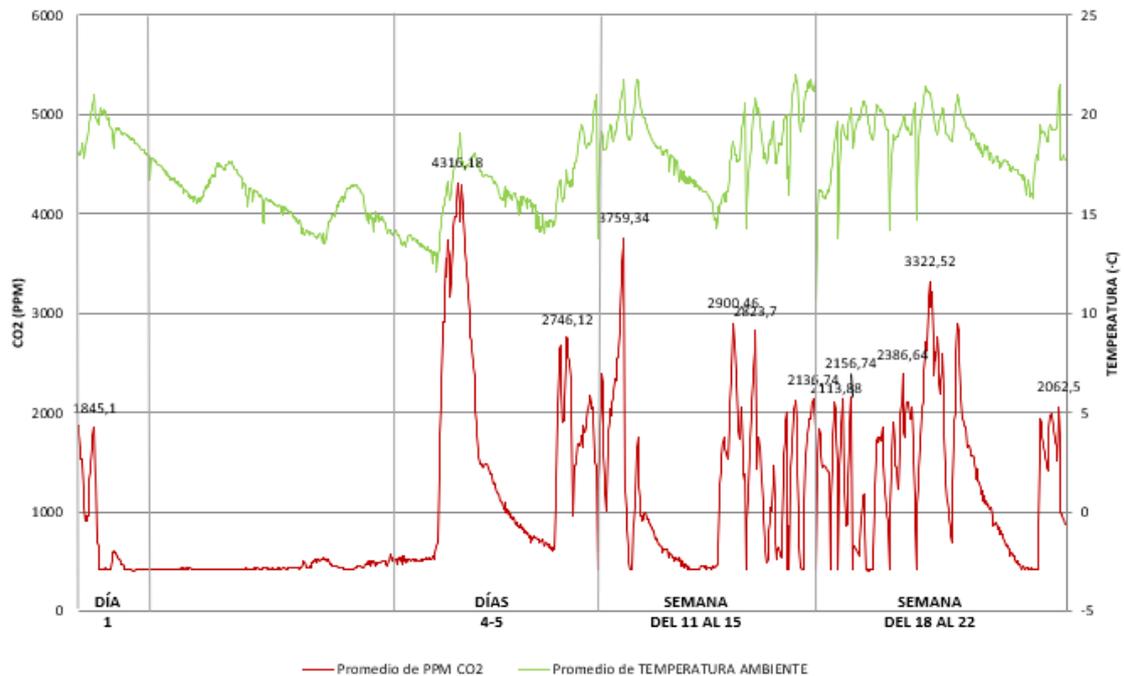


Tabla 5

## CONCLUSIONES <sup>11</sup>

**En el colegio monitorizado de Alicante tan solo el 26,35% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 1,35h de 5h diarias de clase.**

El hecho de que la fecha de construcción del colegio sea anterior la entrada en vigor de la Norma Básica de Edificación CT-79 hace pensar que los criterios de aislamiento térmico no existan o sean muy bajos. Esto sumado a la inexistencia de un sistema de calefacción aun tratándose de un clima templado, con inviernos suaves y veranos calurosos, hace que en este colegio llame la atención el alto porcentaje de bajas temperaturas que se producen en el aula durante los meses de invierno.

Atendiendo exclusivamente a temperatura y humedad relativa, el 63,67% del tiempo que los niños pasan en el aula tienen unas condiciones confortables. Este porcentaje se reduce hasta un 26,35% de confort real cuando además introducimos la calidad del aire en cada punto, lo que supone una media de 1,35h de las 5 horas diarias que los niños pasan en clase.

<sup>11</sup>Colegios en climas templados con inviernos suaves y veranos calurosos se detecta un mayor disconfort desde el punto de vista higrotérmico. Aparentemente, da la sensación que en estos climas debería ser más común contar con temperaturas de confort interiores, no siendo así lo monitorizado.

## 15.4. Almería:

En la ciudad de Almería el clima predominante es mediterráneo costa, cuya característica principal es la existencia de inviernos suaves y veranos cálidos. El colegio monitorizado está situado en una zona de expansión el este de la ciudad. Se trata de un edificio construido en el año de la entrada en vigor del Código Técnico, lo que hace pensar que se acoge a la normativa CT-79 debido a los plazos comunes en edificación. Tiene instalación de refrigeración y el sistema de calefacción se resuelve mediante la instalación de radiadores eléctricos en las aulas. Del total de puntos de lectura (muestras) se han seleccionado tan solo aquellos que coinciden con el horario de clases de los alumnos, en total 5.045 puntos de lectura que arrojan 25.225 parámetros, entre los meses de septiembre de 2017 a junio de 2018.

### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico se aprecia una distribución dispersa de temperaturas interiores en el aula entre los 17°C y los 30°C mientras que la humedad relativa oscila entre el 30 y el 70%. (La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa).

Del total de puntos considerados el **71,97%** se encuentran dentro de la zona de **confort higrotérmico**. Los puntos que salen de esta área lo hacen igualmente hacia el lado izquierdo y derecho de la tabla, es decir, hacia las temperaturas más bajas, por debajo de los 20°C y las altas por encima de los 27°C.

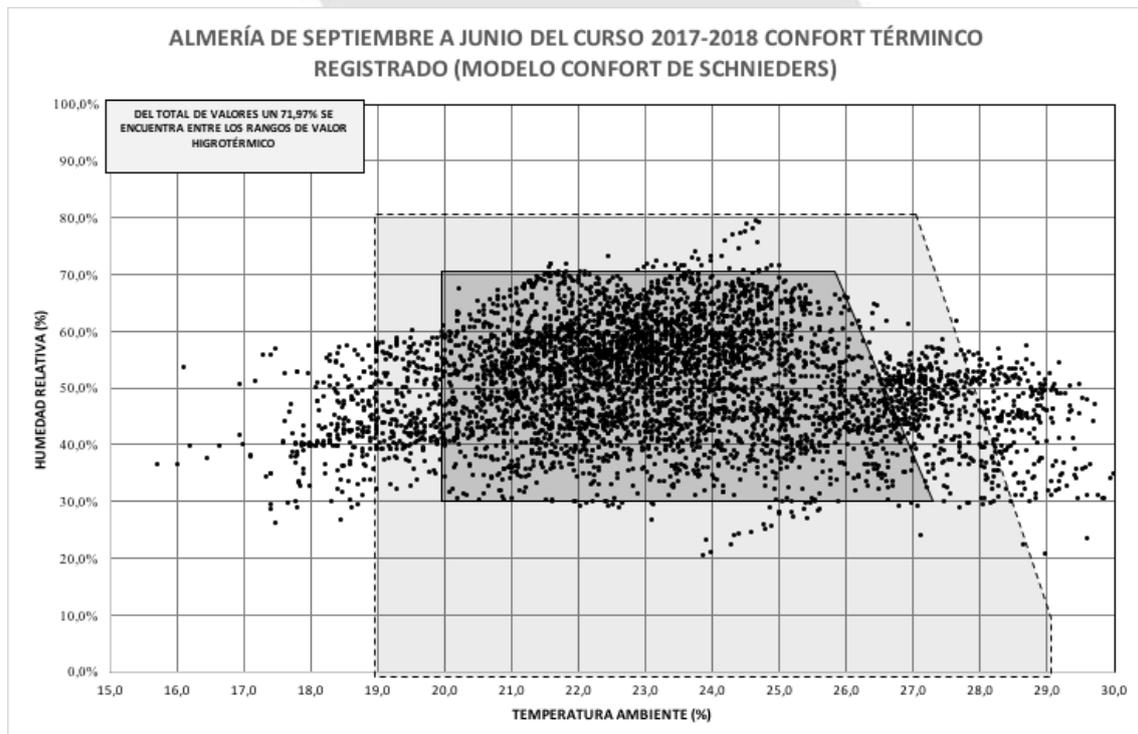
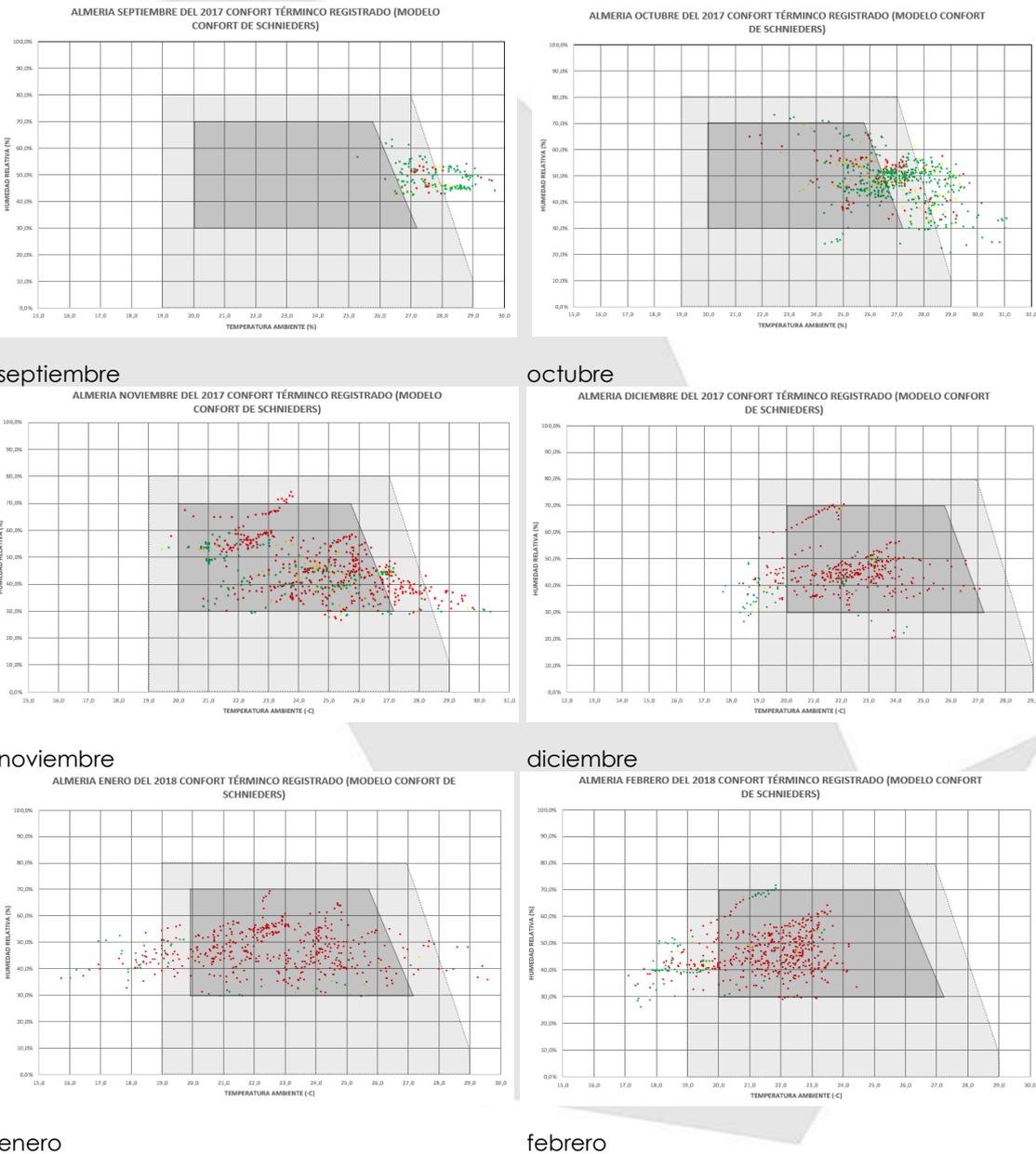


Tabla 1

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde octubre a junio cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

Desglosando estos datos por meses se puede observar cómo los registros comienzan en temperaturas fuera de rango por calor en los primeros meses más calurosos, y se desplazan hacia la izquierda, hacia temperaturas más bajas entre los meses de noviembre a abril, coincidiendo con el periodo en el que se registran las temperaturas exteriores más frías.





## Confort real

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Almería el **10,34%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

**ALMERÍA DE SEPTIEMBRE A JUNIO DEL CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMINCO  
 REGISTRADO (MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS)**

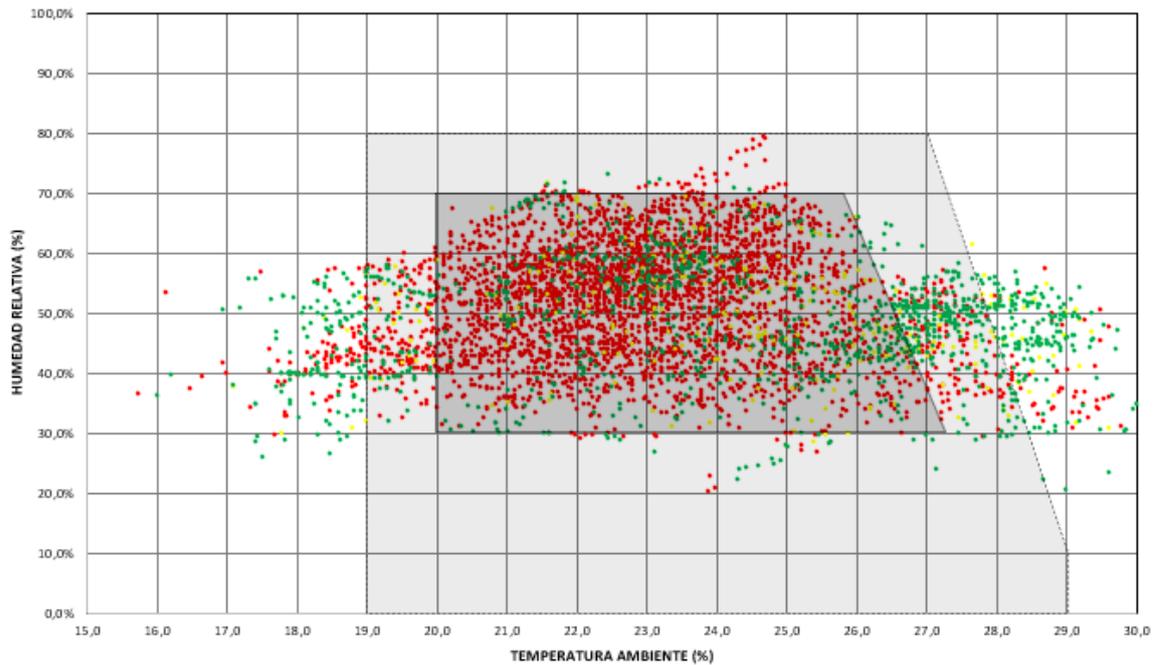


Tabla 3



## CONCLUSIONES

**En el colegio monitorizado de Almería tan solo el 10,34% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 31 minutos de las 5h diarias de clase.**

El hecho de que la fecha de construcción del colegio sea coincidente con la entrada en vigor del CTE hace pensar que se acoge a la normativa anterior (CT-79) por lo que los criterios de aislamiento serán nulo o muy bajos. La existencia en las aulas de un sistema de calefacción mitiga en parte esta circunstancia durante los meses fríos.

Atendiendo exclusivamente a temperatura y humedad relativa el 71,97% del tiempo que los niños pasan en el aula tienen unas condiciones confortables. Este porcentaje se reduce hasta un 10,34% de confort real cuando además introducimos la calidad del aire en cada punto, lo que supone una media de 31 minutos de las 5 horas diarias que los niños pasan en clase.

## 15.5. Ávila:

En Ávila, el colegio que se ha monitorizado se encuentra ubicado en una zona de desarrollo urbano en el perímetro de la ciudad, enmarcado dentro una climatología Atlántica continental. Se trata de un edificio construido en el año 2006 según catastro, por lo que se acoge a normativa CT-79. Como sistemas de climatización, dispone únicamente de calefacción. Del total de puntos de lectura tomados se han seleccionado aquellos comprendidos dentro del horario lectivo de los alumnos, que ascienden a 3.132, y una muestra total de 15.660 parámetros, entre los meses de noviembre de 2017 a abril de 2018.

### Confort higrotérmico

En cuanto a confort higrotérmico en el aula, centrándonos en la temperatura se registran lecturas desde los 15°C hasta los 28°C, encontrando el grueso de puntos situados entre los 20°C y los 25°C. En lo referido a humedad relativa la gran mayoría de los registros se mantienen en el rango 30%-50%, descendiendo por debajo de 30% sin llegar al 20% en una pequeña parte de las mediciones.

Del total de puntos considerados, el **79,14%** de ellos se encuentran dentro de la zona de confort higrotérmico. Los registros fuera de esta área lo hacen por la parte izquierda de la misma, es decir, hacia temperaturas inferiores a los 20°C.

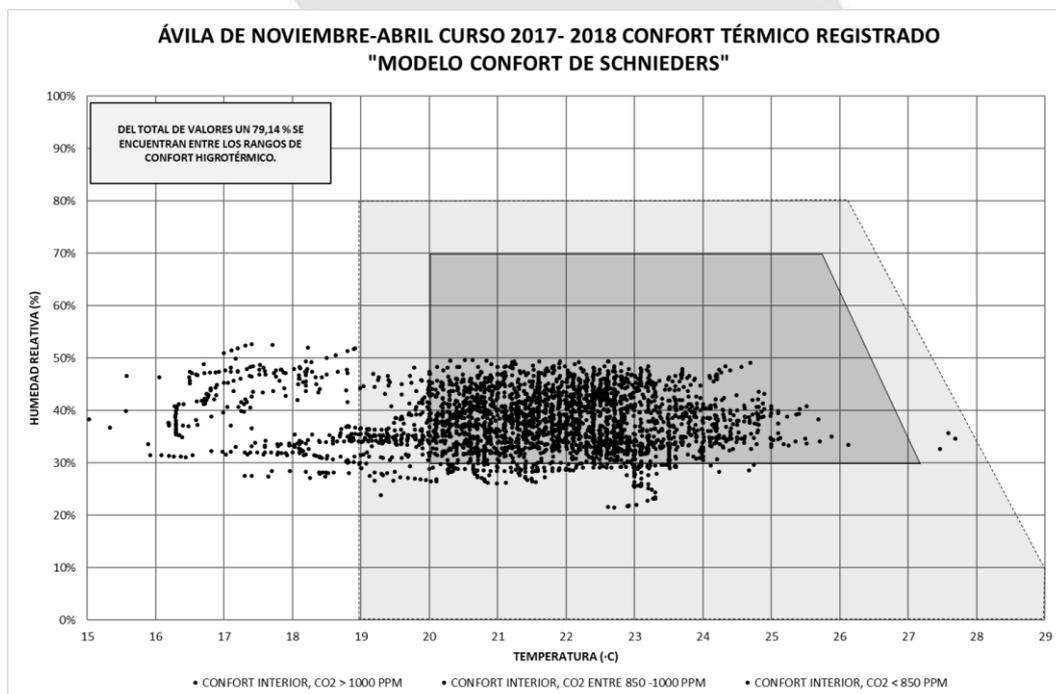
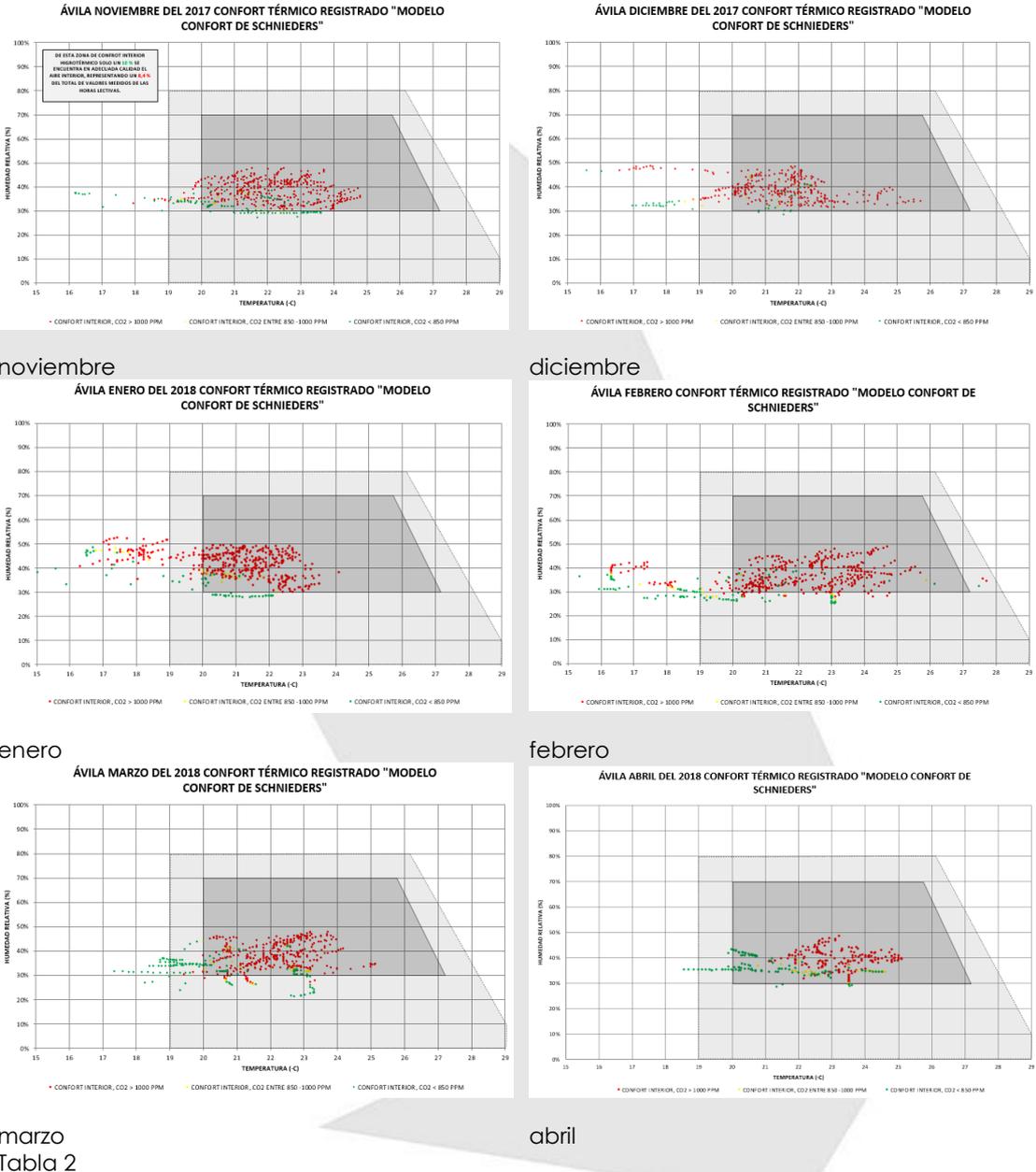


Tabla 1

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde noviembre a abril cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

Desglosando estos datos por meses se puede observar que existe un desplazamiento hacia temperaturas más frías hasta salir del rango de confort en el aula coincidiendo con los meses de mayor severidad climática de invierno, entre los meses de diciembre y febrero. También un ligero aumento de la humedad relativa interior en este mismo periodo.



## Calidad del aire<sup>13</sup>

La calidad del aire referida a la concentración de CO<sub>2</sub> interior, se observa que los puntos que registran concentraciones superiores a 1.000ppm (en rojo) se concentran en mayor proporción en la zona de mayores temperaturas y humedades de las registradas, mientras que los puntos con concentraciones inferiores a 1.000ppm (en amarillo y verde) se agrupan en zonas de menores temperaturas y humedades relativas interiores. Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **77,11%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO<sub>2</sub> superiores a 1000ppm**.

## Confort real

Cruzando ambos parámetros, registro higrométrico y concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Ávila, el **10,28%** del tiempo lo hacen en **condiciones de confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

**ÁVILA DE NOVIEMBRE A ABRIL DEL CURSO 2017- 2018 CONFORT TÉRMICO**  
**REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"**

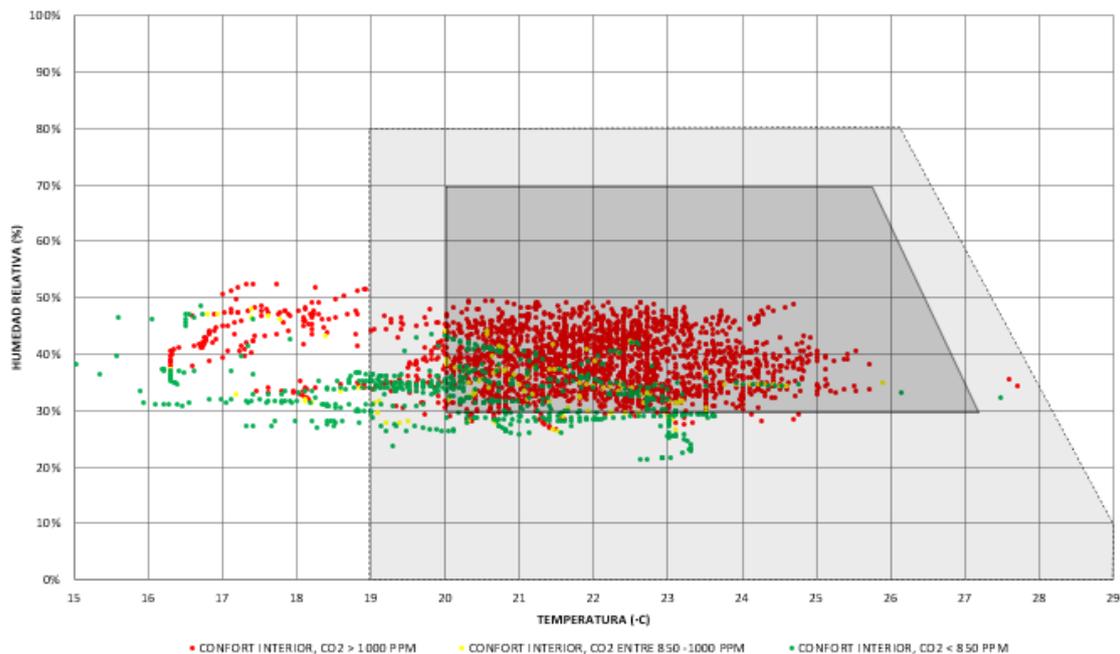


Tabla 3

<sup>13</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de Co<sub>2</sub> en el aire. Concentraciones de Co<sub>2</sub> en el aire >1000ppm no son recomendables.

### Patrones observados:

Se observa que generalmente al aumentar las temperaturas también aumentan la humedad relativa y la concentración de CO<sub>2</sub>, esto es común en climatologías con inviernos fríos en los que se utiliza el sistema de calefacción y se mantiene el aula cerrada y poco ventilada en épocas de frío en el exterior. En la tabla 3 se puede observar este patrón.

Las variaciones de temperatura exterior se reflejan de manera relativamente rápida en las condiciones de temperatura interior (y de temperatura superficial interior), es decir, que el edificio no mantiene las condiciones de temperatura interiores sin el aporte continuo de calefacción en época de frío. A continuación, se incluye la tabla 4 donde se observa este patrón.

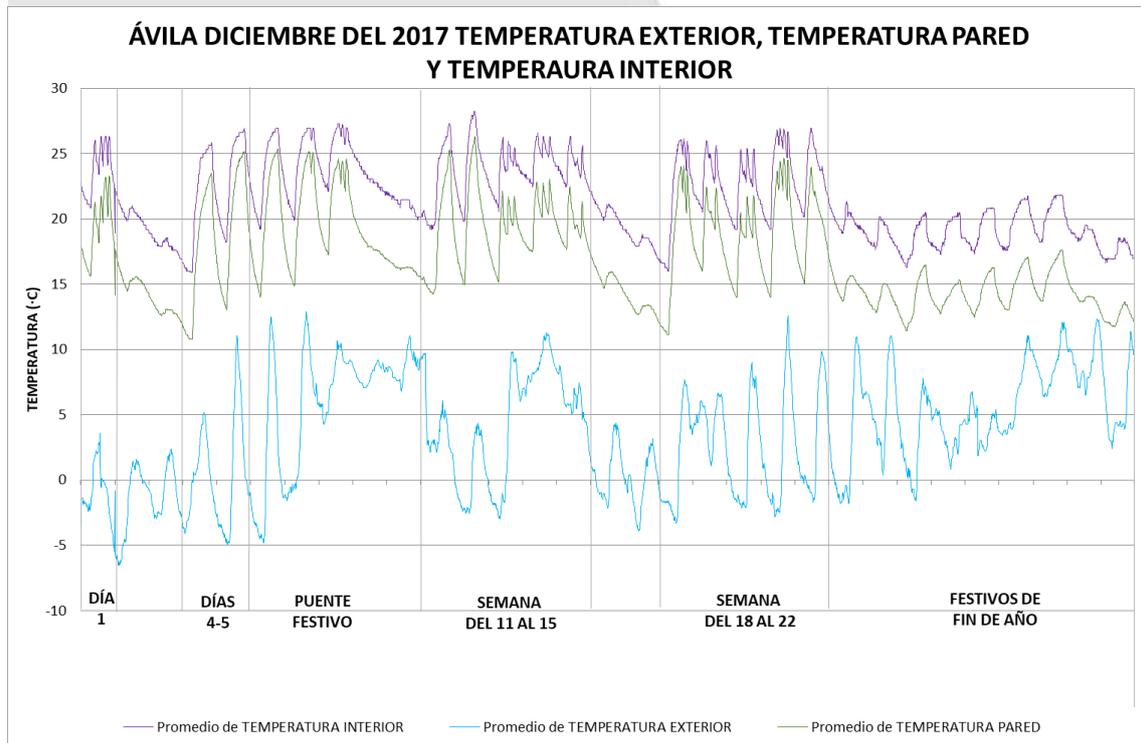


Tabla 4. Registro de temperaturas exteriores e interiores en el mes de diciembre de 2017.

El comportamiento de la concentración de CO<sub>2</sub> sigue un patrón de aumento en el momento que comienzan las clases en el aula, alcanzando sus máximos diarios hacia el final de la jornada lectiva y disminuyendo gradualmente en los momentos de no ocupación del aula hasta niveles bajos en espera de la siguiente jornada de ocupación del aula. Se alcanzan picos comprendidos entre 2000ppm y 3000ppm de manera común en los meses más fríos. Estos picos se quedan en valores cercanos a 2000ppm en los meses no tan fríos. A continuación, se incluye la tabla 5 donde se observa este patrón.

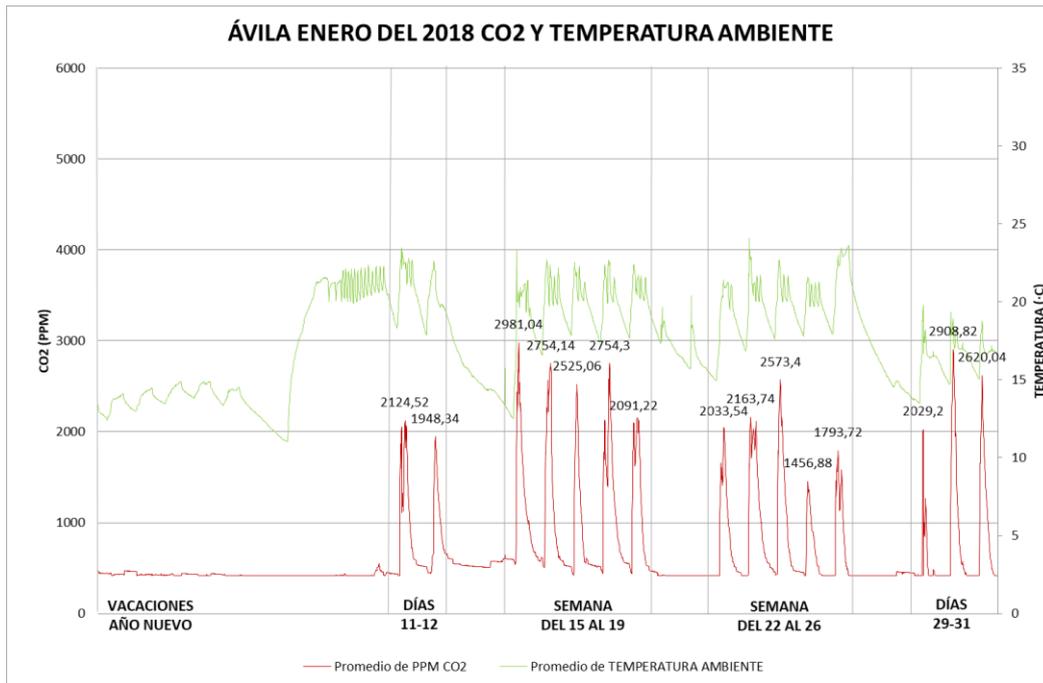


Tabla 5. Registro de concentración de CO2 en el mes de enero de 2018

## CONCLUSIONES <sup>14</sup>

**En Ávila, el colegio monitorizado arroja que tan solo el 10,28% del tiempo que los niños y profesores ocupan el aula están en condiciones de confort real, es decir, manteniendo los tres parámetros medidos, temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 31 minutos sobre 5 horas diarias de clases.**

Las temperaturas se mantienen un 79,14% del tiempo en rango de confort, lo que es un porcentaje relativamente alto. La existencia de un sistema de calefacción en el centro es un factor que contribuye a esto. Por su parte, las condiciones de calidad de aire interior se mantienen en rango el 22,89% del tiempo y en confort real el 10,28% del tiempo lectivo. Estos valores son similares a las medias que arrojan los colegios de la misma climatología, atlántica continental, donde los inviernos son fríos.

<sup>14</sup> Colegios en climas con inviernos fríos que disponen de sistema de calefacción alcanzan valores relativamente altos de tiempo en condiciones de confort higrotérmico. Sin embargo, arrojan un valor muy bajo de tiempo en condiciones de confort en cuanto a calidad del aire, debido a la poca ventilación natural efectuada en general y en los meses más fríos en concreto.

## 15.6. Badajoz:

En la ciudad de Badajoz el clima predominante es el cálido, cuya característica principal es la existencia de temperaturas cálidas durante todo el año. El colegio monitorizado está situado en el centro de la ciudad. Se trata de un edificio construido previamente al 1979, año de entrada en vigor del CT-79 que fue el primer documento oficial que marcaba unas mínimas condiciones térmicas a cumplir en los edificios, por lo que este edificio no se acoge a ningún criterio de aislamiento. Tiene instalación de refrigeración y calefacción. Del total de puntos de lectura (muestras) se han seleccionado tan solo aquellos que coinciden con el horario de clases de los alumnos, en total 1.492 puntos de lectura que arrojan 7.460 parámetros, entre los meses de septiembre de 2017 a noviembre de 2017.

### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico se aprecia una distribución dispersa de temperaturas interiores en el aula entre los 18°C y los 30°C mientras que la humedad relativa oscila entre el 30 y el 60%. (La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa).

Del total de puntos considerados el **49,66% se encuentran dentro de la zona de confort higrotérmico**. Los puntos que salen de esta área se concentran principalmente hacia el lado derecho de la tabla, es decir, hacia las temperaturas más altas, por encima de los 27°C.

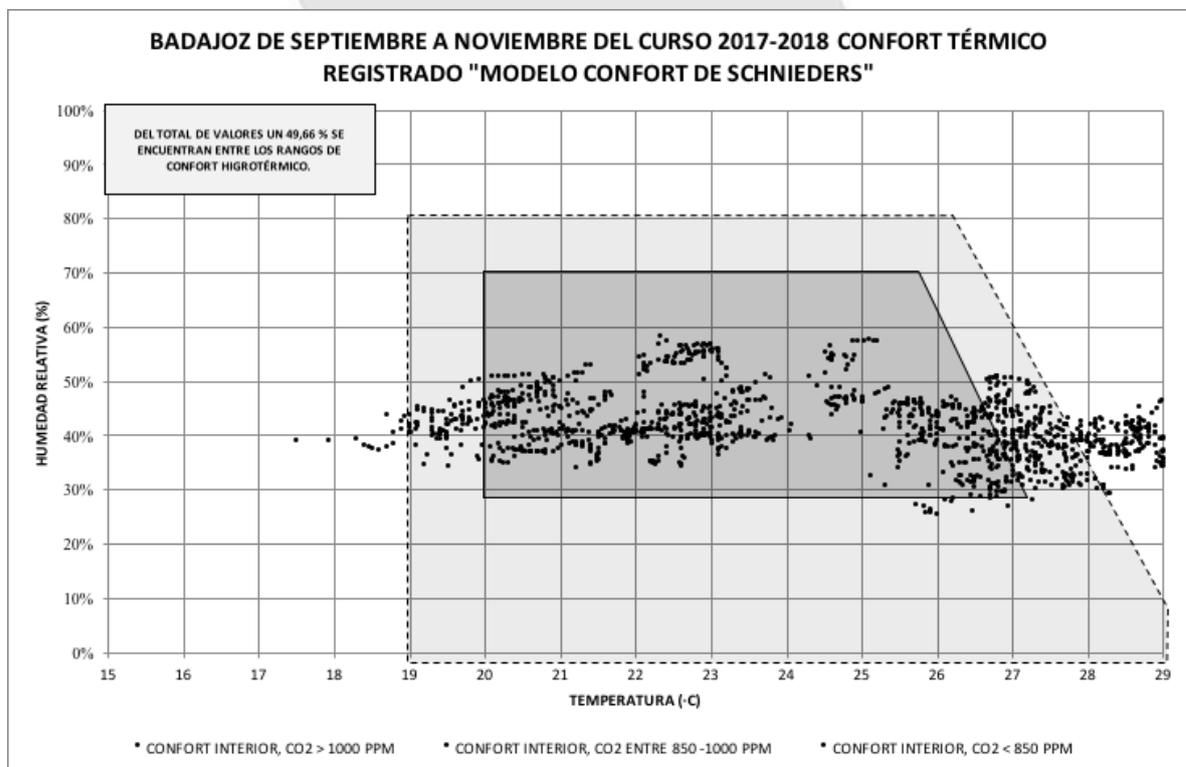
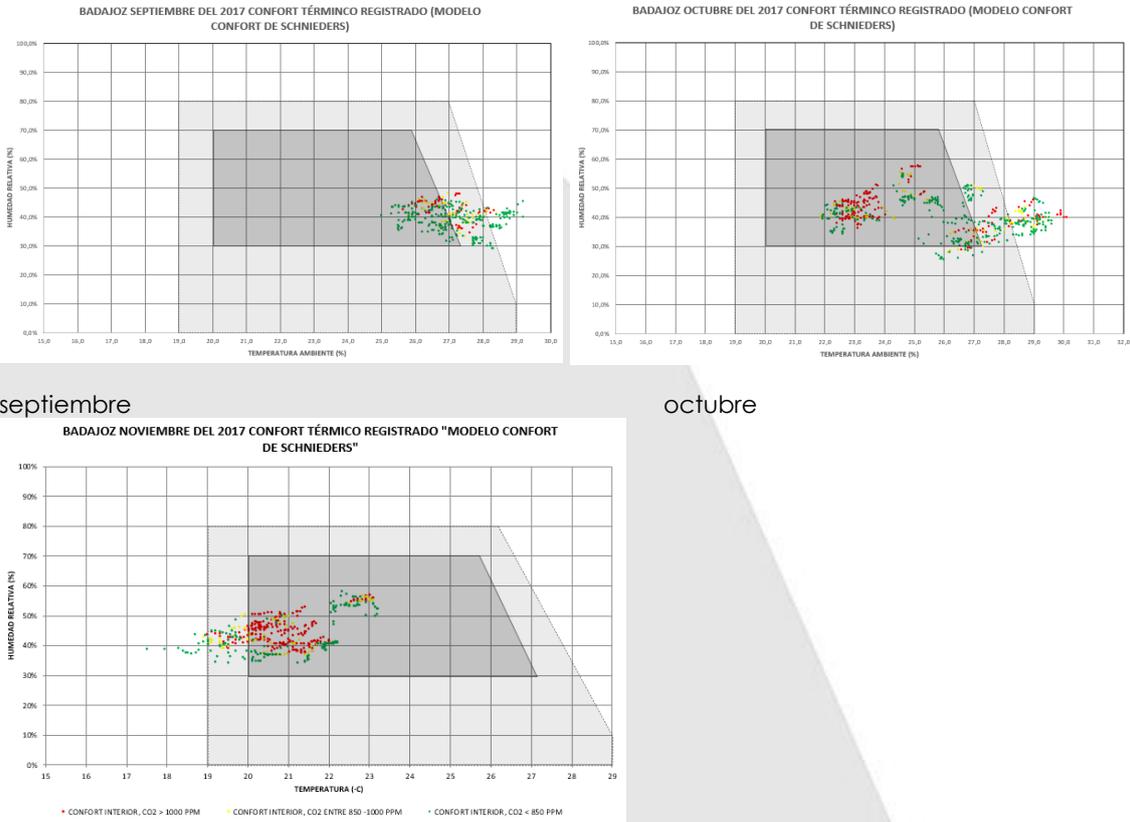


Tabla 1

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a noviembre cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

Desglosando estos datos por meses se puede observar que estos registros de temperaturas más bajas se producen entre los meses de septiembre a noviembre, es decir, coincidiendo con el periodo en el que se registran las temperaturas exteriores más frías.



septiembre  
octubre  
noviembre  
Tabla 2

### Calidad del aire <sup>15</sup>

En cuanto a la calidad del aire, referida a la concentración de CO<sub>2</sub>, se observa que la mayor concentración de puntos que se registran son superiores a 1.000ppm (en rojo) están ubicados en la zona central de la tabla o lo que es lo mismo en la zona de temperaturas de confort. Los puntos registrados con concentraciones inferiores a 1000ppm (en verde y amarillo) se encuentran en su mayoría fuera de la zona de confort higrotérmico, principalmente en la zona de temperaturas calientes. Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **66,02%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO<sub>2</sub> inferiores a 1000ppm**.

<sup>15</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de CO<sub>2</sub> en el aire. Concentraciones de Co<sub>2</sub> en el aire >1000ppm no son recomendables.

## Confort real

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Badajoz el **23,19%** del tiempo lo hacen en **condiciones de confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

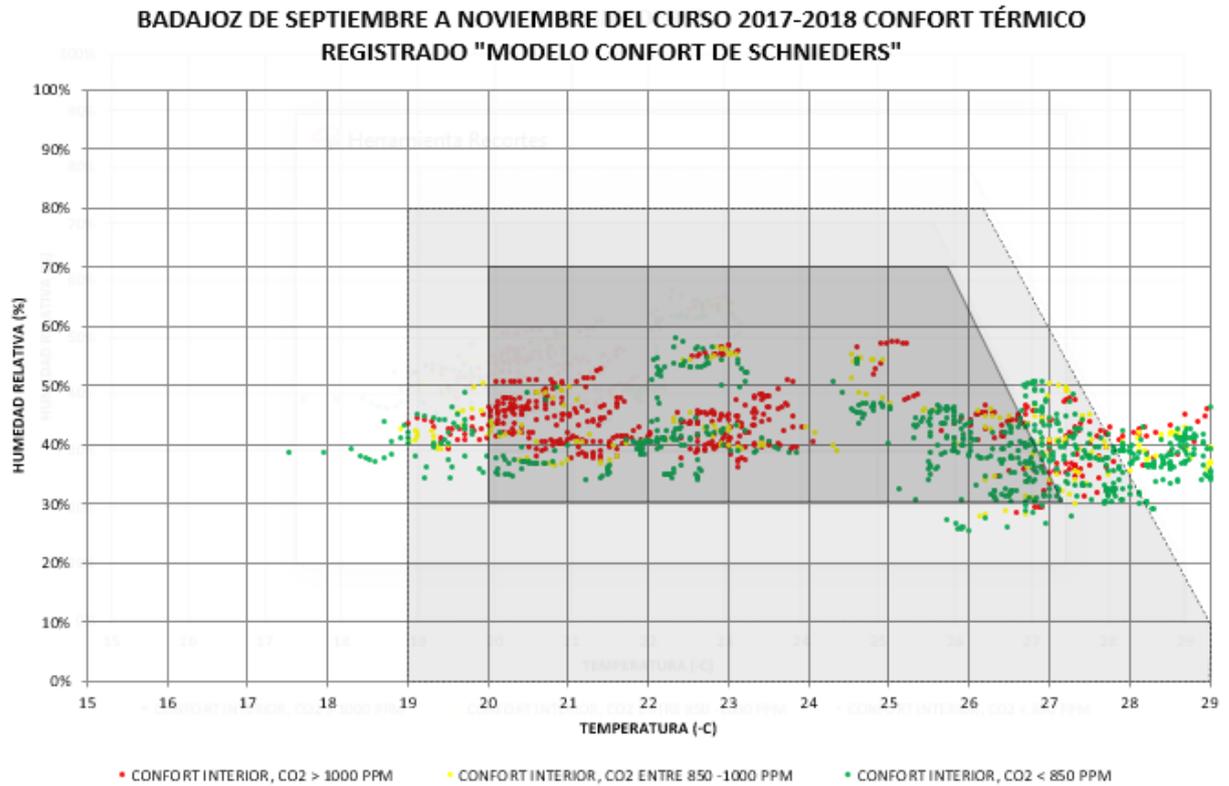


Tabla 3

## CONCLUSIONES <sup>16</sup>

**En el colegio monitorizado de Badajoz tan solo el 23,19% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 70 minutos de las 5h diarias de clase.**

El hecho de que la fecha de construcción del colegio sea anterior la entrada en vigor de la Norma Básica de Edificación CT-79 hace pensar que los criterios de aislamiento térmico sean escasos no o de condiciones muy bajas. Cabe destacar que, aunque el colegio dispone de un sistema de refrigeración se puede entender que no es utilizado por la cantidad de lecturas de temperaturas altas registradas. Una característica clara de situación de pobreza energética.

Atendiendo exclusivamente a temperatura y humedad relativa el 49,66% del tiempo que los niños pasan en el aula tienen unas condiciones confortables. Este porcentaje se reduce hasta un 23,19% de confort real cuando además introducimos la calidad del aire en cada punto, lo que supone una media de 1h de las 5 horas diarias que los niños pasan en clase.

---

<sup>16</sup> Colegios en climas templados con inviernos suaves y veranos calurosos se detectan mayor disconfort desde el punto de vista higrotérmico. La aparente sensación de que en los que se presupone que es más fácil alcanzar temperaturas de confort interiores

## 15.7. Barcelona (norte):

Barcelona se enmarca en la climatología Mediterráneo Costa caracterizada por inviernos suaves y veranos calurosos. En concreto, el colegio monitorizado se edificó antes de la entrada en vigor de la Norma Básica de Edificación CT-79. Para la climatización del edificio, cuenta con instalación de calefacción y de aire acondicionado.

Del total de puntos de lectura (muestras) se han seleccionado tan solo aquellos que coinciden con el horario de clases de los alumnos, en total 5.071 (puntos de lectura) que recogen 25.355 parámetros, entre los meses de octubre de 2017 a mayo de 2018.

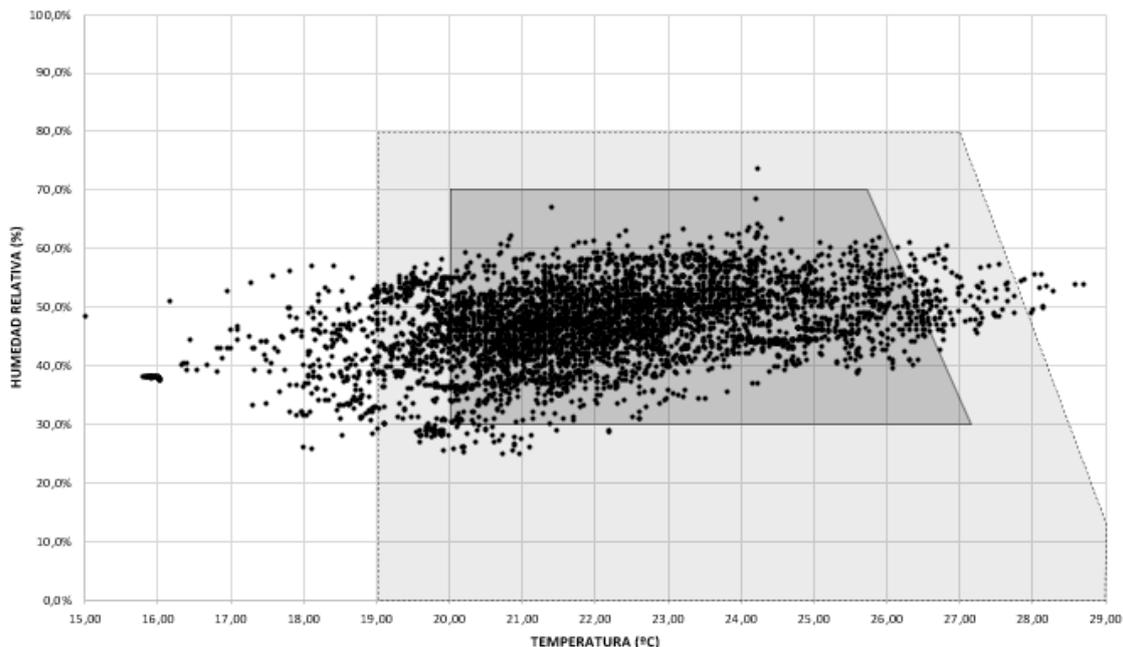
### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico (tabla 1) se aprecian medidas fuera de rango tanto por frío bajando hasta 16°C, como por calor superando los 28°C, mientras que la humedad desciende en ocasiones por debajo de 30%, manteniéndose la mayoría del tiempo entre 30% y 60%<sup>17</sup>.

Del total de puntos considerados correspondiente al tiempo que los niños pasan en el aula, el **80,95%** se encuentran dentro de la zona de **confort higrotérmico**.

Los registros que salen de esta área lo hacen mayoritariamente por el lado izquierdo, hacia las temperaturas por debajo de los 19°C, marcando registros incluso de 15°C, aunque también se marcan registros por el lado derecho, con temperaturas superiores a los 26°C, alcanzando hasta los 29°C.

**BALCELONA NORTE DE OCTUBRE A MAYO DEL CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMINCO REGISTRADO (MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS)**



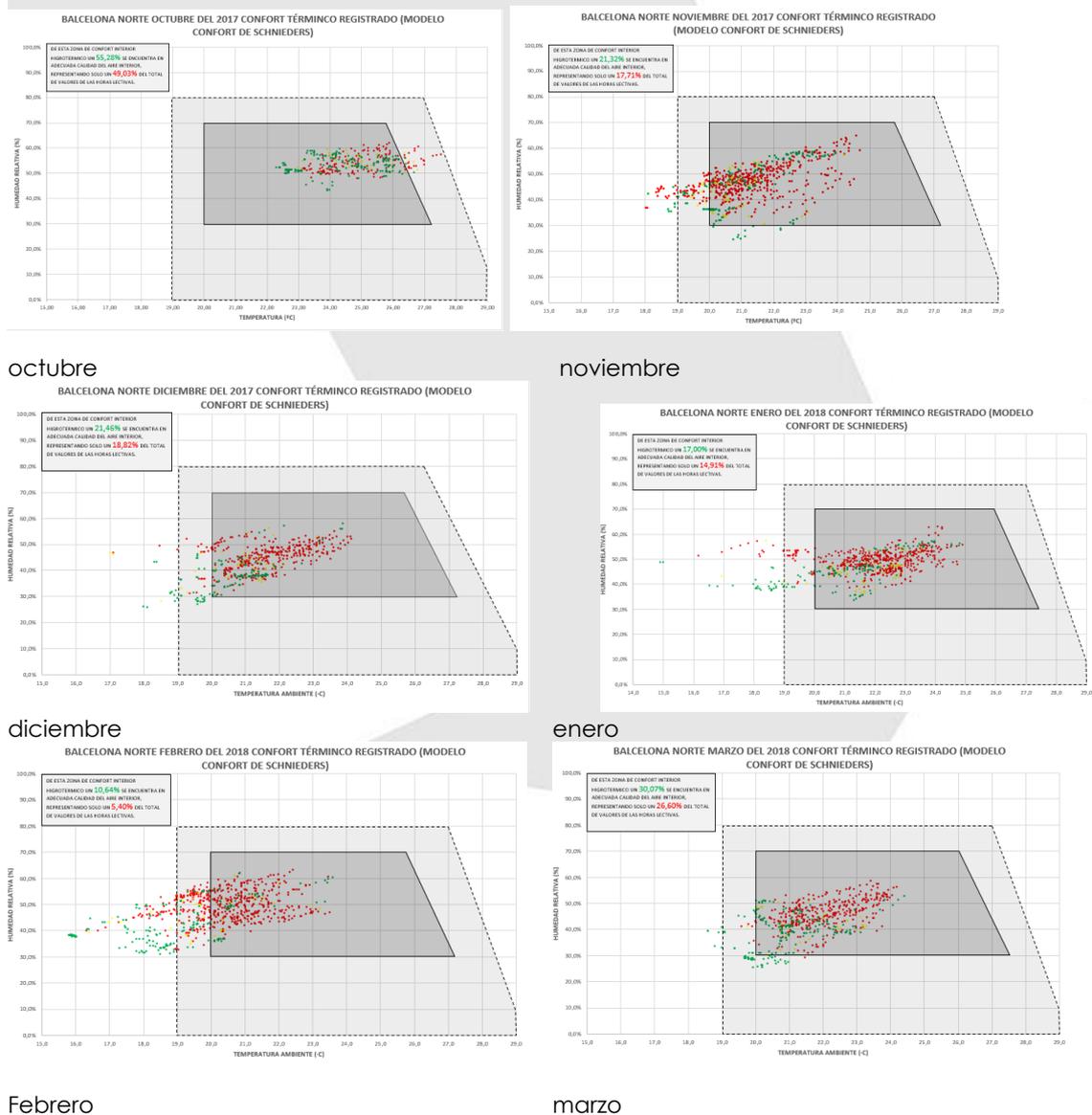
<sup>17</sup> (La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa).

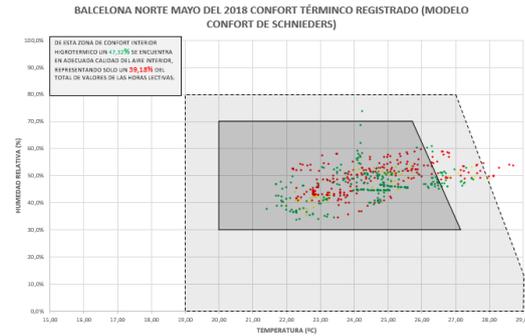
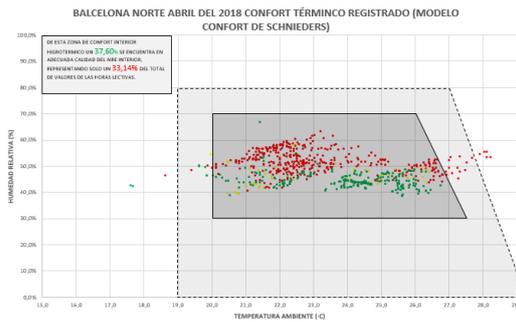
Tabla 1

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a junio cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

Desglosando estos datos por meses se observa como las temperaturas se desplazan hacia temperaturas más frías conforme bajan las temperaturas exteriores en los meses más fríos (noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo), saliendo de rango por frío hasta temperaturas de 15-16°C, volviendo hacia temperaturas más elevadas conforme suben las temperaturas exteriores en mese más cálidos (abril y mayo), saliendo de rango por calor y alcanzando temperaturas superiores a 28°C en mayo.

Se observa también de manera generalizada que las mediciones de cada mes marcan un patrón ascendente hacia la derecha, que indica mayores niveles de humedad relativa interior a mayores temperaturas.





Abril  
Tabla 2

mayo

### Calidad del aire <sup>18</sup>

En cuanto a la calidad del aire, se observa que los puntos en rojo, con concentraciones superiores a 1.000ppm, se agrupan en zonas con mayor humedad relativa que los puntos amarillos y verdes, con concentraciones inferiores a 1.000ppm.

Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **39,34%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO2 inferiores a 1000ppm.**

<sup>18</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de Co2 en el aire. Concentraciones de Co2 en el aire >1000ppm no son recomendables.

## Confort real

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Barcelona (norte) el **23,60%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad comfortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

**BALCELONA NORTE DE OCTUBRE A MAYO DEL CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMINCO REGISTRADO (MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS)**

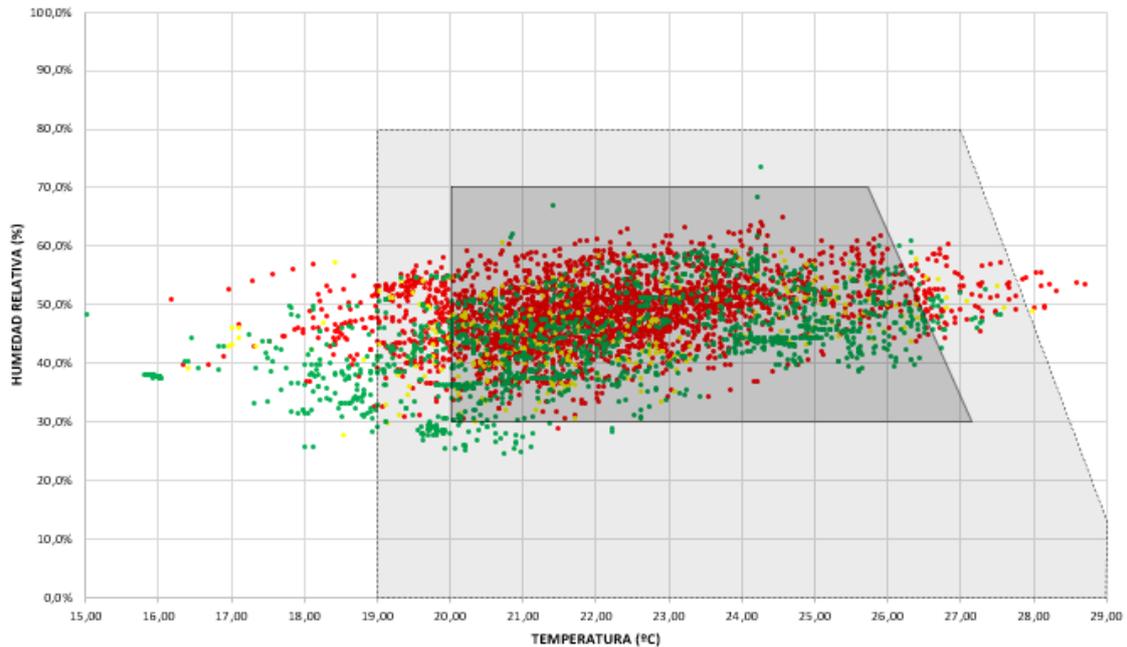


Tabla 3



### Patrones observados:

La tabla 4 representa la monitorización representativa de los días lectivos del curso. En concreto, un día del mes de enero en que se aprecia cómo al comienzo de la ocupación del aula la concentración de CO<sub>2</sub> asciende rápidamente. Se observa un descenso de la concentración coincidente con una ventilación puntual, otro descenso coincidente con el horario de recreo y un descenso paulatino al final del día. En los momentos de ocupación del aula y estando cerrada se alcanzan picos superiores a 3.000ppm de CO<sub>2</sub>. Este patrón se observa durante todo el año.

A su vez, la temperatura del aula es inferior a los 20°C al comienzo de las clases, consiguiendo superar ese valor cuando se mantiene cerrada (con alta concentración de CO<sub>2</sub> interior) y perdiendo de nuevo la temperatura mínima de 20°C cuando se ventila el aula (coincidiendo con los descensos de CO<sub>2</sub> interior). Este patrón se observa en los meses más fríos.

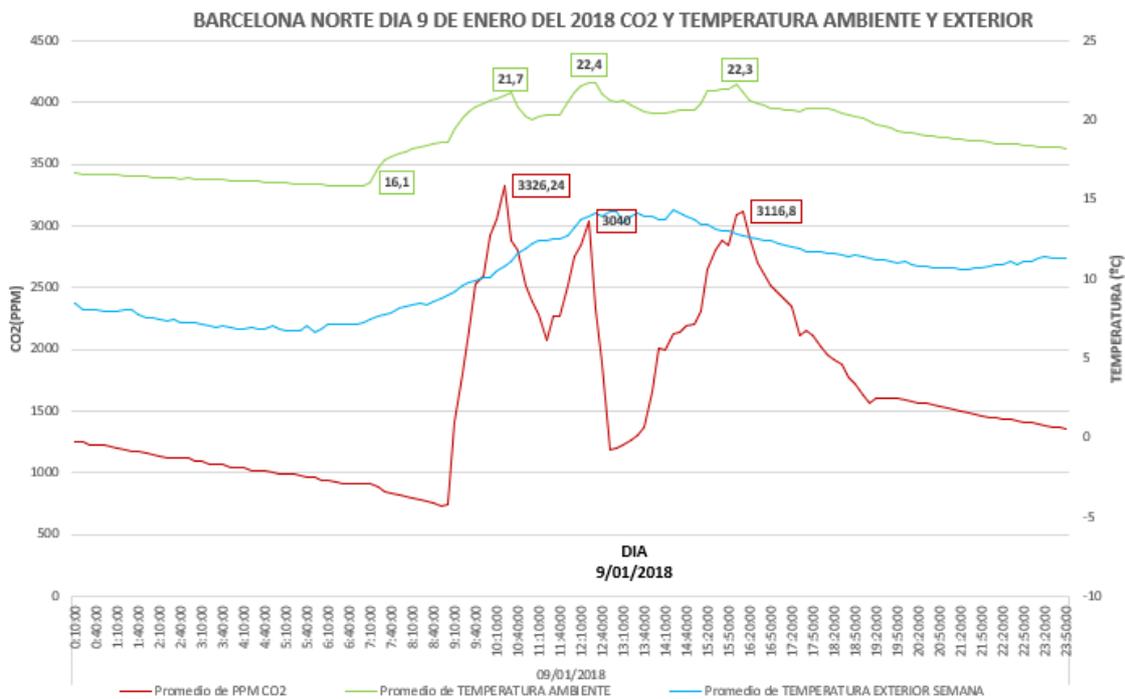


Tabla 4

## CONCLUSIONES

**En el colegio monitorizado de Barcelona (norte) tan solo el 23,60% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 70 minutos de las 5h diarias de clase.**

El hecho de que la fecha de construcción del colegio sea anterior la entrada en vigor de la Norma Básica de Edificación CT-79 hace pensar que los criterios de aislamiento térmico no existan o sean muy bajos.

A pesar de la existencia de sistema de calefacción y de contar con climatología suave en invierno, las temperaturas descienden hasta registros de 15-16°C en los meses más fríos. Por otra parte, en los meses más cálidos se alcanzan temperaturas hasta 28°C a pesar de contar con sistema de aire acondicionado.

Destaca la correlación entre mayor humedad relativa interior y mayor concentración de CO<sub>2</sub> interior, que a su vez se correlaciona ligeramente con temperaturas más altas en cada mes. Esto hace pensar que el aumento de los tres parámetros se debe al aporte de calefacción en invierno y ganancias solares en verano, así como a la presencia de los propios alumnos (generando CO<sub>2</sub> y humedad), al tiempo que no se garantiza una correcta ventilación en el aula.

Atendiendo exclusivamente a temperatura y humedad relativa, el 80,95% del tiempo que los niños pasan en el aula tienen unas condiciones confortables. Este porcentaje se reduce hasta un 23,60% de confort real cuando además introducimos la calidad del aire en cada punto, lo que supone una media de 70 minutos de las 5 horas diarias que los niños pasan en clase.

## 15.8. Barcelona (sur):

Barcelona se enmarca en la climatología Mediterráneo Costa caracterizada por inviernos suaves y veranos calurosos. En concreto, el colegio monitorizado se edificó con posterioridad a la entrada en vigor de la Norma Básica de Edificación CT-79 y antes de 2006 por lo que se acoge a la citada norma. Para la climatización del edificio, cuenta con instalación de calefacción y de aire acondicionado.

Del total de puntos de lectura (muestras) se han seleccionado tan solo aquellos que coinciden con el horario de clases de los alumnos, en total 2.976 (puntos de lectura) que recogen 14.880 parámetros, en los periodos de octubre a diciembre de 2017 y febrero a abril de 2018.

### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico (tabla 1) se aprecia que las medidas que salen del rango de temperatura lo hacen por la parte izquierda, entre 16°C y 19°C, mientras que, de manera generalizada, todas las mediciones registran humedades relativas bajas, entre 20% y 50%<sup>19</sup>.

Del total de puntos considerados correspondiente al tiempo que los niños pasan en el aula, el **51,88%** se encuentran dentro de la zona de **confort higrotérmico**.

**BALCELONA SUR DE OCTUBRE A DICIEMBRE DE 2017 Y DE FEBRERO A ABRIL DE 2018**  
**CONFORT TÉRMICO REGISTRADO (MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS)**

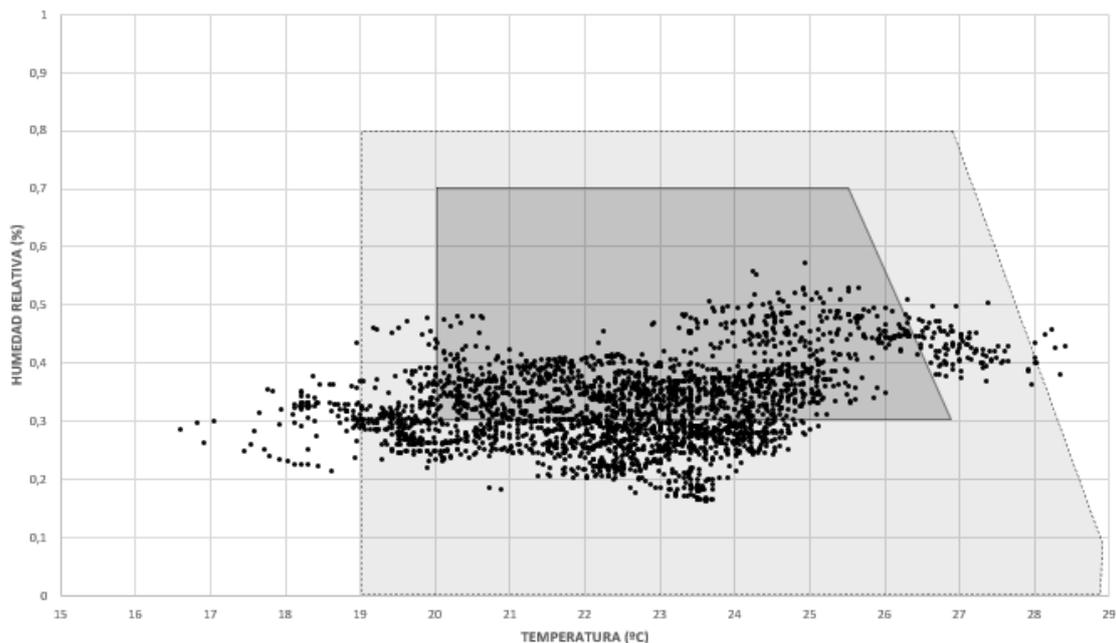


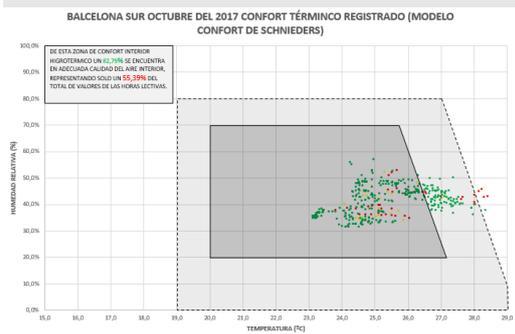
Tabla 1

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a junio cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

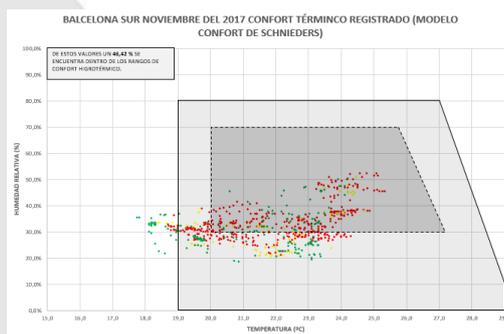
<sup>19</sup> (La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa).

Desglosando estos datos por meses se observa como las temperaturas se desplazan hacia temperaturas más frías conforme bajan las temperaturas exteriores en los meses más fríos (noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo), saliendo de rango por frío hasta temperaturas de 15-16°C, volviendo hacia temperaturas más elevadas conforme suben las temperaturas exteriores en meses más cálidos (abril y mayo), saliendo de rango por calor y alcanzando temperaturas superiores a 28°C en mayo.

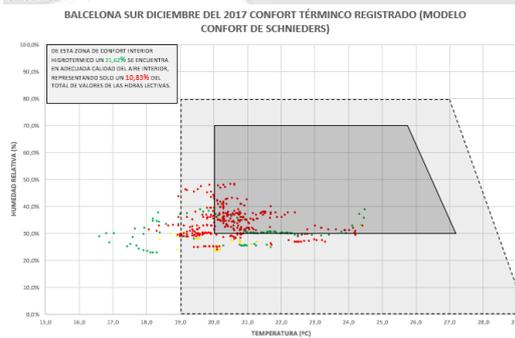
Se observa también de manera generalizada que las mediciones de cada mes marcan un patrón ascendente hacia la derecha, que indica mayores niveles de humedad relativa interior a mayores temperaturas.



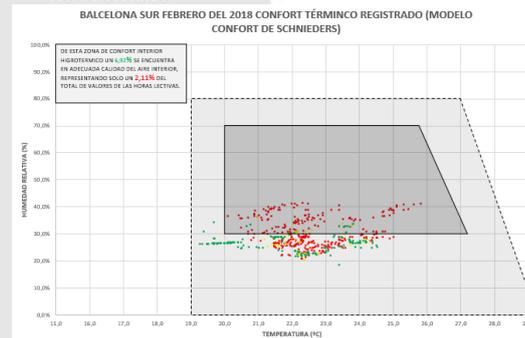
octubre



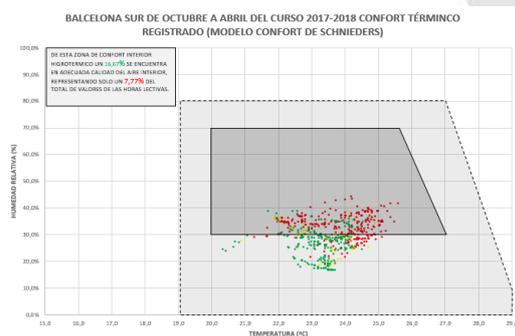
noviembre



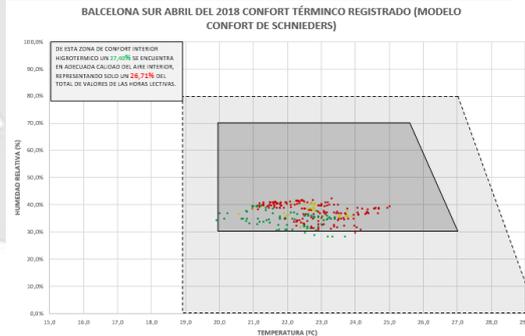
diciembre



febrero



Marzo  
Tabla 2



abril

## Calidad del aire <sup>20</sup>

En cuanto a la calidad del aire, referida a la concentración de CO<sub>2</sub> interior, se observa que tanto los puntos en rojo, con concentraciones superiores a 1.000ppm, se agrupan en su mayoría en la zona central de confort, mientras que los puntos verdes, con concentraciones inferiores a 1.000ppm, se reparten por toda la horquilla de temperaturas registradas.

Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **47,45%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO<sub>2</sub> inferiores a 1000ppm**.

## Confort real

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Barcelona (sur), el **15,89%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad comfortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

**BALCELONA SUR DE OCTUBRE A ABRIL DEL CURSO 2017- 2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO (MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS)**

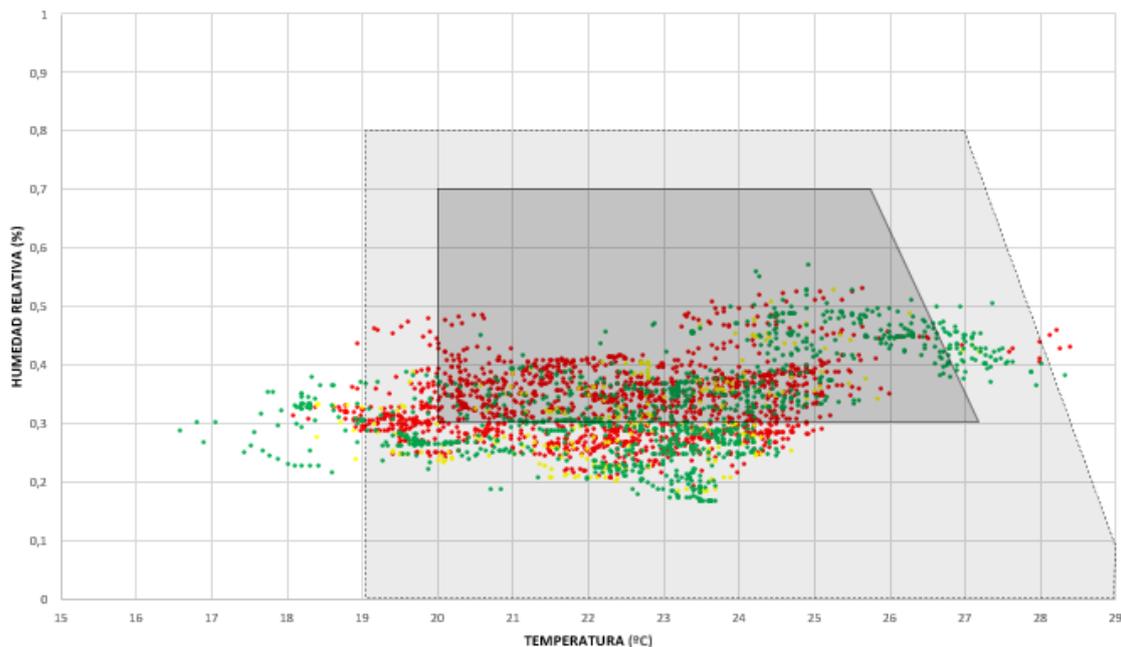


Tabla 3

<sup>20</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón (ppm) de concentración de CO<sub>2</sub> en el aire. Concentraciones de CO<sub>2</sub> en el aire >1000ppm no son recomendables.

### Patrones observados:

La tabla 4 representa la monitorización representativa de los días lectivos del curso. En concreto, una semana del mes de noviembre en que se aprecia como la concentración de CO<sub>2</sub> responde a la ocupación del aula, aumentando de manera rápida al comienzo de la jornada lectiva, con un ligero descenso en la hora del recreo, un nuevo repunte hasta el final de la mañana, apenas descenso en el descanso de la comida y de nuevo un incremento durante el uso de la tarde, alcanzando picos máximos superiores a 2.000ppm. Este patrón se observa durante todo el año

Por su parte, la temperatura interior describe el mismo recorrido, pero manteniéndose prácticamente toda la jornada por debajo de los 20°C en los meses más fríos, mientras que en los meses más cálidos se mantiene generalmente entre los 20°C y los 25°C.

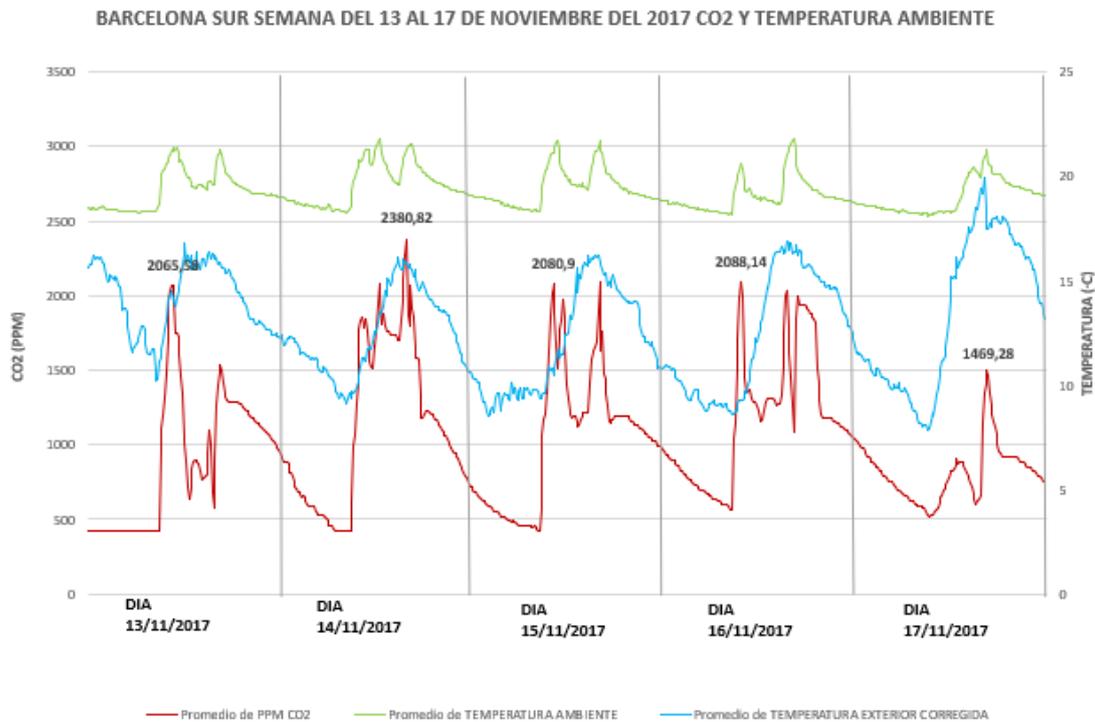


Tabla 4

## CONCLUSIONES

**En el colegio monitorizado de Barcelona (sur) tan solo el 15,89% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 48 minutos de las 5h diarias de clase.**

El colegio fue edificado con la Norma Básica de Edificación CT-79 en vigor, por lo que debe contar con criterios de aislamiento térmico, aunque estos sean mínimos.

Se aprecia como en los meses de noviembre, diciembre, febrero y marzo, se produce un descenso generalizado de los valores de humedad relativa registrados respecto del mes de octubre, al tiempo que aumentan las mediciones que registran altas concentraciones de CO<sub>2</sub>. Esto encaja con el uso del sistema de calefacción en los periodos de uso del aula.

Atendiendo exclusivamente a temperatura y humedad relativa, el 51,88% del tiempo que los niños pasan en el aula tienen unas condiciones confortables. Este porcentaje se reduce hasta un 15,89% de confort real cuando además introducimos la calidad del aire en cada punto, lo que supone una media de 48 minutos de las 5 horas diarias que los niños pasan en clase.

## 15.9. Bilbao:

En Bilbao, el colegio que se ha monitorizado se encuentra enmarcado dentro una climatología Atlántica costa. El colegio monitorizado se construyó con anterioridad a la entrada en vigor de la Norma Básica de la Edificación CT-79, por lo que no tiene requisitos mínimos de aislamiento térmico. Como sistemas de climatización, dispone únicamente de calefacción. Del total de puntos de lectura tomados se han seleccionado aquellos comprendidos dentro del horario lectivo de los alumnos, que ascienden a 5.583, y una muestra total de 27.915 parámetros, entre los meses de noviembre de 2017 a junio de 2018.

### Confort higrotérmico

En cuanto a confort higrotérmico en el aula, centrándonos en la temperatura se registran lecturas desde los 14°C hasta los 29°C, encontrando el grueso de puntos situados entre los 20°C y los 24°C. En lo referido a humedad relativa la gran mayoría de los registros se mantienen en el rango 30%-80%, descendiendo por debajo de 30% y sin llegar al 25% en una pequeña parte de las mediciones<sup>21</sup>.

Del total de puntos considerados, el **67,22 %** de ellos se encuentran dentro de la zona de confort higrotérmico. Los registros fuera de esta área lo hacen tanto por la parte izquierda de la misma, es decir, hacia temperaturas inferiores a los 20°C, como por la parte derecha, por encima de los 26°C.

VIZCAYA DE NOVIEMBRE A JUNIO CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO  
"MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"

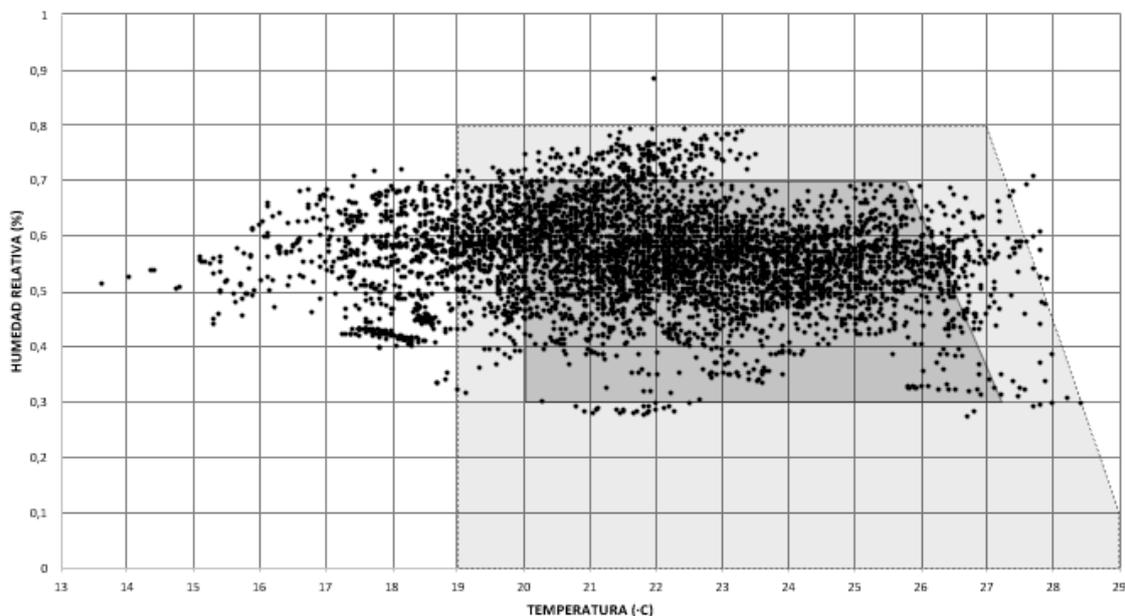
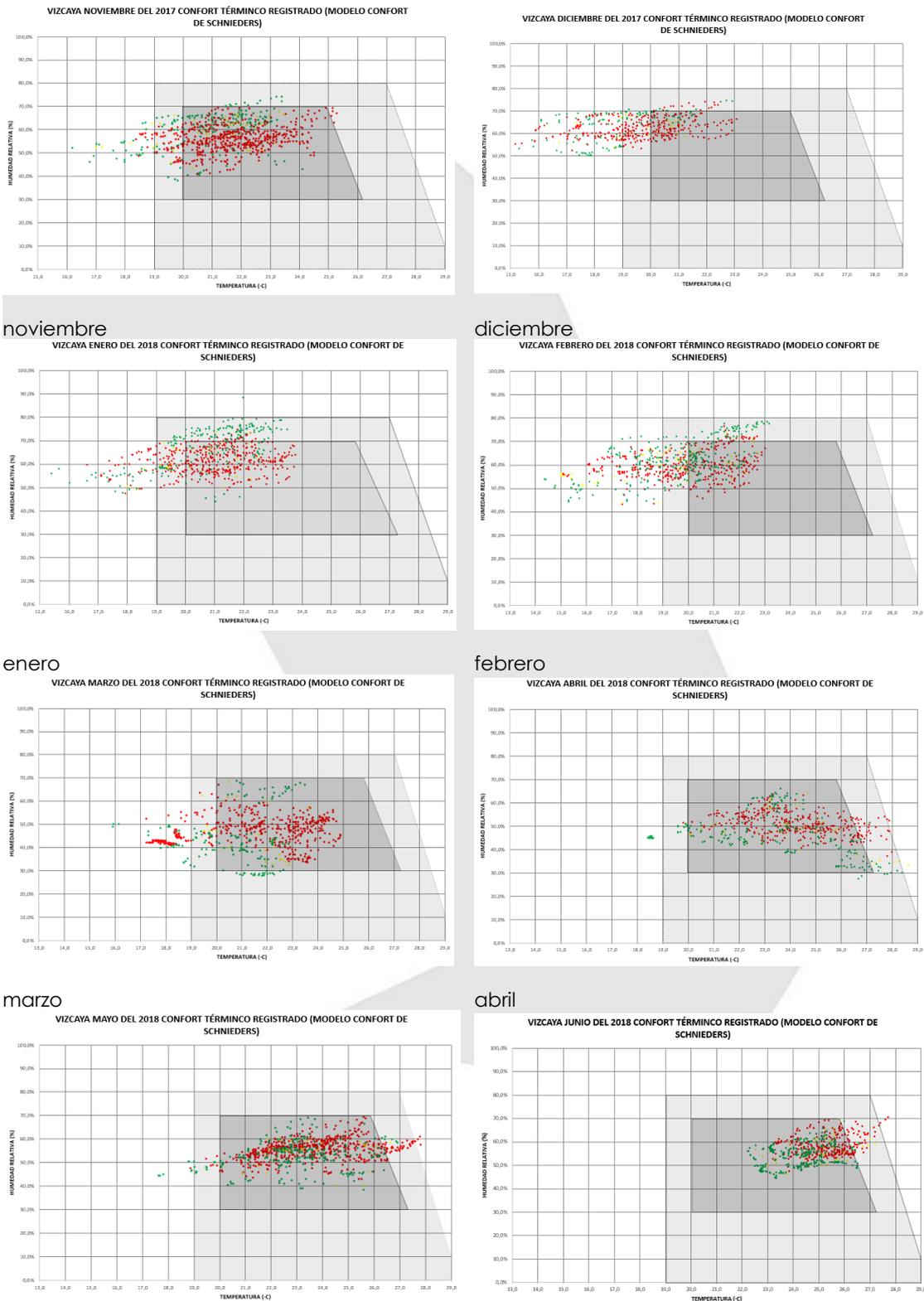


Tabla 1

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde noviembre a junio cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

<sup>21</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

Desglosando estos datos por meses se puede observar que existe un desplazamiento hacia temperaturas más frías fuera del rango de confort en el aula coincidiendo con los meses de mayor severidad climática de invierno, entre los meses de diciembre y febrero.



mayo  
 Tabla 2

junio

## Calidad del aire

La calidad del aire referida a la concentración de CO<sub>2</sub> interior, se observa que los puntos que registran concentraciones superiores a 221.000ppm (en rojo) se concentran en mayor proporción en la zona de mayores temperaturas y humedades de las registradas, mientras que la mayoría de los puntos con concentraciones inferiores a 1.000ppm (en amarillo y verde) se agrupan en zonas de menores temperaturas y humedades relativas interiores. Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **38,13%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO<sub>2</sub> inferiores a 1000ppm**.

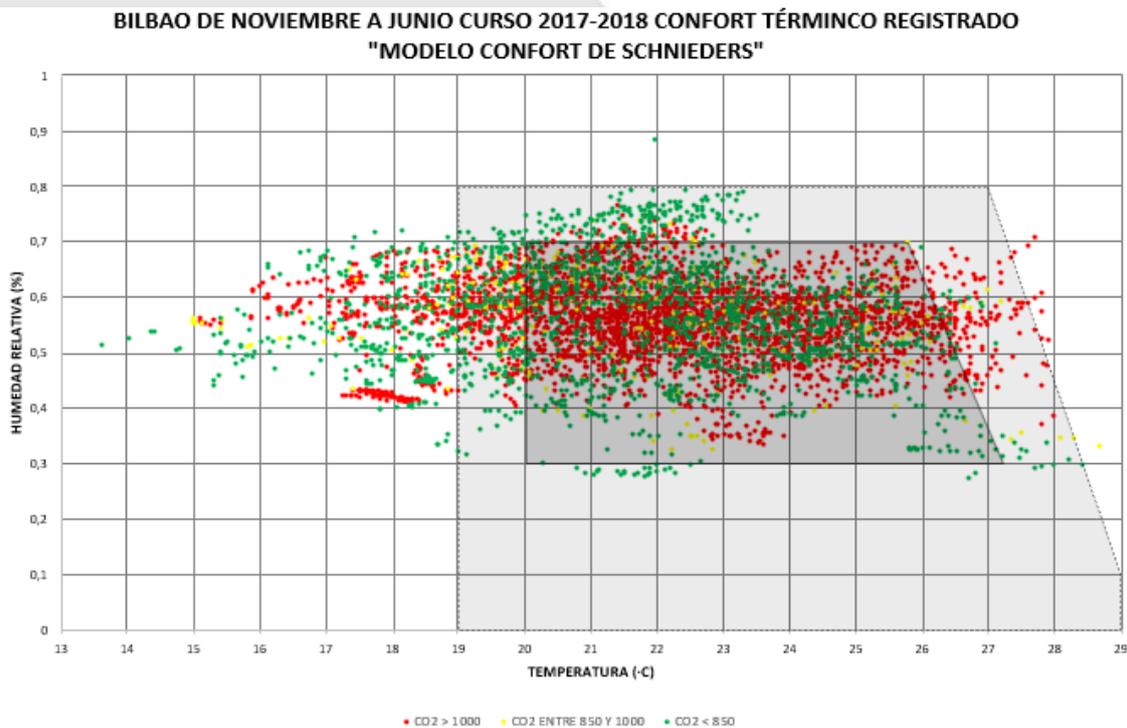


Tabla 3

## Confort real

Cruzando ambos parámetros, registro higrométrico y concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Bilbao, el **19,21%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad comfortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

<sup>22</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de CO<sub>2</sub> en el aire. Concentraciones de Co<sub>2</sub> en el aire >1000ppm no son recomendables.

### Patrones observados:

La tabla 4 representa los datos obtenidos en cuanto a temperaturas interiores y concentración de CO<sub>2</sub> en partes por millón durante una semana representativa en los meses más fríos.

Se observa como la temperatura cae por debajo de los 20°C en los periodos sin uso del aula y se mantiene generalmente en rango durante la jornada, gracias al aporte del sistema de calefacción. Por su parte, la concentración de CO<sub>2</sub> aumenta rápidamente al comienzo de la jornada, se mantiene durante toda la jornada por encima de 1.000ppm, disminuyendo en los momentos de no ocupación, y alcanza picos diarios entre 2.100ppm y 3.200ppm.

Por último, cabe señalar que los momentos en que la temperatura alcanza su máximo por encima de los 20°C, coinciden en el tiempo con los momentos que marcan los picos con concentraciones de CO<sub>2</sub> por encima de 2.100ppm.

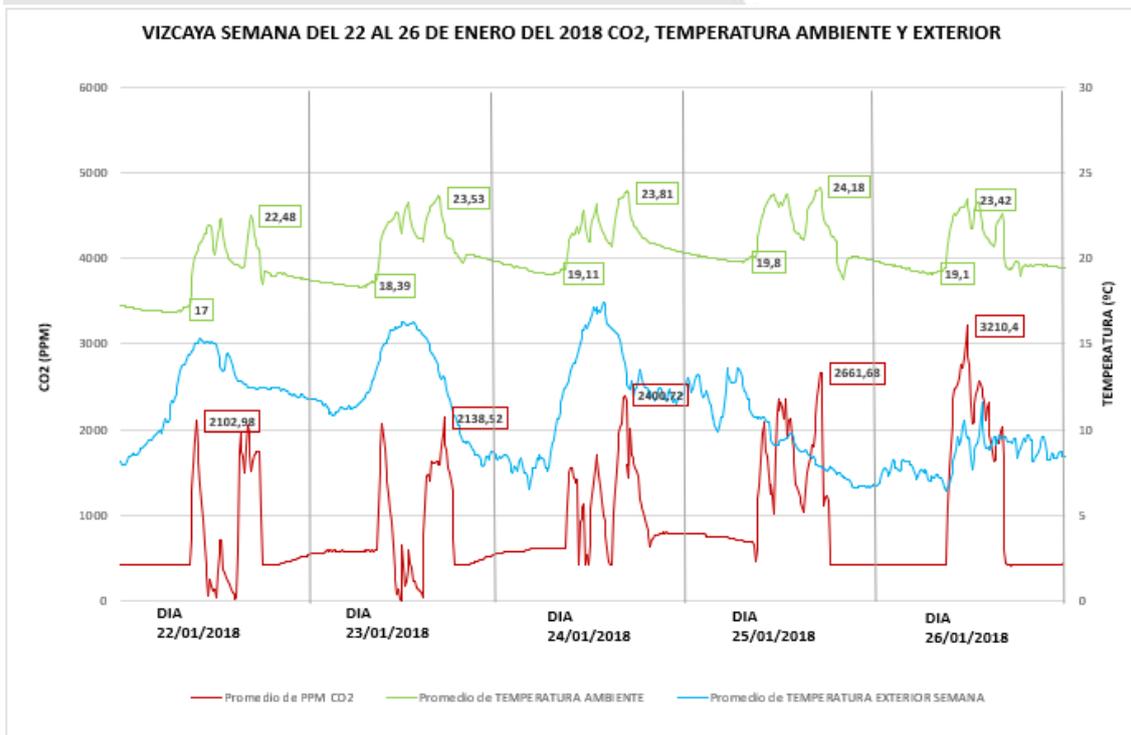


Tabla 4 Registro de concentración de CO<sub>2</sub> en el mes de enero de 2018

Las variaciones de temperatura exterior se reflejan de manera relativamente rápida en las condiciones de temperatura interior (y de temperatura superficial interior), es decir, que el edificio no mantiene las condiciones de temperatura interiores sin el aporte continuo de calefacción en época de frío, debido probablemente al inexistente aislamiento térmico. A continuación, se incluye la tabla 5 donde se observa este patrón.

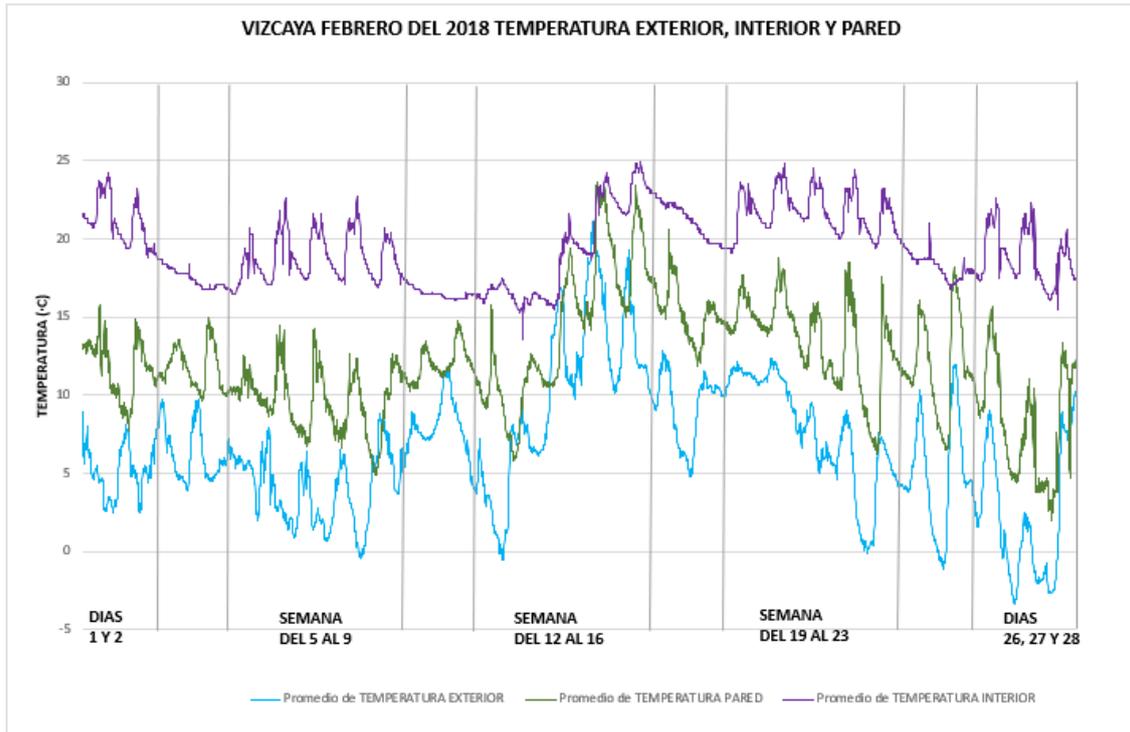


Tabla 5 Registro de temperaturas exteriores e interiores en el mes de febrero de 2018.

## CONCLUSIONES

**En Bilbao, el colegio monitorizado arroja que tan solo el 19,21% del tiempo que los niños y profesores ocupan el aula están en condiciones de confort real, es decir, manteniendo los tres parámetros medidos, temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 57 minutos sobre 5 horas diarias de clases.**

El hecho de que la fecha de construcción del colegio sea anterior la entrada en vigor de la Norma Básica de Edificación CT-79 hace pensar que los criterios de aislamiento térmico no existan o sean muy bajos. Las temperaturas interiores oscilan rápidamente con los cambios de temperatura exteriores.

Las temperaturas se mantienen un 67,22% del tiempo en rango de confort, lo que es un porcentaje por debajo de la media del clima. La existencia de un sistema de calefacción en el centro es un factor que contribuye a esto. Por su parte, las condiciones de calidad de aire interior se mantienen en rango el 38,13% del tiempo y en confort real el 19,21% del tiempo lectivo. Estos valores están por encima de las medias que arrojan los colegios de la misma climatología, atlántica costa, donde los inviernos más suaves.

### 15.10. Burgos:

Burgos se caracteriza por tener un clima predominantemente frío, característico de los climas atlántico continental de los que aquí se han agrupado. El colegio monitorizado se construyó con anterioridad a la entrada en vigor de la Norma Básica de la Edificación CT-79, por lo que no tiene requisitos mínimos de aislamiento térmico. Como único sistema de climatización cuenta con calefacción.

Del total de puntos de lectura (muestras) se han seleccionado tan solo aquellos que coinciden con el horario de clases de los alumnos, en total 5.734 (puntos de lectura) que recogen 28.670 parámetros, en los periodos de septiembre de 2017 a junio de 2018.

#### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico (tabla 1) se aprecia que las medidas que salen del rango de temperatura lo hacen tanto por la parte izquierda, entre 14°C y 19°C, como por la parte derecha, entre 27°C y 29°C.

El grueso de los registros se sitúa en humedades relativas en rango entre 40% y 60%, encontrando también mediciones con humedades más bajas, inferiores a 40% y hasta 25%, pero también más altas, por encima de 60% y hasta 70%<sup>23</sup>.

Del total de puntos considerados correspondiente al tiempo que los niños pasan en el aula, el **82,62%** se encuentran dentro de la zona de **confort higrotérmico**.

---

<sup>23</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

**BURGOS SEPTIEMBRE A JUNIO CURSO 2017- 2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO  
 "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS".**

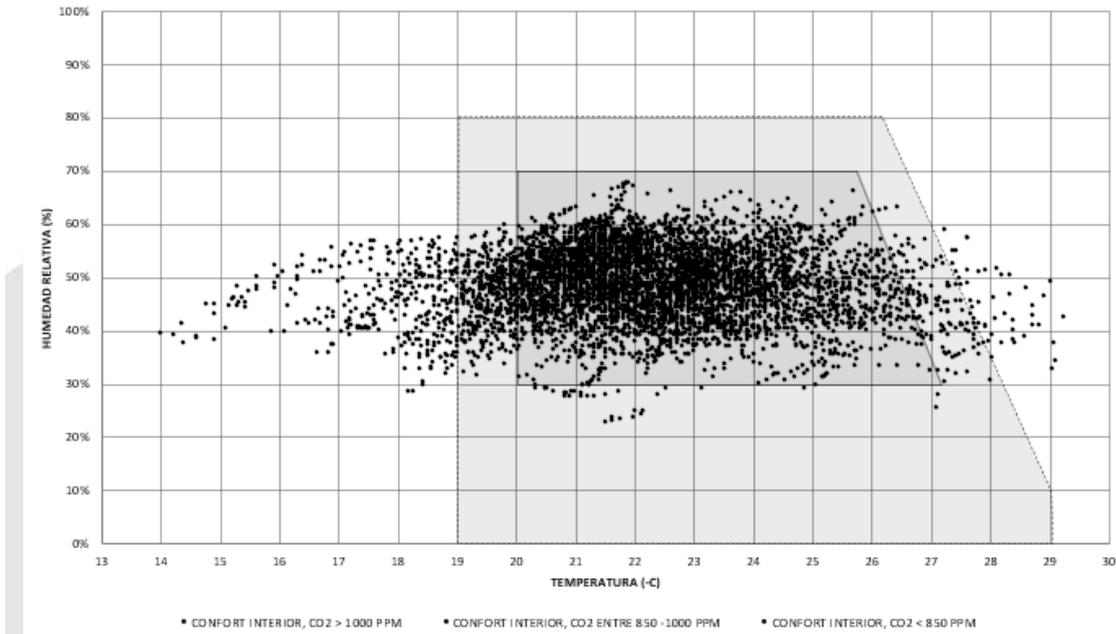
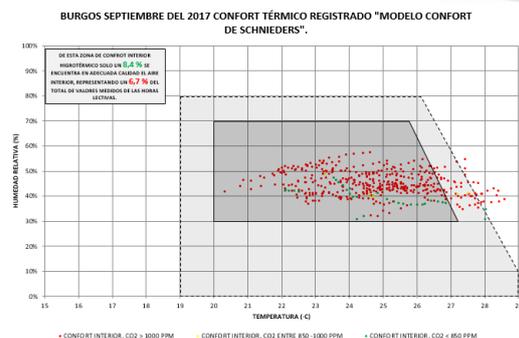


Tabla 1

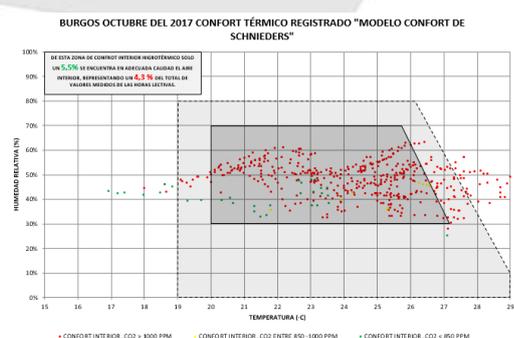
La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a junio cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

Desglosando estos datos por meses se observa como las temperaturas comienzan en temperaturas altas, incluso fuera de rango por calor en los primeros meses lectivos, cuando las temperaturas exteriores aún no son tan bajas y se cuenta con el apoyo de calefacción (septiembre y octubre), se desplazan hacia temperaturas más frías conforme bajan las temperaturas exteriores en los meses más fríos ( de noviembre a marzo), saliendo de rango por frío hasta temperaturas de 15-16°C, volviendo hacia temperaturas más elevadas conforme suben las temperaturas exteriores en mese más cálidos (abril, mayo y junio).

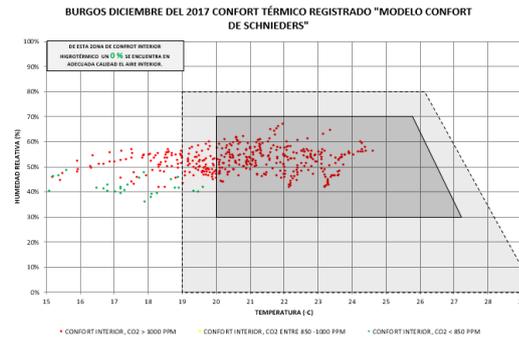
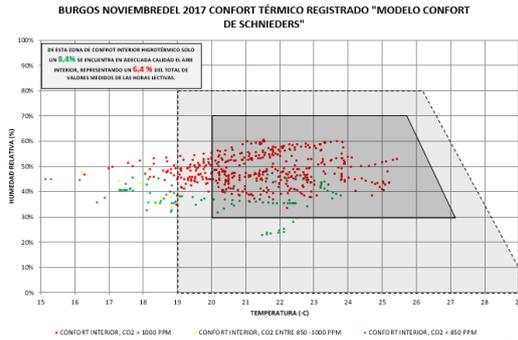
Se observa también en determinados meses que las mediciones marcan un patrón ascendente hacia la derecha, que indica mayores niveles de humedad relativa interior a mayores temperaturas.



septiembre

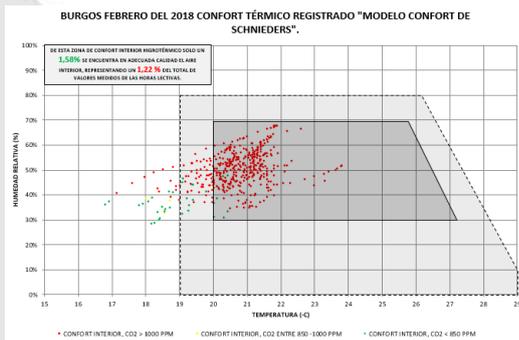
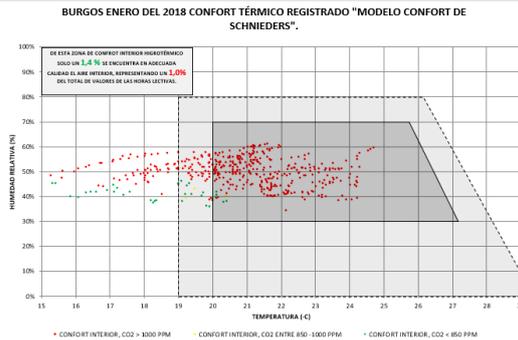


octubre



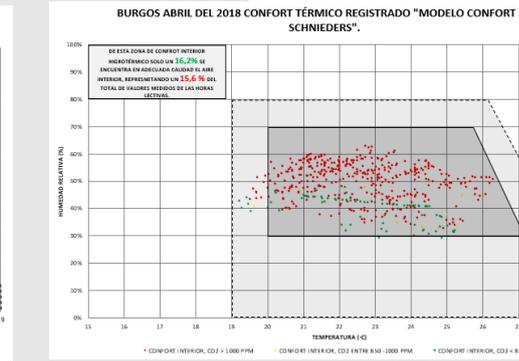
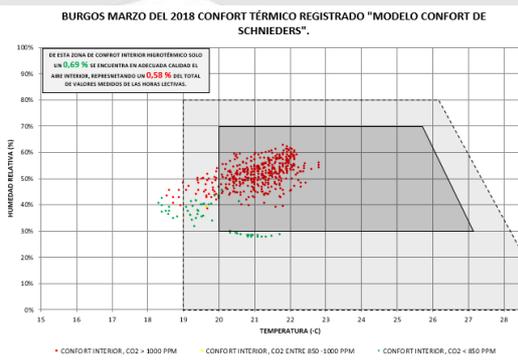
noviembre

diciembre



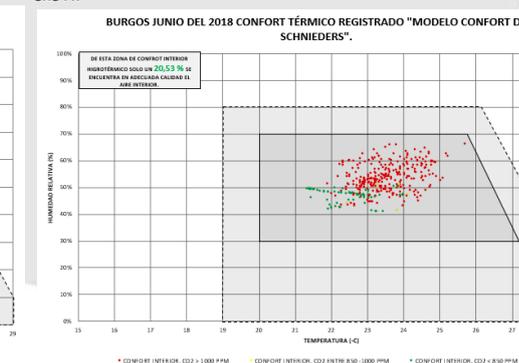
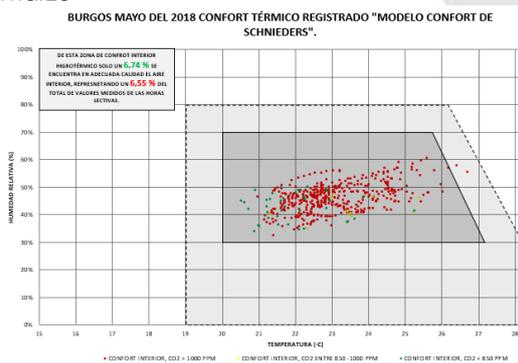
enero

febrero



marzo

abril



mayo

junio

Tabla 2

## Calidad del aire <sup>24</sup>

En cuanto a la calidad del aire, se observa que los puntos en rojo, con concentraciones superiores a 1.000ppm, se sitúan en todo el rango de registros, generalmente en temperaturas más altas y con mayor humedad relativa interior que los puntos con concentraciones inferiores a 1.000ppm, en colores amarillo y verde, en los mismos períodos.

Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **9,99%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO2 inferiores a 1000ppm**.

## Confort real

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO2 resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Burgos el **5,72%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO2 se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

**BURGOS DE SEPTIEMBRE A JUNIO CURSO 2017- 2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS".**

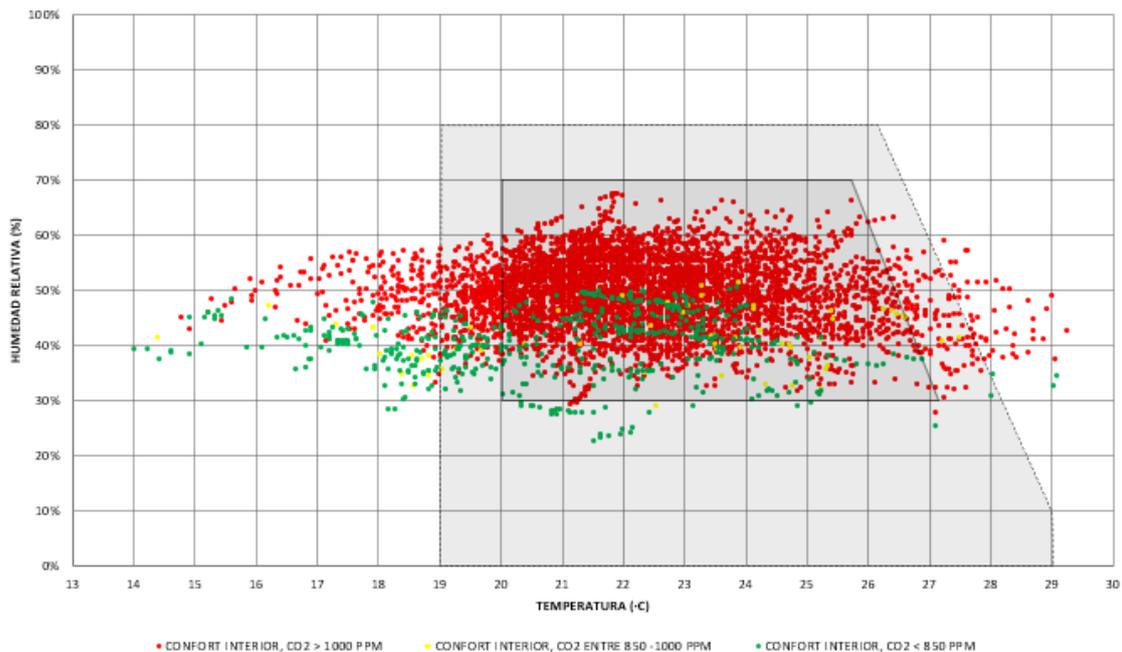


Tabla 3

<sup>24</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de Co2 en el aire. Concentraciones de Co2 en el aire >1000ppm no son recomendables.

### Patrones observados:

En la tabla 4 destaca a simple vista como los registros se alinean en franjas ascendentes hacia la derecha, siendo además los primeros registros (inferior izquierda) de color verde-amarillo y pasando a rojo rápidamente. Esto manifiesta que el aula al comienzo está en temperatura más fría (fuera de rango en muchas ocasiones) y humedad relativa más baja y que a medida que avanza la jornada se aumenta la temperatura y la humedad relativa por el aporte de la calefacción, así como de los alumnos. Este patrón se observa en prácticamente todos los meses, además del representado en la tabla 4.

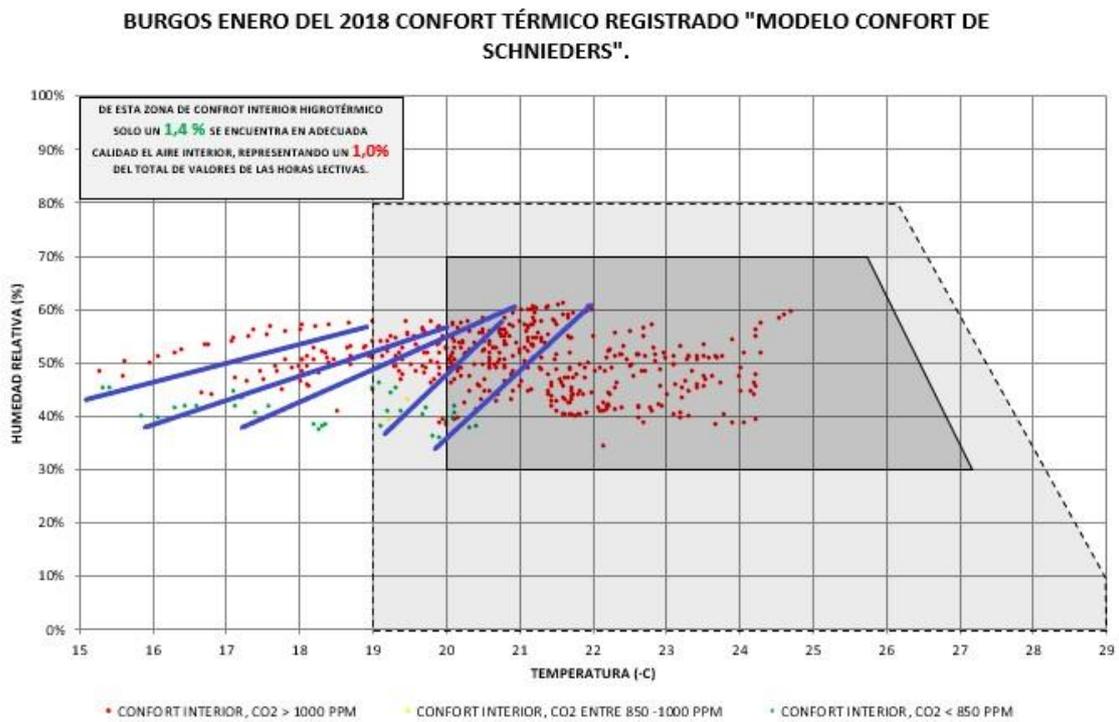


Tabla 4

La tabla 5 representa la monitorización representativa de un día lectivo del curso. En concreto, el 19 de febrero en que se aprecia como la concentración de CO<sub>2</sub> responde a la ocupación del aula, aumentando de manera muy rápida al comienzo de la jornada lectiva, alcanzando pico de 3.334ppm, con un ligero descenso en la hora del recreo, y de nuevo un incremento durante final de la jornada, alcanzando pico máximo de 3.956ppm. Este patrón se observa durante todo el año

Por su parte, la temperatura interior describe el mismo recorrido, pero manteniéndose prácticamente toda la jornada por debajo de los 20°C.

### BURGOS DÍA 19 DE FEBRERO DEL 2018 CO<sub>2</sub>, TEMPERATURA AMBIENTE Y TEMPERATURA EXTERIOR

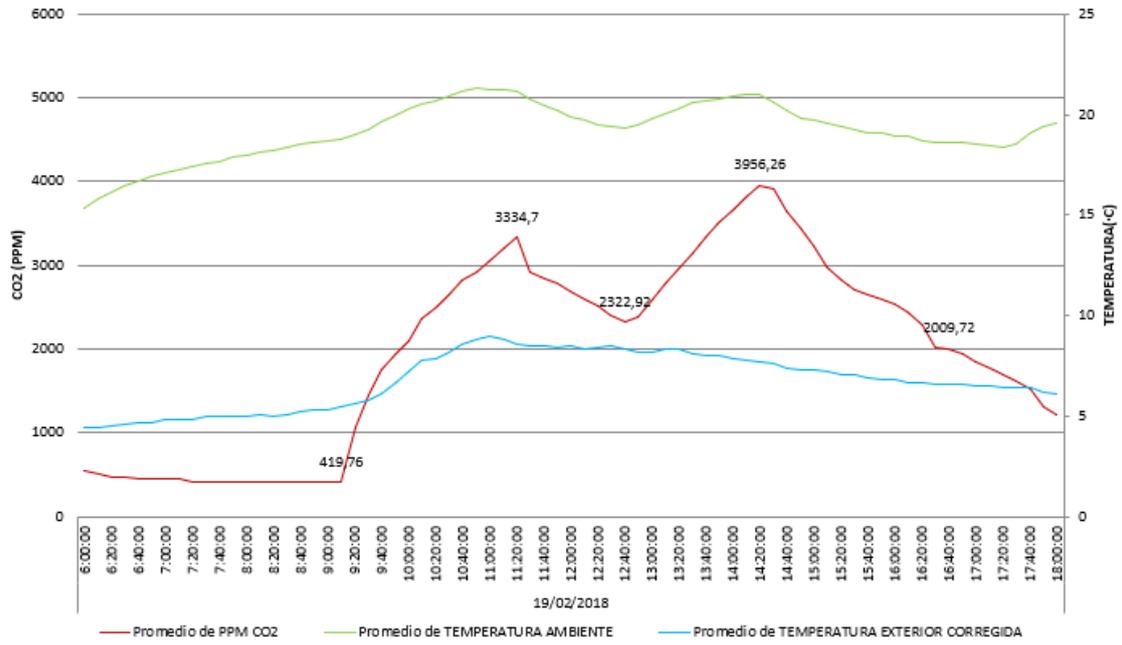


Tabla 5

## CONCLUSIONES

**En el colegio monitorizado de Burgos tan solo el 5,72% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 17 minutos de las 5h diarias de clase.**

El colegio fue edificado con anterioridad a la Norma Básica de Edificación CT-79 en vigor, por lo que no responde a obligatoriedad de criterios de aislamiento térmico mínimo.

Se aprecia como la monitorización de este colegio encaja con las monitorizaciones características de climas fríos, en los que el sistema de calefacción trabaja para compensar la falta de aislamiento en meses fríos, manteniendo la temperatura en rango el 82,62% del tiempo. Por su parte, la concentración de CO<sub>2</sub> se mantiene de manera generalizada en niveles por encima de 1.000ppm, también característico de aulas cerradas y poco ventiladas en clima frío.

Atendiendo exclusivamente a temperatura y humedad relativa, el 82,62% del tiempo que los niños pasan en el aula tienen unas condiciones confortables. Este porcentaje se reduce hasta un 5,72% de confort real cuando además introducimos la calidad del aire en cada punto, lo que supone una media de 17 minutos de las 5 horas diarias que los niños pasan en clase.

### 15.11. Cáceres:

La ciudad de Cáceres se encuadra en un clima predominante cálido, cuya característica principal es la existencia de temperaturas cálidas durante todo el año. El colegio objeto de monitorización se encuentra construido antes del año 1979, año de entrada en vigor del CT79 que fue el primer documento oficial que marcaba unas mínimas condiciones térmicas a cumplir en los edificios. Tiene instalación de refrigeración y calefacción. Del total de puntos de lectura (muestras) se han seleccionado tan solo aquellos que coinciden con el horario de clases de los alumnos, en total 4.849 puntos de lectura que arrojan 24.245 parámetros, entre los meses de septiembre de 2017 a junio de 2018.

#### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico se aprecia una distribución dispersa de temperaturas interiores en el aula entre los 16°C y los 30°C mientras que la humedad relativa oscila entre el 20 y el 60%<sup>25</sup>.

Del total de puntos considerados el **69,84%** se encuentran dentro de la zona de **confort higrotérmico**. Los puntos que salen de esta área se concentran principalmente hacia el lado derecho de la tabla, es decir, hacia las temperaturas más altas, por encima de los 27°C y alcanzando incluso los 33°C.

**CÁCERES DEL SEPTIEMBRE A JUNIO DEL CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO (MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS)**

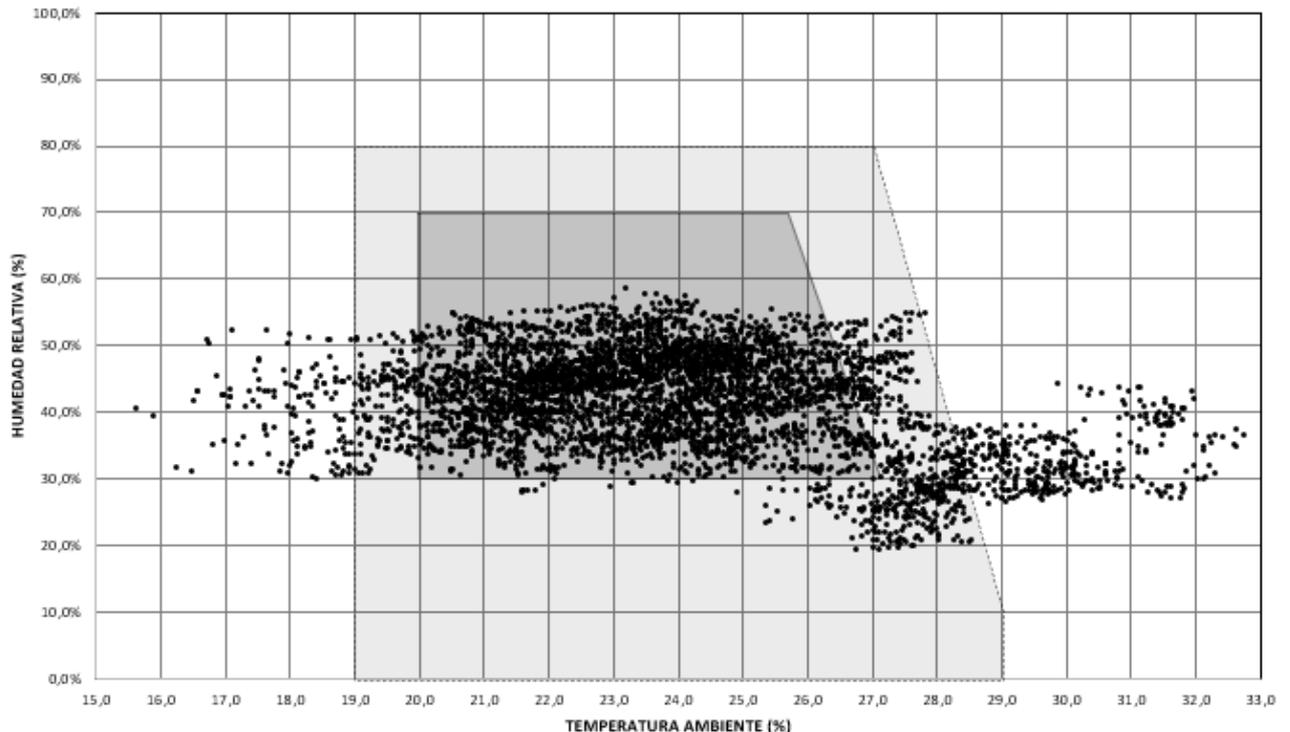
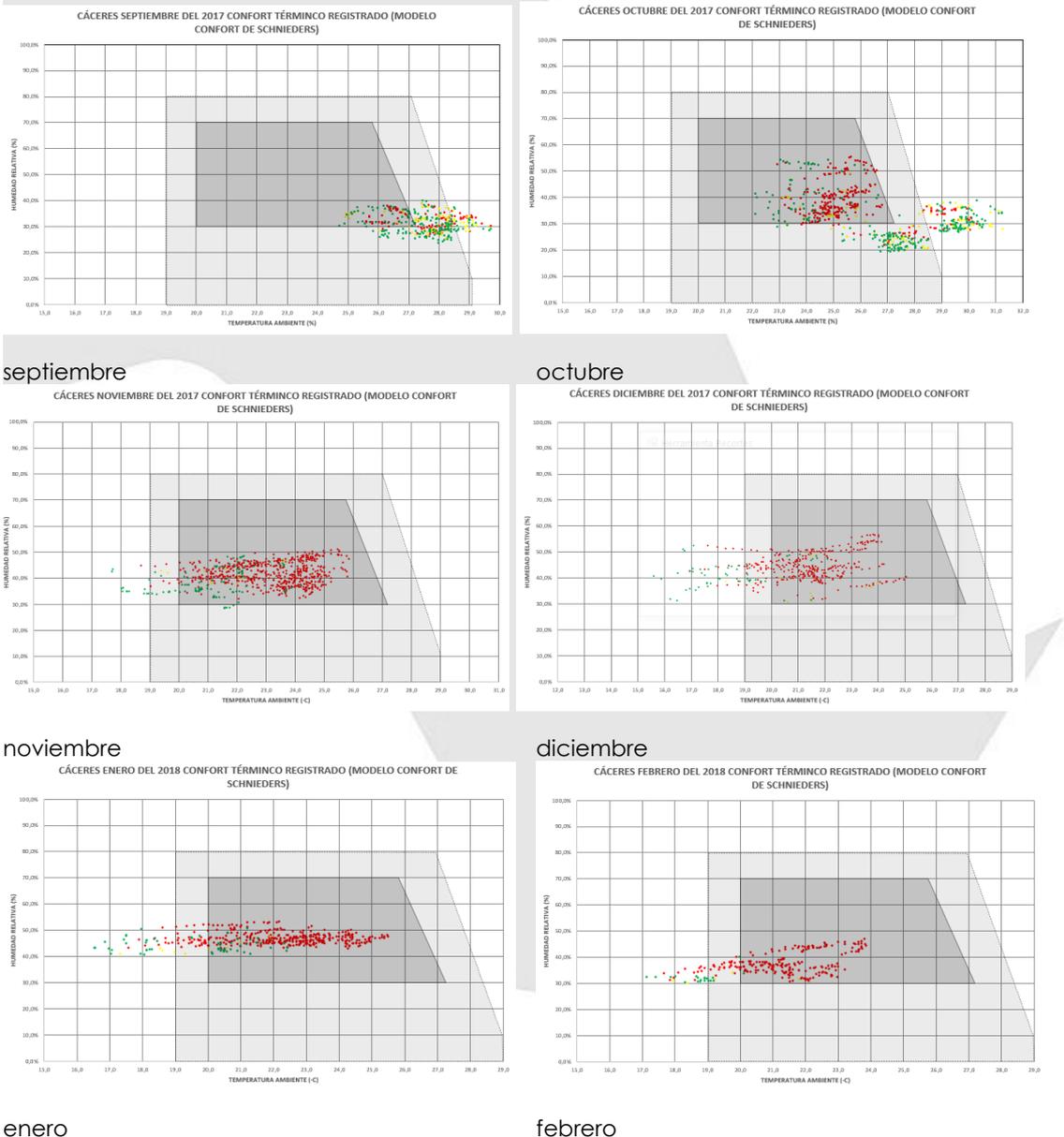


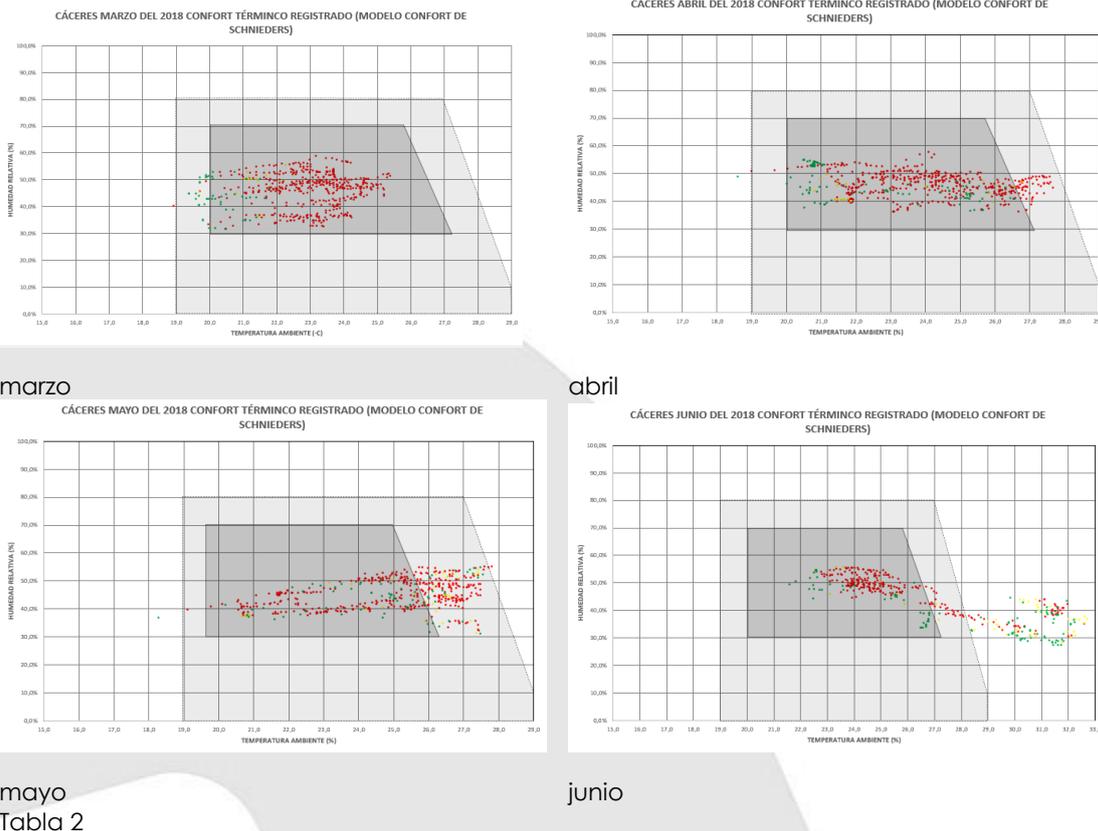
Tabla 1

<sup>25</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde octubre a junio cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

Desglosando estos datos por meses se puede observar que en las épocas más frías los registros se desplazan a temperaturas más bajas saliendo en pocos casos fuera del rango por frío, mientras que en las épocas más cálidas los registros interiores se encuentran en rango, pero también, y con mayor frecuencia, fuera de rango por calor. También se aprecian mayores humedades relativas bajas en los meses más secos, septiembre, octubre, mayo y junio.





## Calidad del aire <sup>26</sup>

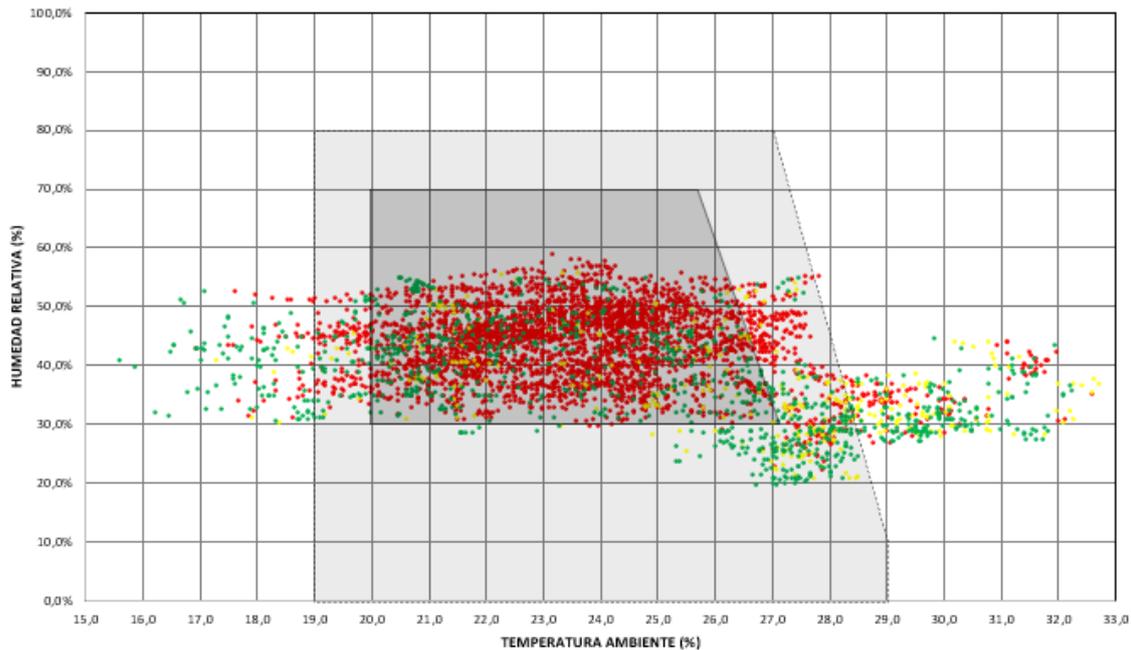
En cuanto a la calidad del aire, referida a la concentración de CO<sub>2</sub>, se observa que la mayor concentración de puntos que registran valores superiores a 1.000ppm (en rojo) están ubicados en la zona central de la tabla o lo que es lo mismo en la zona de temperaturas de confort. Los puntos registrados con concentraciones inferiores a 1000ppm (en verde y amarillo) se encuentran en su mayoría fuera de la zona de confort higrotérmico, tanto en la zona de temperaturas frías como calientes. Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **27,26%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO<sub>2</sub> inferiores a 1000ppm**.

<sup>26</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de Co<sub>2</sub> en el aire. Concentraciones de Co<sub>2</sub> en el aire >1000ppm no son recomendables.

## Confort real

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Cáceres, el **10,57%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

**CÁCERES DEL SEPTIEMBRE A JUNIO DEL CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO (MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS)**



## CONCLUSIONES

**En el colegio monitorizado de Cáceres tan solo el 10,57% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 31 minutos de las 5h diarias de clase.**

El hecho de que la fecha de construcción del colegio sea anterior la entrada en vigor de la Norma Básica de Edificación CT-79 hace pensar que los criterios de aislamiento térmico sean escasos o nulos. Esto se corrige ligeramente por la existencia en las aulas de un sistema de calefacción que mitiga los efectos durante los meses fríos. A pesar de contar con sistema de aire acondicionado, se observa como en los meses calurosos las temperaturas interiores por encima de los 27°C y hasta los 33°C.

Atendiendo exclusivamente a temperatura y humedad relativa el 69,84% del tiempo que los niños pasan en el aula tienen unas condiciones confortables. Este porcentaje se reduce hasta un 10,57% de confort real cuando además introducimos la calidad del aire en cada punto, lo que supone una media de 31 minutos de las 5 horas diarias que los niños pasan en clase.

### 15.12. Cádiz:

Cádiz se ha agrupado junto con el resto de las ciudades de clima mediterráneo costa. El aula monitorizada se encuentra en un colegio construido antes de que entrase en vigor la Norma Básica de Edificación CT-79. Como instalación de climatización se emplea aire acondicionado.

Del total de puntos de lectura (muestras) se han seleccionado tan solo aquellos que coinciden con el horario de clases de los alumnos, en total 6.103 (puntos de lectura) que recogen 18.309 parámetros, entre los meses de septiembre de 2017 a junio de 2018.

#### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico (tabla 1) se aprecia una distribución dispersa de temperaturas interiores en el aula entre los 15°C y los 28°C mientras que la humedad relativa oscila entre el 40 y el 90%<sup>27</sup>. Se aprecian dos agrupaciones de puntos destacadas. Una en la parte superior izquierda de la tabla y otro gran grupo de puntos en la parte central más a la derecha.

**CÁDIZ SEPTIEMBRE A JUNIO CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS".**

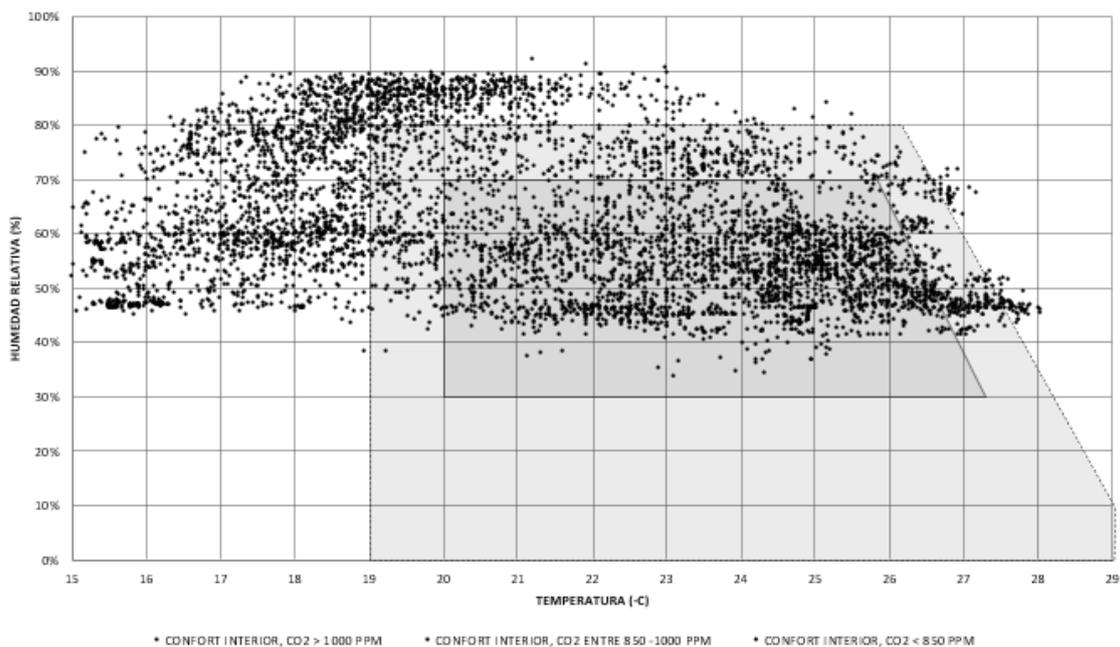


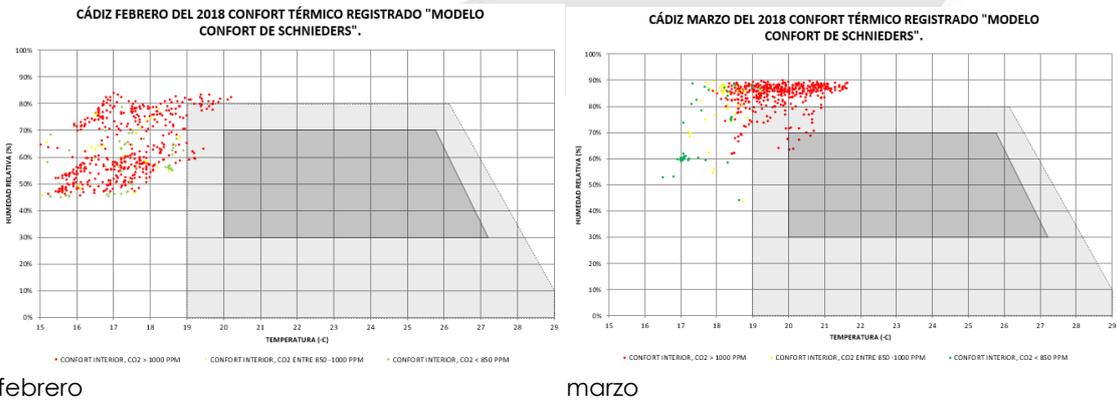
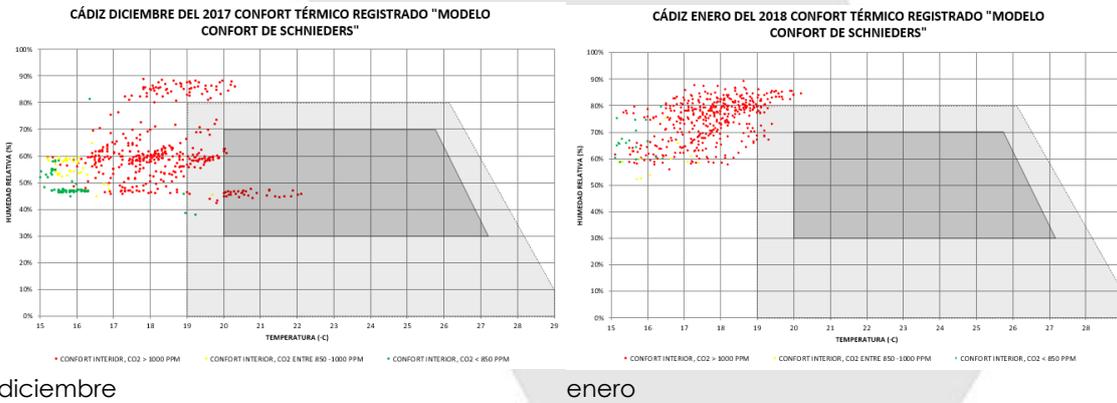
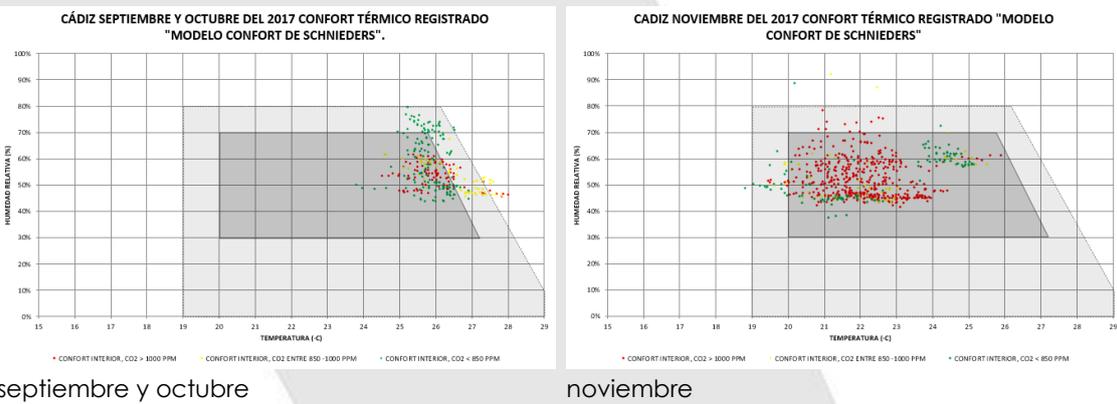
Tabla 1

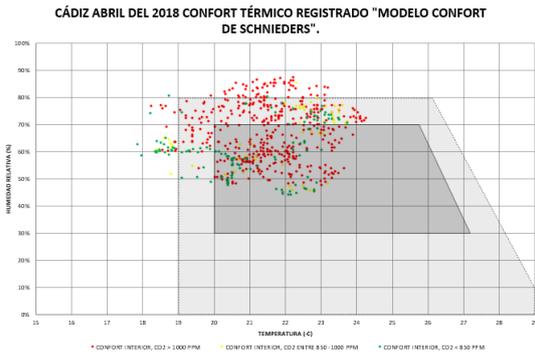
La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a junio cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

<sup>27</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

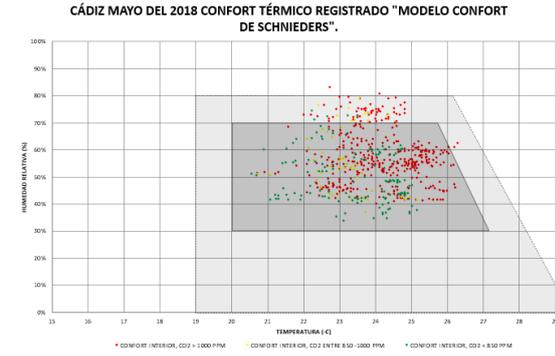
Del total de puntos considerados correspondiente al tiempo que los niños pasan en el aula, el **44,97%** se encuentran dentro de la zona de **confort higrotérmico**. La mayoría de los puntos que salen de esta área lo hacen por el lado izquierdo superior de la tabla, es decir, hacia las temperaturas más bajas, por debajo de los 20°C y humedades relativas más altas. Tan solo algunos puntos se salen por la parte superior y por la parte derecha del recuadro de confort.

Desglosando estos datos por meses se puede observar que estos registros de temperaturas más bajas se producen entre los meses de diciembre a marzo, es decir, coincidiendo con el periodo en el que se registran las temperaturas exteriores más frías. Además, se observa que durante los meses de enero y febrero la humedad relativa del aula va aumentando hasta que en marzo ronda el 90% en la mayoría de los registros.

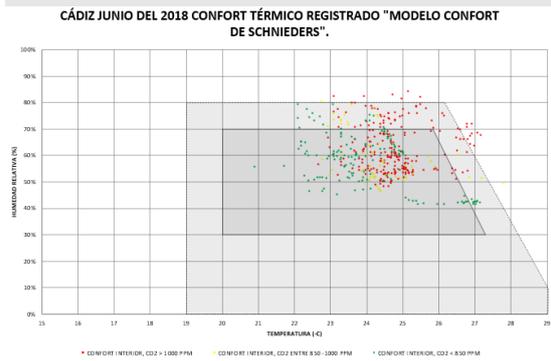




abril



mayo



junio

Tabla 2

La tabla 3 representa los datos obtenidos en cuanto a temperaturas interiores y concentración de CO<sub>2</sub> en partes por millón. Se observan picos altos de concentración de CO<sub>2</sub> cuando los niños ocupan el aula. Destaca que las temperaturas registradas durante este mes prácticamente no sobrepasan los 20°C.

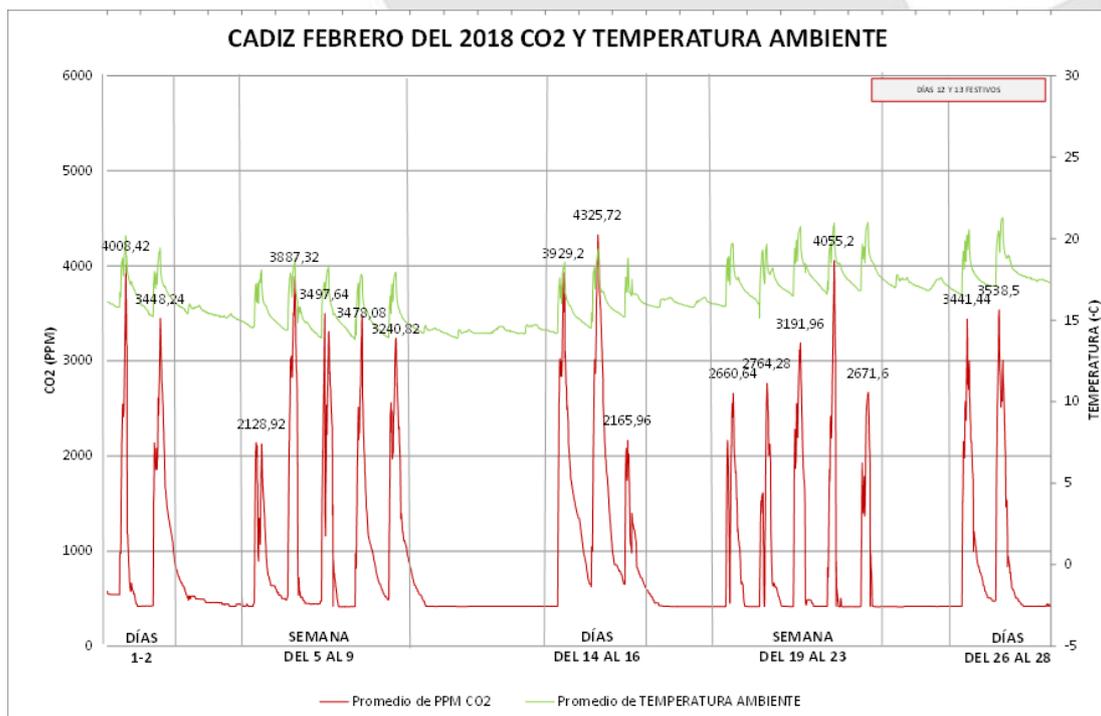


Tabla 3

## Calidad del aire <sup>28</sup>

En cuanto a la calidad del aire, se observa que la mayor cantidad de puntos que registran concentraciones superiores a 1.000ppm (en rojo) están ubicados en la zona superior izquierda de la tabla o lo que es lo mismo en la zona de temperaturas más bajas y humedades relativas más altas. Los puntos registrados con concentraciones inferiores a 1000ppm (en verde y amarillo) se encuentran en su mayoría en la zona de confort higrotérmico. Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **34,95%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO2 inferiores a 1000ppm**.

## Confort real

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO2 resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Cádiz, el **21,06%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO2 se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

**CÁDIZ SEPTIEMBRE A JUNIO CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS".**

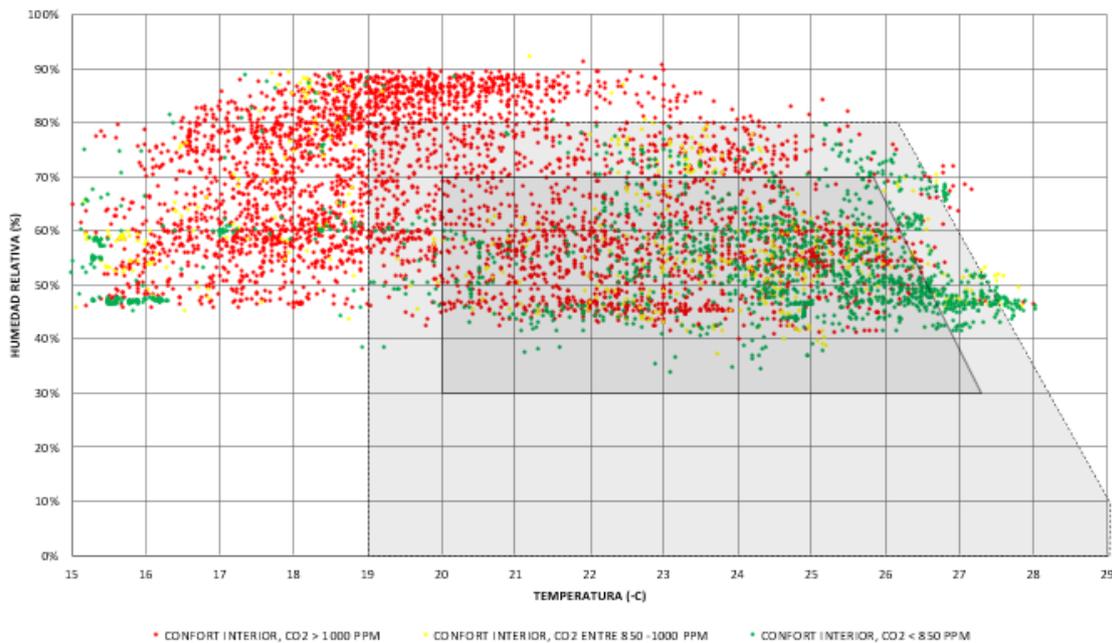


Tabla 4

<sup>28</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de Co2 en el aire. Concentraciones de Co2 en el aire >1000ppm no son recomendables.

## CONCLUSIONES <sup>29</sup>

**En el colegio monitorizado de Cádiz tan solo el 21,06% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 63 minutos de las 5h diarias de clase.**

El hecho de que la fecha de construcción del colegio sea anterior la entrada en vigor de la Norma Básica de Edificación CT-79 hace pensar que los criterios de aislamiento térmico no existan o sean muy bajos. Esto sumado a la inexistencia de un sistema de calefacción aun tratándose de un clima templado, con inviernos suaves y veranos calurosos, hace que en este colegio llame la atención el alto porcentaje de bajas temperaturas que se producen en el aula durante los meses de invierno.

Atendiendo exclusivamente a temperatura y humedad relativa, el 44,97% del tiempo que los niños pasan en el aula tienen unas condiciones confortables. Este porcentaje se reduce hasta un 21,06% de confort real cuando además introducimos la calidad del aire en cada punto, lo que supone una media de 63 minutos de las 5 horas diarias que los niños pasan en clase.

---

<sup>29</sup> Colegios en climas templados con inviernos suaves y veranos calurosos detectan un mayor disconfort desde el punto de vista higrotérmico. Aparentemente, da la sensación de que en estos climas debería ser más común contar con temperaturas de confort interiores, no siendo así lo registrado por la monitorización.

### 15.13. Córdoba:

Córdoba se enmarca en el grupo de ciudades consideradas con clima cálido, caracterizado por presentar temperaturas altas todo el año.

El colegio monitorizado fue construido antes de que entrase en vigor la Norma Básica de Edificación CT-79. Como única instalación de climatización cuenta con aire acondicionado.

Del total de puntos de lectura (muestras) se han seleccionado tan solo aquellos que coinciden con el horario de clases de los alumnos, en total 6.778 (puntos de lectura) que recogen 33.890 parámetros, entre los meses de septiembre de 2017 a junio de 2018.

#### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico (tabla 1) se aprecian temperaturas registradas desde los 15°C hasta los 30°C mientras que la humedad relativa oscila entre el 30 y el 70%<sup>30</sup>.

Se aprecia correlación entre el aumento de las temperaturas registradas y el descenso de la humedad relativa interior registrada, siendo un patrón lógico en un clima cálido sin componente de humedad.

**CÓRDOBA SEPTIEMBRE A JUNIO CURSO 2017- 2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS".**

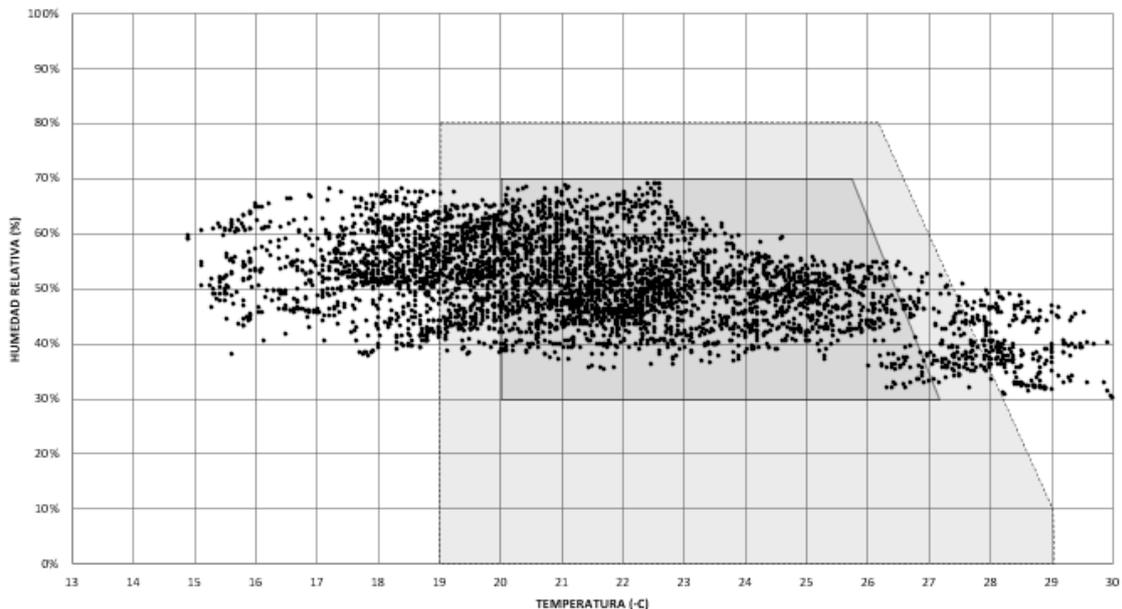


Tabla 1

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a junio cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

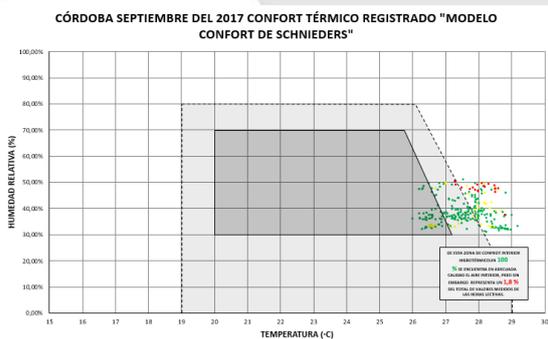
<sup>30</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

Del total de puntos considerados correspondiente al tiempo que los niños pasan en el aula, el **59,82%** se encuentran dentro de la zona de **confort higrotérmico**.

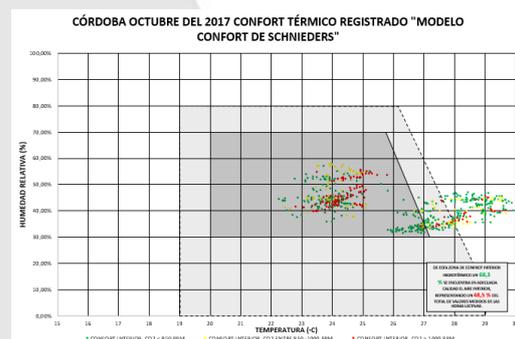
Los registros que se salen de esta área lo hacen tanto por el lado izquierdo, hacia las temperaturas por debajo de los 20°C y humedades relativas ligeramente por encima de la media (entre 40 y 70%), como por el lado derecho indicando temperaturas por encima de los 28°C y con humedades por debajo de la media (entre 30 y 50%).

Desglosando estos datos por meses se puede observar claramente como las temperaturas comienzan fuera de rango por calor y sequedad en los primeros meses del curso (septiembre y octubre), desplazándose hacia temperaturas más frías conforme bajan las temperaturas exteriores a partir del mes de noviembre, saliendo del rango por frío en los meses más fríos (diciembre, enero y parte de febrero), volviendo hacia temperaturas más elevadas conforme suben las temperaturas exteriores (marzo, abril, mayo) y llegando a salir de nuevo de rango por calor en el último mes (junio).

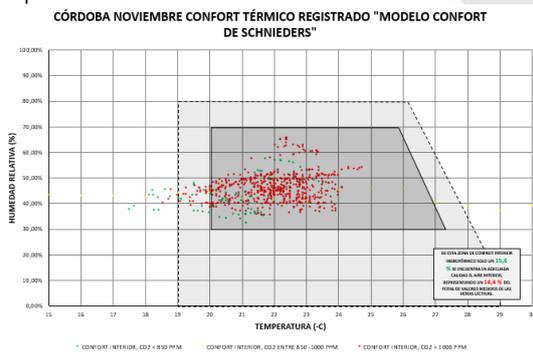
Se observa también que en los meses con temperaturas más frías (noviembre hasta marzo) la mayoría de las mediciones están fuera de rango de confort en cuanto a alta concentración de CO<sub>2</sub>.



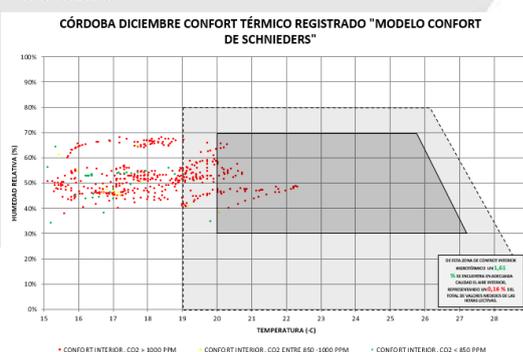
septiembre



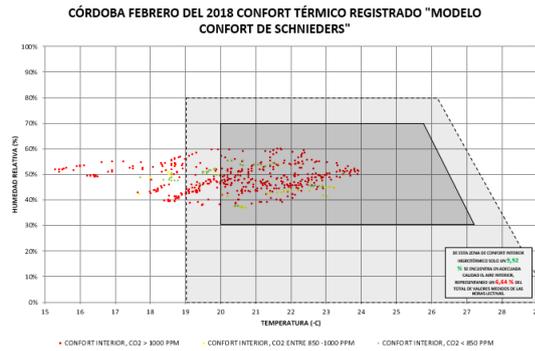
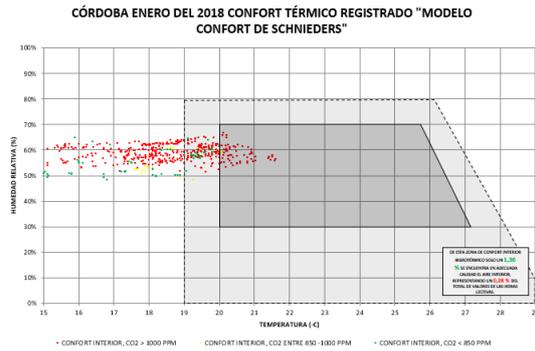
octubre



noviembre

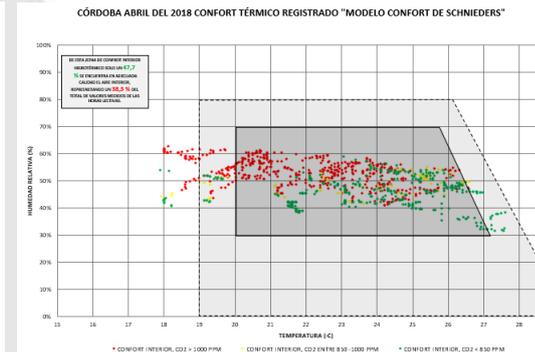
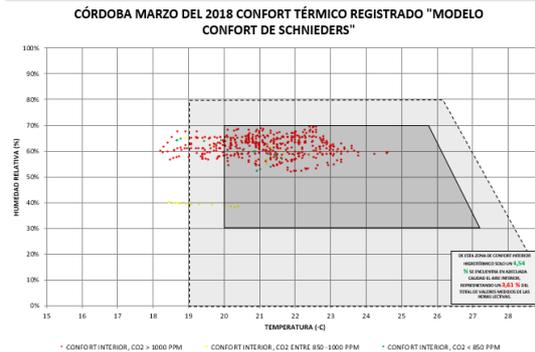


diciembre



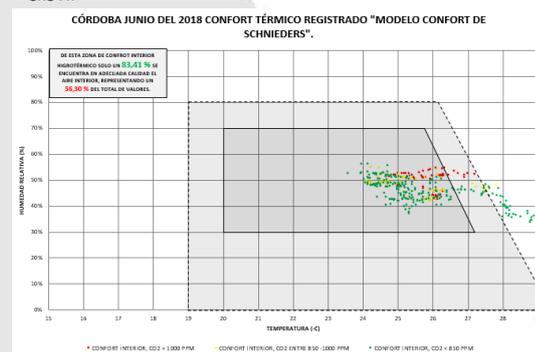
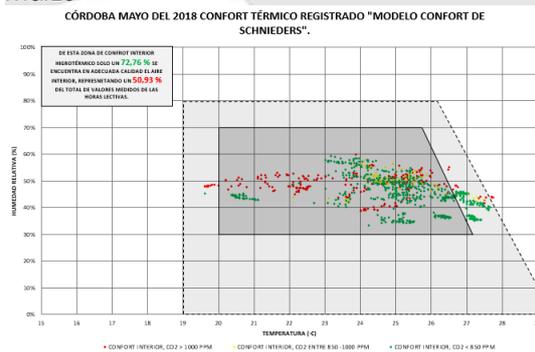
enero

febrero



marzo

abril



mayo

junio

Tabla 2

La tabla 3 representa los datos obtenidos en cuanto a temperaturas interiores y concentración de CO2 en partes por millón en el mes de enero. Se observa cómo hay días en que la temperatura interior no logra alcanzar los 20°C y en el resto lo hace de manera puntual, coincidiendo con los momentos de mayor concentración de CO2 en el aula, que marca picos entre 2.060 y 3.146 todos los días lectivos.

Destaca también cómo la temperatura interior desciende los fines de semana aún más que durante la semana provocando que los primeros días de la semana sean los más fríos en el interior.

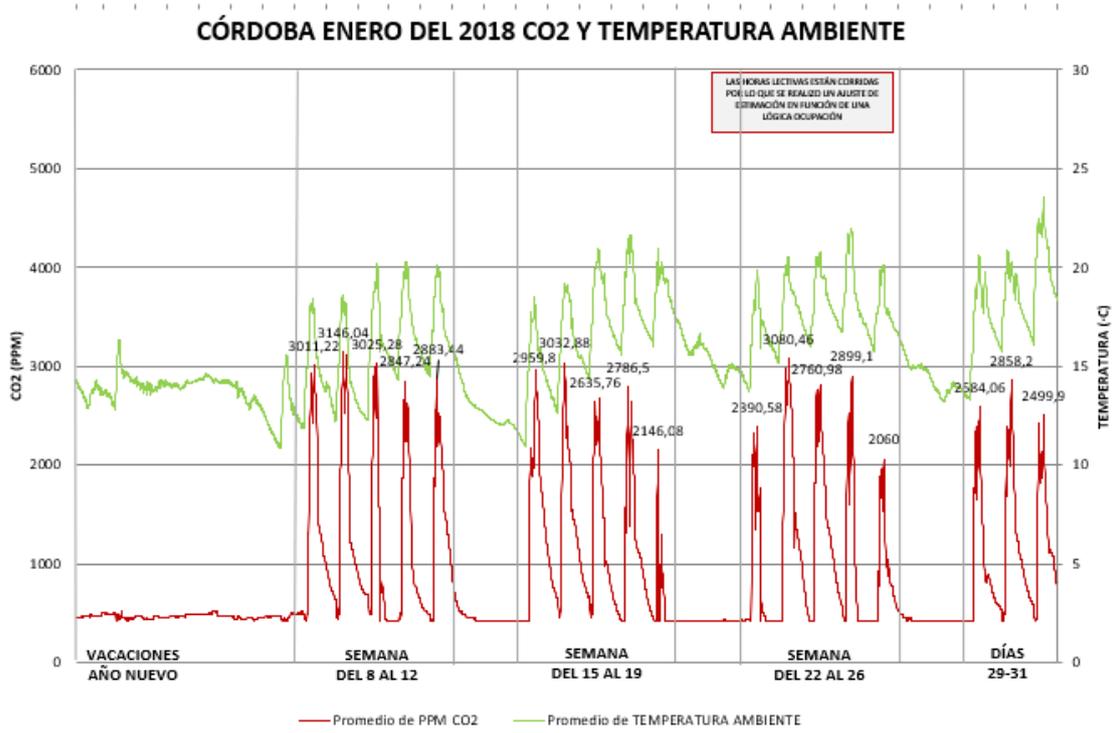


Tabla 3

### Calidad del aire <sup>31</sup>

En cuanto a la calidad del aire, se observa que la mayoría de los puntos que registran concentraciones superiores a 1.000ppm (en rojo) están ubicados en la zona central e izquierda de la tabla o lo que es lo mismo en la zona de temperaturas más bajas. Los puntos registrados con concentraciones inferiores a 1000ppm (en verde y amarillo) se encuentran en su mayoría en la zona derecha de la tabla a partir de los 24°C, una parte de ellos fuera de la zona de confort higrotérmico. Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **41,19%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO2 inferiores a 1000ppm**.

### Confort real

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO2 resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Córdoba el **23,47%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO2 se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

<sup>31</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón (ppm) de concentración de CO2 en el aire. Concentraciones de CO2 en el aire >1000ppm no son recomendables.

**CÓRDOBA SEPTIEMBRE A JUNIO CURSO 2017- 2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO**  
**"MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS".**

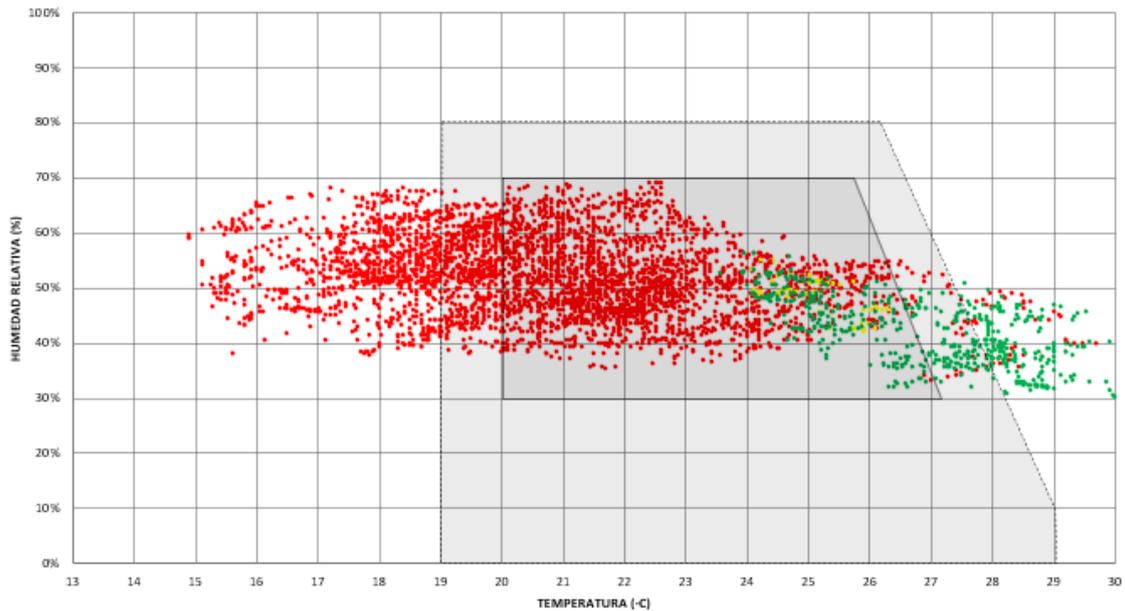


Tabla 4

**Patrones observados:**

Rápida oscilación de las temperaturas interiores cuando oscilan las exteriores, esto denota un asilamiento mínimo o inexistente. A pesar de ser un clima cálido, los registros de temperaturas interiores descienden hasta 15°C, alcanzando incluso los 11°C al momento antes de comenzar la semana lectiva debido a la pérdida térmica durante el fin de semana.

Ningún registro por debajo de 23°C tiene condiciones adecuadas de concentración de CO<sub>2</sub>, lo que es característico de climas fríos cuando disminuyen las temperaturas, por falta de ventilación. A partir de los 24°C los registros comienzan a marcar niveles adecuados de CO<sub>2</sub>, incluso fuera de rango por calor, lo que puede responder a ventilación por ventanas abiertas en meses más calurosos.

## CONCLUSIONES <sup>32</sup>

**En el colegio monitorizado de Córdoba tan solo el 23,47% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 1 h y 10 minutos de las 5h diarias de clase.**

El hecho de que la fecha de construcción del colegio sea anterior la entrada en vigor de la Norma Básica de Edificación CT-79 hace pensar que los criterios de aislamiento térmico no existan o sean muy bajos. Las temperaturas interiores oscilan rápidamente con los cambios de temperatura exteriores, saliendo de rango de confort tanto por frío en meses fríos como por calor en meses calurosos.

Destaca también que en el rango de 15°C a 23°C ningún registro tiene una concentración de CO<sub>2</sub> inferior a 1.000ppm,

Atendiendo exclusivamente a temperatura y humedad relativa, el 59,82% del tiempo que los niños pasan en el aula tienen unas condiciones confortables. Este porcentaje se reduce hasta un 23,47% de confort real cuando además introducimos la calidad del aire en cada punto, lo que supone una media de 1h y 10 minutos de las 5 horas diarias que los niños pasan en clase.

---

<sup>32</sup> Colegios en climas cálidos se detectan también temperaturas fuera de rango por frío, lo que hace suponer falta de aislamiento y de sistemas de calefacción adecuados. Llama la atención porque no se asocia a esta climatología con condiciones de frío en el aula.

### 15.14. Coruña:

Coruña se enmarca en el grupo de ciudades consideradas con clima atlántico costa, caracterizado por temperaturas medias suaves y alta presencia de humedad.

El colegio monitorizado está situado en la zona costera de la ciudad y fue construido antes de que entrase en vigor la Norma Básica de Edificación CT-79. Como única instalación de climatización cuenta con calefacción.

Del total de puntos de lectura (muestras) se han seleccionado tan solo aquellos que coinciden con el horario de clases de los alumnos, en total 949 (puntos de lectura) que recogen 4.745 parámetros, entre los meses de septiembre de 2017 a noviembre de 2017.

#### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico (tabla 1) se aprecian temperaturas registradas desde los 16°C hasta los 25°C mientras que la humedad relativa oscila entre el 50 y el 70%<sup>33</sup>.

Se aprecia correlación entre el aumento de las temperaturas registradas y el aumento de la humedad relativa interior registrada, siendo un patrón lógico en un clima húmedo.

**CORUÑA SEPTIEMBRE A NOVIEMBRE DEL CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO (MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS)**

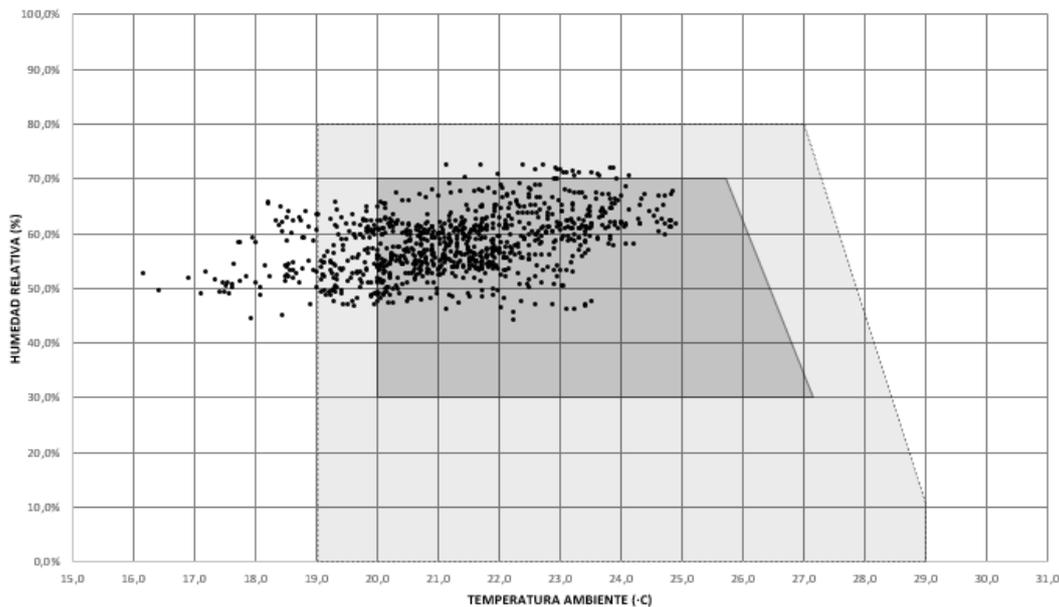


Tabla 1

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a junio cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

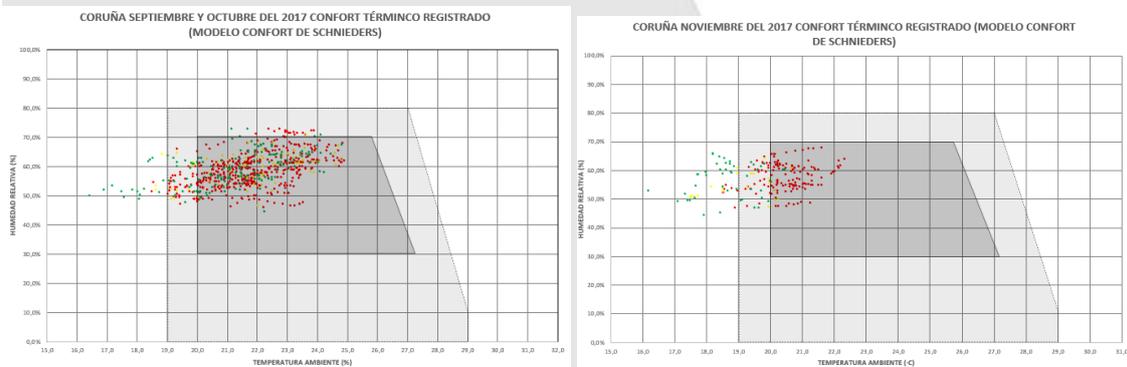
<sup>33</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

Del total de puntos considerados correspondiente al tiempo que los niños pasan en el aula, el **77,55%** se encuentran dentro de la zona de **confort higrotérmico**.

Los registros que se salen de esta área lo hacen fundamentalmente por el lado izquierdo, hacia las temperaturas por debajo de los 20°C y humedades relativas ligeramente por encima de la media (entre 40 y 70%).

Desglosando estos datos por meses se puede observar claramente como las temperaturas desde los primeros meses del curso, septiembre y octubre, se desplazan hacia la izquierda en el mes de noviembre

Se observa también que en los registros de mayores temperaturas predominan también las mayores concentraciones de CO<sub>2</sub>.



Septiembre y octubre  
Tabla 2

noviembre

La tabla 3 representa los datos obtenidos en cuanto a temperaturas interiores y concentración de CO<sub>2</sub> en partes por millón en una semana característica del mes de octubre. Se observan descensos claros de la temperatura del aula coincidiendo con el inicio de la jornada y con los descansos. Por su parte el CO<sub>2</sub> registra ascensos rápidos en los momentos de ocupación del aula, alcanzando picos entre 1.736 y 2.768 ppm, y registrando descensos puntuales en los descansos.

**CORUÑA SEMANA DEL 23 AL 27 DE OCTUBRE DEL 2017 CO2 Y TEMPERATURA AMBIENTE**

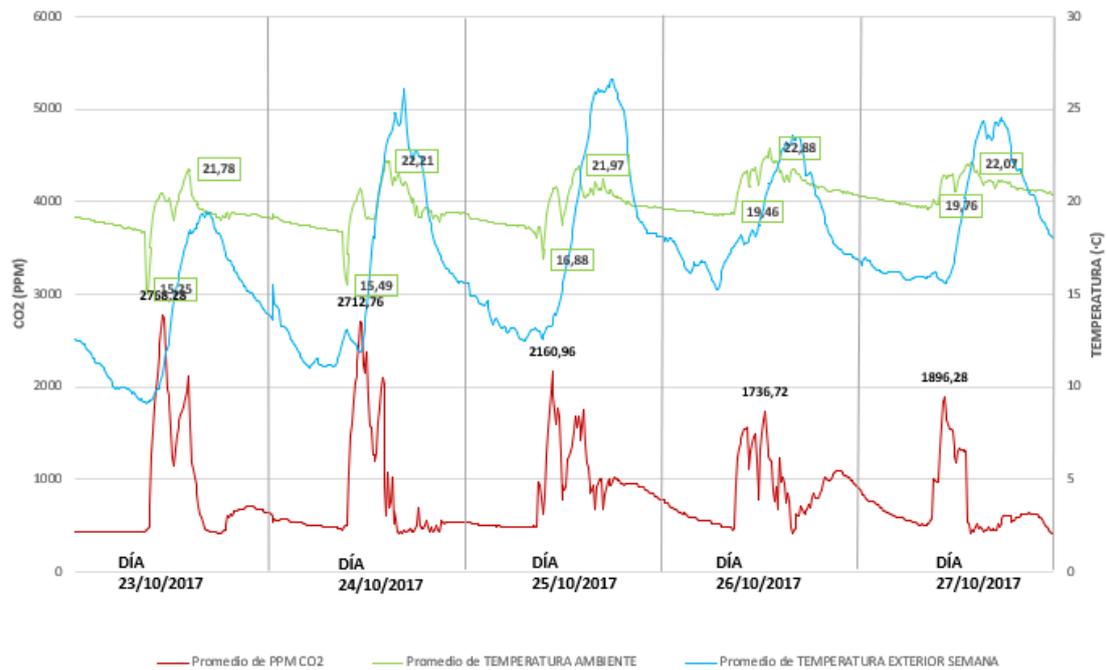


Tabla 3

### Calidad del aire <sup>34</sup>

En cuanto a la calidad del aire, se observa que la mayoría de los puntos que registran concentraciones superiores a 1.000ppm (en rojo) se reparten por todo el espectro de mediciones, especialmente ubicados en las zonas con mayores temperaturas a partir de 19°C y humedades relativas entre 40% y 70%. Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **32,56%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO2 inferiores a 1000ppm**.

<sup>34</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón (ppm) de concentración de CO2 en el aire. Concentraciones de Co2 en el aire >1000ppm no son recomendables.

## Confort real

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Coruña el **13,69%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

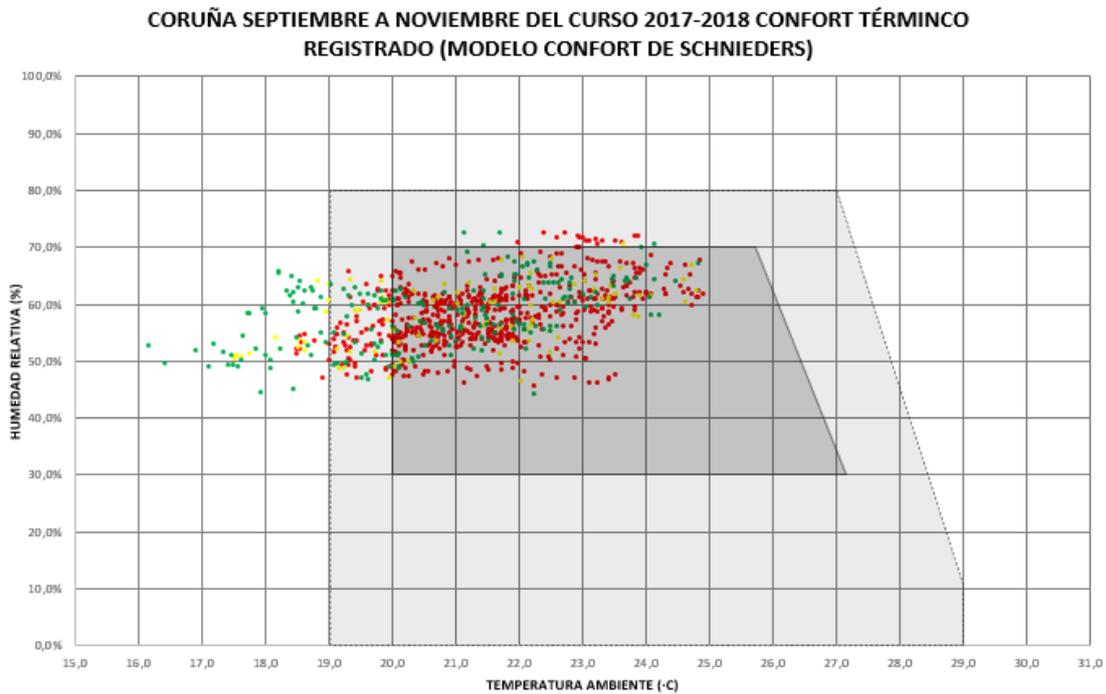


Tabla 7

## CONCLUSIONES

**En el colegio monitorizado de Coruña tan solo el 13,69% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 41 minutos de las 5h diarias de clase.**

El hecho de que la fecha de construcción del colegio sea anterior la entrada en vigor de la Norma Básica de Edificación CT-79 hace pensar que los criterios de aislamiento térmico no existan o sean muy bajos. Pese a no tratarse de una climatología extrema, las temperaturas interiores oscilan rápidamente con los cambios de temperatura exteriores, saliendo de rango de confort por frío en meses fríos.

### 15.15. Gijón:

Gijón se encuentra dentro del grupo con climatología denominada Atlántico costa, caracterizado por temperaturas medias suaves y abundantes precipitaciones.

El colegio monitorizado fue construido antes de que entrase en vigor la Norma Básica de Edificación CT-79. Como única instalación de climatización cuenta con calefacción.

Del total de puntos de lectura (muestras) se han seleccionado tan solo aquellos que coinciden con el horario de clases de los alumnos, en total 3.698 (puntos de lectura) que recogen 18.490 parámetros, entre los meses de septiembre a noviembre de 2017 y de febrero a junio de 2018.

#### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico (tabla 1) se aprecian temperaturas registradas desde los 15°C hasta los 25°C mientras que la humedad relativa oscila entre el 40 y el 70%<sup>35</sup>.

Se aprecia correlación entre el aumento de las temperaturas registradas y el aumento de la humedad relativa interior registrada, siendo un patrón lógico en un clima húmedo como éste.

**GIJÓN SEPTIEMBRE A MAYO CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"**

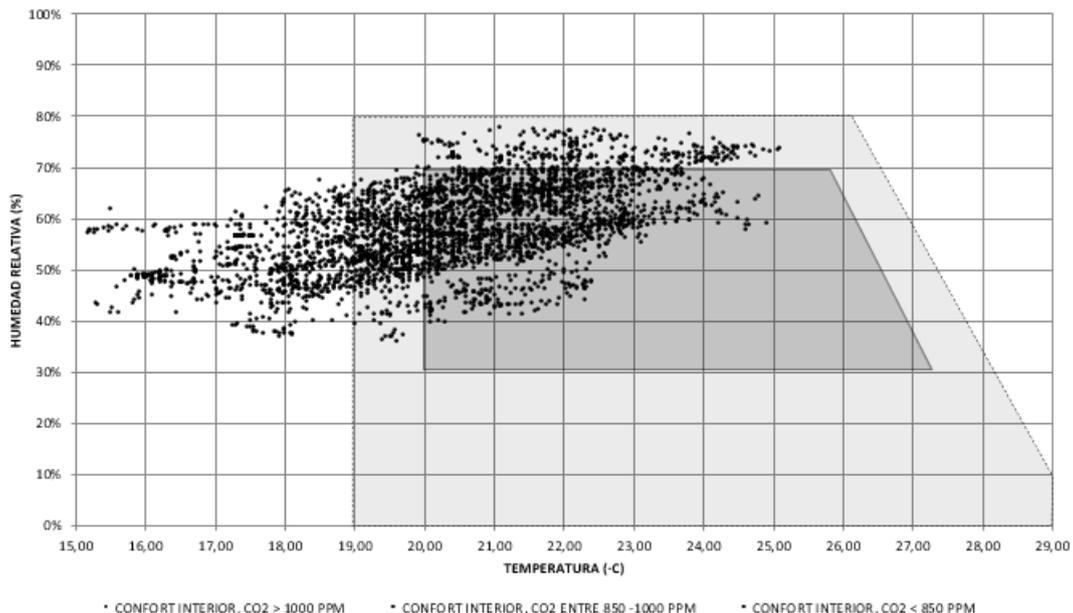


Tabla 1

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a junio cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

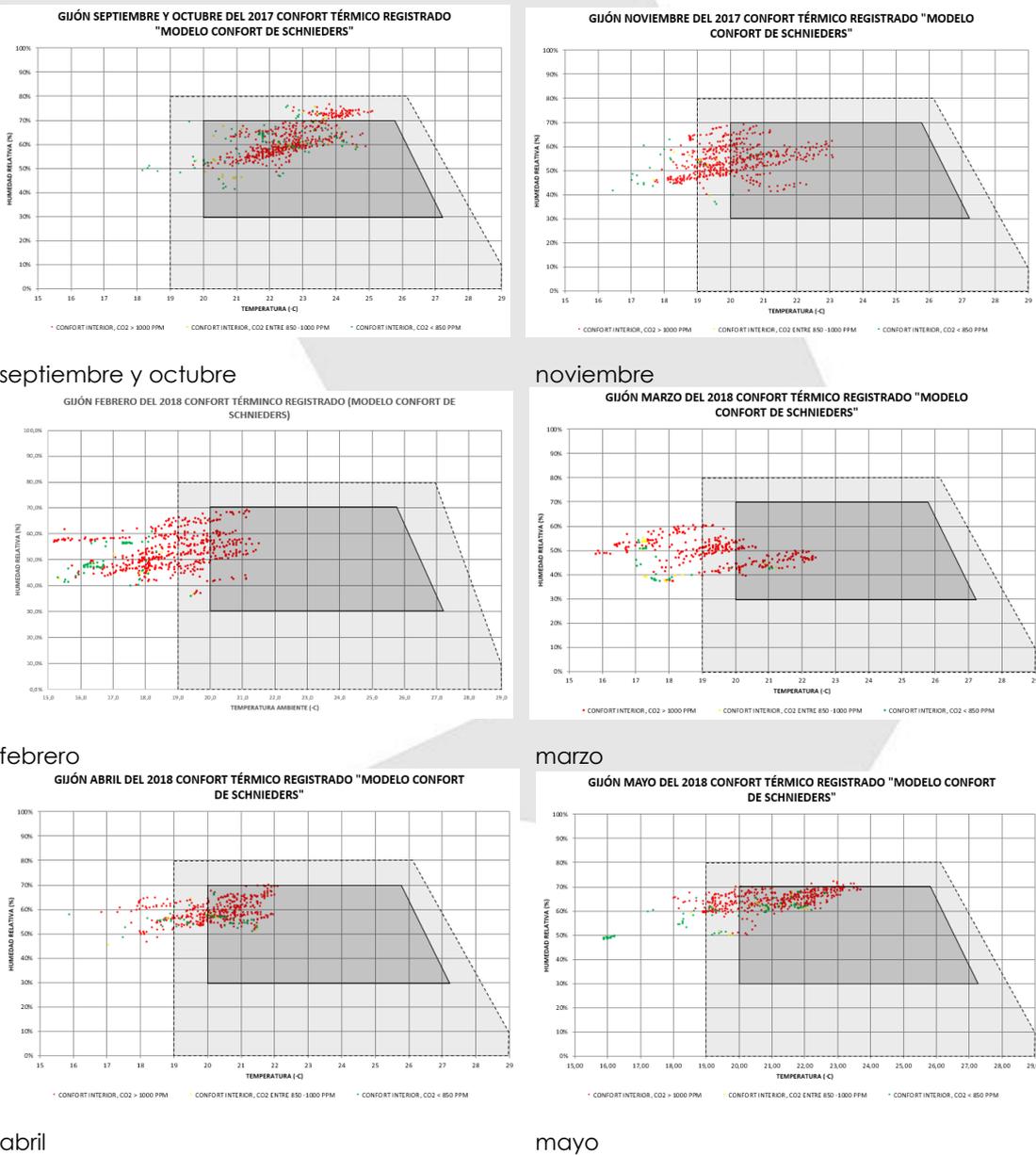
<sup>35</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

Del total de puntos considerados correspondiente al tiempo que los niños pasan en el aula, el **52,19%** se encuentran dentro de la zona de **confort higrotérmico**.

Los registros que se salen de esta área lo hacen en todos los casos por el lado izquierdo, hacia las temperaturas por debajo de los 20°C.

Desglosando estos datos por meses se puede observar claramente como las temperaturas se agrupan fuera de rango por frío en los meses con menores temperaturas exteriores (noviembre, febrero, marzo, abril), desplazándose hacia la derecha hasta entrar en rango en los meses con temperaturas exteriores más elevadas (septiembre, octubre, mayo, junio).

Se observa también que tanto dentro como fuera del rango prácticamente todas las mediciones tienen alta concentración de CO<sub>2</sub>, y que los casos que marcan bajas concentraciones de CO<sub>2</sub> se agrupan en las temperaturas más bajas de cada mes.



septiembre y octubre

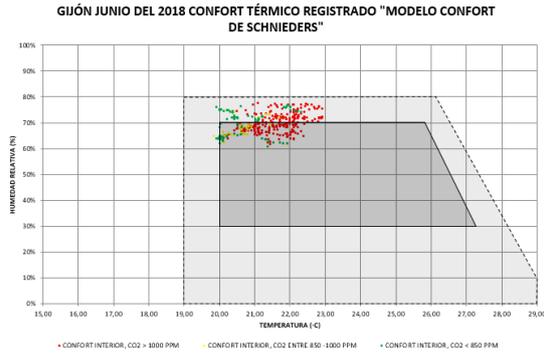
noviembre

febrero

marzo

abril

mayo



junio  
Tabla 2

### Calidad del aire <sup>36</sup>

En cuanto a la calidad del aire, referida a la concentración de CO<sub>2</sub>, se observa que los puntos que registran concentraciones superiores a 1.000ppm (en rojo) se reparten por todo el espectro de mediciones registradas. Los puntos registrados con concentraciones inferiores a 1.000ppm (en verde y amarillo) se encuentran también en todo el espectro de temperaturas registradas, aunque agrupadas en las temperaturas más bajas de sus respectivos meses como se veía en apartados anteriores.

Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **17,36%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO<sub>2</sub> inferiores a 1000ppm**.

GIJÓN SEPTIEMBRE A JUNIO CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"

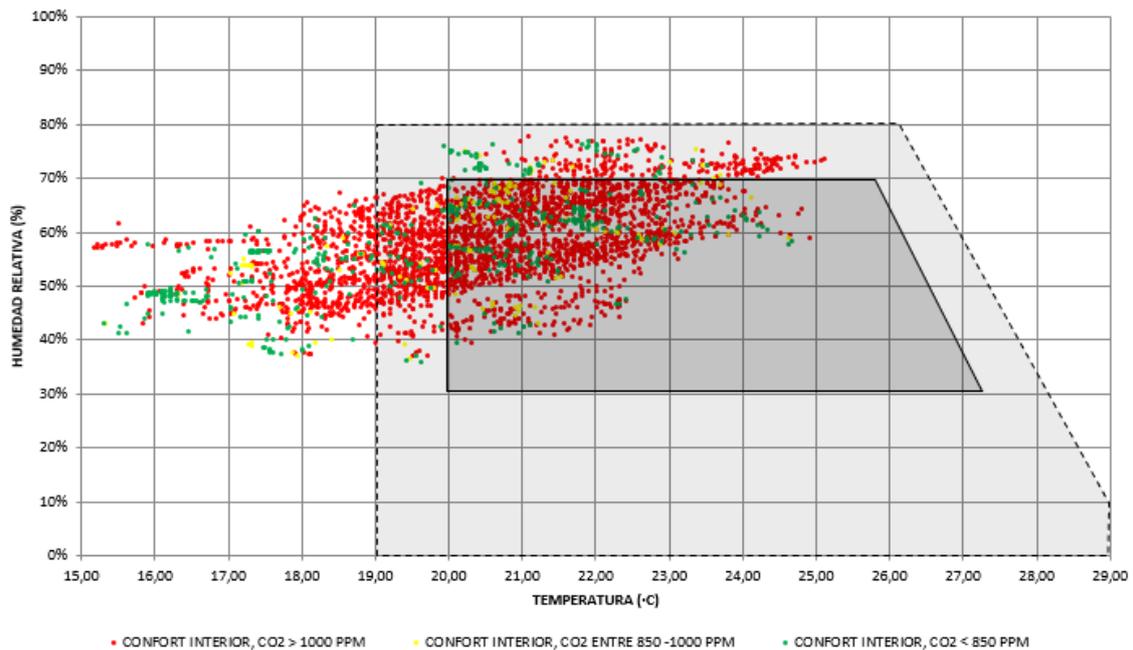


Tabla 3

<sup>36</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de Co<sub>2</sub> en el aire. Concentraciones de Co<sub>2</sub> en el aire >1000ppm no son recomendables.

Las tablas 4 y 5 representan los datos obtenidos en cuanto a temperaturas interiores y concentración de CO<sub>2</sub> en partes por millón en dos semanas representativas, una del mes de febrero y otra del mes de mayo.

Se observa cómo de manera generalizada la temperatura promedio interior del aula no alcanza los 20°C, o lo hace en momentos puntuales. Se observa también cómo la concentración de CO<sub>2</sub> en el aula se mantiene de manera generalizada por encima de 1.000ppm y alcanza con frecuencia picos superiores a 2.000ppm (incluso cercanos a 3.000ppm).

Por último, cabe señalar que los momentos en que la temperatura alcanza su máximo cercano o ligeramente superior a 20°C, coinciden en el tiempo con los momentos que marcan los picos con concentraciones de CO<sub>2</sub> por encima de 2.000ppm.

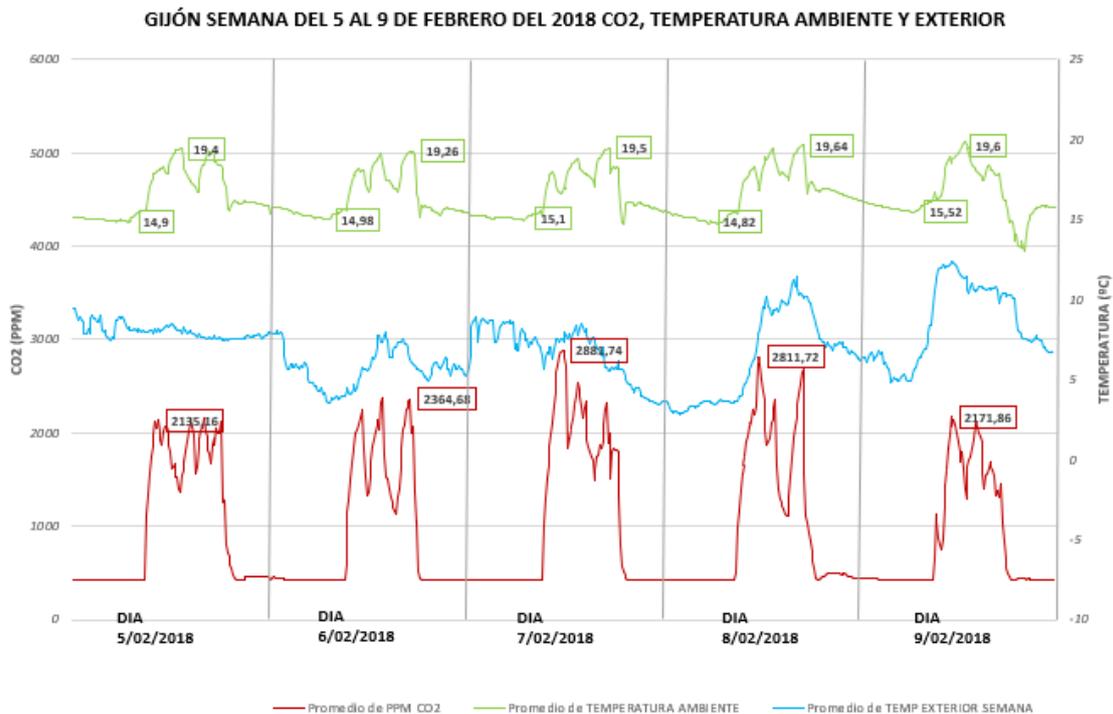


Tabla 4

**GIJÓN SEMANA DEL 7 AL 11 DE MAYO DEL 2018 CO<sub>2</sub>,TEMPERATURA  
 AMBIENTE Y TEMPERATURA EXTRIOR**

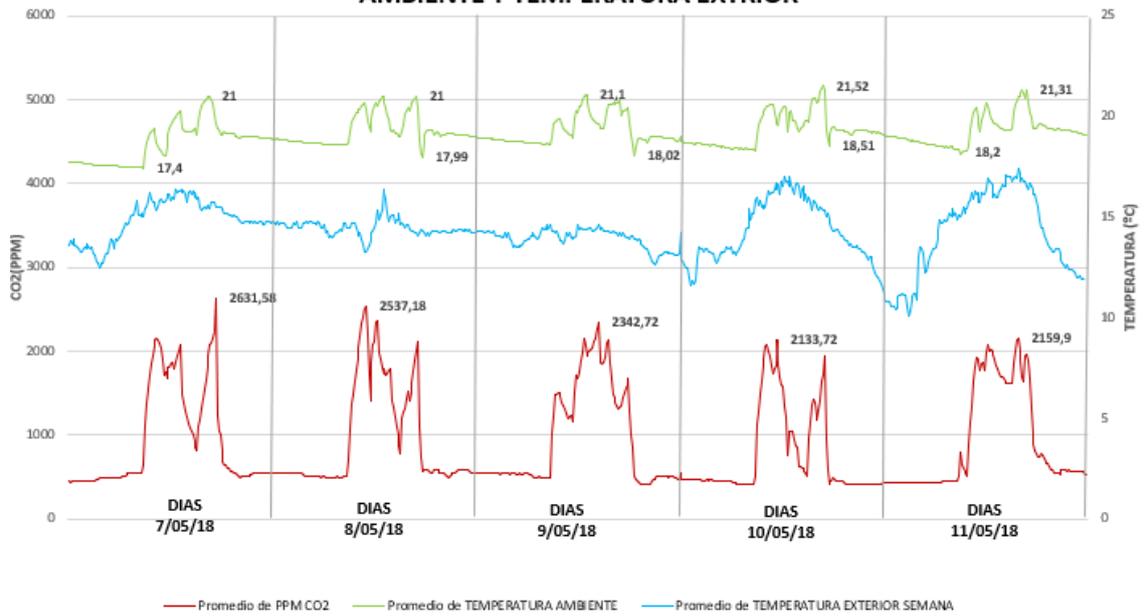


Tabla 5

**Confort real**

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Gijón el **5,40%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

## CONCLUSIONES <sup>37</sup>

**En el colegio monitorizado de Gijón tan solo el 5,40% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 16 minutos de las 5h diarias de clase.**

El hecho de que la fecha de construcción del colegio sea anterior la entrada en vigor de la Norma Básica de Edificación CT-79 hace pensar que los criterios de aislamiento térmico no existan o sean muy bajos. Las temperaturas interiores oscilan rápidamente con los cambios de temperatura exteriores.

Atendiendo exclusivamente a temperatura y humedad relativa, el 52,19% del tiempo que los niños pasan en el aula tienen unas condiciones confortables. Este porcentaje se reduce hasta un 5,40% de confort real cuando además introducimos la calidad del aire en cada punto, lo que supone una media de 16 minutos de las 5 horas diarias que los niños pasan en clase.

---

<sup>37</sup> Patrones observados:

Rápida oscilación de las temperaturas interiores cuando oscilan las exteriores, esto denota un aislamiento térmico mínimo o inexistente.

A pesar de ser un clima suave, los registros de temperaturas interiores descienden hasta 15°C.

### 15.16. Granada:

Granada cuenta con gran variedad climática, desde zonas más próximas a clima cálido hasta zonas más próximas a clima mediterráneo continental. En concreto, la climatología predominante para el colegio monitorizado es la de mediterráneo continental.

Este colegio fue construido antes de que entrase en vigor la Norma Básica de Edificación CT-79. Como única instalación de climatización cuenta con aire acondicionado.

Del total de puntos de lectura (muestras) se han seleccionado tan solo aquellos que coinciden con el horario de clases de los alumnos, en total 1.185 (puntos de lectura) que recogen 5.925 parámetros, entre los meses de septiembre de 2017 a enero de 2018 y el mes de mayo de 2018.

#### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico (tabla 1) se aprecian temperaturas registradas dentro de rango en la práctica totalidad, quedando algunos registros fuera de rango por frío, desde los 16°C hasta los 20°C mientras que la humedad relativa oscila entre el 30 y el 70%<sup>38</sup>.

**GRANADA DE SEPTIEMBRE A ENERO (INCLUIDO ADEMÁS MAYO) DEL CURSO  
 2017- 2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE  
 SCHNIEDERS"**

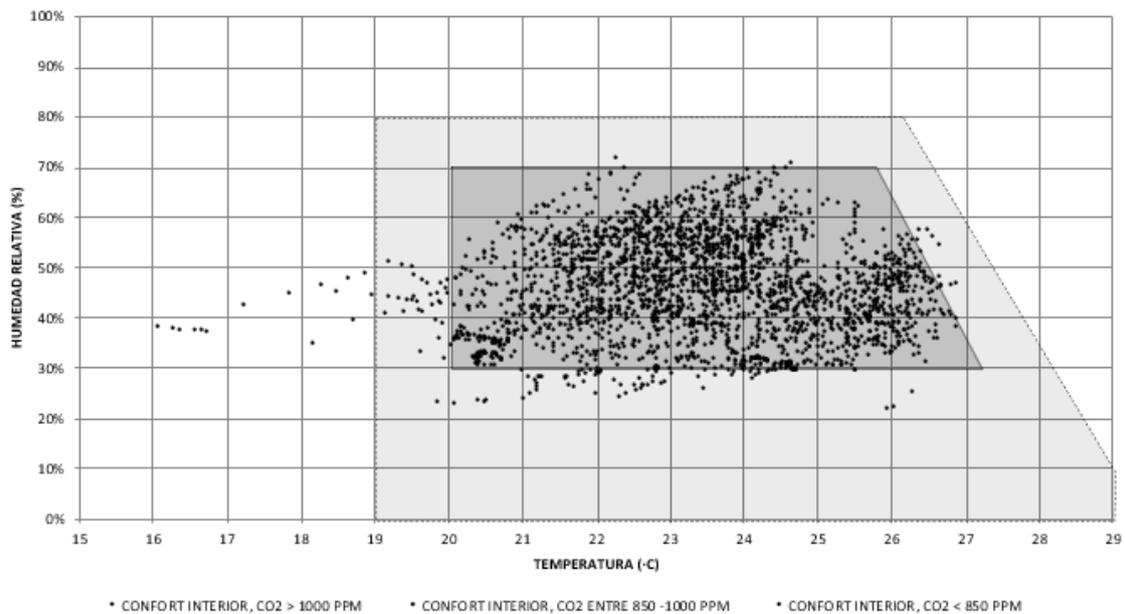


Tabla 1

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a junio cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

<sup>38</sup> (La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa).

Del total de puntos considerados correspondiente al tiempo que los niños pasan en el aula, el **91,03%** se encuentran dentro de la zona de **confort higrotérmico**.

Los registros que se salen de esta área lo hacen en todos los casos por el lado izquierdo, hacia las temperaturas por debajo de los 20°C.

Desglosando estos datos por meses se observa como las temperaturas se agrupan siempre dentro del rango de confort en la parte derecha de este en los primeros meses, desplazándose hacia la parte izquierda conforme descenden las temperaturas exteriores y encontrándose en el centro de este en el mes de mayo.

Se observa también coincidencia en todos los meses para temperaturas más altas con mayores humedades y concentraciones de CO<sub>2</sub>, agrupándose la mayoría de los puntos rojos en la zona derecha del conjunto de registros de cada mes.

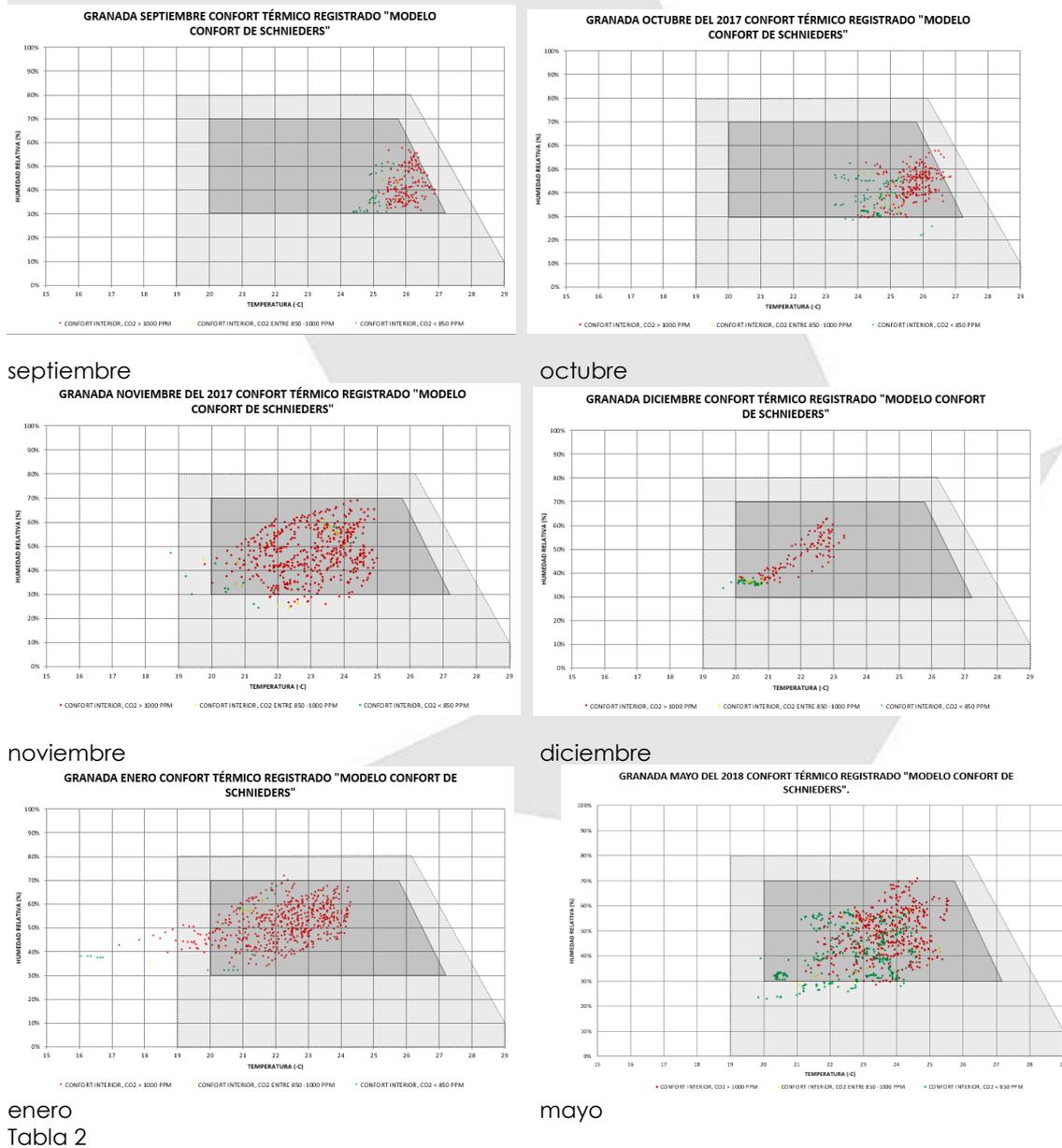


Tabla 2

## Calidad del aire <sup>39</sup>

En cuanto a la calidad del aire, se observa que los puntos que registran concentraciones superiores a 1.000ppm (en rojo) se reparten por todo el espectro de mediciones registradas si bien se agrupan en su mayoría en la parte derecha del conjunto de mediciones de cada mes. Los puntos registrados con concentraciones inferiores a 1.000ppm (en verde y amarillo) se encuentran también en todo el espectro de temperaturas registradas, aunque agrupadas en las temperaturas más bajas de sus respectivos meses como se veía en apartados anteriores.

Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **60,93%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO2 inferiores a 1000ppm**.

**GRANADA DE SEPTIEMBRE A ENERO (INCLUIDO ADEMÁS MAYO) DEL CURSO  
 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE  
 SCHNIEDERS"**

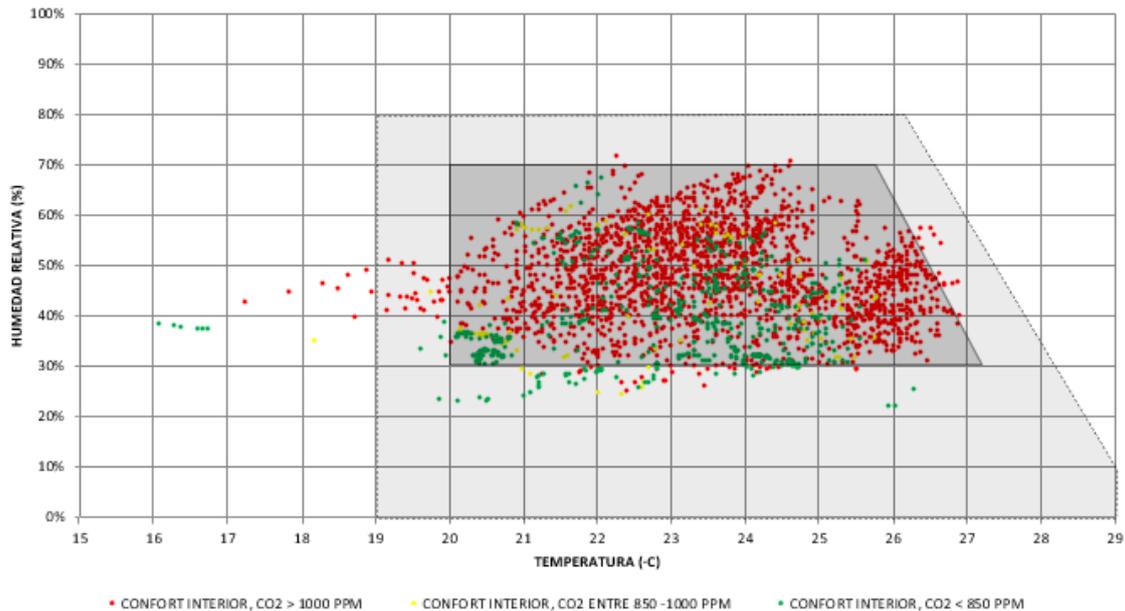


Tabla 3

La tabla 4 muestra el comportamiento representativo de los meses cálidos en este colegio. Mientras la temperatura exterior oscila entre los 14°C y los 31°C, la temperatura interior se mantiene de forma constante por encima de los 25°C.

<sup>39</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de Co2 en el aire. Concentraciones de Co2 en el aire >1000ppm no son recomendables.

**GRANADA SEPTIEMBRE DEL 2017 TEMPERATURA EXTERIOR, TEMPERATURA PARED Y TEMPERATURA INTERIOR**

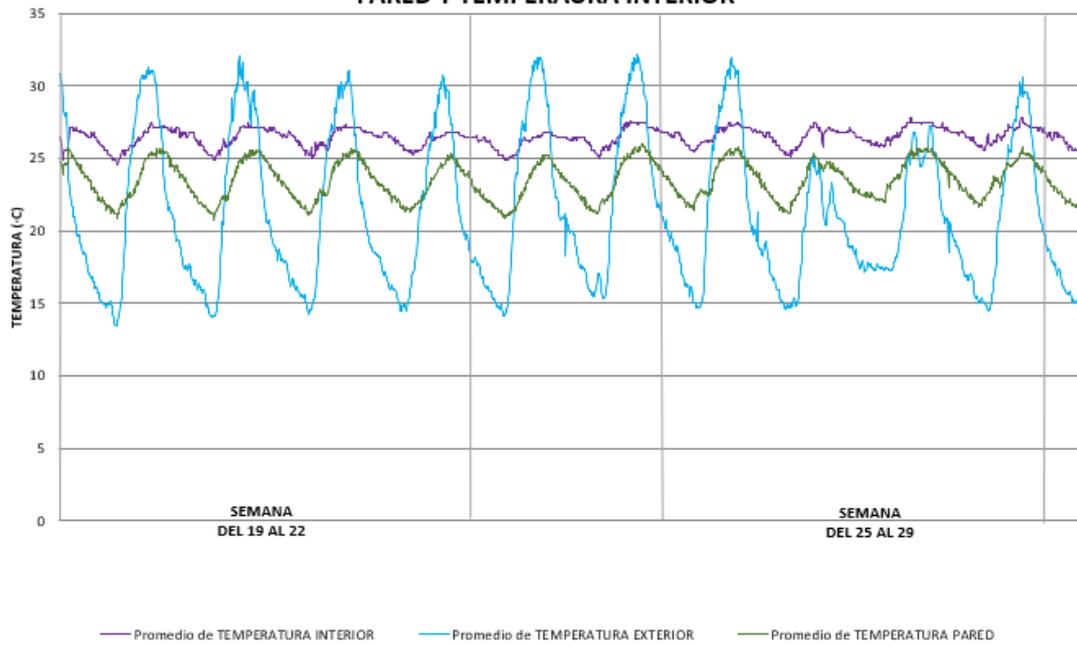


Tabla 4

La tabla 5 muestra el comportamiento representativo de la concentración de CO<sub>2</sub> en el aula monitorizada. En esta semana en concreto la temperatura interior se mantiene en rango entre 20°C y 25°C, mientras que la concentración de CO<sub>2</sub> aumenta rápidamente al comienzo de las clases, desciende coincidiendo con el horario de recreo y vuelve a aumentar a la vuelta de este.

La concentración de CO<sub>2</sub> alcanza todos los días picos entre 2.900ppm y 4.300ppm.

**GRANADA SEMANA DEL 23 AL 27 DE NOVIEMBRE DEL 2017 CO<sub>2</sub>, TEMPERATURA AMBIENTE Y TEMPERATURA EXTERIOR**

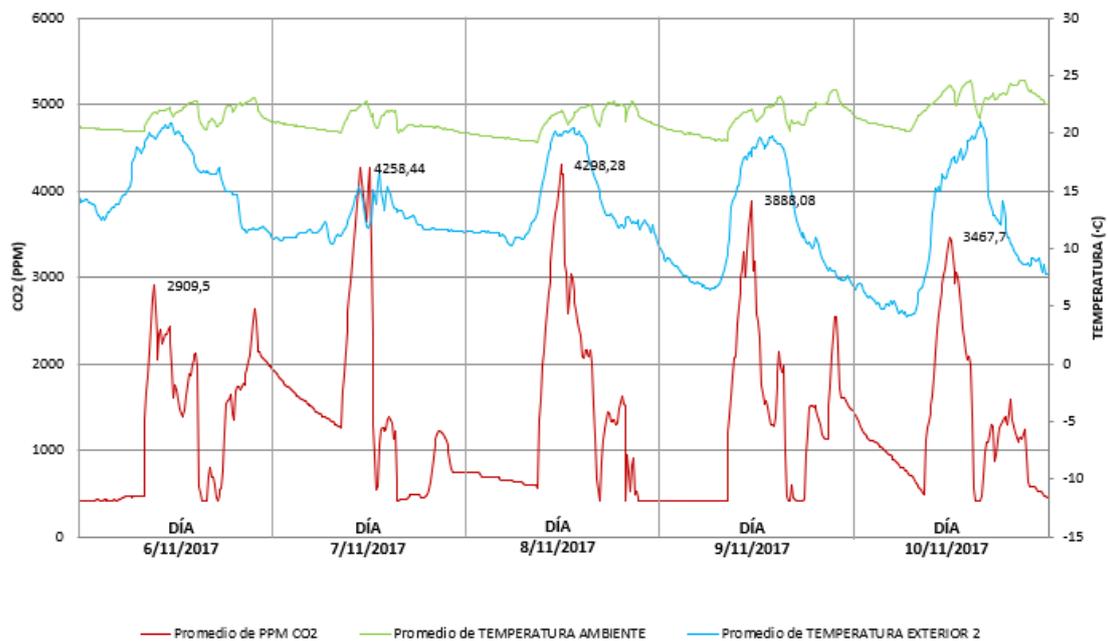


Tabla 5

## Confort real

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Granda el **29,25%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

## CONCLUSIONES

**En el colegio monitorizado de Granada tan solo el 29,25% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 1h y 27 minutos de las 5h diarias de clase.**

El hecho de que la fecha de construcción del colegio sea anterior la entrada en vigor de la Norma Básica de Edificación CT-79 hace pensar que los criterios de aislamiento térmico no existan o sean muy bajos. Las temperaturas interiores oscilan rápidamente con los cambios de temperatura exteriores. Por su parte, las concentraciones de CO<sub>2</sub> responden al uso del aula, lo que hace pensar que la ventilación no es adecuada.

### 15.17. San Sebastián:

San Sebastián se encuentra dentro del grupo con climatología denominada Atlántico costa, caracterizado por temperaturas medias suaves y alta presencia de humedad.

El colegio monitorizado fue construido con posterioridad a la entrada en vigor de la Norma Básica de Edificación CT-79 y antes de la entrada en vigor de la normativa CTE 2006, por lo que debe contar con unos requisitos mínimos de condiciones térmicas. Como única instalación de climatización cuenta con calefacción.

Del total de puntos de lectura (muestras) se han seleccionado tan solo aquellos que coinciden con el horario de clases de los alumnos, en total 6.338 (puntos de lectura) que recogen 31.690 parámetros, entre los meses de noviembre de 2017 y junio de 2018.

#### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico (tabla 1) se aprecian temperaturas registradas desde los 16°C hasta los 28°C mientras que la humedad relativa oscila entre el 30 y el 70%<sup>40</sup>.

Se aprecia correlación entre el aumento de las temperaturas registradas y el aumento de la humedad relativa interior registrada, siendo un patrón lógico en un clima húmedo como éste.

**GUIPUZKOA CURSO DE NOVIEMBRE A JUNIO DEL 2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"**

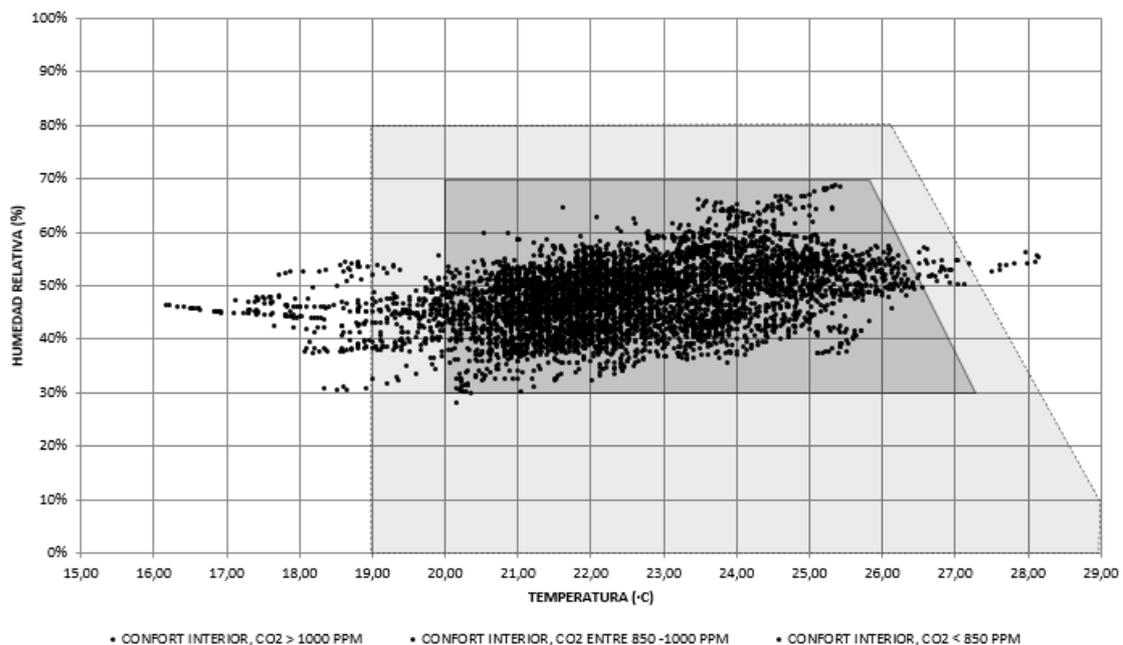


Tabla 1

<sup>40</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

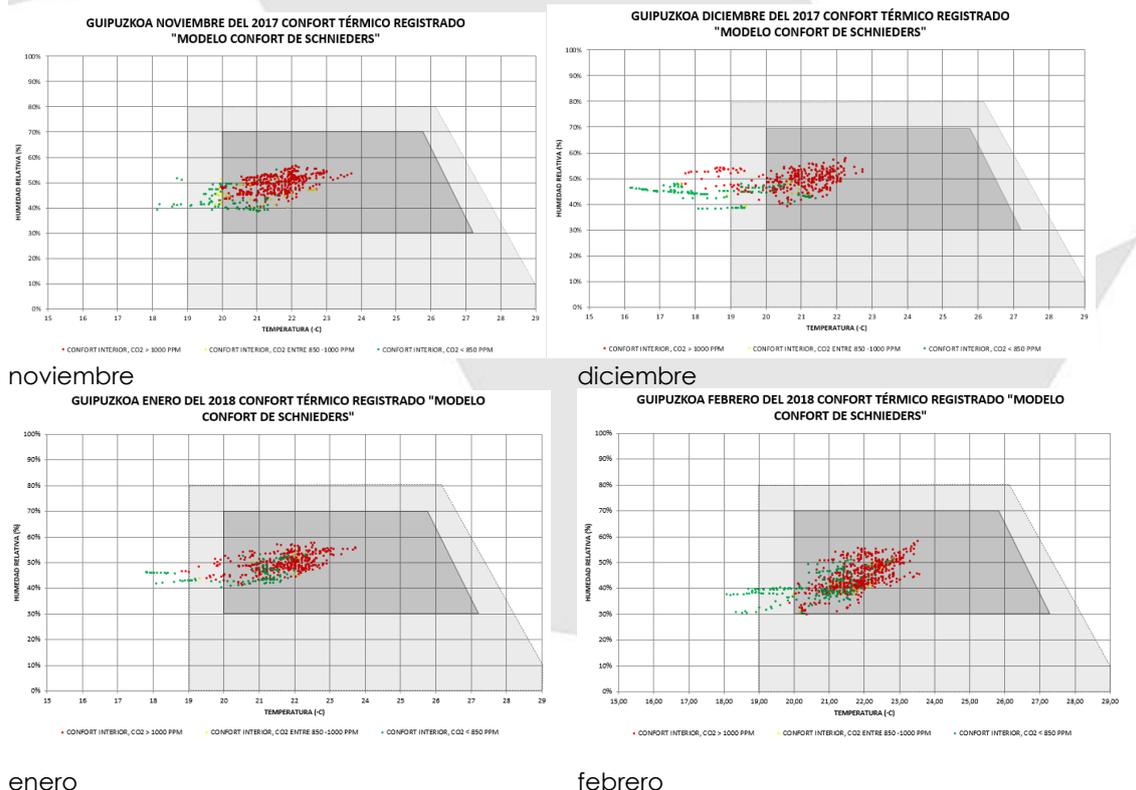
La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a junio cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

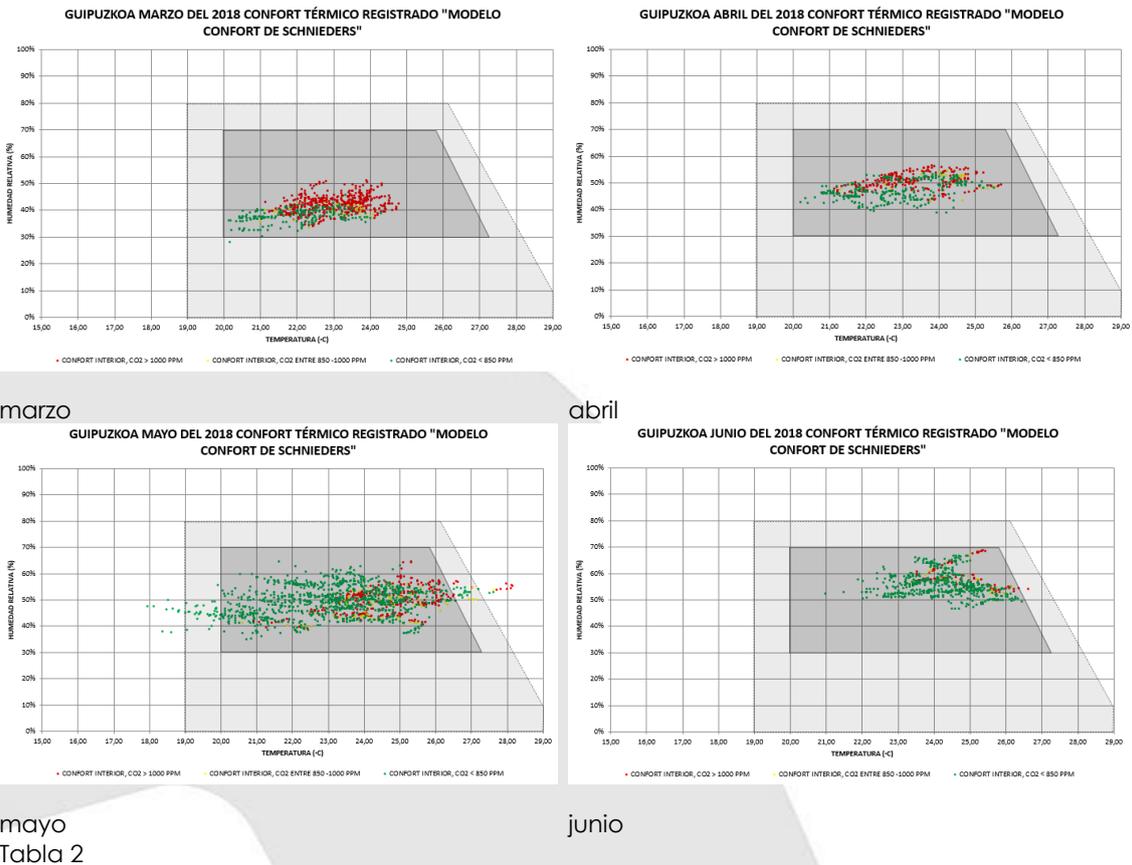
Del total de puntos considerados correspondiente al tiempo que los niños pasan en el aula, el **93,61%** se encuentran dentro de la zona de **confort higrotérmico**.

Los registros que se salen de esta área lo hacen en la mayoría de los casos por el lado izquierdo, hacia las temperaturas por debajo de los 20°C.

Desglosando estos datos por meses se puede observar como las temperaturas se agrupan hacia la izquierda, tanto dentro como fuera de rango por frío en los meses con menores temperaturas exteriores (noviembre a febrero), desplazándose hacia la derecha en los meses con temperaturas exteriores más elevadas (marzo a junio).

Se observa también que tanto dentro como fuera del rango la mayoría de las mediciones registradas en los meses más fríos tienen alta concentración de CO<sub>2</sub>, y que los casos que marcan bajas concentraciones de CO<sub>2</sub> se agrupan en las temperaturas más bajas y de menor humedad de cada mes.





marzo  
Tabla 2

abril

### Calidad del aire <sup>41</sup>

En cuanto a la calidad del aire, se observa que los puntos que registran concentraciones superiores a 1.000ppm (en rojo) se reparten por todo el espectro de mediciones registradas. Los puntos registrados con concentraciones inferiores a 1.000ppm (en verde y amarillo) se encuentran también en todo el espectro de temperaturas registradas, aunque agrupadas en las temperaturas más bajas y de menores humedades relativas de sus respectivos meses como se veía en apartados anteriores.

Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **47,07%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO2 inferiores a 1000ppm.**

<sup>41</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de Co2 en el aire. Concentraciones de Co2 en el aire >1000ppm no son recomendables.

**GUIPUZKOA CURSO DE NOVIEMBRE A JUNIO DEL 2018 CONFORT TÉRMICO  
 REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"**

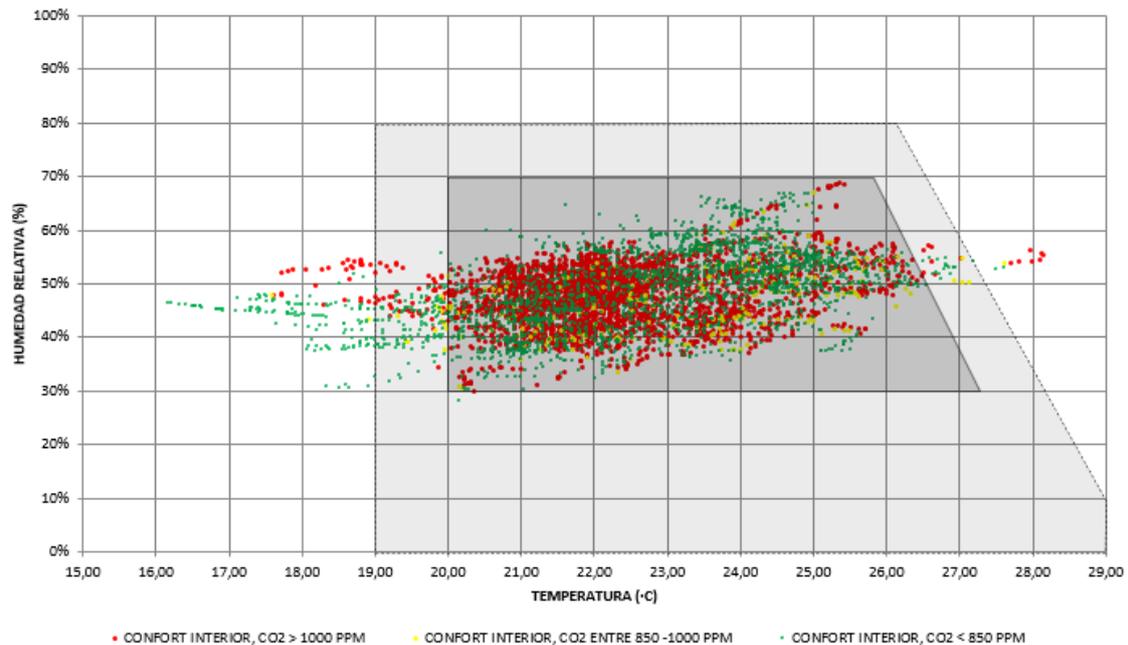


Tabla 3

La tabla 4 representa los datos obtenidos en cuanto a temperaturas interiores y concentración de CO<sub>2</sub> en partes por millón durante una semana representativa en los meses más fríos.

Se observa como la temperatura cae por debajo de los 20°C en los periodos sin uso del aula y se mantiene generalmente en rango durante la jornada. Por su parte, la concentración de CO<sub>2</sub> aumenta rápidamente al comienzo de la jornada, se mantiene durante toda la jornada por encima de 1200ppm y alcanza picos diarios entre 2100ppm y 2800ppm.

**GUIPUZKOA SEMANA DEL 8 AL 12 DE ENERO DEL 2018 CO<sub>2</sub>, TEMPERATURA AMBIENTE Y TEMPERATURA EXTERIOR**

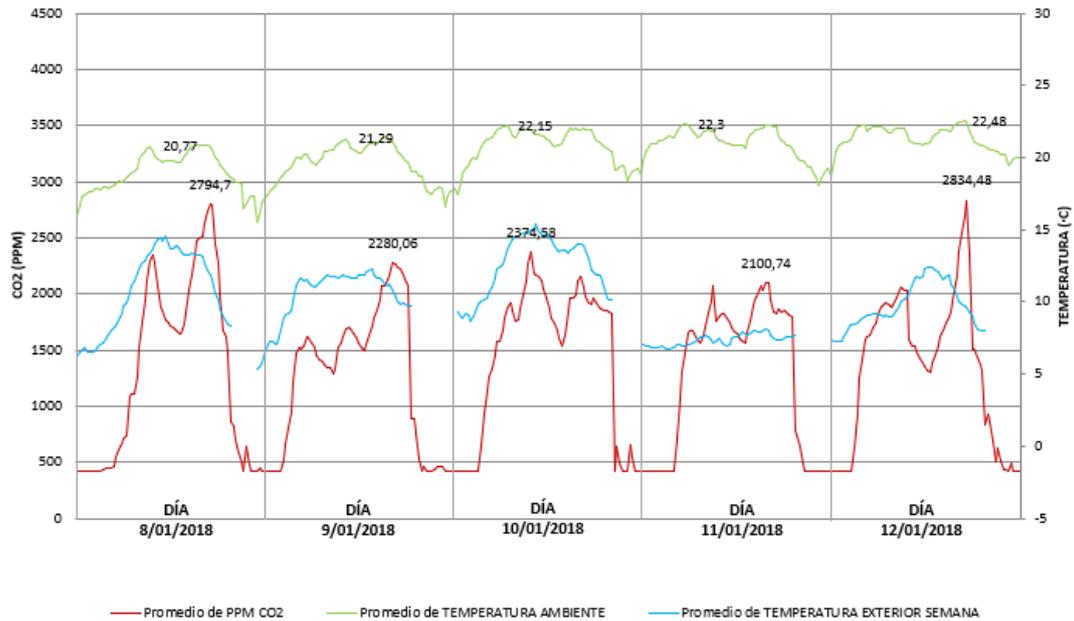


Tabla 4

La tabla 5 representa los datos obtenidos en cuanto a temperaturas interiores y concentración de CO<sub>2</sub> en partes por millón durante una semana representativa en los meses más favorables en cuanto a condiciones climáticas exteriores.

Se observa como la temperatura se mantiene de manera constante entre los 20°C y los 25°C. Por su parte, se mantienen concentraciones de CO<sub>2</sub> más bajas en promedio, alcanzando picos diarios entre 1300ppm y 1700ppm.

**GUIPUZKOA SEMANA DEL 23 AL 27 DE ABRIL DEL 2018 CO<sub>2</sub>, TEMPERATURA AMBIENTE Y TEMPERATURA EXTERIOR**

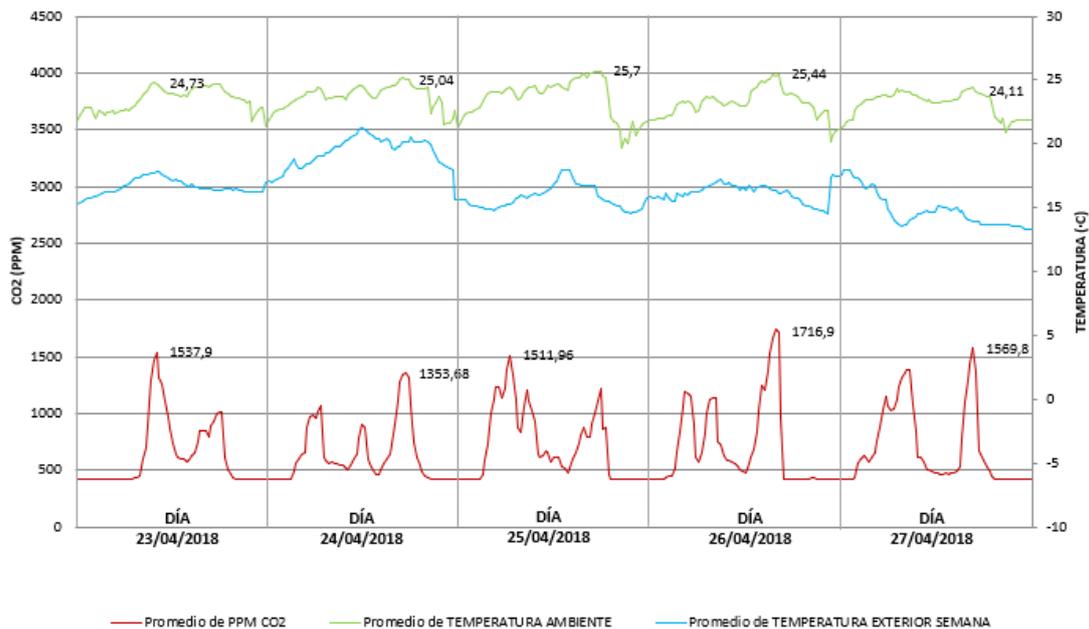


Tabla 5

## Confort real

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de San Sebastián el **34,05%** del tiempo lo hacen en **condiciones de confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

## CONCLUSIONES

**En el colegio monitorizado de San Sebastián tan solo el 34,05% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 1 hora y 42 minutos de las 5h diarias de clase.**

La fecha de construcción del colegio implica que éste deba responder a requisitos mínimos térmicos según recogía la Norma Básica de la Edificación CT-79. Además, el sistema de calefacción del edificio y la climatología generalmente suave permiten que se mantenga el rango de confort de temperaturas durante un alto porcentaje de tiempo.

Por su parte, durante los meses más fríos se observa una peor calidad de aire en cuanto a concentración interior de CO<sub>2</sub>, mejorando este porcentaje en meses menos severos, cuando una mayor ventilación natural es posible.

### 15.18. Huelva:

El colegio de Huelva se ha agrupado dentro de la climatología de mediterráneo costa. El aula monitorizada se encuentra en un colegio construido antes de que entrase en vigor la Norma Básica de Edificación CT-79. Como instalación de climatización se emplea aire acondicionado.

Del total de puntos de lectura (muestras) se han seleccionado tan solo aquellos que coinciden con el horario de clases de los alumnos, en total 3.423 (puntos de lectura) que recogen 17.115 parámetros, entre los meses de septiembre de 2017 a marzo de 2018.

#### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico (tabla 1) se aprecia una distribución dispersa de temperaturas interiores en el aula entre los 15°C y los 28°C mientras que la humedad relativa oscila entre el 30 y el 100%<sup>42</sup>. Se aprecian dos agrupaciones de puntos destacadas. Una en la parte superior izquierda de la tabla y otro gran grupo de puntos en la parte más a la derecha y con humedades más bajas.

HUELVA SEPTIEMBRE A MARZO CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS".

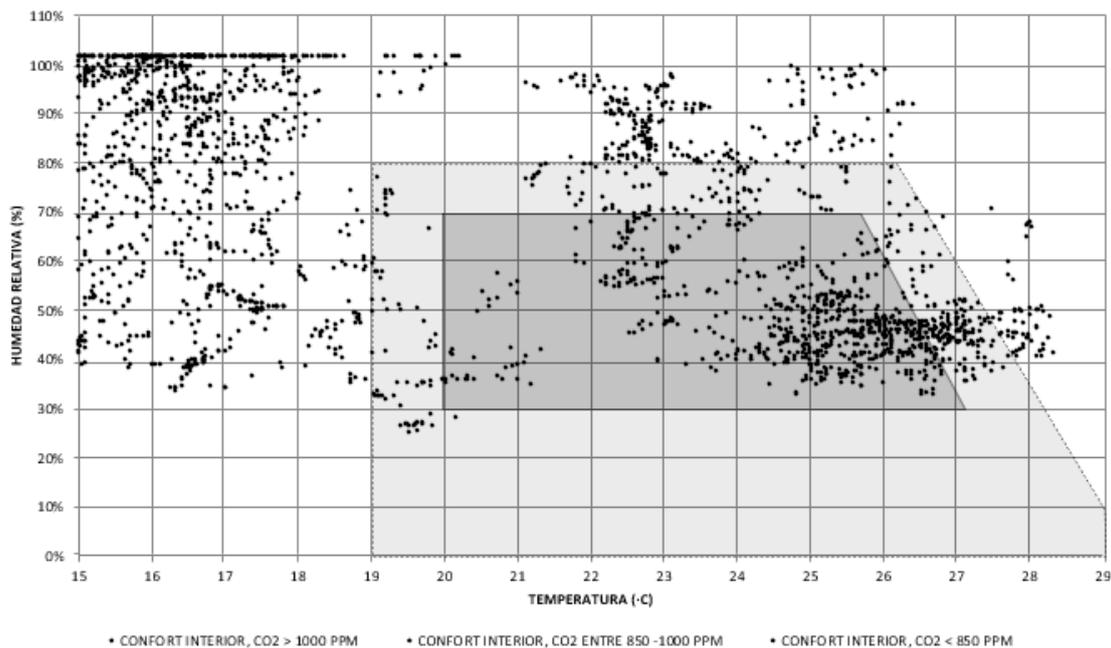


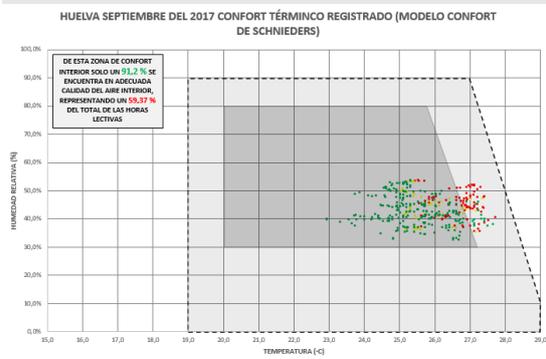
Tabla 1

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a marzo cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

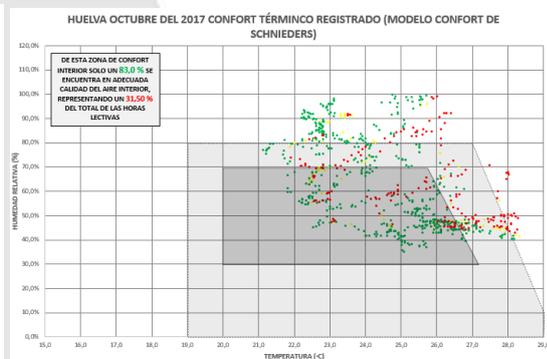
<sup>42</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

Del total de puntos considerados correspondiente al tiempo que los niños pasan en el aula, el **23,70%** se encuentran dentro de la zona de **confort higrotérmico**. La mayoría de los puntos que salen de esta área lo hacen por la franja comprendida en el lado izquierdo y el lado superior de la tabla, es decir, hacia las temperaturas más bajas, por debajo de los 20°C y humedades relativas más altas. Tan solo algunos puntos se salen por la parte derecha del recuadro de confort.

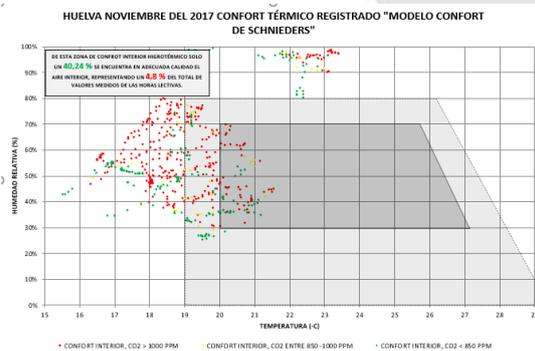
Desglosando estos datos por meses se puede observar que estos registros de temperaturas más bajas se producen entre los meses de diciembre a marzo, es decir, coincidiendo con el periodo en el que se registran las temperaturas exteriores más frías. Además, se observa que durante los meses de enero y febrero la humedad relativa del aula va aumentando hasta alcanzar el 100% en la mayoría de los registros.



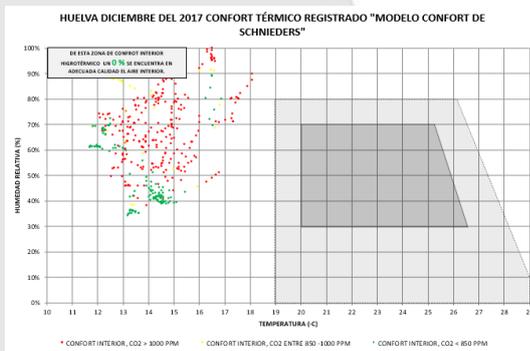
septiembre



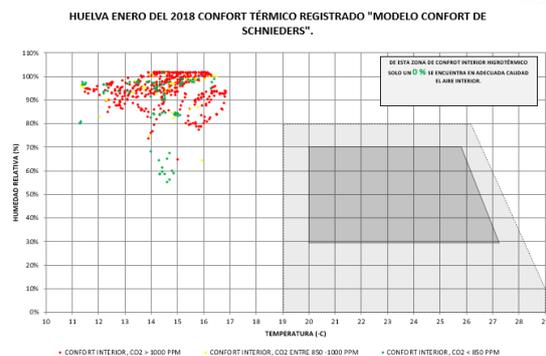
octubre



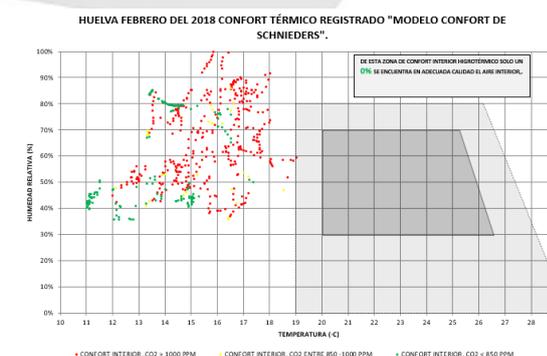
noviembre



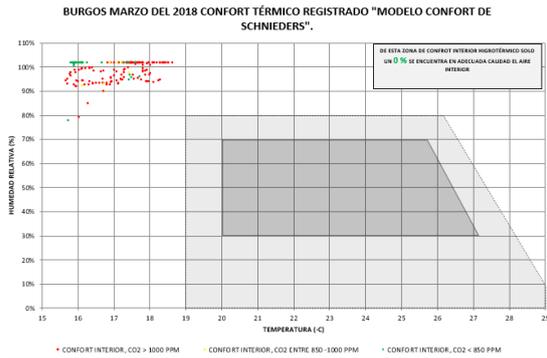
diciembre



enero



febrero



marzo  
Tabla 2

Las tablas 3 y 4, representan los datos obtenidos en un mes y una semana característica en cuanto a temperaturas interiores y concentración de CO<sub>2</sub> en partes por millón. Se observan picos altos de concentración de CO<sub>2</sub> cuando los niños ocupan el aula. Destaca que las temperaturas registradas durante este mes no sobrepasan los 20°C en ningún momento.

**HUELVA DICIEMBRE DEL 2017 CO2 Y TEMPERATURA AMBIENTE**

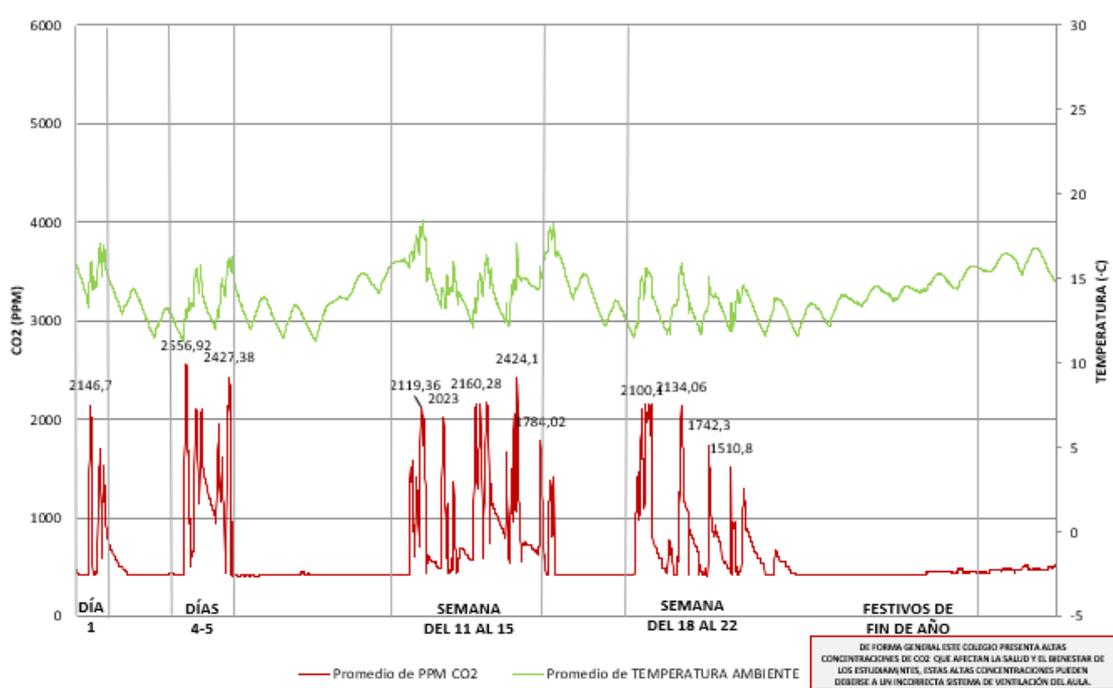


Tabla 3

**HULEVA SEMANA DEL 11 AL 15 DE DICIEMBRE DEL 2017 CO2, TEMPERATURA AMBIENTE Y TEMPERATURA EXTERIOR**

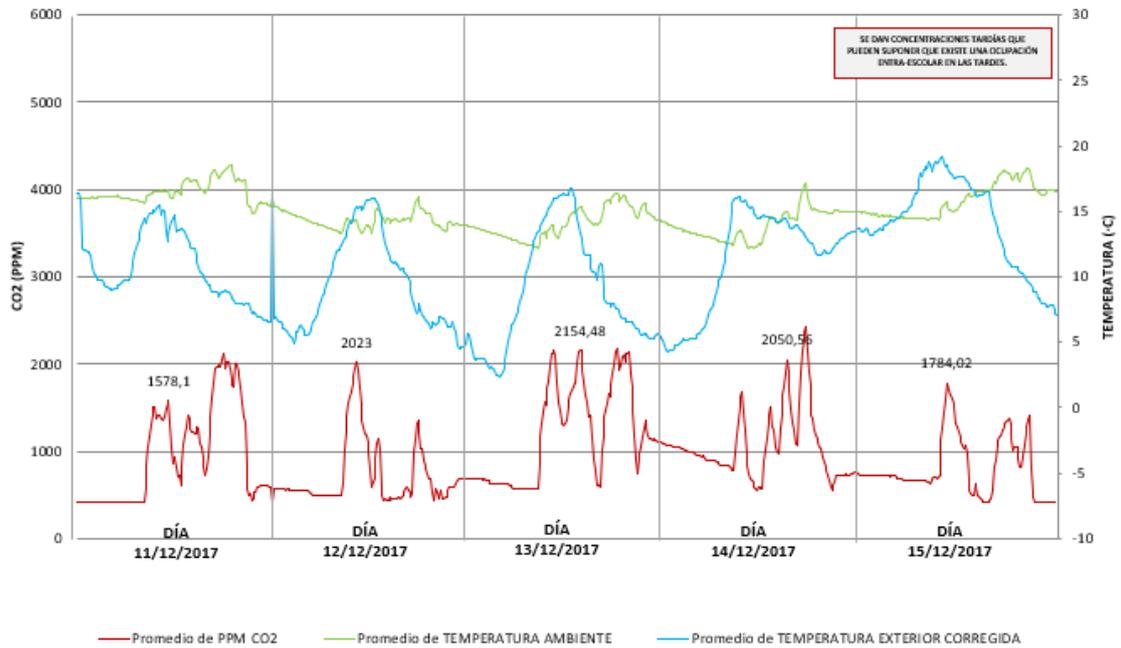


Tabla 4

**Calidad del aire**<sup>43</sup>

En cuanto a la calidad del aire, se observa que la mayor cantidad de puntos que registran concentraciones inferiores a 1.000ppm (en verde y amarillo). Los puntos que superan este límite están ubicados en la zona superior izquierda de la tabla o lo que es lo mismo en la zona de temperaturas más bajas y humedades relativas más altas. Los puntos registrados con concentraciones inferiores a 1.000ppm (en verde y amarillo) se encuentran repartidos por todo el espectro de registros tanto de temperaturas como de humedades. Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **54,95%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO2 superiores a 1000ppm**.

<sup>43</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de Co2 en el aire. Concentraciones de Co2 en el aire >1000ppm no son recomendables.

**HUELVA SEPTIEMBRE A MARZO CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO**  
**"MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS".**

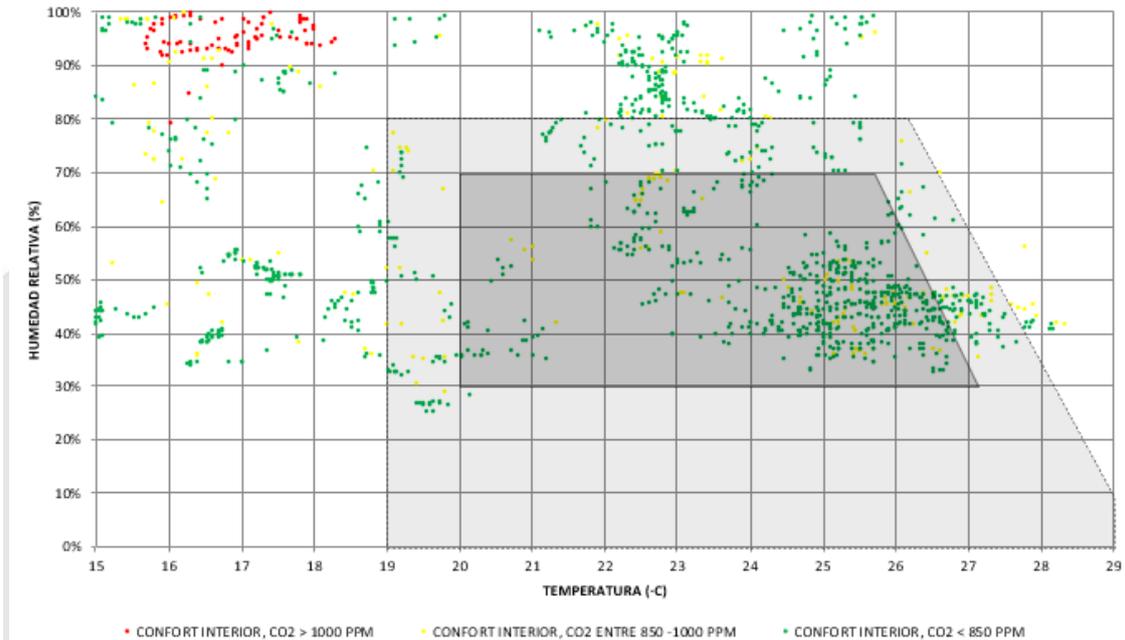


Tabla 5

**Confort real**

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO2 resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Huelva el **13,40%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO2 se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

## CONCLUSIONES

**En el colegio monitorizado de Huelva tan solo el 13,40% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 40 minutos de las 5h diarias de clase.**

El hecho de que la fecha de construcción del colegio sea anterior la entrada en vigor de la Norma Básica de Edificación CT-79 hace pensar que los criterios de aislamiento térmico no existan o sean muy bajos. Esto sumado a la inexistencia de un sistema de calefacción aun tratándose de un clima templado, con inviernos suaves y veranos calurosos, hace que en este colegio llame la atención el alto porcentaje de bajas temperaturas que se producen en el aula durante los meses de invierno.

Destaca también el alto porcentaje de mediciones que registran altas humedades relativas incluso en valores del 100%<sup>44</sup>.

Atendiendo exclusivamente a temperatura y humedad relativa, el 23,70% del tiempo que los niños pasan en el aula tienen unas condiciones confortables. Este porcentaje se reduce hasta un 13,40% de confort real cuando además introducimos la calidad del aire en cada punto, lo que supone una media de 40 minutos de las 5 horas diarias que los niños pasan en clase.

---

<sup>44</sup> Esto hace pensar que la sonda pueda encontrarse cerca de una fuente de humedad.

### 15.19. Huesca:

Huesca se caracteriza por tener un clima predominantemente frío, característico de los climas atlántico continental de los que aquí se han agrupado. El colegio monitorizado se construyó con anterioridad a la entrada en vigor de la Norma Básica de la Edificación CT-79, por lo que no tiene requisitos mínimos de aislamiento térmico. Como sistemas de climatización cuenta con calefacción y aire acondicionado.

Del total de puntos de lectura (muestras) se han seleccionado tan solo aquellos que coinciden con el horario de clases de los alumnos, en total 1.495 (puntos de lectura) que recogen 7.475 parámetros, en los meses de febrero, marzo, mayo y junio de 2018.

#### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico (tabla 1) se aprecia que las medidas se mantienen generalmente en rango, aquellas que salen del rango de temperatura lo hacen por la parte izquierda, entre 18°C y 20°C.

El grueso de los registros se sitúa en humedades relativas en rango entre 40% y 60%, encontrando que las mediciones que salen de este rango lo hacen con humedades más bajas, entre 30% y 20%<sup>45</sup>.

Del total de puntos considerados correspondiente al tiempo que los niños pasan en el aula, el **95,93%** se encuentran dentro de la zona de **confort higrotérmico**.

**HUESCA FEBRERO, MARZO MAYO Y JUNIO DEL 2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO  
(MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS)**

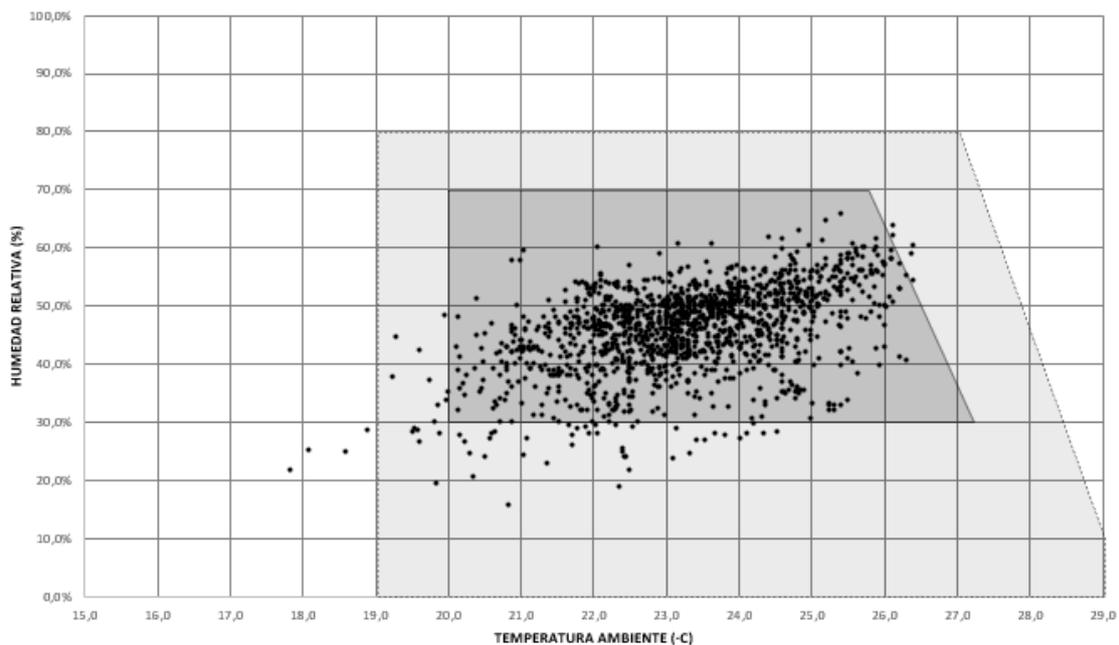


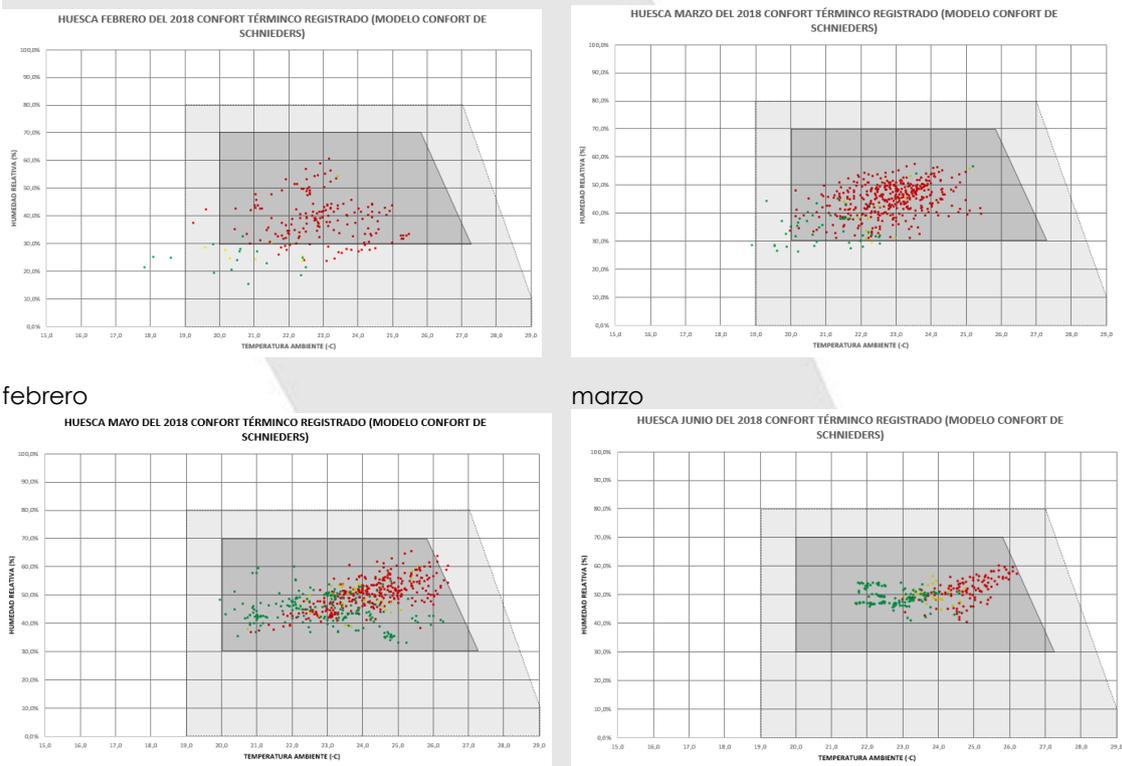
Tabla 1

<sup>45</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a junio cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

Desglosando estos datos por meses se observa como las temperaturas se agrupan en registros más bajos en los meses de febrero y marzo, y en registros más altos en los meses de mayo y junio, coincidiendo con la variación de las temperaturas exteriores, aunque por lo general todas ellas dentro de rango.

Se observa también de manera generalizada que las mediciones marcan un patrón ascendente hacia la derecha, que indica mayores niveles de humedad relativa interior a mayores temperaturas.



febrero

marzo

mayo

junio

Tabla 2

### Calidad del aire <sup>46</sup>

En cuanto a la calidad del aire, se observa que los puntos en rojo, con concentraciones superiores a 1.000ppm, se sitúan en todo el rango de registros, generalmente en temperaturas más altas y con mayor humedad relativa interior que los puntos con concentraciones inferiores a 1.000ppm, en colores amarillo y verde, en los mismos períodos.

<sup>46</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de Co2 en el aire. Concentraciones de Co2 en el aire >1000ppm no son recomendables.

Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **33,78%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO2 inferiores a 1.000ppm.**

**HUESCA FEBRERO, MARZO MAYO Y JUNIO DEL 2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO (MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS)**

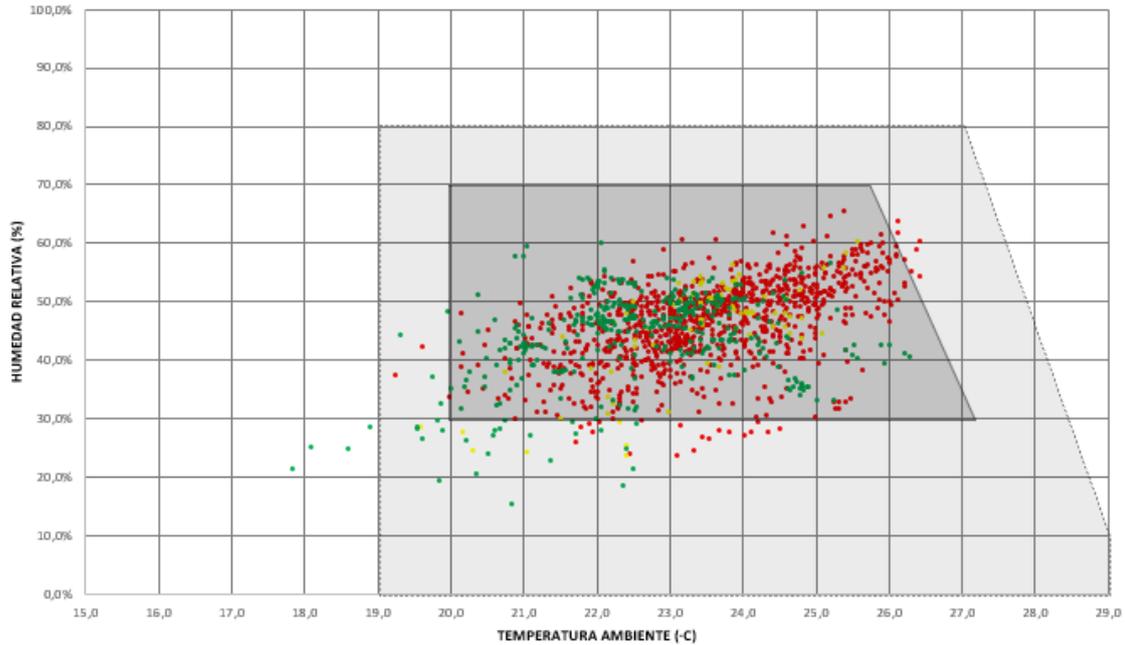


Tabla 3

### Confort real

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO2 resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Huesca el **26,60%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad comfortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO2 se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

### Patrones observados:

En la tabla 4 destaca a simple vista como los registros se alinean en franjas ascendentes hacia la derecha, siendo además los primeros registros (inferior izquierda) de color verde-amarillo y pasando a rojo rápidamente. Esto manifiesta que el aula al comienzo está en temperatura más fría (fuera de rango en muchas ocasiones) y humedad relativa más baja y que a medida que avanza la jornada se aumenta la temperatura y la humedad relativa por el aporte de la calefacción, así como de los alumnos. Este patrón se observa en prácticamente todos los meses, además del representado en la tabla 4.

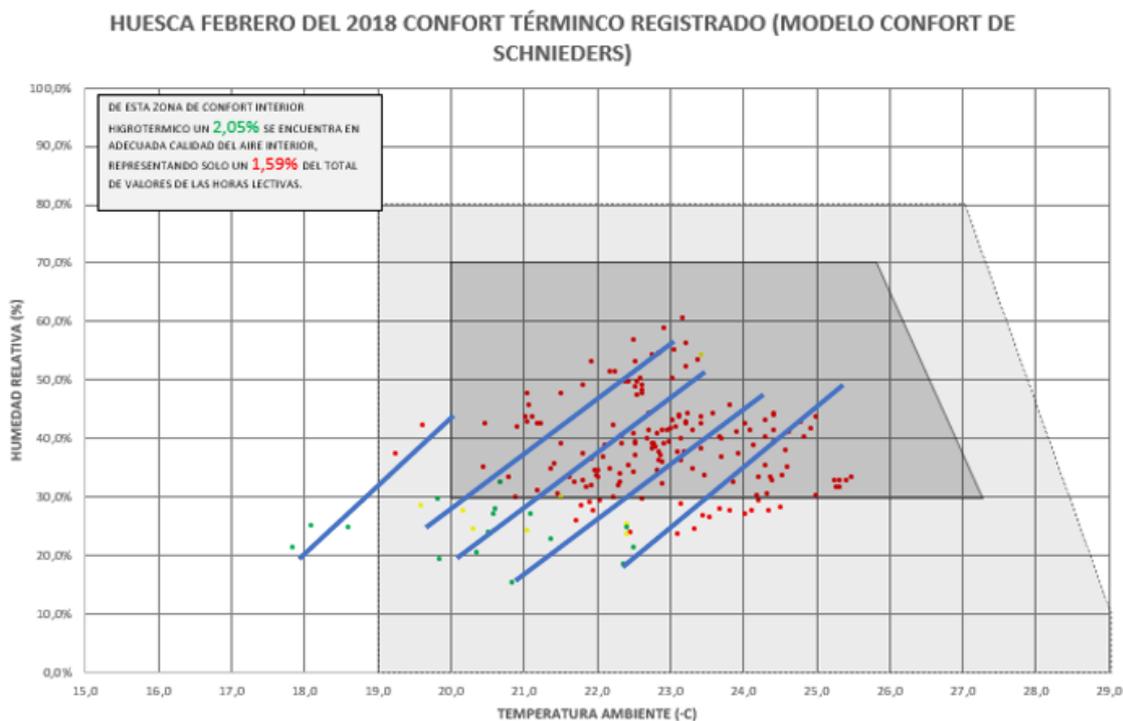


Tabla 4

La tabla 5 representa la monitorización representativa de un día lectivo del curso. En concreto, el 27 de febrero en que se aprecia como la concentración de CO<sub>2</sub> responde a la ocupación del aula, aumentando de manera muy rápida al comienzo de la jornada lectiva, alcanzando pico de 2.937ppm, con un ligero descenso en la hora del recreo, y de nuevo un incremento durante final de la jornada, alcanzando pico máximo de 2.153ppm. Este patrón se observa durante todo el año

Por su parte, la temperatura interior se mantiene prácticamente toda la jornada entre los 20°C y los 25°C.

**HUESCA DIA 27 DE FEBRERO DEL 2018 CO2, TEMPERATURA AMBIENTE Y EXTERIOR.**

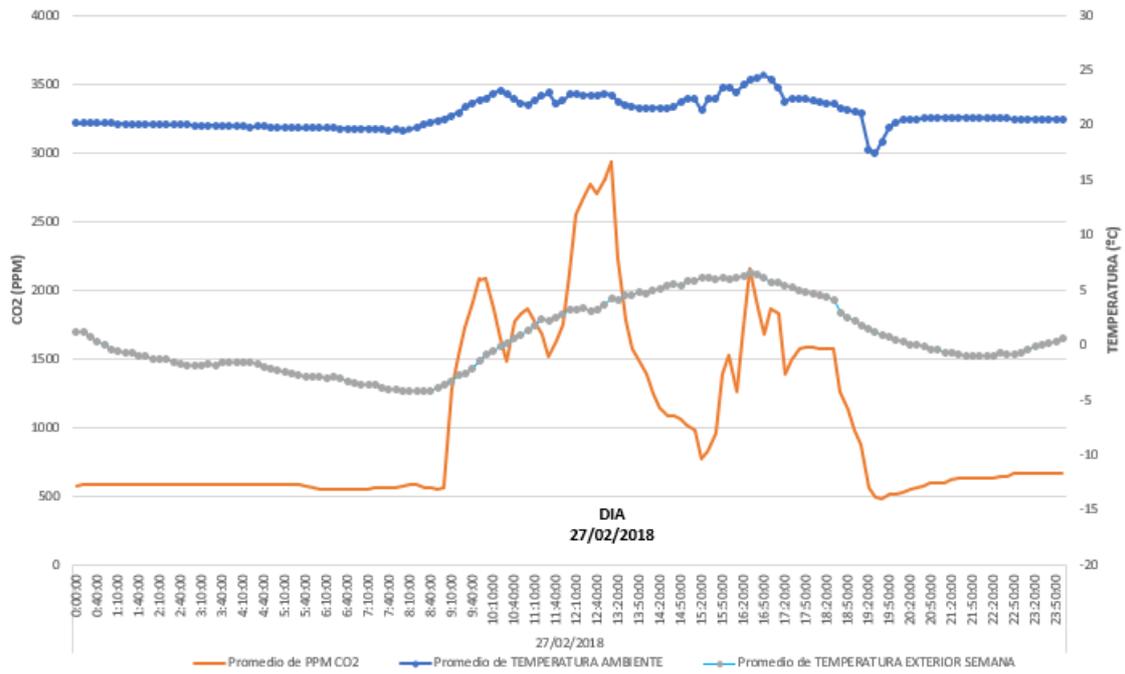


Tabla 5



## CONCLUSIONES

**En el colegio monitorizado de Huesca tan solo el 26,60% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 1 hora y 20 minutos De las 5h diarias de clase.**

El colegio fue edificado con anterioridad a la Norma Básica de Edificación CT-79 en vigor, por lo que no responde a obligatoriedad de criterios de aislamiento térmico mínimo.

Se aprecia como la monitorización de este colegio encaja con las monitorizaciones características de climas fríos, en los que el sistema de calefacción trabaja para compensar la falta de aislamiento en meses fríos, manteniendo la temperatura en rango el 95,93% del tiempo. Por su parte, la concentración de CO<sub>2</sub> se mantiene de manera generalizada en niveles por encima de 1.000ppm, también característico de aulas cerradas y poco ventiladas en clima frío.

## 15.20. León:

León se caracteriza por tener un clima predominantemente frío, característico de los climas atlántico continental de los que aquí se han agrupado. El colegio monitorizado se construyó con anterioridad a la entrada en vigor de la Norma Básica de la Edificación CT-79, por lo que no tiene requisitos mínimos de aislamiento térmico. Como único sistema de climatización cuenta con calefacción.

Del total de puntos de lectura (muestras) se han seleccionado tan solo aquellos que coinciden con el horario de clases de los alumnos, en total 1.976 (puntos de lectura) que recogen 9.880 parámetros, en los periodos de septiembre de 2017 a enero de 2018.

### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico (tabla 1) se aprecia que las medidas que salen del rango de temperatura lo hacen por la parte izquierda, entre 15°C y 19°C.

Todos los registros se sitúan en humedades relativas en el rango entre 30% y 60%<sup>47</sup>.

Del total de puntos considerados correspondiente al tiempo que los niños pasan en el aula, el **89,07%** se encuentran dentro de la zona de **confort higrotérmico**.

**LEÓN DE SEPTIEMBRE A ENERO CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO  
 REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"**

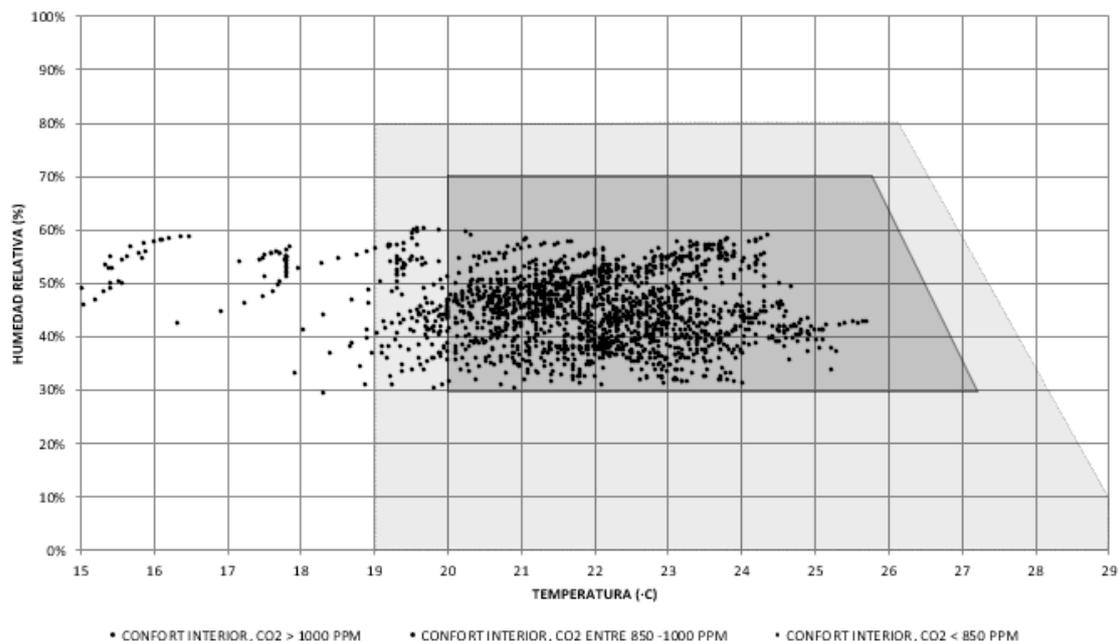


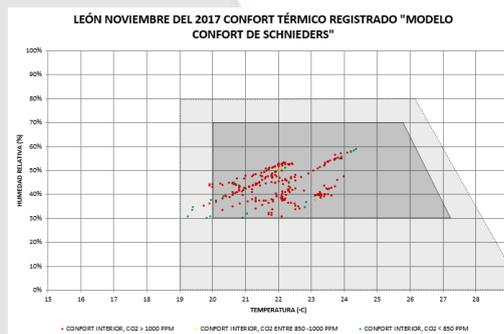
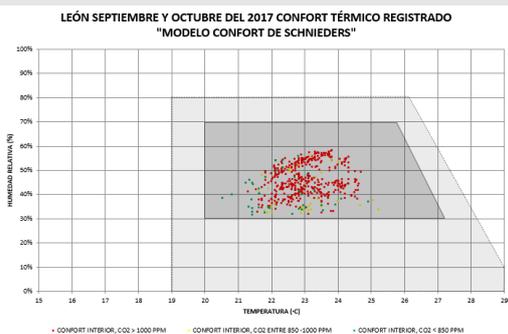
Tabla 1

<sup>47</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a junio cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

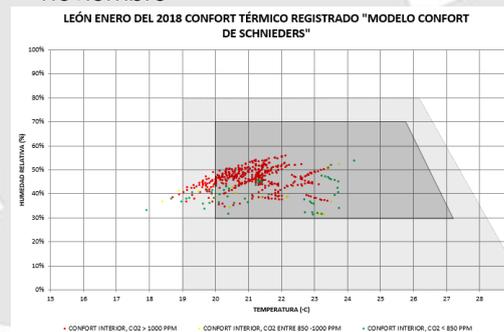
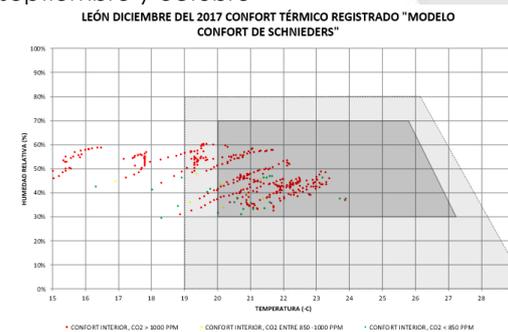
Desglosando estos datos por meses se observa como las temperaturas comienzan en temperaturas altas, incluso fuera de rango por calor en los primeros meses lectivos, cuando las temperaturas exteriores aún no son tan bajas y se cuenta con el apoyo de calefacción (septiembre y octubre), se desplazan hacia temperaturas más frías conforme bajan las temperaturas exteriores en los meses más fríos ( de noviembre a marzo), saliendo de rango por frío hasta temperaturas de 15-16°C, volviendo hacia temperaturas más elevadas conforme suben las temperaturas exteriores en mese más cálidos (abril, mayo y junio).

Se observa también en determinados meses que las mediciones marcan un patrón ascendente hacia la derecha, que indica mayores niveles de humedad relativa interior a mayores temperaturas.



septiembre y octubre

noviembre



diciembre  
Tabla 2

enero

## Calidad del aire <sup>48</sup>

En cuanto a la calidad del aire, se observa que los puntos en rojo, con concentraciones superiores a 1.000ppm, se sitúan en todo el rango de registros, generalmente en temperaturas más altas y con mayor humedad relativa interior que los puntos con concentraciones inferiores a 1.000ppm, en colores amarillo y verde, en los mismos períodos.

Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **10,22%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO2 inferiores a 1000ppm**.

### LEÓN DE SEPTIEMBRE A ENERO CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"

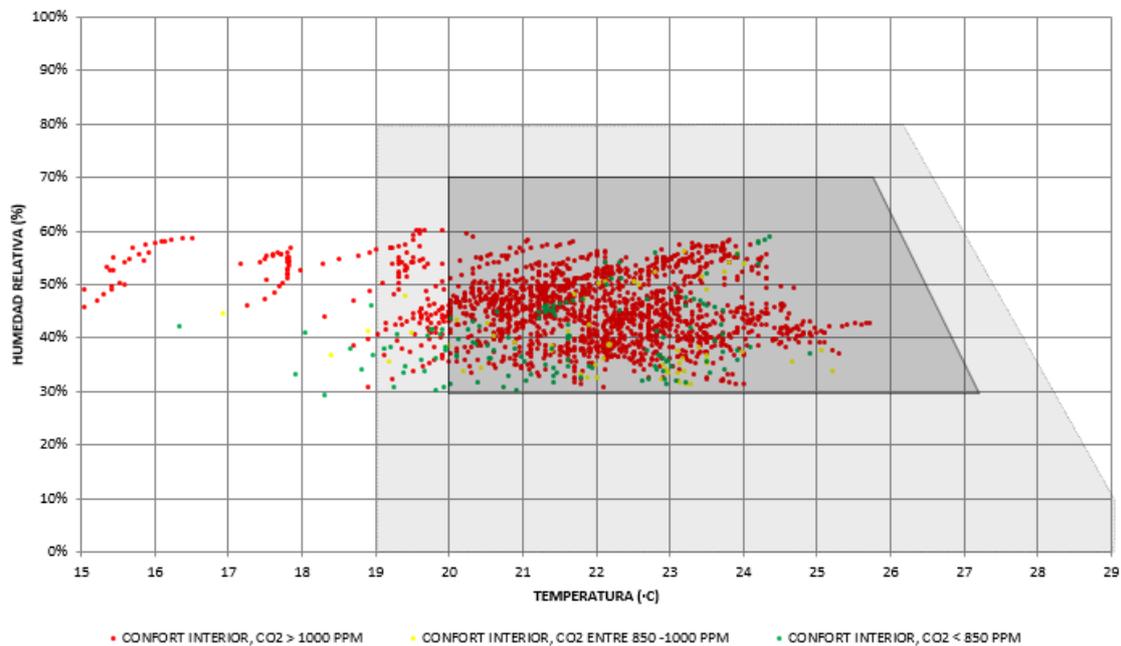


Tabla 3

## Confort real

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO2 resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de León el **8,50%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO2 se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

<sup>48</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de Co2 en el aire. Concentraciones de Co2 en el aire >1000ppm no son recomendables.

### Patrones observados:

En la tabla 4 destaca a simple vista como los registros se alinean en franjas ascendentes hacia la derecha, siendo además los primeros registros (inferior izquierda) de color verde-amarillo y pasando a rojo rápidamente. Esto manifiesta que el aula al comienzo está en temperatura más fría y humedad relativa más baja y que a medida que avanza la jornada se aumenta la temperatura y la humedad relativa por el aporte de la calefacción, así como de los alumnos. Este patrón se observa en todos los meses monitorizados.

**LEÓN DE SEPTIEMBRE A ENERO CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"**

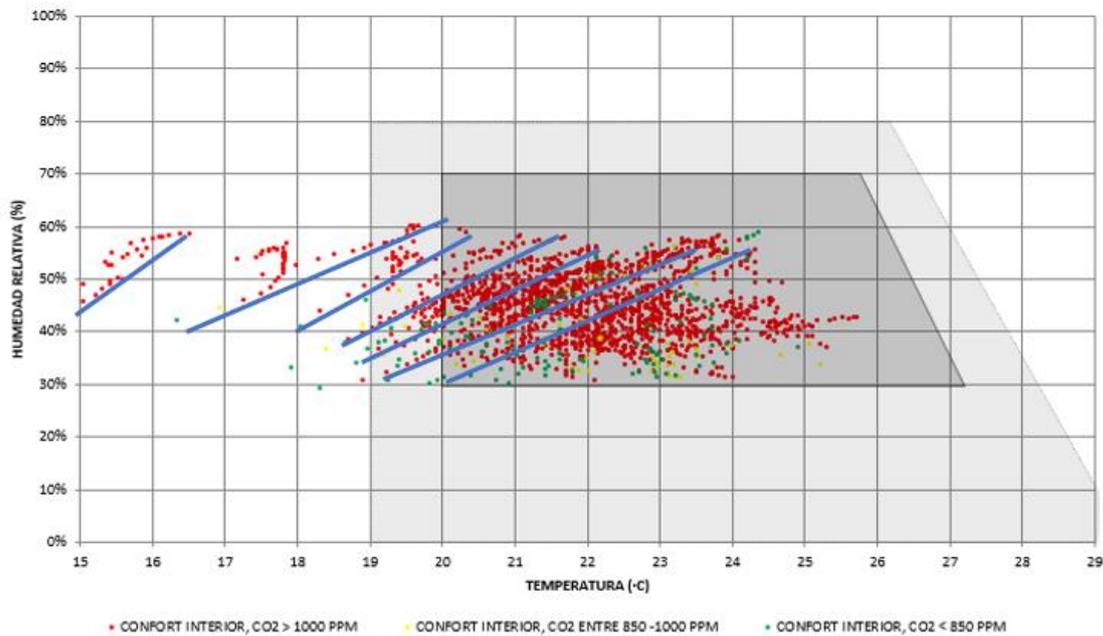


Tabla 4

La tabla 5 representa la monitorización representativa de un día lectivo del curso. En concreto, el 15 de enero en que se aprecia como la concentración de CO<sub>2</sub> responde a la ocupación del aula, aumentando de manera muy rápida al comienzo de la jornada lectiva, alcanzando pico de 3.360ppm, con un ligero descenso en la hora del recreo, y de nuevo un incremento durante final de la jornada, alcanzando pico máximo de 4.318ppm. Este patrón se observa durante todo el año

Por su parte, la temperatura interior describe el mismo recorrido, pero manteniéndose prácticamente toda la jornada en el entorno de los 20°C.

### LEÓN DÍA 15 DE ENERO DEL 2018 CO<sub>2</sub>,TEMPERATURA AMBIENTE Y TEMPERATURA EXTERIOR

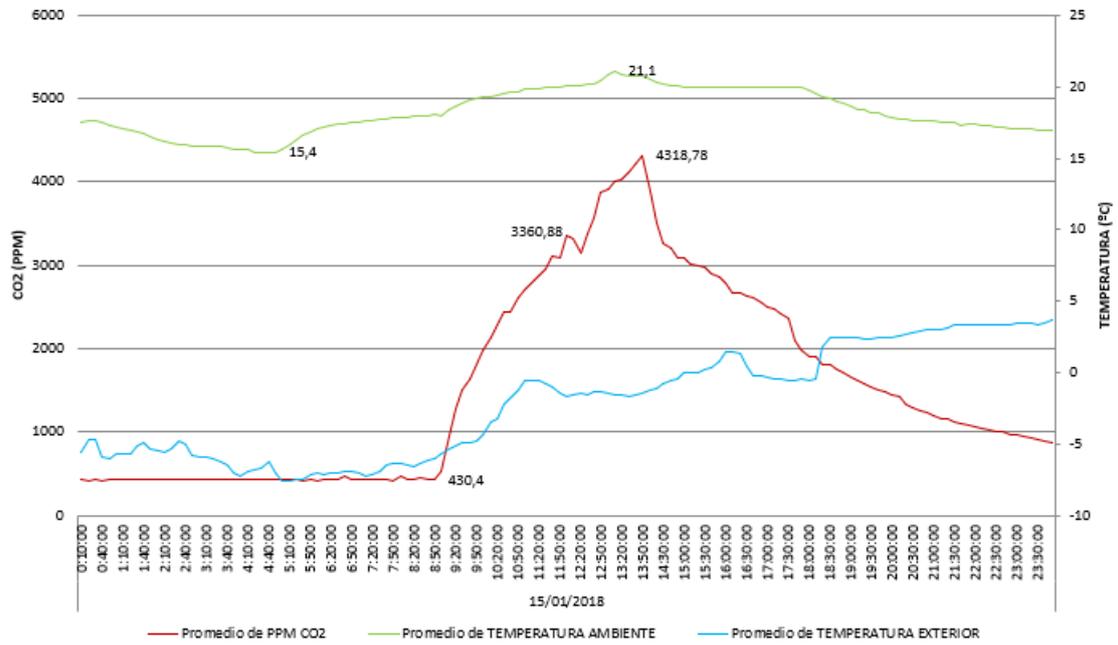


Tabla 5

## CONCLUSIONES

**En el colegio monitorizado de León tan solo el 8,50% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 25 minutos de las 5h diarias de clase.**

El colegio fue edificado con anterioridad a la Norma Básica de Edificación CT-79 en vigor, por lo que no responde a obligatoriedad de criterios de aislamiento térmico mínimo.

Se aprecia como la monitorización de este colegio encaja con las monitorizaciones características de climas fríos, en los que el sistema de calefacción trabaja para compensar la falta de aislamiento en meses fríos, manteniendo la temperatura en rango el 89,07 % del tiempo. Por su parte, la concentración de CO<sub>2</sub> se mantiene de manera generalizada en niveles por encima de 1.000ppm, también característico de aulas cerradas y poco ventiladas en clima frío.

Atendiendo exclusivamente a temperatura y humedad relativa, el 89,07% del tiempo que los niños pasan en el aula tienen unas condiciones confortables. Este porcentaje se reduce hasta un 8,50% de confort real cuando además introducimos la calidad del aire en cada punto, lo que supone una media de 25 minutos de las 5 horas diarias que los niños pasan en clase.

### 15.21. Lugo:

Lugo se caracteriza por tener un clima predominantemente frío, característico de los climas atlántico continental de los que aquí se han agrupado. El colegio monitorizado se construyó con anterioridad a la entrada en vigor de la Norma Básica de la Edificación CT-79, por lo que no tiene requisitos mínimos de aislamiento térmico. Como único sistema de climatización cuenta con calefacción.

Del total de puntos de lectura (muestras) se han seleccionado tan solo aquellos que coinciden con el horario de clases de los alumnos, en total 2.413 (puntos de lectura) que recogen 12.065 parámetros, en los periodos de septiembre de 2017 a febrero de 2018 y en junio de 2018.

#### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico (tabla 1) se aprecia que las medidas que salen del rango de temperatura lo hacen por la parte izquierda, entre 16°C y 19°C.

Los registros se sitúan en humedades relativas en el rango entre 40% y 80%<sup>49</sup>.

Del total de puntos considerados correspondiente al tiempo que los niños pasan en el aula, el **65,81%** se encuentran dentro de la zona de **confort higrotérmico**.

**LUGO SEPTIEMBRE A JUNIO CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"**

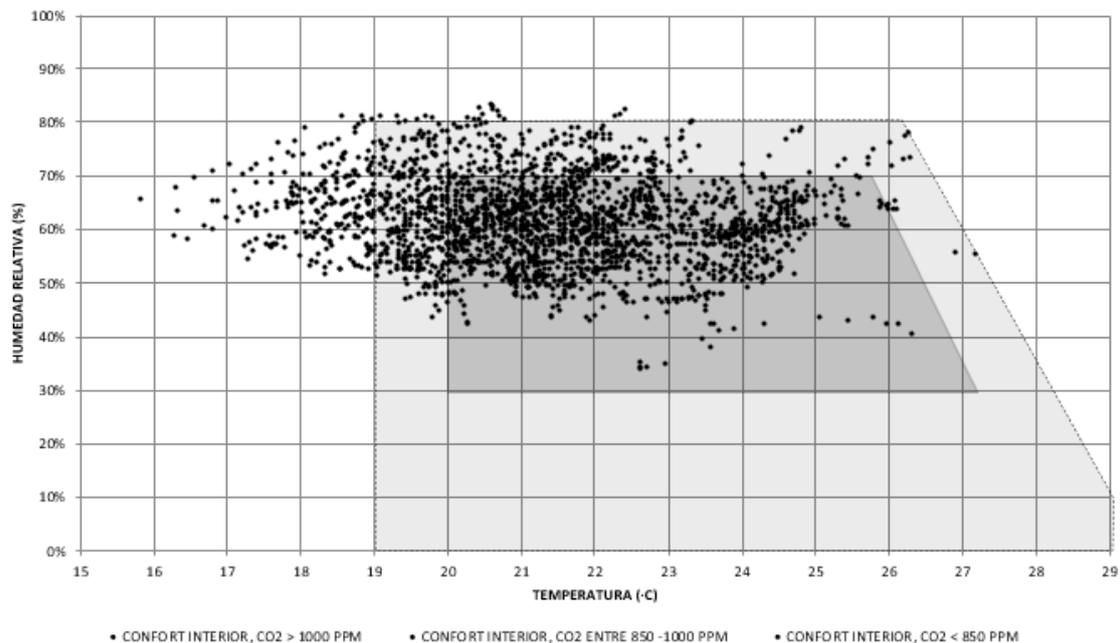


Tabla 1

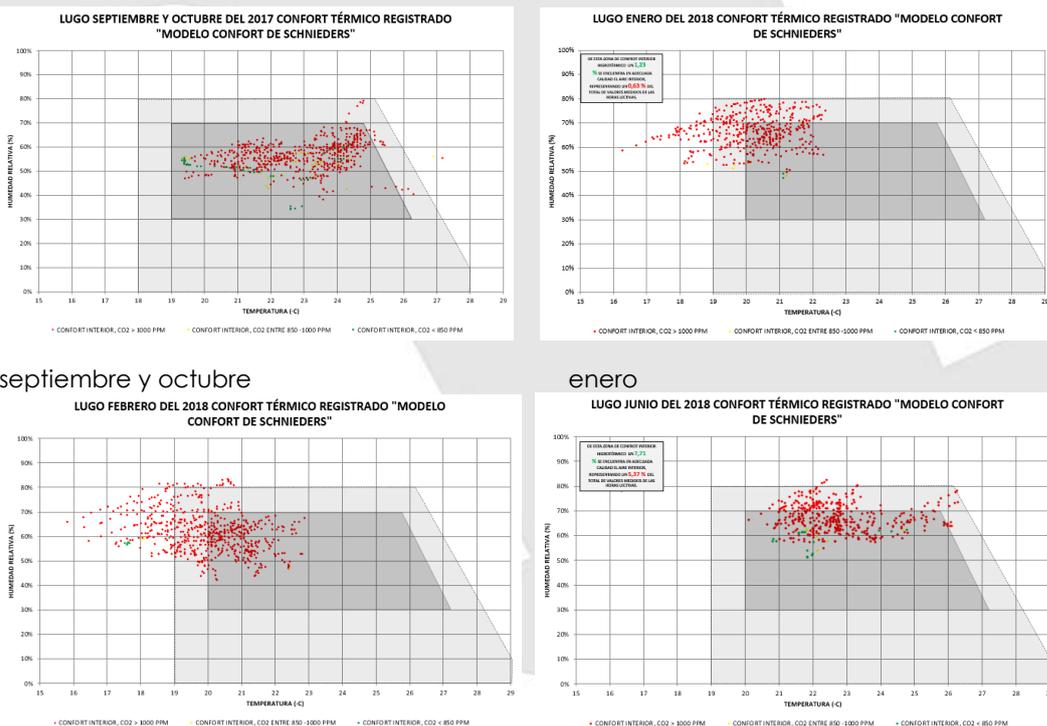
<sup>49</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

Desglosando estos datos por meses se observa como las temperaturas comienzan en temperaturas entre 20 y 26°C en los primeros meses lectivos, cuando las temperaturas exteriores aún no son tan bajas y se cuenta con el apoyo de calefacción (septiembre y octubre), se desplazan hacia temperaturas más frías conforme bajan las temperaturas exteriores en los meses más fríos ( enero-febrero), saliendo de rango por frío hasta temperaturas de 15-16°C, volviendo hacia temperaturas más elevadas conforme suben las temperaturas exteriores en mese más cálidos (junio).

En cuanto a la humedad relativa, se observa que las mediciones se agrupan generalmente por encima del 50% en todos los meses, y agrupadas en el rango 50-80% generalmente.

Se observa también en determinados meses que las mediciones marcan un patrón ascendente hacia la derecha, que indica mayores niveles de humedad relativa interior a mayores temperaturas.



septiembre y octubre

enero

Febrero  
Tabla 2

junio

## Calidad del aire <sup>50</sup>

En cuanto a la calidad del aire, se observa que los puntos en rojo, con concentraciones superiores a 1.000ppm, se sitúan en todo el rango de registros, generalmente en temperaturas más altas y con mayor humedad relativa interior que los puntos con concentraciones inferiores a 1.000ppm, en colores amarillo y verde, en los mismos períodos.

Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **5,06%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO2 inferiores a 1.000ppm**.

**LUGO SEPTIEMBRE A JUNIO CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"**

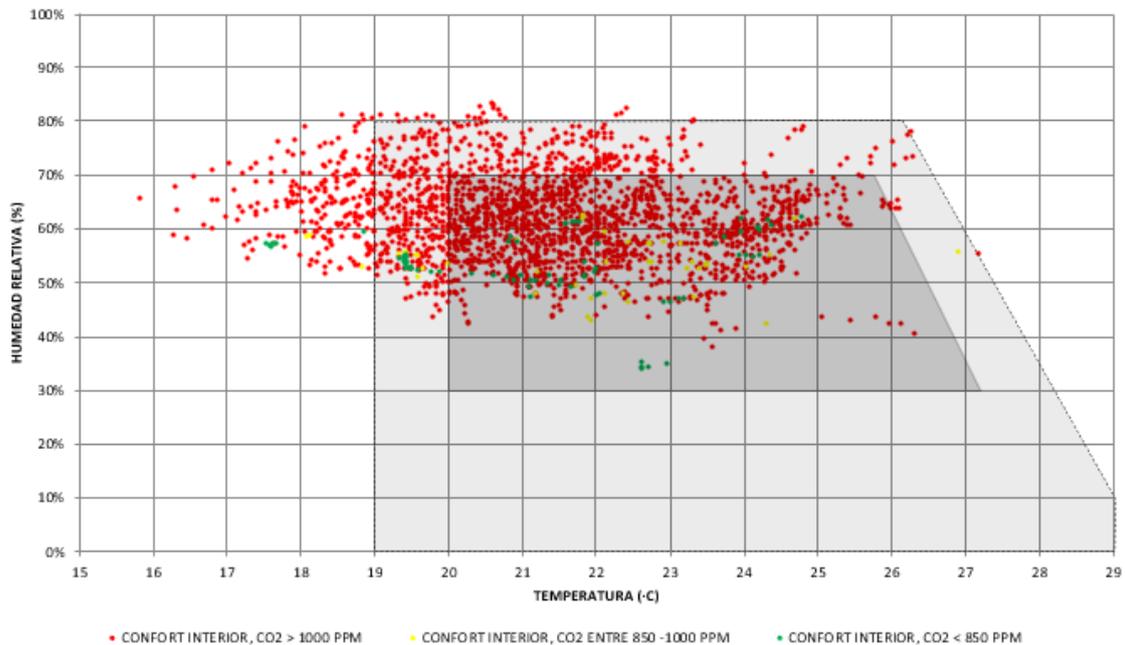


Tabla 3

## Confort real

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO2 resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Lugo el **3,47%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO2 se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

<sup>50</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de Co2 en el aire. Concentraciones de Co2 en el aire >1000ppm no son recomendables.

### Patrones observados:

En la tabla 4 destaca a simple vista como los registros se alinean en franjas ascendentes hacia la derecha, siendo además los primeros registros (inferior izquierda) de color verde-amarillo y pasando a rojo rápidamente. Esto manifiesta que el aula al comienzo está en temperatura más fría y humedad relativa más baja y que a medida que avanza la jornada se aumenta la temperatura y la humedad relativa por el aporte de la calefacción, así como de los alumnos. Este patrón se observa en todos los meses monitorizados.

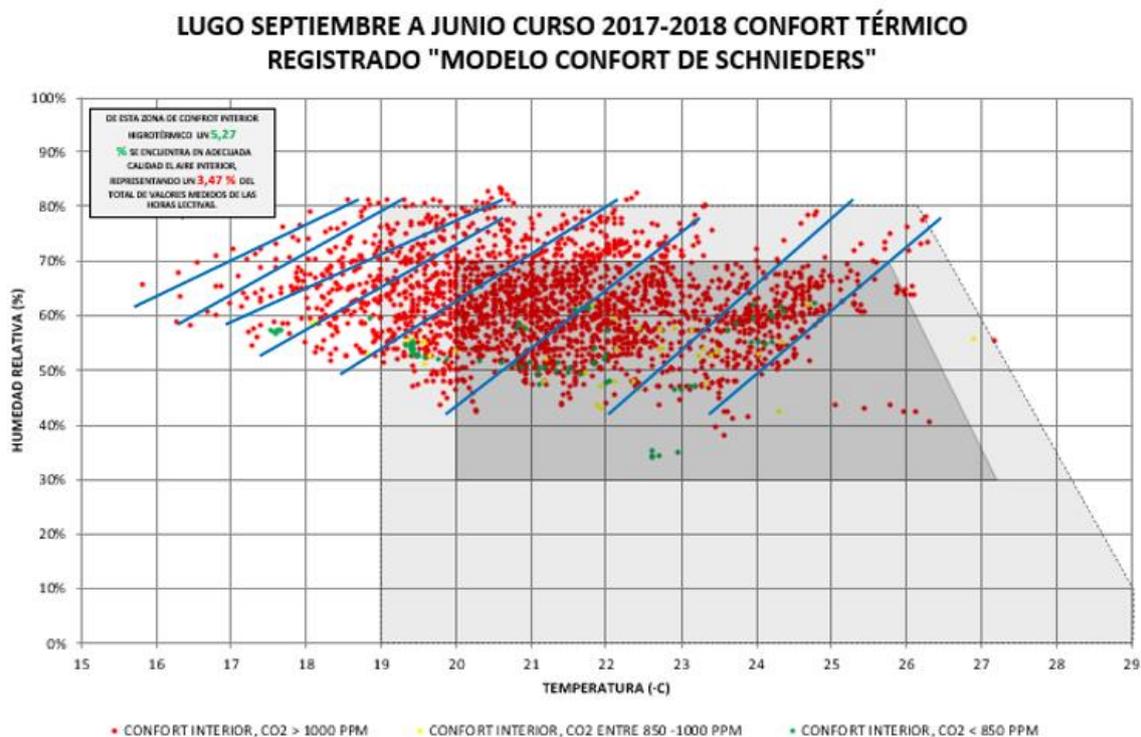


Tabla 4

En la tabla 5 se observa la monitorización representativa de un día lectivo del curso. En concreto, el 4 de junio en que se aprecia como la concentración de CO2 responde a la ocupación del aula, aumentando de manera muy rápida al comienzo de la jornada lectiva, alcanzando pico de 4.250ppm, con un ligero descenso en la hora del recreo, y de nuevo un incremento durante final de la jornada de mañana, manteniéndose en el entorno de 2.500ppm. En el descanso de la comida la concentración vuelve a bajar hasta niveles óptimos y al comienzo de la jornada de tarde vuelve a aumentar rápidamente alcanzando pico de 3.904ppm. Este patrón se observa durante todo el año

Por su parte, la temperatura interior describe el mismo recorrido, pero manteniéndose prácticamente toda la jornada entre 20 y 25°C.

### LUGO DÍA 4 DE JUNIO DEL 2018 CO<sub>2</sub>, TEMPERATURA AMBIENTE Y TEMPERATURA EXTERIOR

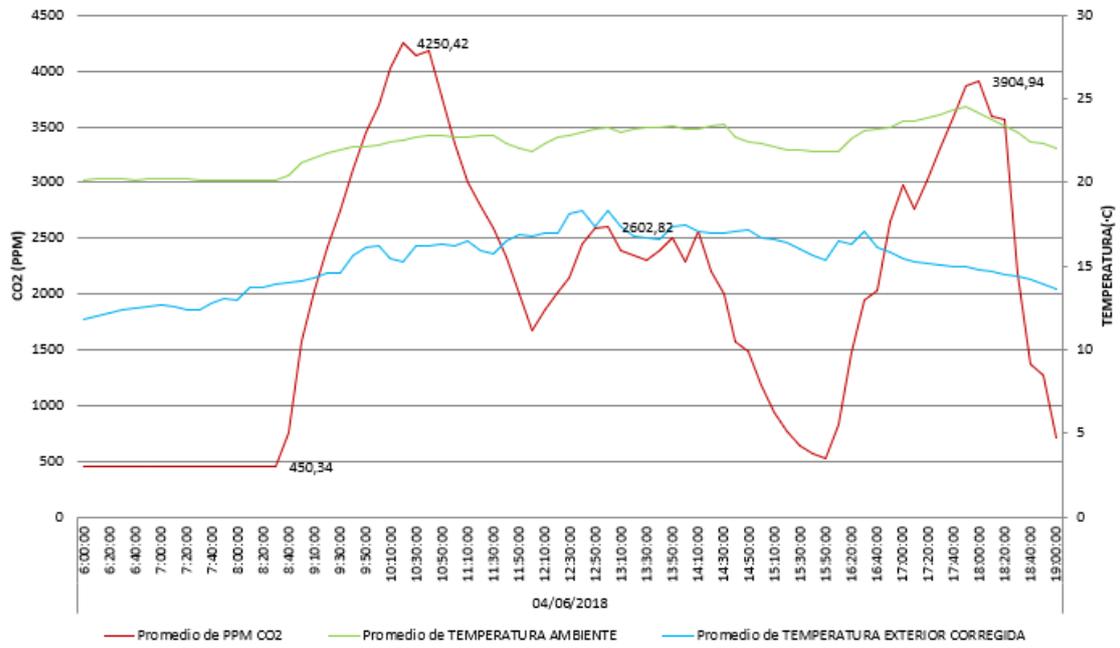


Tabla 5

## CONCLUSIONES

**En el colegio monitorizado de Lugo tan solo el 3,47% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 10 minutos de las 5h diarias de clase.**

El colegio fue edificado con anterioridad a la Norma Básica de Edificación CT-79 en vigor, por lo que no responde a obligatoriedad de criterios de aislamiento térmico mínimo.

Se aprecia como la monitorización de este colegio encaja con las monitorizaciones características de climas fríos, en los que el sistema de calefacción trabaja para compensar la falta de aislamiento en meses fríos, manteniendo la temperatura en rango el 65,81 % del tiempo. Por su parte, la concentración de CO<sub>2</sub> se mantiene de manera generalizada en niveles por encima de 1.000ppm, también característico de aulas cerradas y poco ventiladas en clima frío.

Atendiendo exclusivamente a temperatura y humedad relativa, el 65,81% del tiempo que los niños pasan en el aula tienen unas condiciones confortables. Este porcentaje se reduce hasta un 3,47 % de confort real cuando además introducimos la calidad del aire en cada punto, lo que supone una media de 10 minutos de las 5 horas diarias que los niños pasan en clase.

## 15.22. Madrid (colegio):

El colegio monitorizado en Madrid está situado en el área urbana periférica de Madrid, con clima Mediterráneo continental. Se trata de un colegio que, por el año de su construcción, se acoge a la normativa CT-79. Cuenta con instalación de calefacción y de refrigeración. Del total de puntos de lectura tomados se han seleccionado aquellos comprendidos dentro el horario lectivo de los alumnos, que ascienden a 6.525 recogiendo 32.625 parámetros, entre los meses de octubre de 2017 a junio de 2018.

### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico, y en lo referido a temperatura interior del aula, se aprecian la práctica totalidad de las lecturas en el rango entre los 19°C y los 29°C. Si atendemos a las condiciones de humedad relativa, comprobamos que esta oscila entre el 20 y el 50%, encontrando el grueso de las lecturas entre el 30 y el 50%<sup>51</sup>.

Del total de puntos considerados, **el 77,79%** se encuentran dentro de la zona de confort higrotérmico, comprendida entre los 20°C y los 26°C y entre 30 al 70% de humedad relativa. Los puntos de lectura que se salen de esta área se mantienen en rango de humedad relativa aceptable, pero con temperaturas inferiores a 20°C o superiores a 26°C.

**MADRID COLEGIO OCTUBRE A JUNIO CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS".**

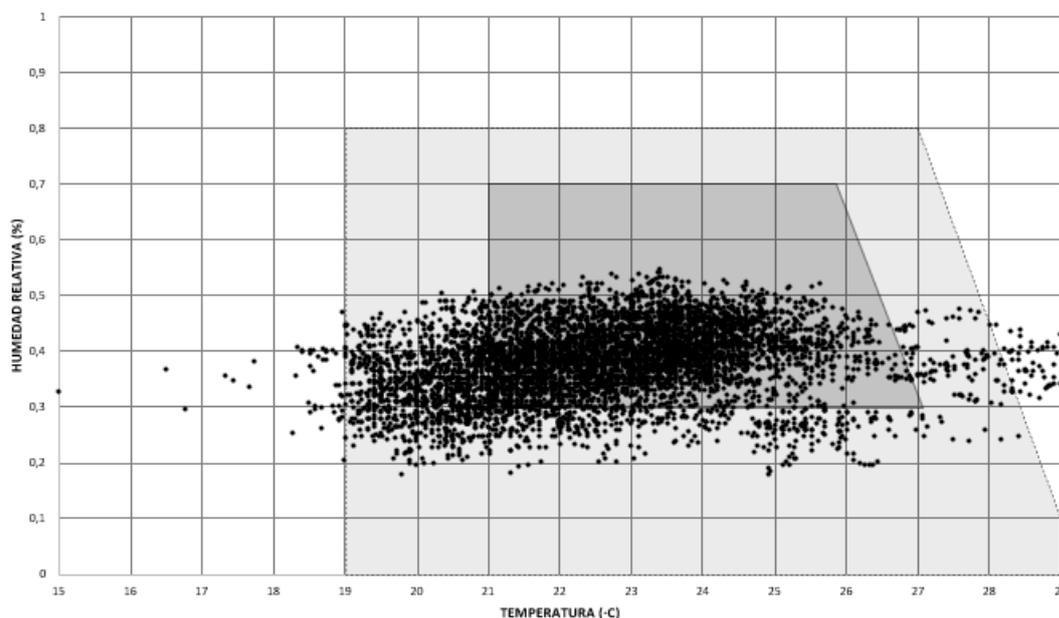
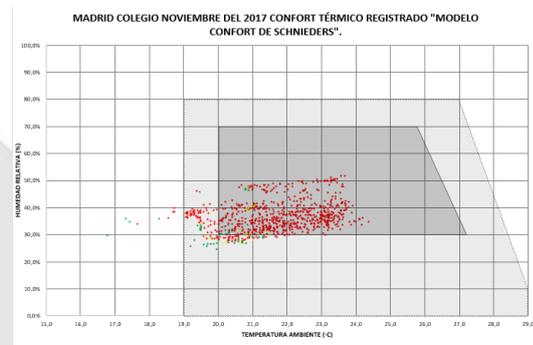
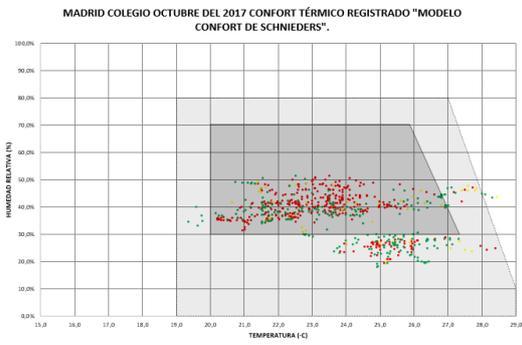


Tabla 1

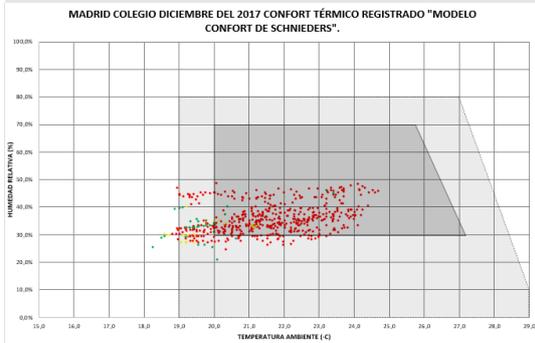
La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde octubre a febrero cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

<sup>51</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

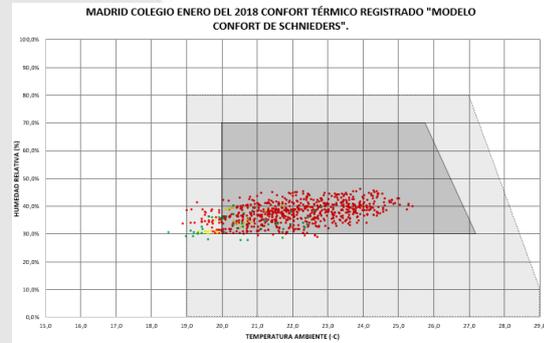
Desglosando estos datos por meses se puede observar que estos registros de temperaturas se desplazan hacia la izquierda, es decir, hacia temperaturas más frías coincidiendo con el periodo comprendido entre los meses de noviembre, diciembre y enero.



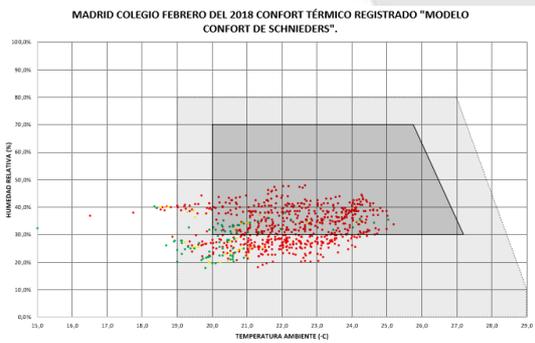
octubre



noviembre



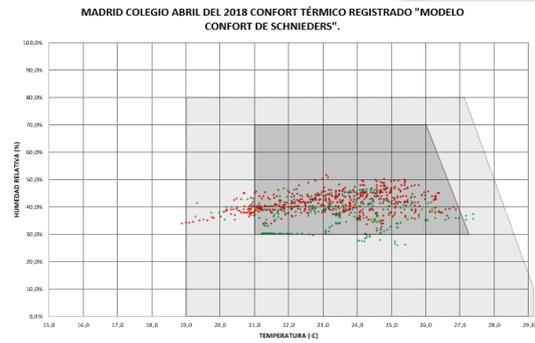
diciembre



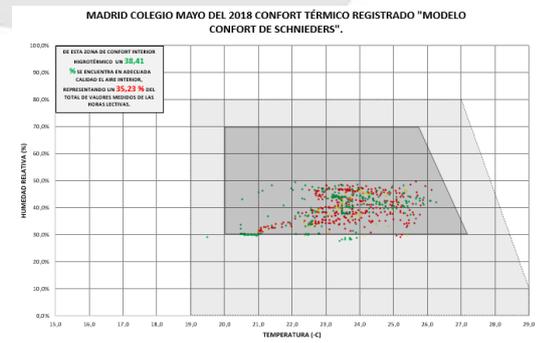
enero



febrero

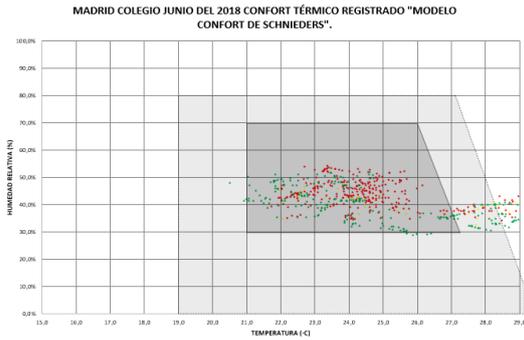


marzo



abril

mayo



junio  
Tabla 2

### Calidad del aire <sup>52</sup>

En cuanto a la calidad del aire interior, referida a la concentración de CO<sub>2</sub>, se observa que los puntos que registran concentraciones superiores a 1.000ppm (en rojo) se sitúan en mayor proporción que los puntos que registran concentraciones inferiores a 1.000ppm (en amarillo y verde). Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **25,79%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO<sub>2</sub> inferiores a 1000ppm**.

MADRID COLEGIO DE SEPTIEMBRE A JUNIO CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS".

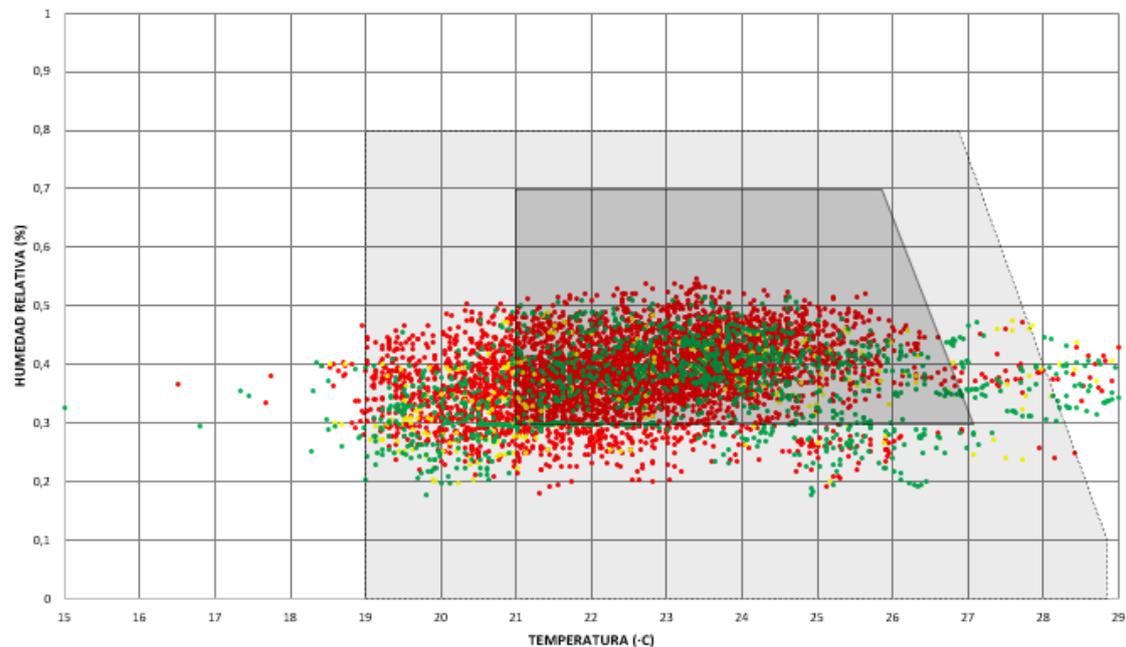


Tabla 3

<sup>52</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de Co<sub>2</sub> en el aire. Concentraciones de Co<sub>2</sub> en el aire >1000ppm no son recomendables.

## Confort real

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Madrid, el **13,12%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

## Patrones observados:

En cuanto al comportamiento de la temperatura interior del aula, se aprecia una correlación entre los registros de temperaturas exteriores y los registros de temperaturas interiores con muy poco desfase horario, característico de edificios con poco aislamiento, especialmente en meses fríos (diciembre en este caso).

En cuanto al comportamiento de la concentración de CO<sub>2</sub>, igualmente se observa un patrón característico de edificios con poco aislamiento y mala ventilación en meses fríos y con aporte del sistema de calefacción, produciendo un rápido incremento de la concentración cuando el aula entra en uso y alcanzando picos superiores a 3.000ppm y manteniéndose en bajas concentraciones cuando el aula no está ocupada.

Por último, si observamos la correlación entre temperatura interior del aula y concentración de CO<sub>2</sub>, se aprecia que existen descensos puntuales y simultáneos en ambos registros, lo que encaja con momentos de ventilación puntual a través de ventanas o apertura del aula para cambios de clase.

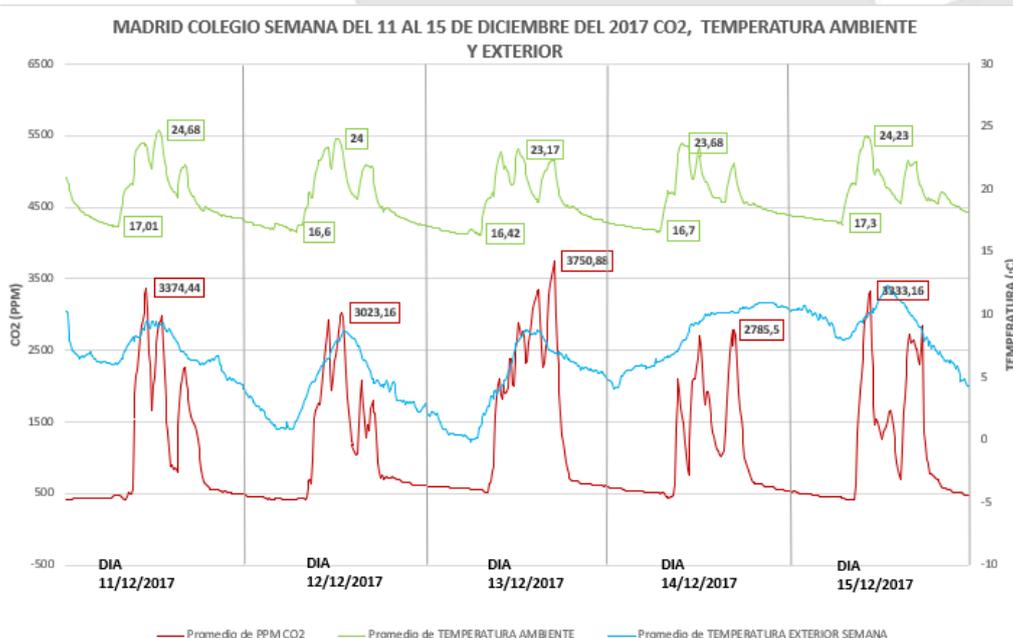


Tabla 4. Registro de temperaturas exteriores (azul), interiores (verde) y de concentración interior de CO<sub>2</sub> (rojo) en una semana del mes de diciembre

## CONCLUSIONES<sup>53</sup>

**En el colegio monitorizado de Madrid, tan solo el 13,12% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 39 minutos de las 5h diarias de clase.**

La existencia de un sistema de calefacción, así como de refrigeración, y unido a que el colegio debe contemplar ciertas condiciones térmicas en su construcción por acogerse a la norma CT-79 son factores para que alcance el 77,79% del tiempo en confort exclusivamente higrotérmico. Por su parte, el porcentaje de tiempo en condiciones de confort relativas a la calidad del aire interior es de 1 de cada 4 minutos, y en la combinación de ambas variables, 1 de cada 7 minutos del tiempo que los niños están en el aula.

---

<sup>53</sup> Colegios en climas templados con inviernos fríos y veranos calurosos que disponen de ambos sistemas de climatización (calefacción y refrigeración) alcanzan valores relativamente altos de tiempo en condiciones de confort higrotérmico. Sin embargo, arrojan un valor muy bajo de tiempo en condiciones de confort en cuanto a calidad del aire, causado principalmente en los periodos con temperaturas más frías.

### 15.23. Madrid (instituto):

El instituto monitorizado en Madrid está situado en el área urbana periférica de Madrid, con clima Mediterráneo continental. Se trata de un edificio que, por el año de su construcción, se acoge a la normativa CT-79. Cuenta con instalación de calefacción y de refrigeración. Del total de puntos de lectura tomados se han seleccionado aquellos comprendidos dentro el horario lectivo de los alumnos, que ascienden a 4.973 recogiendo 24.865 parámetros, entre los meses de octubre de 2017 a junio de 2018.

#### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico, y en lo referido a temperatura interior del aula, se aprecian la práctica totalidad de las lecturas en el rango entre los 16°C y los 29°C. Si atendemos a las condiciones de humedad relativa, comprobamos que esta oscila entre el 20 y el 50%, encontrando el grueso de las lecturas entre el 30 y el 50%<sup>54</sup>.

Del total de puntos considerados, **el 73,52%** se encuentran dentro de la zona de confort higrotérmico, comprendida entre los 20°C y los 26°C y entre 30 al 70% de humedad relativa. Los puntos de lectura que se salen de esta área se mantienen en rango de humedad relativa aceptable, pero con temperaturas inferiores a 19°C o superiores a 26°C.

**MADRID I.E.S OCTUBRE A JUNIO DEL CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"**

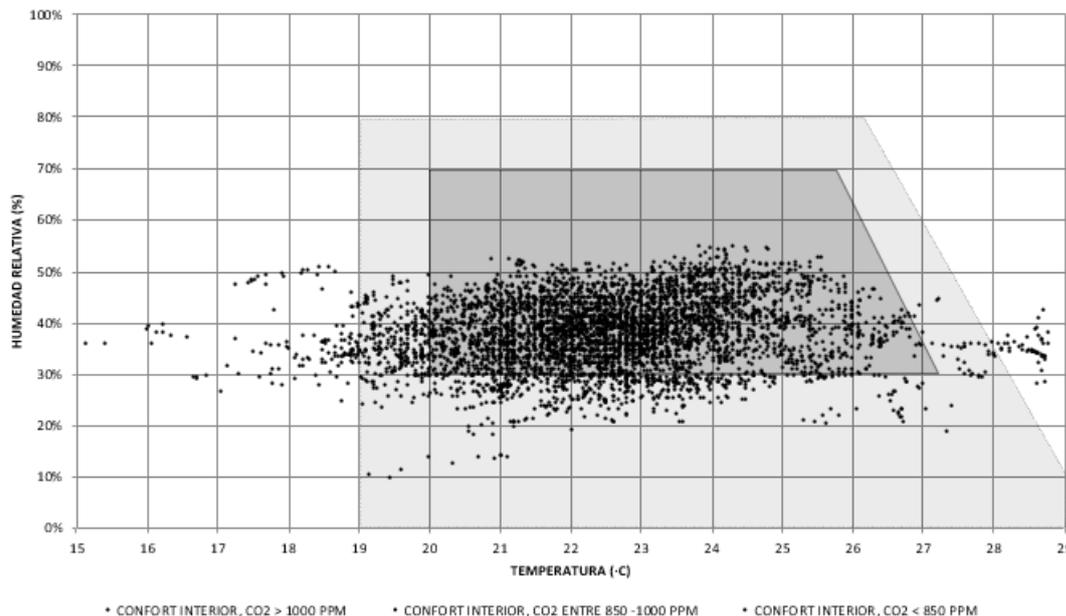
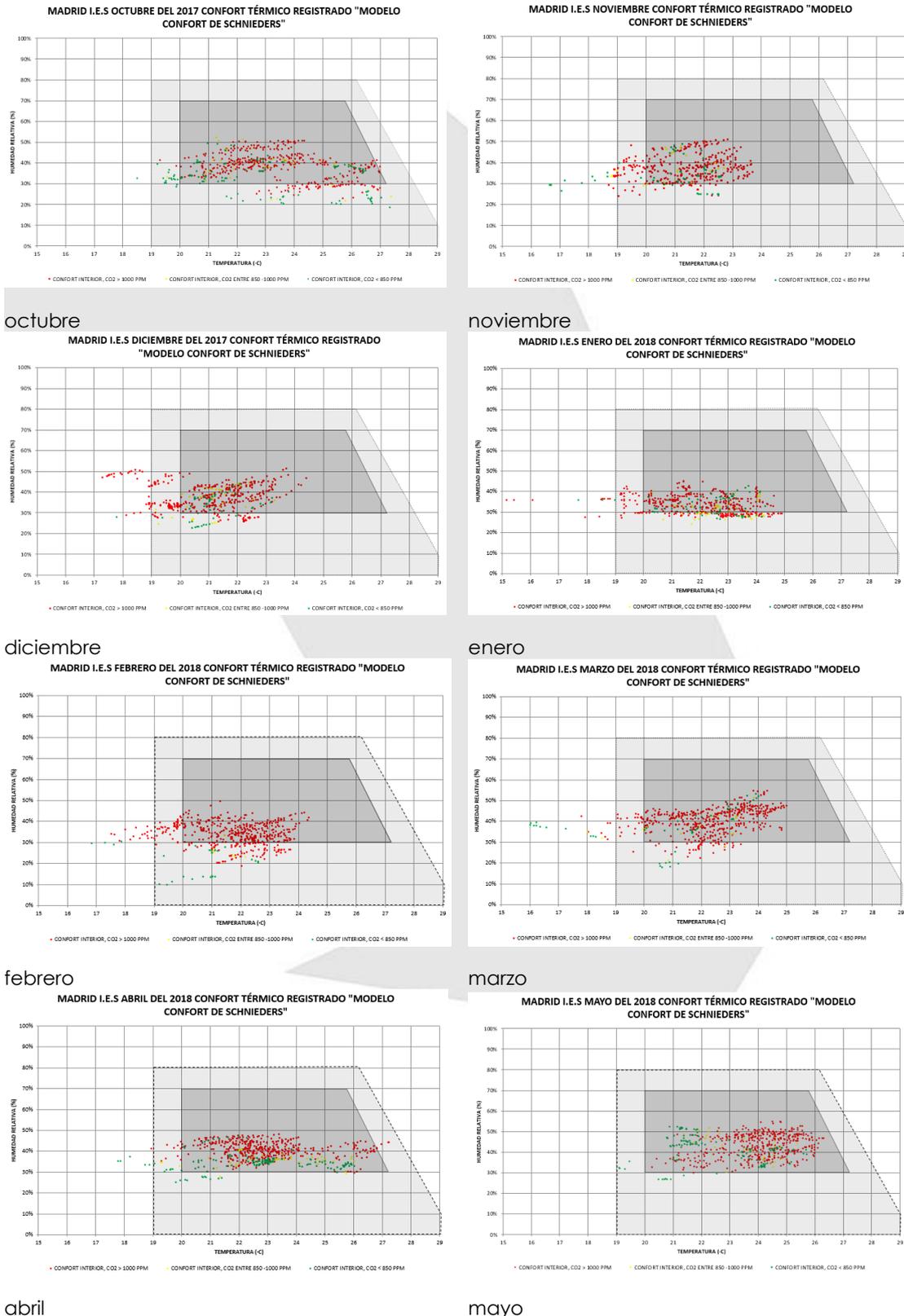


Tabla 1

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde octubre a febrero cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

<sup>54</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

Desglosando estos datos por meses se puede observar que estos registros de temperaturas se desplazan hacia la izquierda, es decir, hacia temperaturas más frías coincidiendo con el periodo comprendido entre los meses de noviembre, diciembre y enero.



octubre

noviembre

diciembre

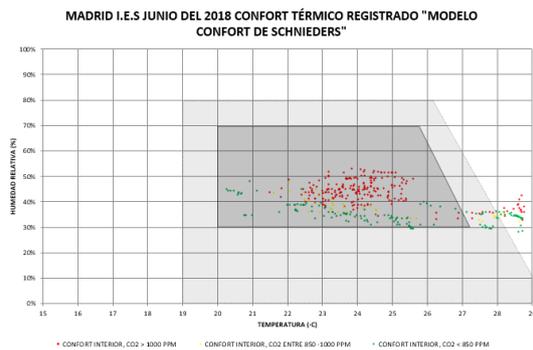
enero

febrero

marzo

abril

mayo



junio  
Tabla 2

### Calidad del aire <sup>55</sup>

En cuanto a la calidad del aire interior, referida a la concentración de CO<sub>2</sub>, se observa que los puntos que registran concentraciones superiores a 1.000ppm (en rojo) se sitúan en mayor proporción que los puntos que registran concentraciones inferiores a 1.000ppm (en amarillo y verde). Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **23,29%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO<sub>2</sub> inferiores a 1.000ppm**.

### Confort real

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el instituto de Madrid, el **15,22%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

<sup>55</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de Co<sub>2</sub> en el aire. Concentraciones de Co<sub>2</sub> en el aire >1000ppm no son recomendables.

**MADRID I.E.S DE OCTUBRE A JUNIO DEL CURSO 2017-2018 CONFORT  
TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"**

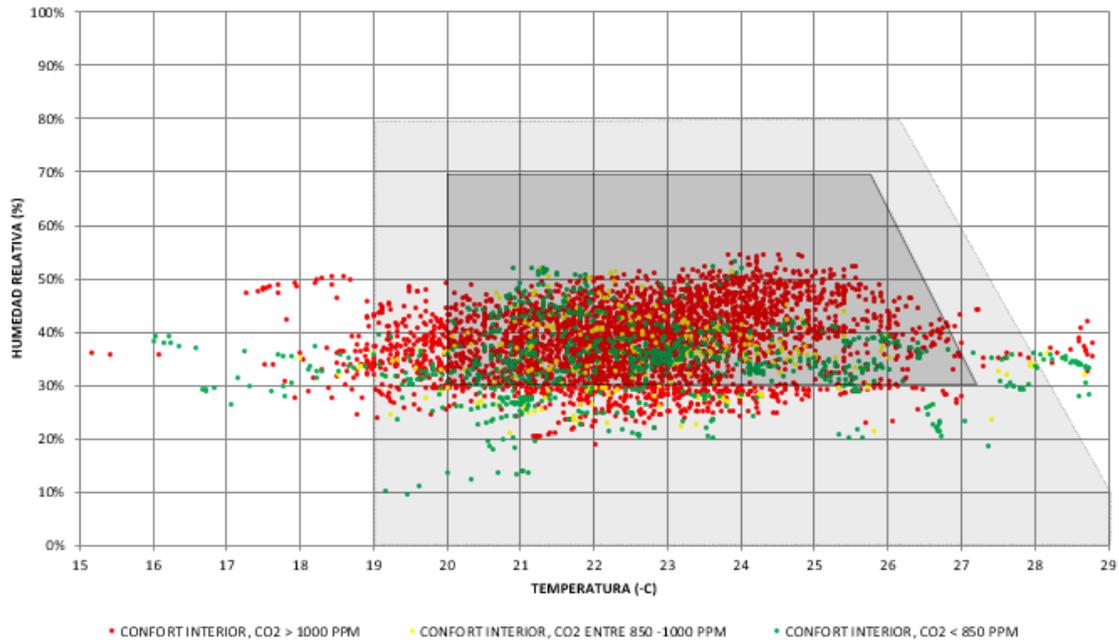


Tabla 3

**Patrones observados:**

En cuanto al comportamiento de la temperatura interior del aula, se aprecia cierta correlación entre los registros de temperaturas exteriores y los registros de temperaturas interiores, aunque con un ligero adelanto de los registros interiores lo que puede indicar el aporte del sistema de calefacción.

En cuanto al comportamiento de la concentración de CO2, igualmente se observa un patrón característico de edificios con poco aislamiento y mala ventilación en meses fríos y con aporte del sistema de calefacción, produciendo un rápido incremento de la concentración cuando el aula entra en uso y alcanzando picos superiores a 2.500ppm y manteniéndose en bajas concentraciones cuando el aula no está ocupada.

Por último, si observamos la correlación entre temperatura interior del aula y concentración de CO2, se aprecia que existen descensos puntuales y simultáneos en ambos registros, lo que encaja con momentos de ventilación puntual a través de ventanas o apertura del aula para cambios de clase.

**MADRID I.E.S SEMANA DEL 15 AL 19 DE ENERO DEL 2018 CO2, TEMPERATURA AMBIENTE Y TEMPERATURA EXTERIOR**

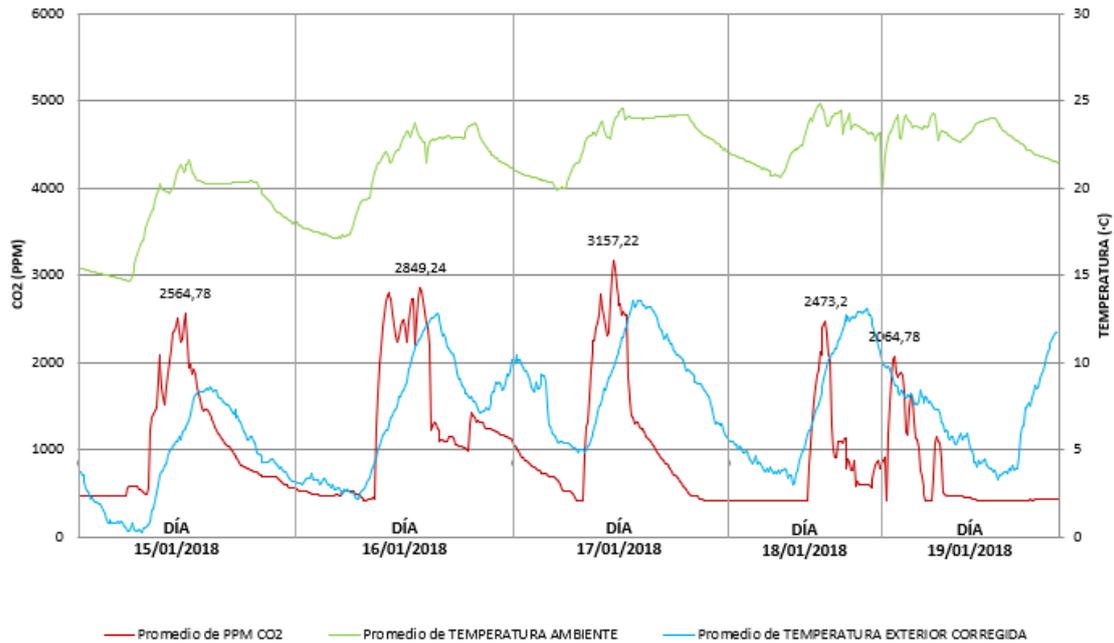


Tabla 1.4. Registro de temperaturas exteriores (azul), interiores (verde) y de concentración interior de CO2 (rojo) en una semana del mes de diciembre

**CONCLUSIONES <sup>56</sup>**

**En el instituto monitorizado de Madrid, tan solo el 15,22% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 45 minutos de las 5h diarias de clase.**

La existencia de un sistema de calefacción, así como de refrigeración, y unido a que el colegio debe contemplar ciertas condiciones térmicas en su construcción por acogerse a la norma CT-79 son factores para que alcance el 73,52% del tiempo en confort exclusivamente higrotérmico. Por su parte, el porcentaje de tiempo en condiciones de confort relativas a la calidad del aire interior es inferior a 1 de cada 4 minutos, y en la combinación de ambas variables, inferior a 1 de cada 8 minutos del tiempo que los niños están en el aula.

<sup>56</sup> Colegios en climas templados con inviernos fríos y veranos calurosos que disponen de ambos sistemas de climatización (calefacción y refrigeración) alcanzan valores relativamente altos de tiempo en condiciones de confort higrotérmico. Sin embargo, arrojan un valor muy bajo de tiempo en condiciones de confort en cuanto a calidad del aire, causado principalmente en los periodos con temperaturas más frías.

### 15.24. Murcia:

En Murcia, el colegio que se ha monitorizado se encuentra ubicado fuera del centro de la ciudad, enmarcado dentro una climatología Mediterránea costa. El colegio monitorizado se construyó con posterioridad a la entrada en vigor de la Norma Básica de la Edificación CT-79, por lo que tiene requisitos mínimos de aislamiento térmico, pero anterior al CTE. Como sistemas de climatización, dispone únicamente de aire acondicionado. Del total de puntos de lectura tomados se han seleccionado aquellos comprendidos dentro del horario lectivo de los alumnos, que ascienden a 5.665, y una muestra total de 28.325 parámetros, entre los meses de octubre de 2017 a junio de 2018.

#### Confort higrotérmico

En cuanto a confort higrotérmico en el aula, centrándonos en la temperatura se registran lecturas desde los 21°C hasta los 37°C, encontrando el grueso de puntos situados entre los 25°C y los 31°C. En lo referido a humedad relativa la gran mayoría de los registros se mantienen en el rango 20%-50%<sup>57</sup>, descendiendo por debajo de 20% y sin llegar al 10% en una pequeña parte de las mediciones.

Del total de puntos considerados, el **22,80%** de ellos se encuentran dentro de la zona de confort higrotérmico. Los registros fuera de esta área lo hacen por la parte derecha de la misma, es decir, hacia temperaturas superiores a los 27°C.

**MURCIA DE OCTUBRE A JUNIO DEL CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO  
"MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"**

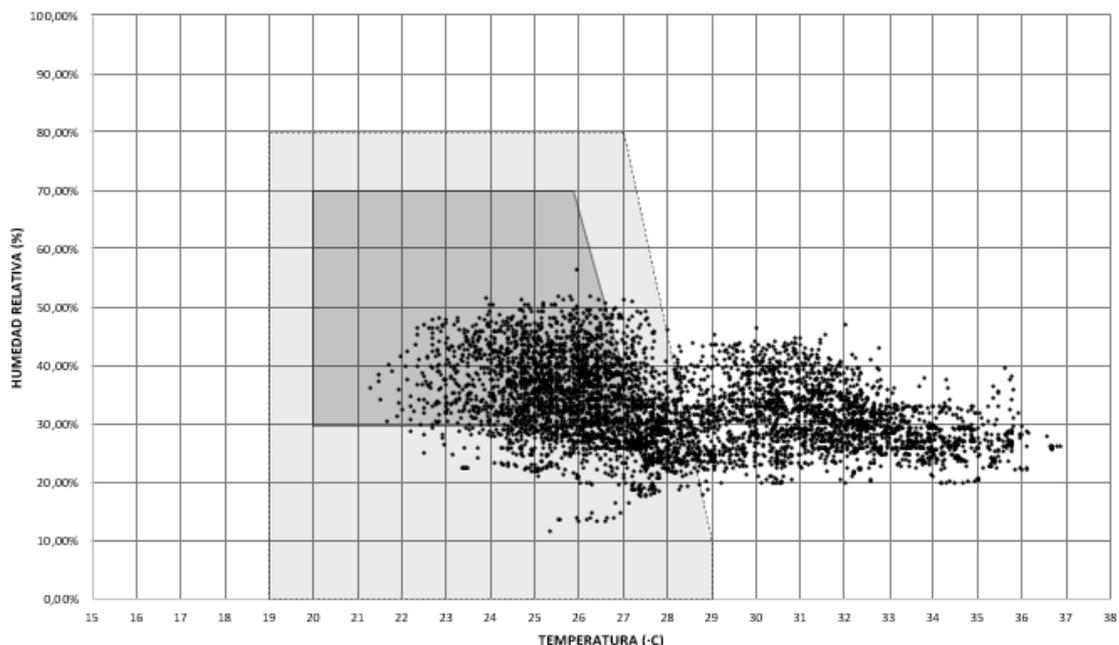
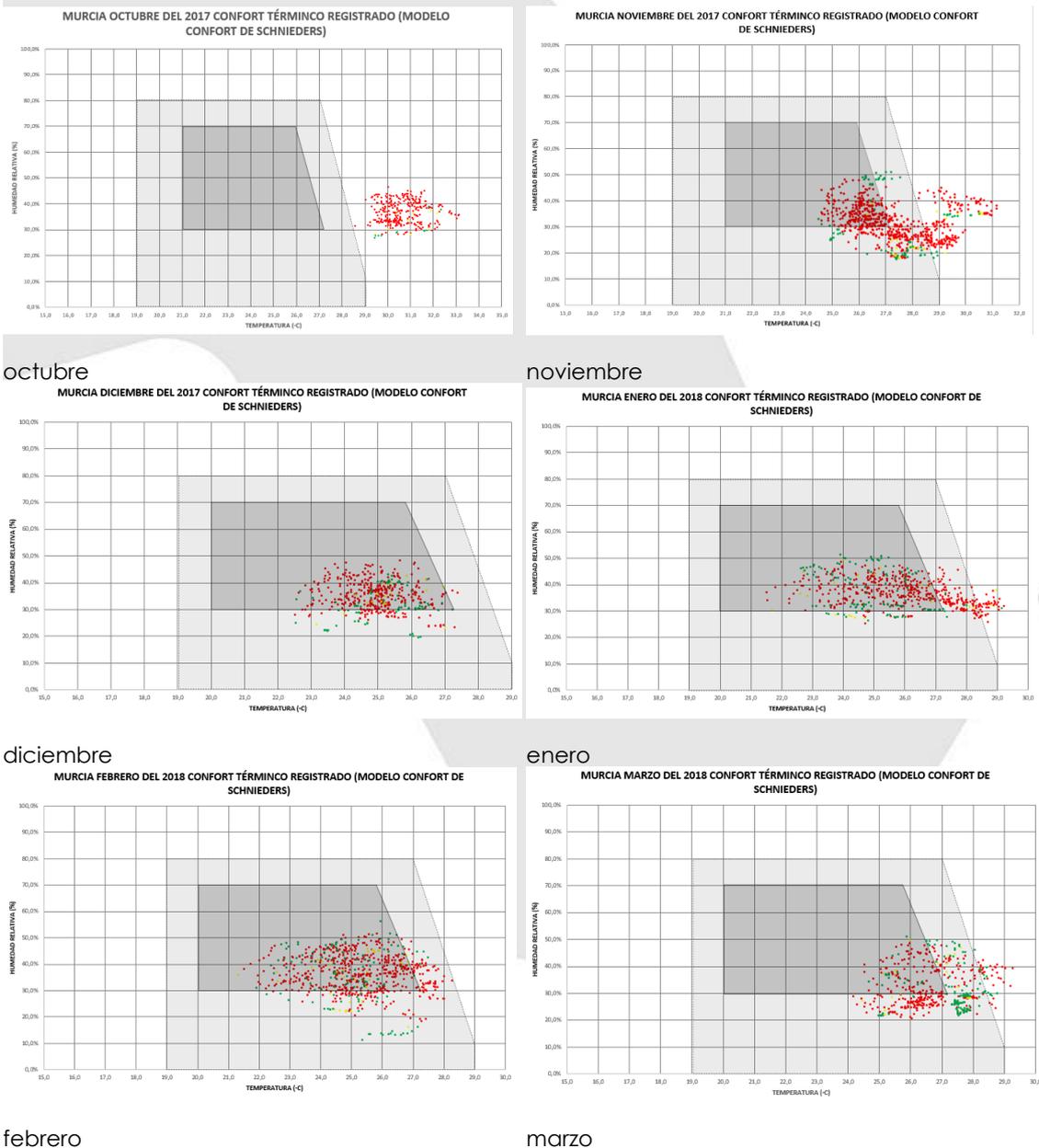


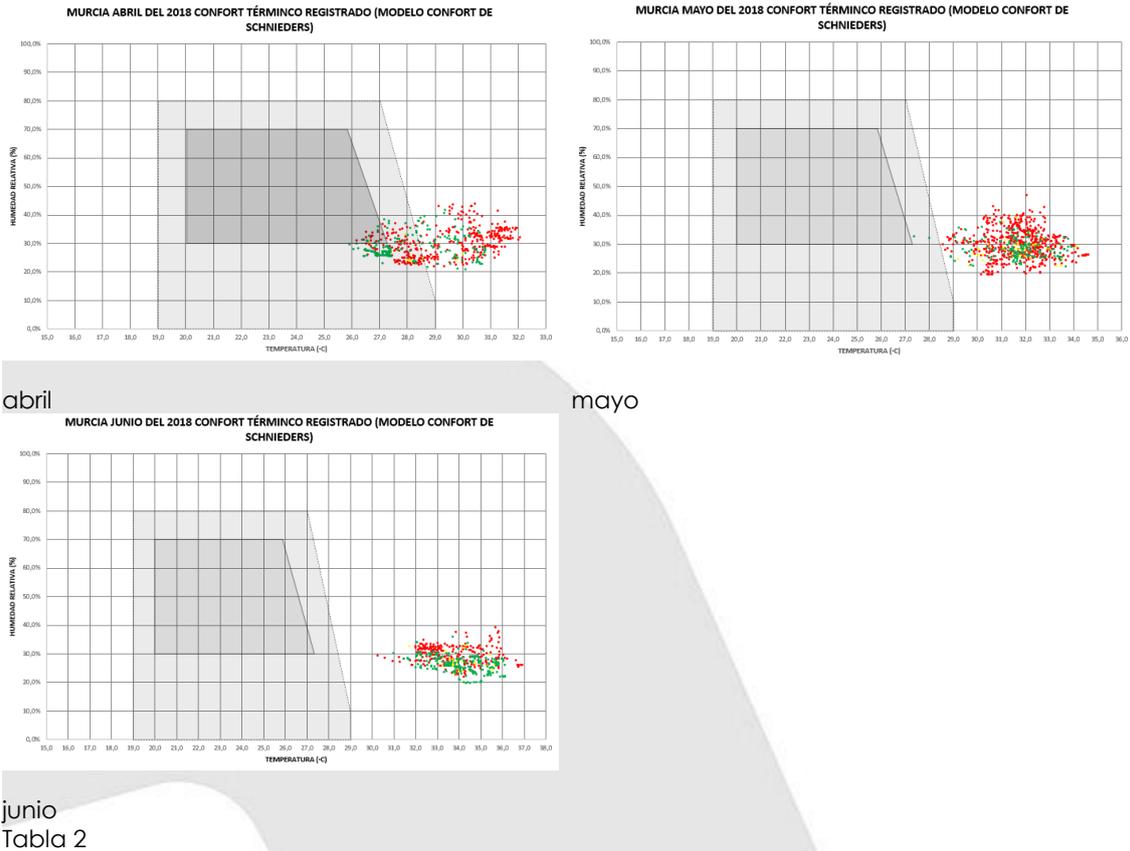
Tabla 1

<sup>57</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde octubre a junio cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

Desglosando estos datos por meses se puede observar que existe un desplazamiento hacia temperaturas más calurosas fuera del rango de confort en el aula durante casi todo el año. En los meses de mayor severidad climática de verano, entre mayo y octubre, la totalidad de temperaturas registradas en horario lectivo se encuentran fuera del rango de confort extendido.





## Calidad del aire <sup>58</sup>

La calidad del aire referida a la concentración de CO<sub>2</sub> interior, se observa que los puntos que registran concentraciones superiores a 1.000ppm (en rojo) se concentran en mayor proporción en la zona de mayores humedades de las registradas, mientras que la mayoría de los puntos con concentraciones inferiores a 1.000ppm (en amarillo y verde) se agrupan en zonas de menores humedades relativas interiores. Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **38,32%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO<sub>2</sub> inferiores a 1000ppm**.

<sup>58</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de CO<sub>2</sub> en el aire. Concentraciones de Co<sub>2</sub> en el aire >1000ppm no son recomendables.

**MURCIA DE OCTUBRE A JUNIO DEL CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO  
 "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"**

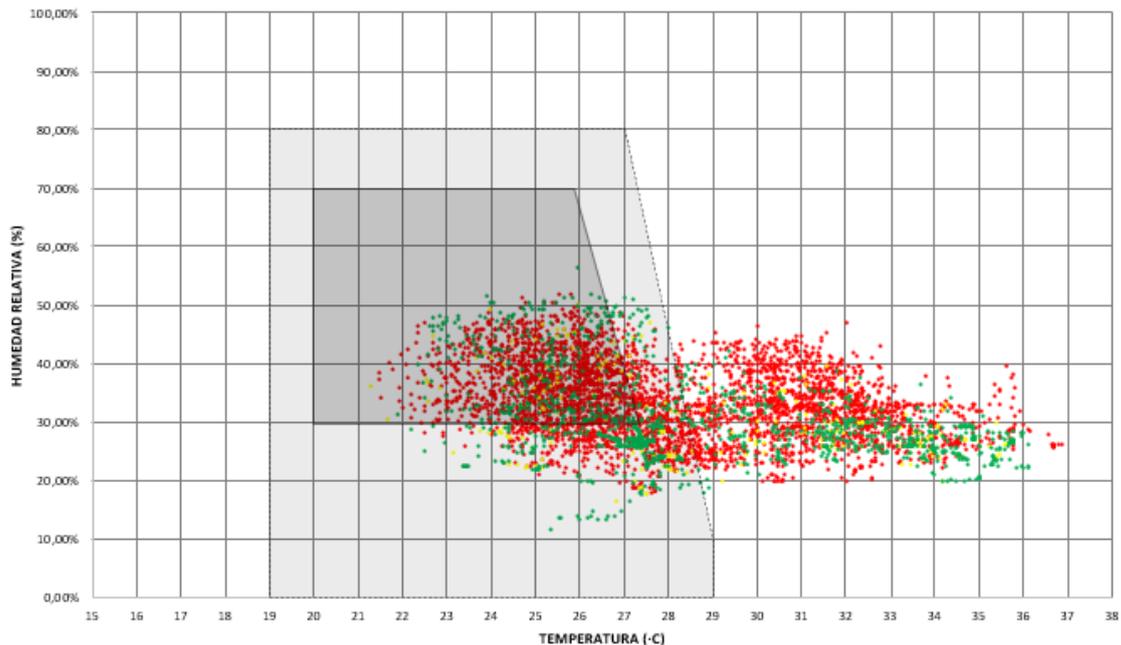


Tabla 3

**Confort real**

Cruzando ambos parámetros, registro higrométrico y concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Murcia, el **3,97%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

**Patrones observados:**

La tabla 4 representa los datos obtenidos en cuanto a temperaturas interiores y concentración de CO<sub>2</sub> en partes por millón durante una semana representativa en los meses más benignos.

Se observa que, a pesar de temperaturas suaves en el exterior, se alcanzan temperaturas altas por encima de 25°C durante todo el horario lectivo. Por lo que probablemente no se estén empleando estrategias bioclimáticas de enfriamiento del aula y las condiciones térmicas del edificio sean muy deficientes.

Por su parte, la concentración de CO<sub>2</sub> aumenta al comienzo de la jornada, se mantiene por encima de 1500ppm, disminuyendo en los momentos de no

ocupación o cuando se abren las ventanas, y alcanza picos diarios entre 2.200ppm y 3.900ppm.

Por último, cabe señalar que los momentos en que la temperatura alcanza su máximo cercano a los 30°C, coinciden en el tiempo con los momentos que marcan los picos con concentraciones de CO<sub>2</sub> por encima de 2.200ppm.

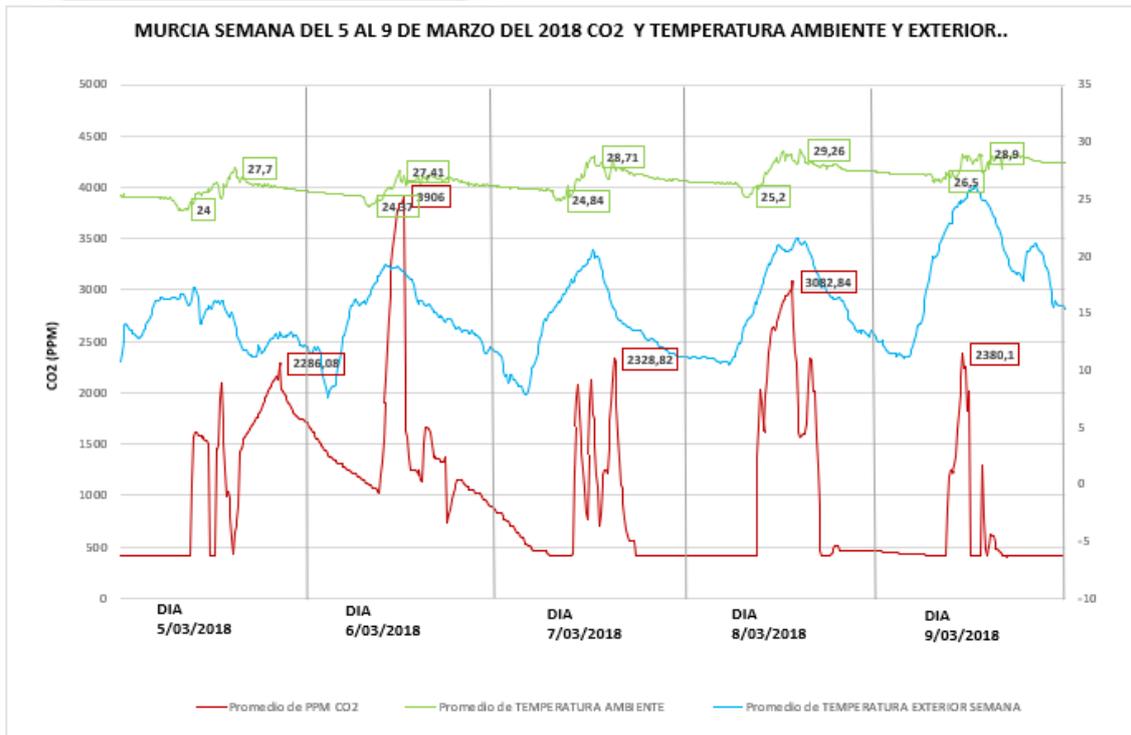


Tabla 4. Registro de concentración de CO<sub>2</sub> en el mes de marzo de 2018

Las variaciones de temperatura exterior se reflejan de manera relativamente rápida en las condiciones de temperatura interior, y la temperatura superficial interior es muy similar a la temperatura exterior, lo que indica que el edificio probablemente tiene un escaso aislamiento térmico. A continuación, se incluye la tabla 5 donde se observa este patrón.

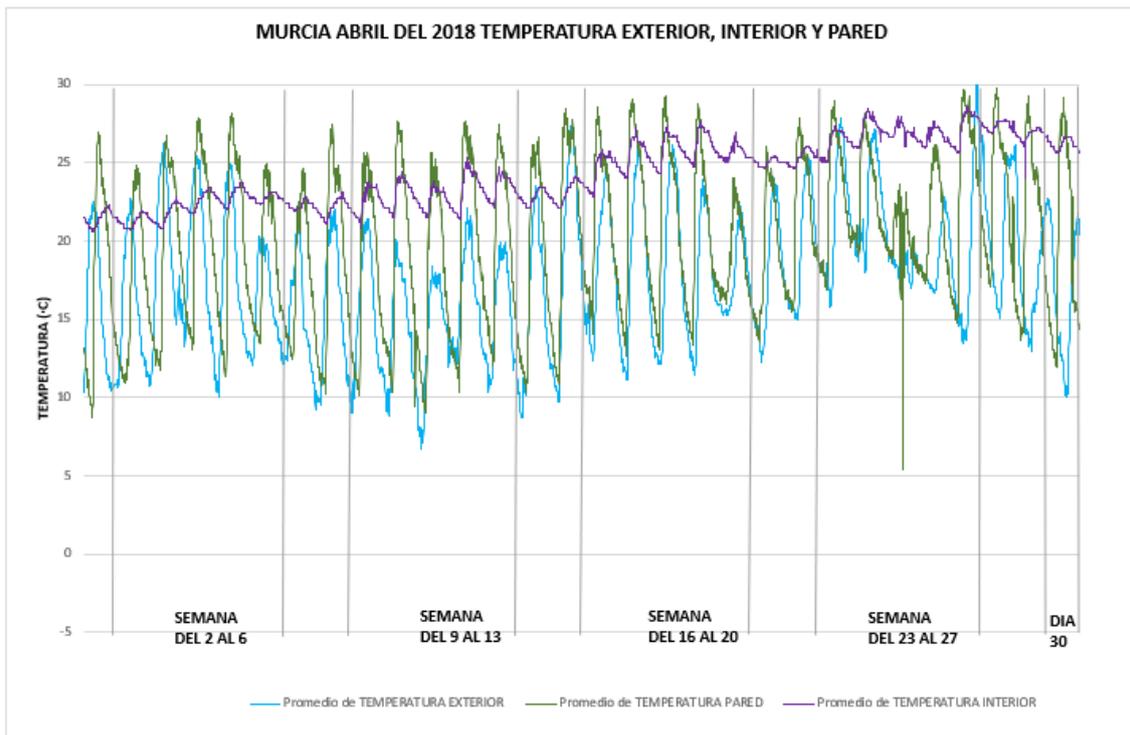


Tabla 5. Registro de temperaturas exteriores e interiores en el mes de abril de 2018.

## CONCLUSIONES <sup>59</sup>

**En Murcia, el colegio monitorizado arroja que tan solo el 3,97% del tiempo que los niños y profesores ocupan el aula están en condiciones de confort real, es decir, manteniendo los tres parámetros medidos, temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 12 minutos sobre 5 horas diarias de clases.**

El hecho de que la fecha de construcción del colegio sea anterior la entrada en vigor del CTE hace pensar que los criterios de aislamiento térmico sean escasos o muy bajos.

Las temperaturas se mantienen un 22,80% del tiempo en rango de confort, lo que es un porcentaje muy por debajo de la media del clima. Se demuestra que, a pesar de la existencia de un sistema de aire acondicionado en el centro, no se alcanza la temperatura de confort en la mayor parte del tiempo, por lo que se intuye que no se utiliza. Un claro ejemplo de pobreza energética. Por su parte, las condiciones de calidad de aire interior se mantienen en rango el 38,32% del tiempo y en confort real el 3,97% del tiempo lectivo. Estos valores están por muy por debajo de las medias que arrojan los colegios de la misma climatología, mediterráneo costa, donde los inviernos son suaves y los veranos cálidos.

<sup>59</sup> Colegios en climas templados con inviernos suaves y veranos calurosos se detectan mayor disconfort desde el punto de vista higrotérmico. Por su parte, durante los meses más fríos se observa una peor calidad de aire en cuanto a concentración interior de CO<sub>2</sub>, mejorando este porcentaje en meses menos severos, cuando una mayor ventilación natural es posible.

### 15.25. Ourense:

En Ourense, el colegio que se ha monitorizado se encuentra ubicado en el límite del casco antiguo de la ciudad, enmarcado dentro una climatología Atlántica continental. Se trata de un edificio construido en el año 1983 según catastro, por lo que se acoge a normativa CT-79. Como sistemas de climatización, dispone únicamente de calefacción. Del total de puntos de lectura tomados se han seleccionado aquellos comprendidos dentro del horario lectivo de los alumnos, que ascienden a 6.082, y una muestra total de 30.410 parámetros, entre los meses de septiembre de 2017 a junio de 2018.

#### Confort higrotérmico

En cuanto a confort higrotérmico en el aula, centrándonos en la temperatura se registran lecturas desde los 16°C hasta los 29°C, encontrando el grueso de puntos situados entre los 20°C y los 25°C. En lo referido a humedad relativa la gran mayoría de los registros se mantienen en el rango 30%-70%, ascendiendo por encima de 70% sin llegar al 80% en una pequeña parte de las mediciones<sup>60</sup>.

Del total de puntos considerados, el **89,88%** de ellos se encuentran dentro de la zona de confort higrotérmico. Los registros fuera de esta área lo hacen tanto por la parte izquierda de la misma, es decir, hacia temperaturas inferiores a los 20°C, como por la parte derecha del gráfico hacia valores superiores a 27°C.

OURENSE SEPTIEMBRE A JUNIO CURSO 2017- 2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO  
"MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"

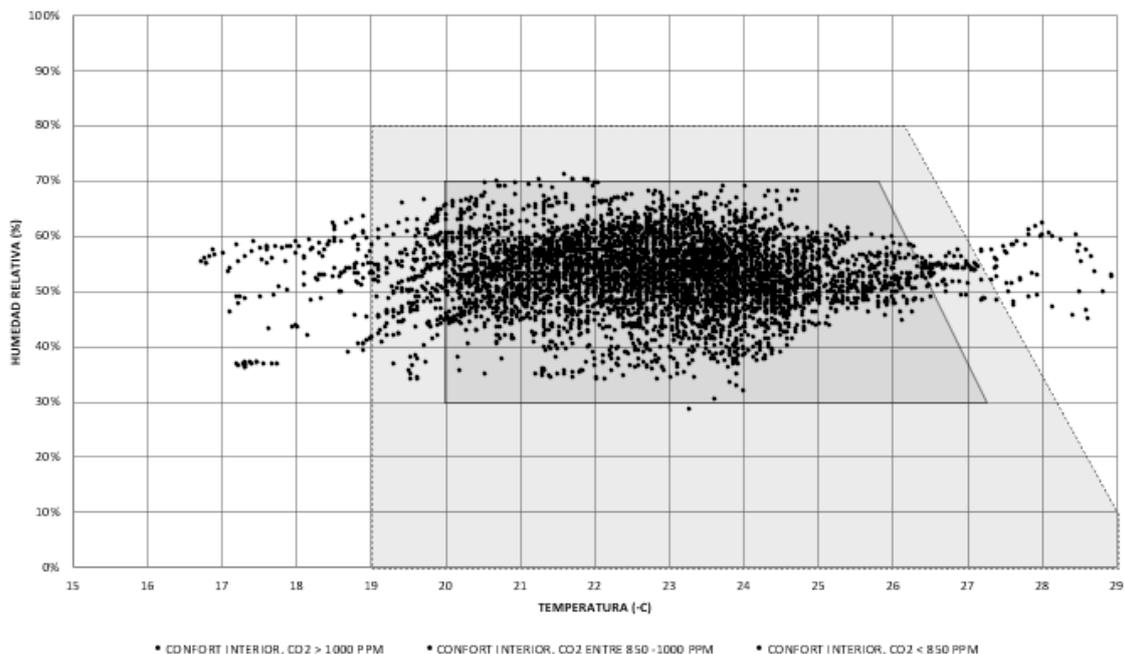
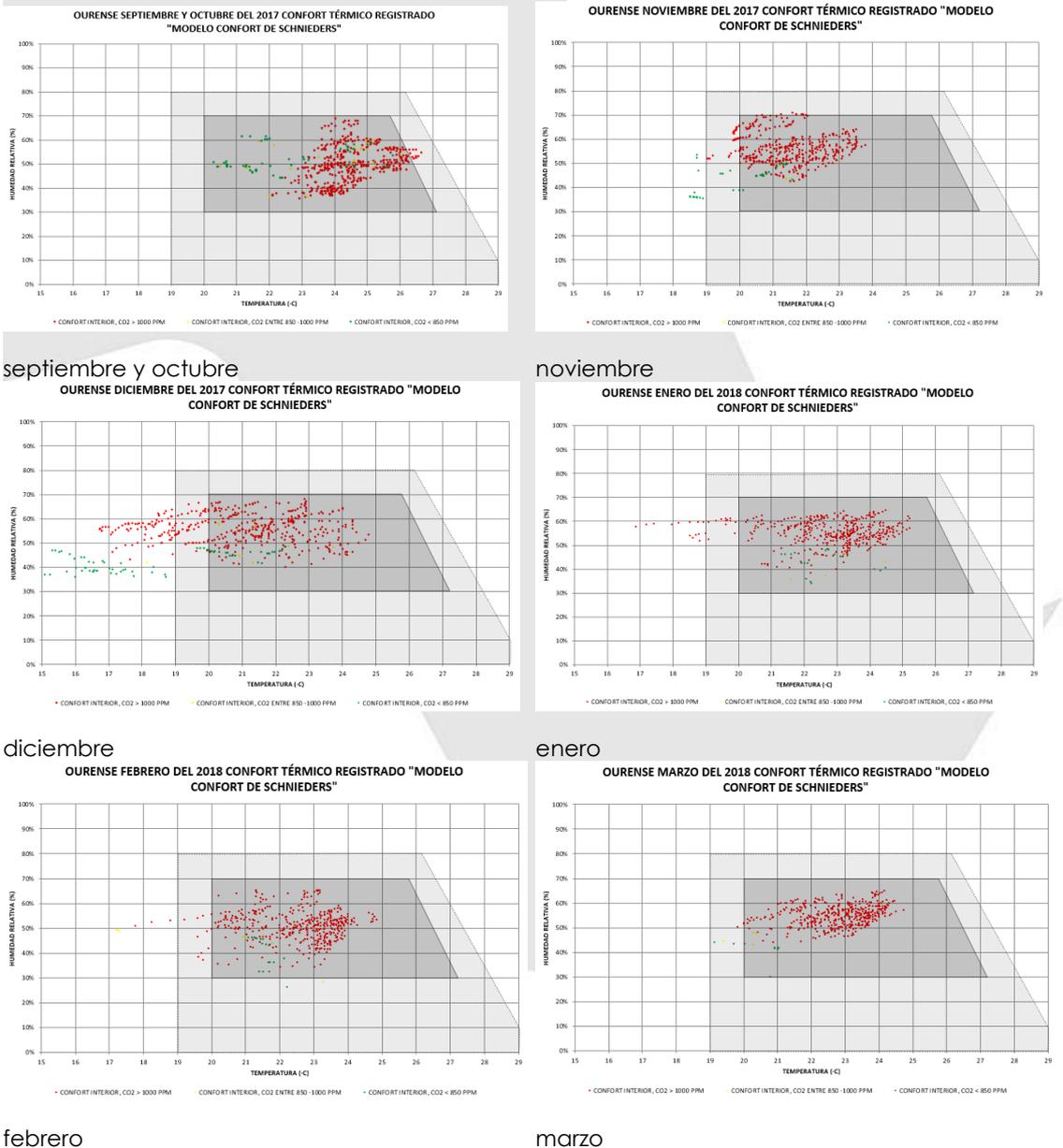


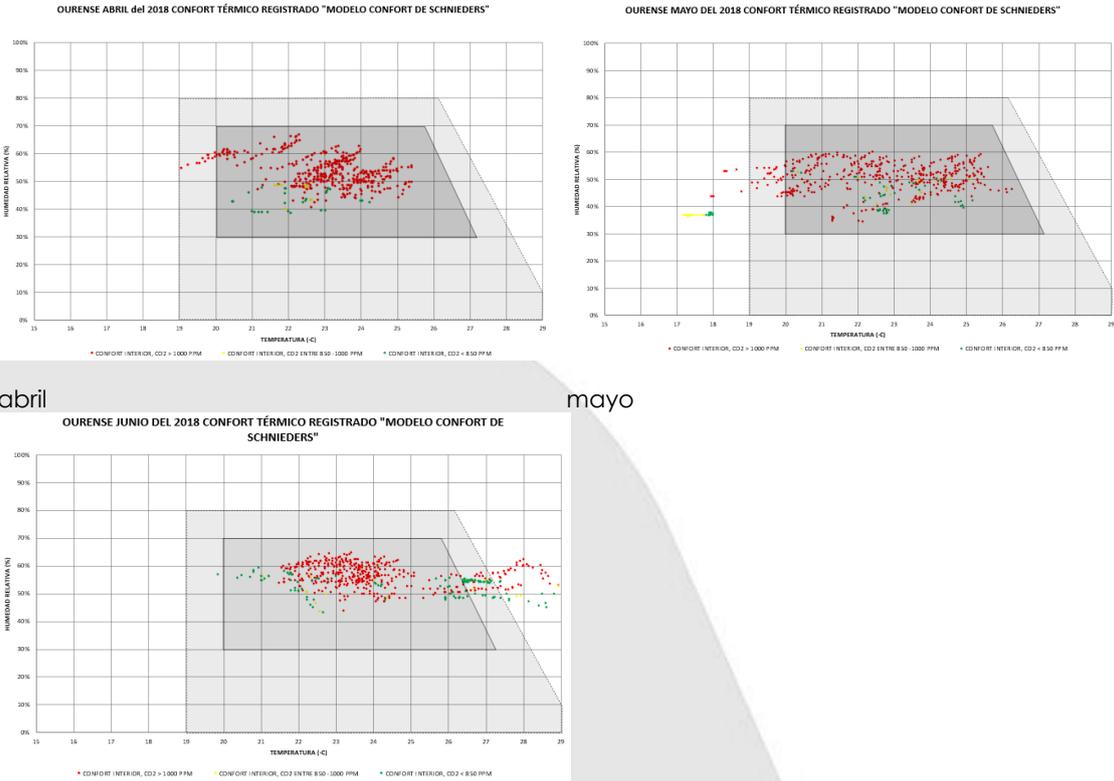
Tabla 1

<sup>60</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a junio cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

Desglosando estos datos por meses se puede observar que existe un desplazamiento hacia temperaturas más frías fuera del rango de confort en el aula coincidiendo con los meses de mayor severidad climática de invierno, entre los meses de diciembre y febrero. También un ligero aumento de las temperaturas fuera del rango de confort en el más caluroso, junio.





junio  
 Tabla 2

### Calidad del aire <sup>61</sup>

La calidad del aire referida a la concentración de CO<sub>2</sub> interior, se observa que los puntos que registran concentraciones superiores a 1.000ppm (en rojo) se concentran en mayor proporción en la zona de confort, mientras que la mayoría de los puntos con concentraciones inferiores a 1.000ppm (en amarillo y verde) se agrupan fuera del rango de confort. Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **8,96%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO<sub>2</sub> inferiores a 1000ppm**.

<sup>61</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de Co<sub>2</sub> en el aire. Concentraciones de Co<sub>2</sub> en el aire >1000ppm no son recomendables.

**OURENSE SEPTIEMBRE A JUNIO CURSO 2017- 2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO**  
**"MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"**

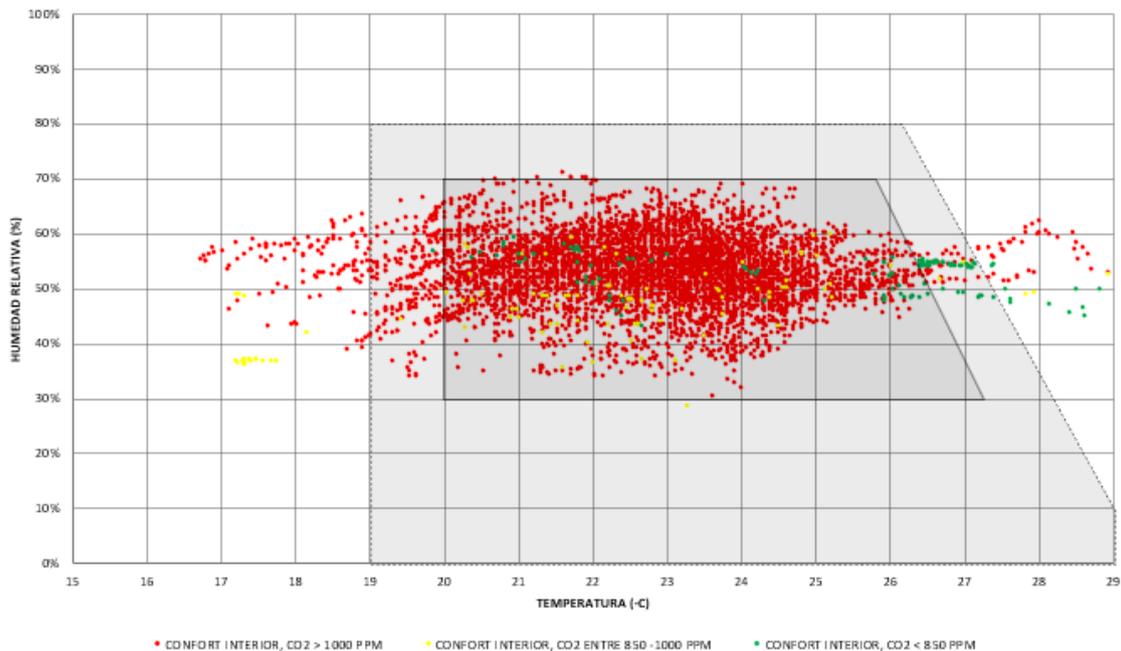


Tabla 3

### Confort real

Cruzando ambos parámetros, registro higrométrico y concentración de CO2 resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Ourense, el **5,93%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO2 se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

### Patrones observados:

Se observa que generalmente al aumentar las temperaturas también aumenta la humedad relativa y la concentración de CO2, esto es común en climatologías con inviernos fríos en los que se utiliza el sistema de calefacción y se mantiene el aula cerrada y poco ventilada en épocas de frío en el exterior para no perder energía.

Las variaciones de temperatura exterior se reflejan de manera relativamente rápida en las condiciones de temperatura interior (y de temperatura superficial interior), es decir, que el edificio no mantiene las condiciones de temperatura interiores sin el aporte continuo de calefacción en época de frío. A continuación, se incluye la tabla 4 donde se observa este patrón.

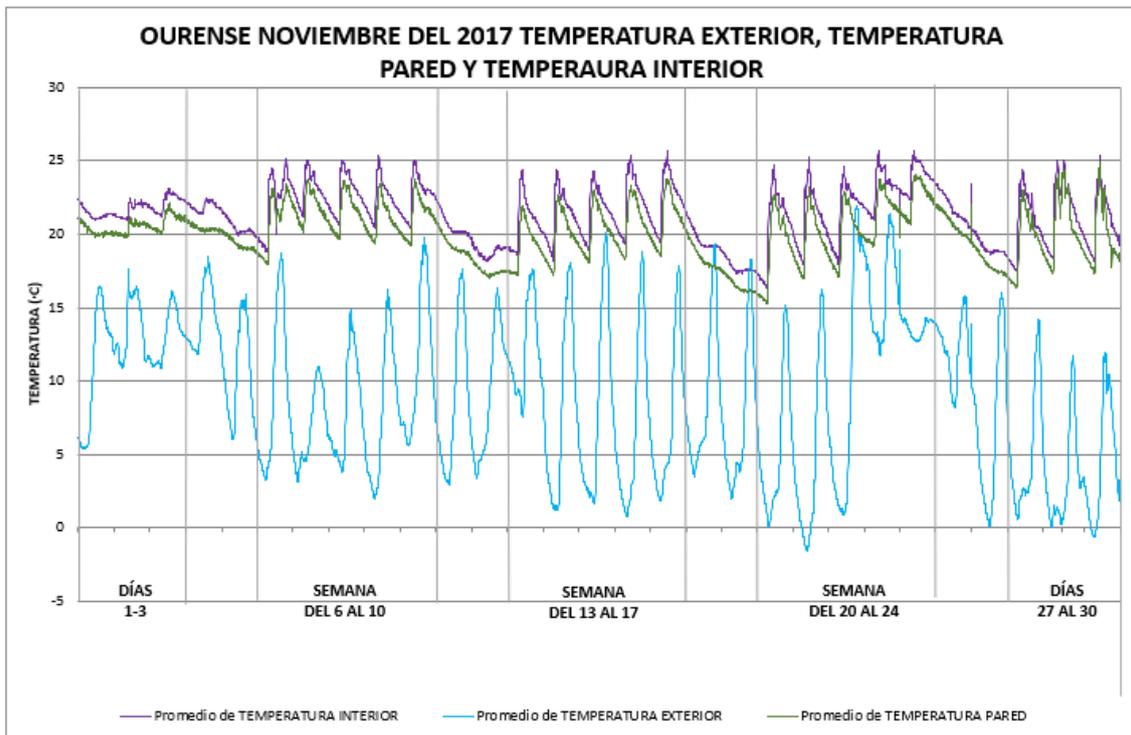


Tabla 4. Registro de temperaturas exteriores e interiores en el mes de noviembre de 2017.

El comportamiento de la concentración de CO<sub>2</sub> sigue un patrón de aumento en el momento que comienzan las clases en el aula, alcanzando sus máximos diarios hacia el final de la jornada lectiva y disminuyendo gradualmente en los momentos de no ocupación hasta niveles bajos en espera de la siguiente jornada de ocupación del aula. Se alcanzan picos comprendidos entre 3000ppm y 4000ppm de manera común en los meses más fríos, superando las 4000ppm en algunos momentos, probablemente en los momentos en los que la jornada ha sido más intensa. Estos picos se encuentran en valores superiores a 3000ppm en los meses más calurosos. A continuación, se incluye la tabla 5 donde se observa este patrón.

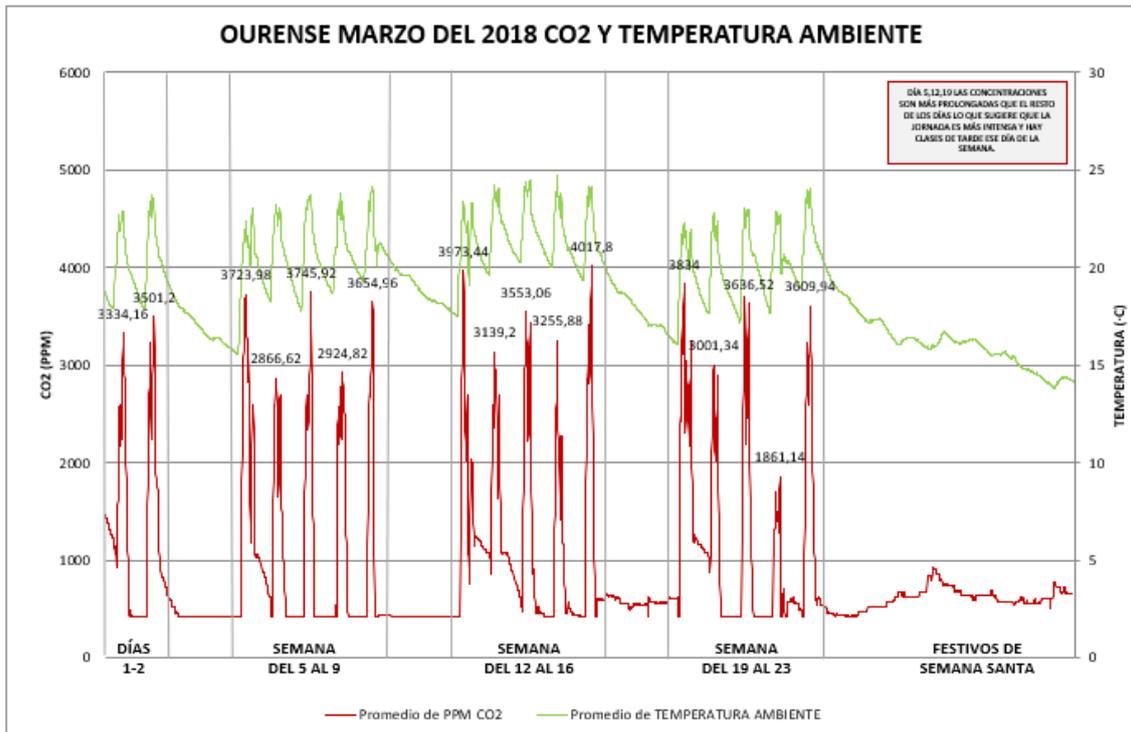


Tabla 5. Registro de concentración de CO2 en el mes de marzo de 2018

## CONCLUSIONES <sup>62</sup>

**En Ourense, el colegio monitorizado arroja que tan solo el 5,93% del tiempo que los niños y profesores ocupan el aula están en condiciones de confort real, es decir, manteniendo los tres parámetros medidos, temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 18 minutos sobre 5 horas diarias de clases.**

Las temperaturas se mantienen un 89,88% del tiempo en rango de confort, lo que es un porcentaje alto. La existencia de un sistema de calefacción en el centro es un factor que contribuye a esto. Por su parte, las condiciones de calidad de aire interior se mantienen en rango el 8,96% del tiempo y en confort real el 5,93% del tiempo lectivo. Estos valores están muy por debajo de las medias que arrojan los colegios de la misma climatología, atlántica continental, donde los inviernos son fríos.

<sup>62</sup> Colegios en climas con inviernos fríos que disponen de sistema de calefacción alcanzan valores relativamente altos de tiempo en condiciones de confort higrotérmico. Sin embargo, arrojan un valor muy bajo de tiempo en condiciones de confort en cuanto a calidad del aire, debido a la poca ventilación natural efectuada en general y en los meses más fríos en concreto.

### 15.26. Palencia:

En Palencia, el colegio que se ha monitorizado se encuentra ubicado dentro del casco histórico de la ciudad, enmarcado dentro una climatología Atlántica continental. Se trata de un edificio construido en el año 1940 según catastro, por lo que es anterior a la normativa CT-79. Como sistemas de climatización, dispone únicamente de calefacción. Del total de puntos de lectura tomados se han seleccionado aquellos comprendidos dentro del horario lectivo de los alumnos, que ascienden a 2.399, y una muestra total de 11.995 parámetros, entre los meses de septiembre de 2017 a febrero de 2018.

#### Confort higrotérmico

En cuanto a confort higrotérmico en el aula, centrándonos en la temperatura se registran lecturas desde los 14°C hasta los 30°C, encontrando el grueso de puntos situados entre los 21°C y los 27°C. En lo referido a humedad relativa la gran mayoría de los registros se mantienen en el rango 20%-50%, ascendiendo por encima de 50% sin llegar al 60% en una pequeña parte de las mediciones<sup>63</sup>.

Del total de puntos considerados, el **46,72%** de ellos se encuentran dentro de la zona de confort higrotérmico. Los registros fuera de esta área lo hacen tanto por la parte izquierda de la misma, es decir, hacia temperaturas inferiores a los 20°C, como por la parte derecha del gráfico hacia valores superiores a 27°C.

**PALENCIA SEPTIEMBRE A FEBRERO DEL CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO  
 REGISTRADO (MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS)**

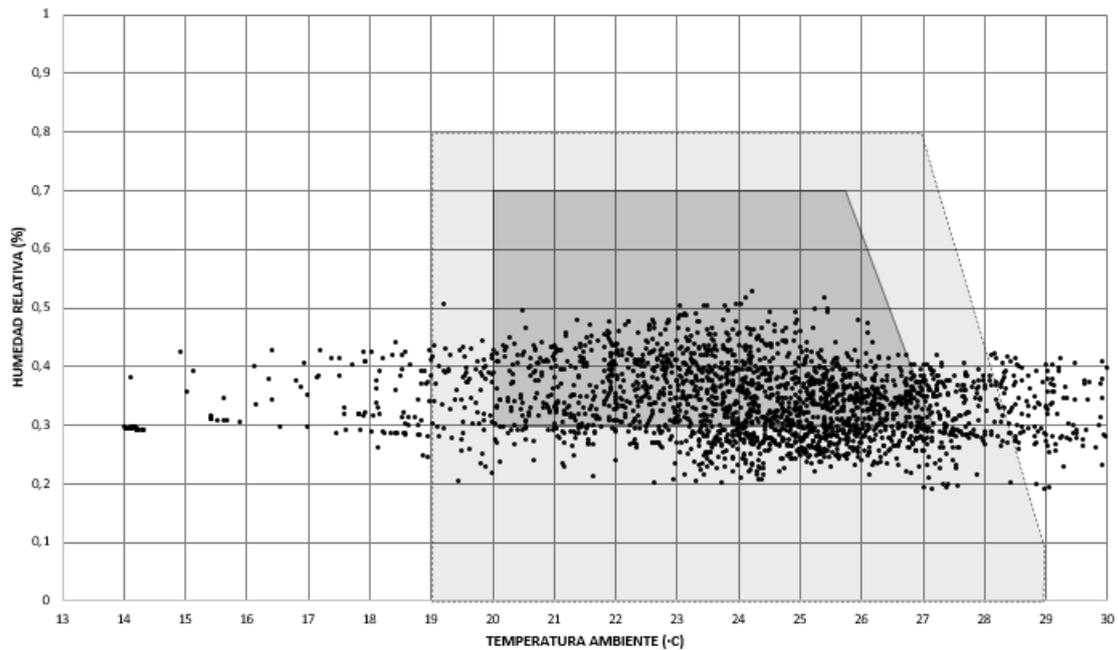


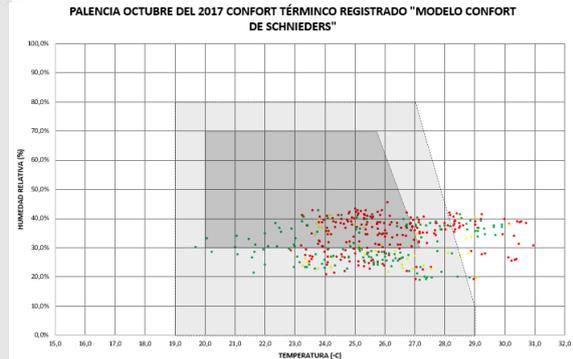
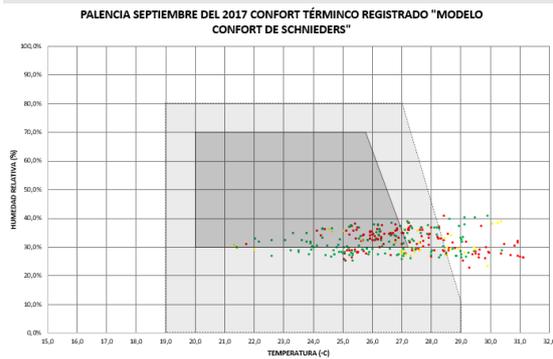
Tabla 1

La tabla 1.1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a febrero cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en

<sup>63</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

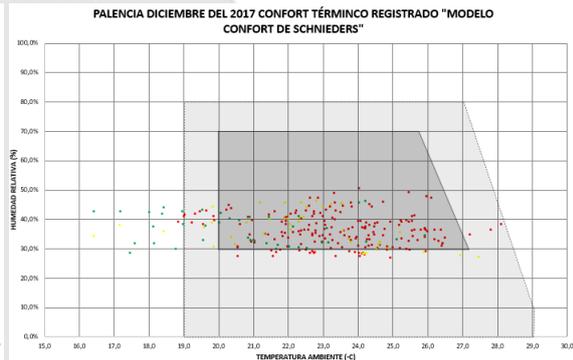
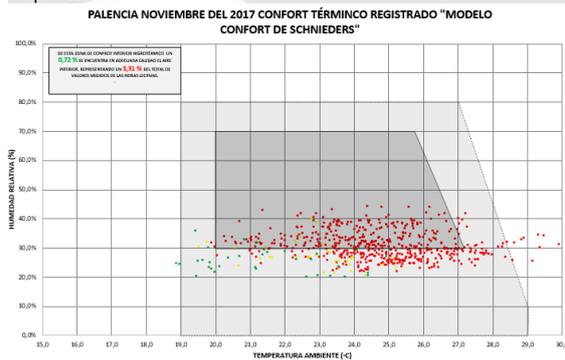
color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

Desglosando estos datos por meses se puede observar que existe un desplazamiento hacia temperaturas más calurosas fuera del rango de confort en el aula coincidiendo con meses más cálidos (septiembre y octubre), y un desplazamiento hacia temperaturas más frías, coincidiendo con los meses de mayor severidad climática de invierno, entre los meses de diciembre y febrero. También un ligero aumento de la humedad relativa interior en este mismo periodo.



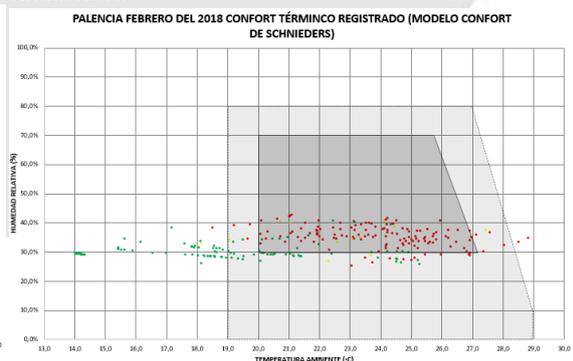
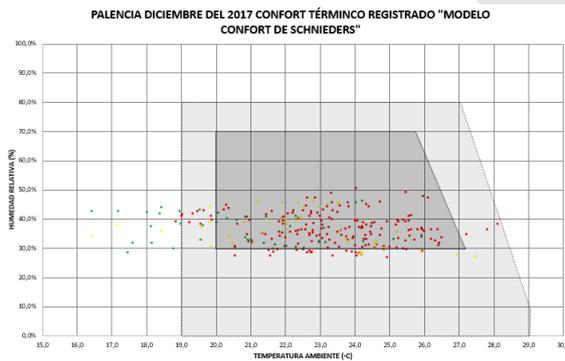
septiembre

octubre



noviembre

diciembre



enero  
Tabla 2

febrero

## Calidad del aire <sup>64</sup>

La calidad del aire referida a la concentración de CO<sub>2</sub> interior, se observa que los puntos que registran concentraciones superiores a 1.000ppm (en rojo) se concentran en mayor proporción en la zona de mayores temperaturas y humedades de las registradas, mientras que la mayoría de los puntos con concentraciones inferiores a 1.000ppm (en amarillo y verde) se agrupan en zonas de menores temperaturas y humedades relativas interiores. Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **30,47%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO<sub>2</sub> inferiores a 1000ppm**.

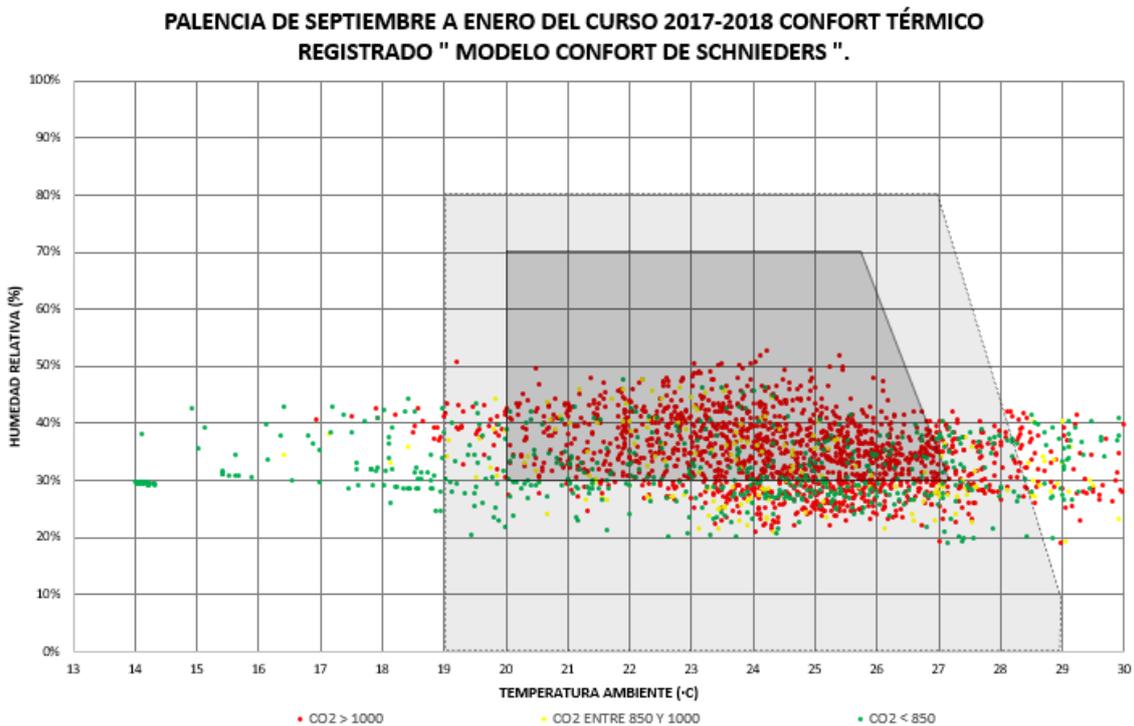


Tabla 3

## Confort real

Cruzando ambos parámetros, registro higrométrico y concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Palencia, el **6,11%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

<sup>64</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón (ppm) de concentración de CO<sub>2</sub> en el aire. Concentraciones de CO<sub>2</sub> en el aire >1000ppm no son recomendables.

### Patrones observados:

Se observa que generalmente al aumentar las temperaturas también aumenta la humedad relativa y la concentración de CO<sub>2</sub>, esto es común en climatologías con inviernos fríos en los que se utiliza el sistema de calefacción y se mantiene el aula cerrada y poco ventilada en épocas de frío en el exterior. En la tabla 3 se puede observar este patrón.

Las variaciones de temperatura exterior se reflejan de manera relativamente rápida en las condiciones de temperatura interior (y de temperatura superficial interior), es decir, que el edificio no mantiene las condiciones de temperatura interiores sin el aporte continuo de calefacción en época de frío. A continuación, se incluye la tabla 4 donde se observa este patrón.

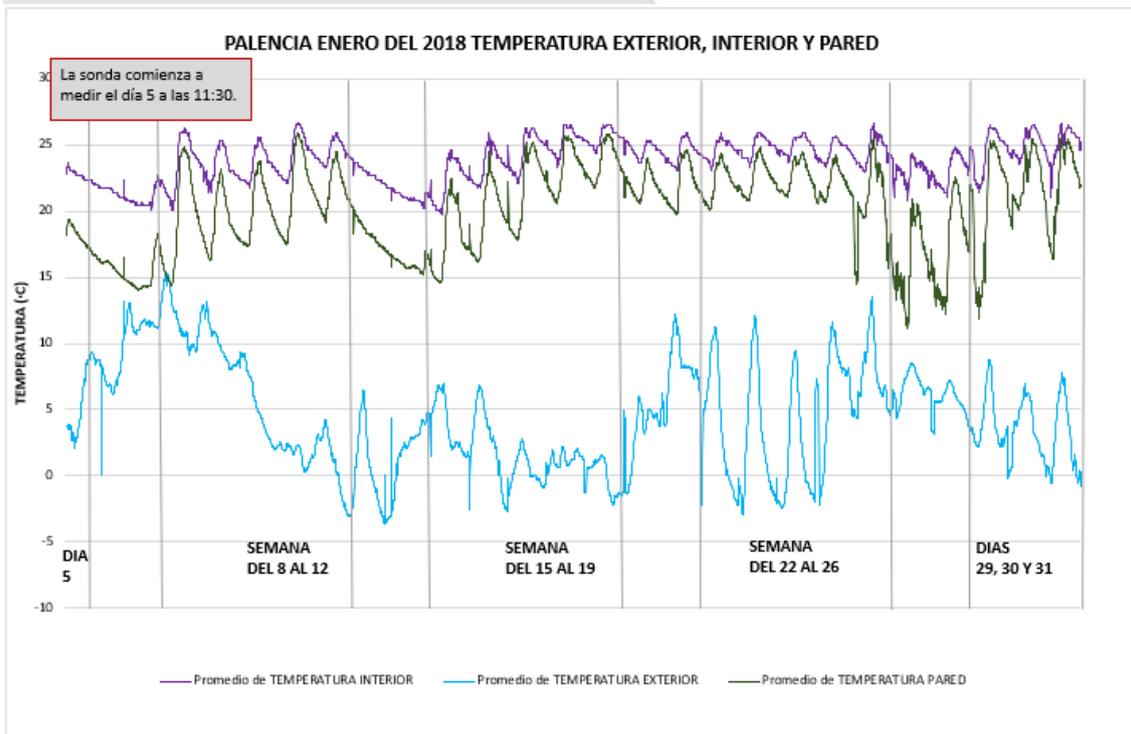


Tabla 4. Registro de temperaturas exteriores e interiores en el mes de enero de 2018.

El comportamiento de la concentración de CO<sub>2</sub> sigue un patrón de aumento en el momento que comienzan las clases en el aula, alcanzando sus máximos diarios hacia el final de la jornada lectiva y disminuyendo gradualmente en los momentos de no ocupación del aula hasta niveles bajos en espera de la siguiente jornada de ocupación del aula. Se alcanzan picos comprendidos entre 2.000ppm y 3.000ppm de manera común en los meses más fríos, superando las 3.000ppm en algunos momentos. Estos picos se quedan en valores cercanos a 2.000ppm en los meses no tan fríos. A continuación, se incluye la tabla 5 donde se observa este patrón.

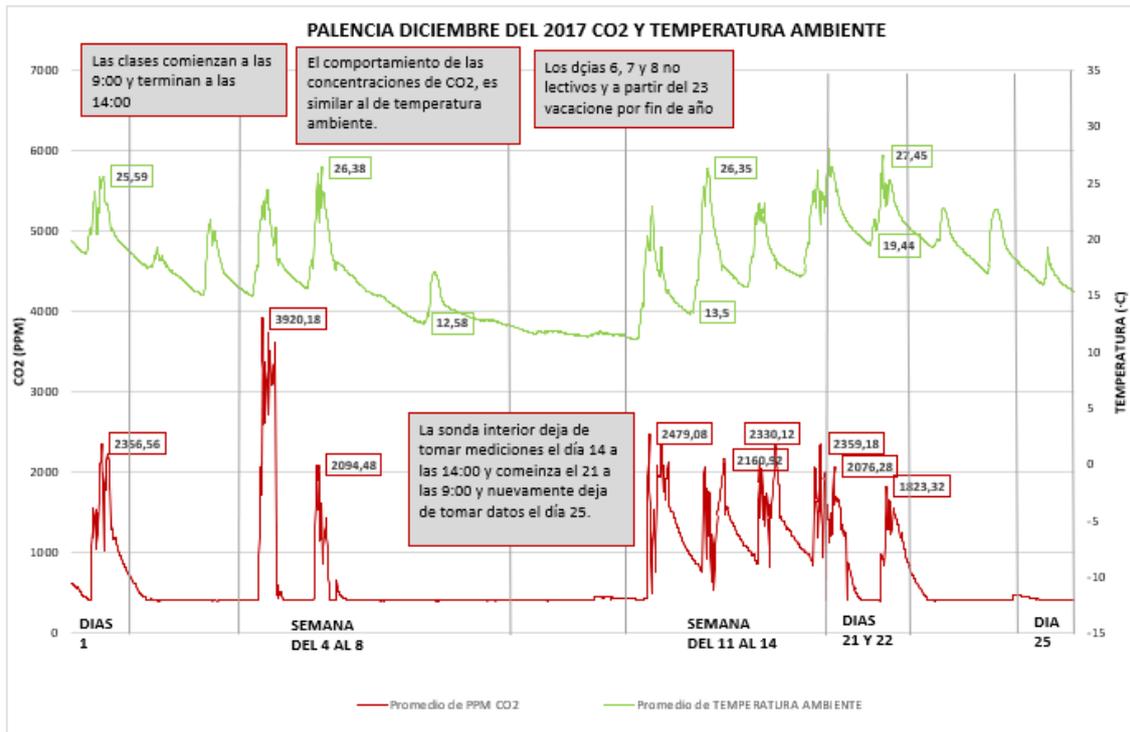


Tabla 5. Registro de concentración de CO2 en el mes de diciembre de 2017

## CONCLUSIONES <sup>65</sup>

**En Palencia, el colegio monitorizado arroja que tan solo el 6,11% del tiempo que los niños y profesores ocupan el aula están en condiciones de confort real, es decir, manteniendo los tres parámetros medidos, temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 18 minutos sobre 5 horas diarias de clases.**

Las temperaturas se mantienen un 46,72% del tiempo en rango de confort, lo que es un porcentaje relativamente bajo, menos de la mitad del tiempo. Probablemente el sistema de calefacción del centro no esté bien dimensionado. Por su parte, las condiciones de calidad de aire interior se mantienen en rango el 30,47% del tiempo y en confort real el 6,11% del tiempo lectivo. Estos valores son similares a las medias que arrojan los colegios de la misma climatología, atlántica continental, donde los inviernos son fríos.

<sup>65</sup> Colegios en climas con inviernos fríos que disponen de sistema de calefacción alcanzan valores relativamente altos de tiempo en condiciones de confort higrotérmico. Sin embargo, arrojan un valor muy bajo de tiempo en condiciones de confort en cuanto a calidad del aire, debido a la poca ventilación natural efectuada en general y en los meses más fríos en concreto.

### 15.27. Salamanca:

En Salamanca, el colegio que se ha monitorizado se encuentra ubicado a la entrada de la ciudad vieja, enmarcado dentro una climatología Atlántica continental. Se trata de un edificio construido en el año 1980 según catastro, por lo que se acoge a normativa CT-79. Como sistemas de climatización, dispone únicamente de calefacción. Del total de puntos de lectura tomados se han seleccionado aquellos comprendidos dentro del horario lectivo de los alumnos, que ascienden a 3.901, y una muestra total de 19.505 parámetros, entre los meses de noviembre de 2017 a marzo de 2018.

#### Confort higrotérmico

En cuanto a confort higrotérmico en el aula, centrándonos en la temperatura se registran lecturas desde los 15°C hasta los 25°C, encontrando el grueso de puntos situados entre los 18°C y los 22°C. En lo referido a humedad relativa la gran mayoría de los registros se mantienen en el rango 30%-60%, ascendiendo por encima de 60% sin llegar al 70% en una pequeña parte de las mediciones<sup>66</sup>.

Del total de puntos considerados, el **49,73%** de ellos se encuentran dentro de la zona de confort higrotérmico. Los registros fuera de esta área lo hacen por la parte izquierda de la misma, es decir, hacia temperaturas inferiores a los 20°C.

SALAMANCA DE NOVIEMBRE A MARZO DEL CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO  
"MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"

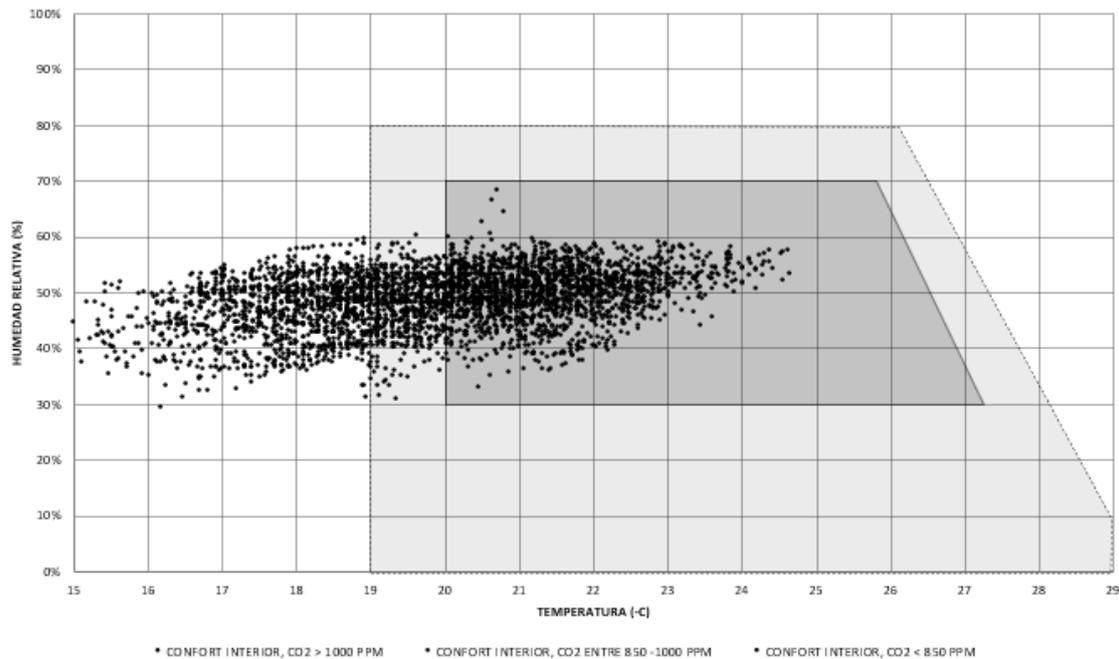
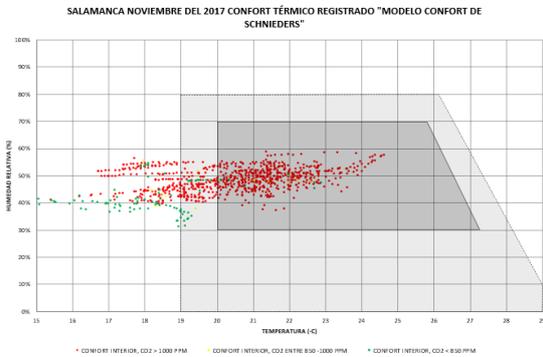


Tabla 1

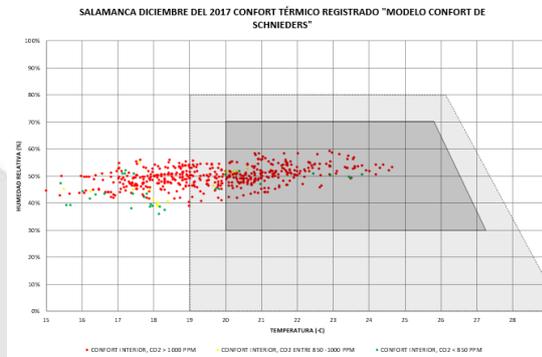
La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde noviembre a marzo cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

<sup>66</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

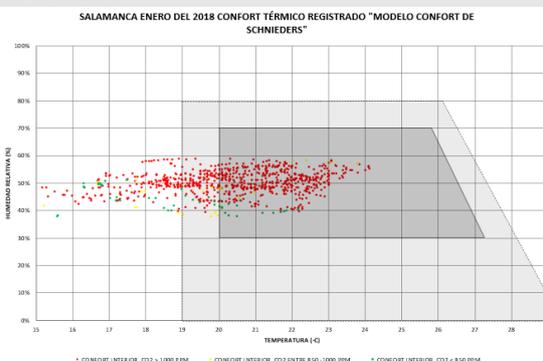
Desglosando estos datos por meses se puede observar que existe un desplazamiento hacia temperaturas más frías fuera del rango de confort en el aula coincidiendo con los meses de mayor severidad climática de invierno, entre los meses de diciembre y marzo. También un ligero aumento de la humedad relativa interior en este mismo periodo.



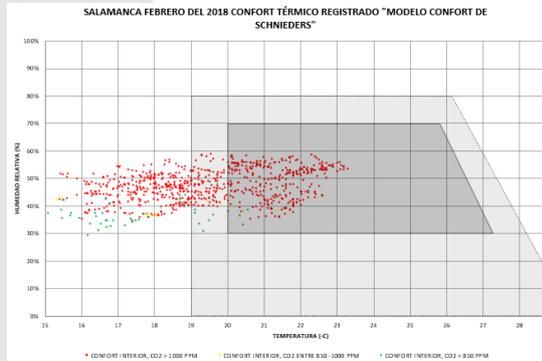
noviembre



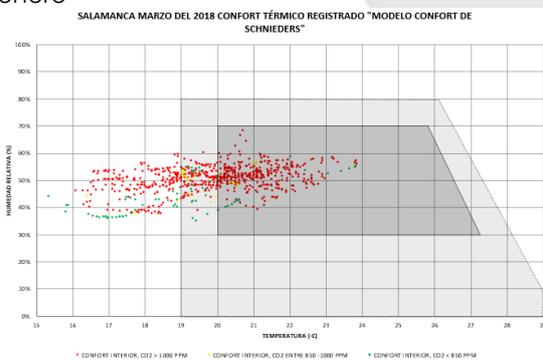
diciembre



enero



febrero



marzo  
Tabla 2

## Calidad del aire <sup>67</sup>

La calidad del aire referida a la concentración de CO<sub>2</sub> interior, se observa que los puntos que registran concentraciones superiores a 1.000ppm (en rojo) se concentran en mayor proporción en la zona de mayores temperaturas y humedades de las registradas, mientras que la mayoría de los puntos con concentraciones inferiores a 1.000ppm (en amarillo y verde) se agrupan en zonas de menores temperaturas y humedades relativas interiores. Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **10,48%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO<sub>2</sub> inferiores a 1.000ppm**.

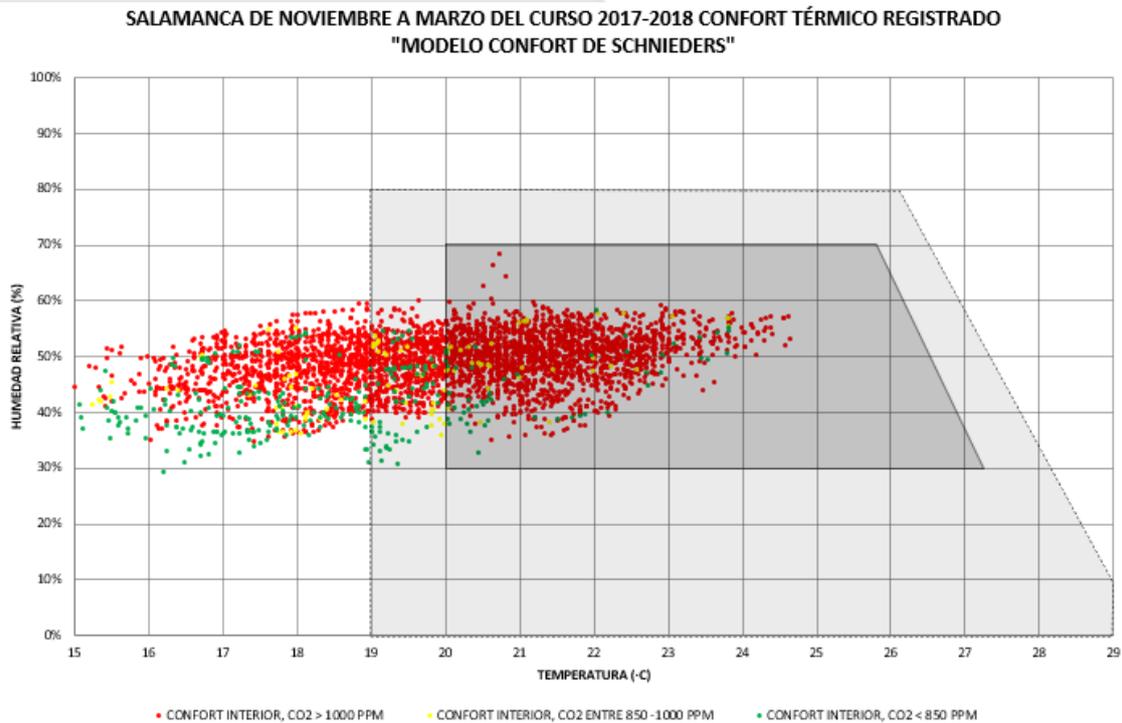


Tabla 3

## Confort real

Cruzando ambos parámetros, registro higrométrico y concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Salamanca, el **2,30%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

<sup>67</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de Co<sub>2</sub> en el aire. Concentraciones de Co<sub>2</sub> en el aire >1000ppm no son recomendables.

### Patrones observados:

Se observa que generalmente al aumentar las temperaturas también aumenta la humedad relativa y la concentración de CO<sub>2</sub>, esto es común en climatologías con inviernos fríos en los que se utiliza el sistema de calefacción y se mantiene el aula cerrada y poco ventilada en épocas de frío en el exterior. En la tabla 3 se puede observar este patrón.

Las variaciones de temperatura exterior se reflejan de manera relativamente rápida en las condiciones de temperatura interior (y de temperatura superficial interior), es decir, que el edificio no mantiene las condiciones de temperatura interiores sin el aporte continuo de calefacción en época de frío. A continuación, se incluye la tabla 4 donde se observa este patrón.

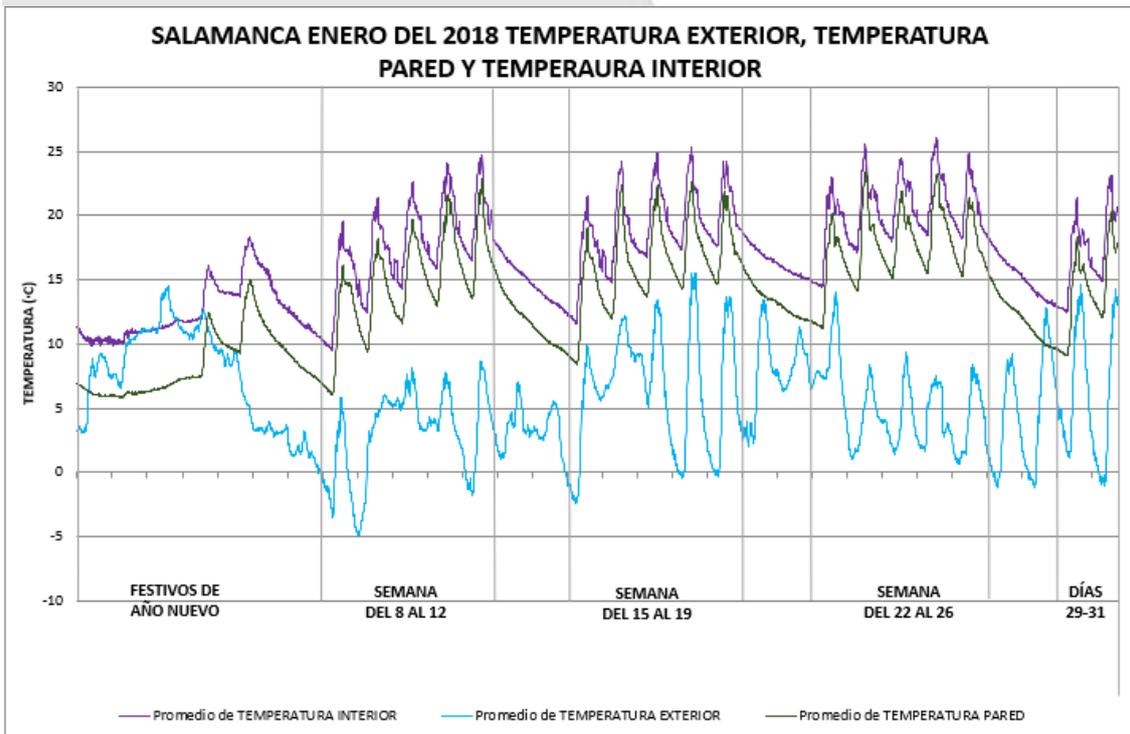


Tabla 4. Registro de temperaturas exteriores e interiores en el mes de enero de 2018.

El comportamiento de la concentración de CO<sub>2</sub> sigue un patrón de aumento en el momento que comienzan las clases en el aula, alcanzando sus máximos diarios hacia el final de la jornada lectiva y disminuyendo gradualmente en los momentos de no ocupación del aula hasta niveles bajos en espera de la siguiente jornada de ocupación del aula. Se alcanzan picos comprendidos entre 3.000ppm y 4.000ppm de manera común en los meses más fríos, superando las 4.000ppm en algunos momentos. Estos picos se quedan en valores cercanos a 3.000ppm en los meses no tan fríos. A continuación, se incluye la tabla 5 donde se observa este patrón.

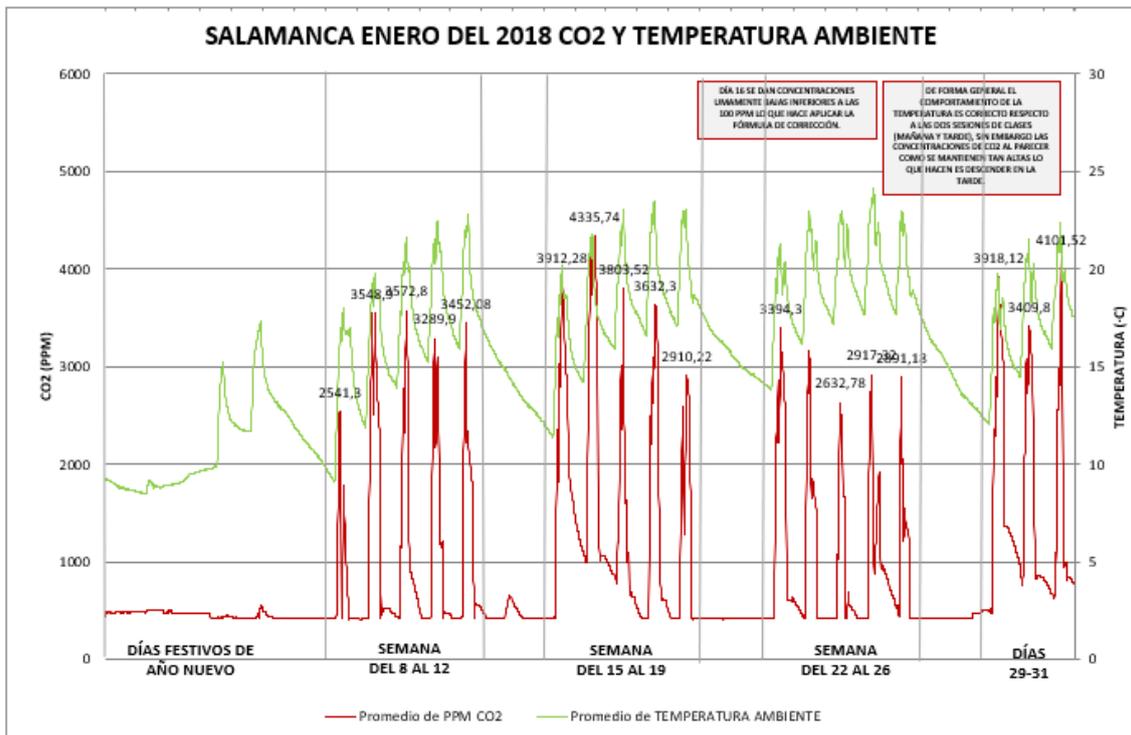


Tabla 5. Registro de concentración de CO2 en el mes de enero de 2018

## CONCLUSIONES <sup>68</sup>

**En Salamanca, el colegio monitorizado arroja que tan solo el 2,30% del tiempo que los niños y profesores ocupan el aula están en condiciones de confort real, es decir, manteniendo los tres parámetros medidos, temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 7 minutos sobre 5 horas diarias de clases.**

Las temperaturas se mantienen un 49,73% del tiempo en rango de confort, lo que es un porcentaje relativamente bajo, menos de la mitad del tiempo. Probablemente el sistema de calefacción del centro no esté bien dimensionado. Por su parte, las condiciones de calidad de aire interior se mantienen en rango el 10,48% del tiempo y en confort real el 2,30% del tiempo lectivo. Estos valores están muy por debajo de las medias que arrojan los colegios de la misma climatología, atlántica continental, donde los inviernos son fríos.

<sup>68</sup> Colegios en climas con inviernos fríos que disponen de sistema de calefacción alcanzan valores relativamente altos de tiempo en condiciones de confort higrotérmico. Sin embargo, arrojan un valor muy bajo de tiempo en condiciones de confort en cuanto a calidad del aire, debido a la poca ventilación natural efectuada en general y en los meses más fríos en concreto.

## 15.28. Santander:

En Santander, el colegio que se ha monitorizado se encuentra ubicado fuera del casco antiguo de la ciudad, enmarcado dentro una climatología Atlántica costa. El colegio monitorizado se construyó con anterioridad a la entrada en vigor de la Norma Básica de la Edificación CT-79, por lo que no tiene requisitos mínimos de aislamiento térmico. Como sistemas de climatización, dispone únicamente de calefacción. Del total de puntos de lectura tomados se han seleccionado aquellos comprendidos dentro del horario lectivo de los alumnos, que ascienden a 1.718, y una muestra total de 8.590 parámetros, entre los meses de enero a mayo de 2018.

### Confort higrotérmico

En cuanto a confort higrotérmico en el aula, centrándonos en la temperatura se registran lecturas desde los 15°C hasta los 26°C, encontrando el grueso de puntos situados entre los 20°C y los 23°C. En lo referido a humedad relativa la gran mayoría de los registros se mantienen en el rango 30%-70%, ascendiendo por encima de 70% y sin llegar al 80% en una pequeña parte de las mediciones<sup>69</sup>.

Del total de puntos considerados, el **79,11%** de ellos se encuentran dentro de la zona de confort higrotérmico. Los registros fuera de esta área lo hacen por la parte izquierda de la misma, es decir, hacia temperaturas inferiores a los 20°C.

**SANTANDER DE ENERO A MAYO DEL 2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO  
"MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"**

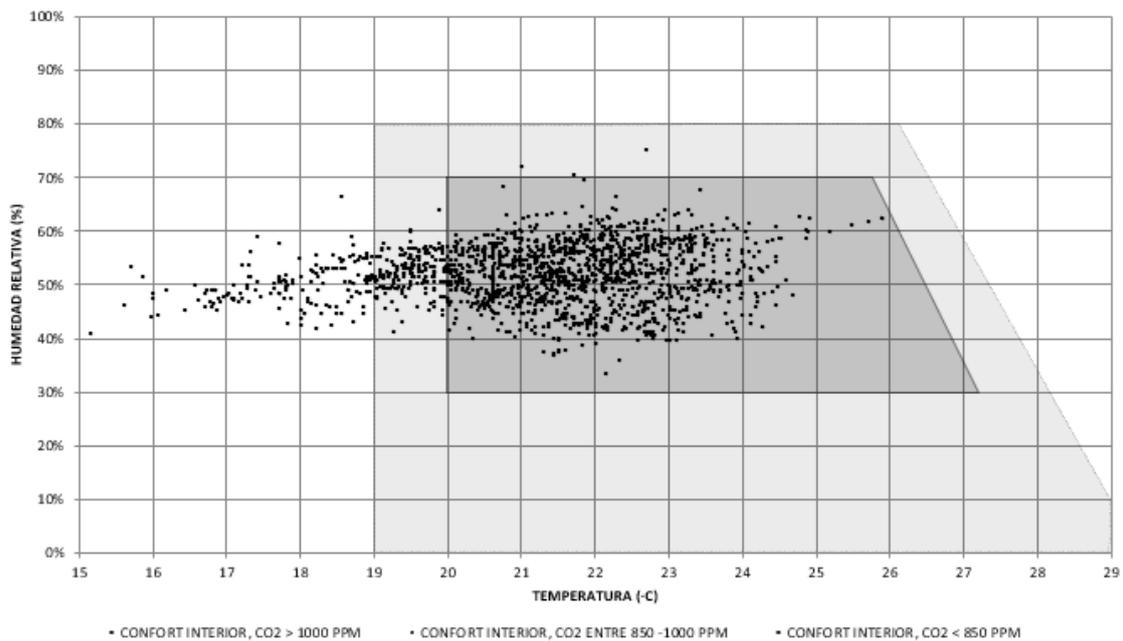


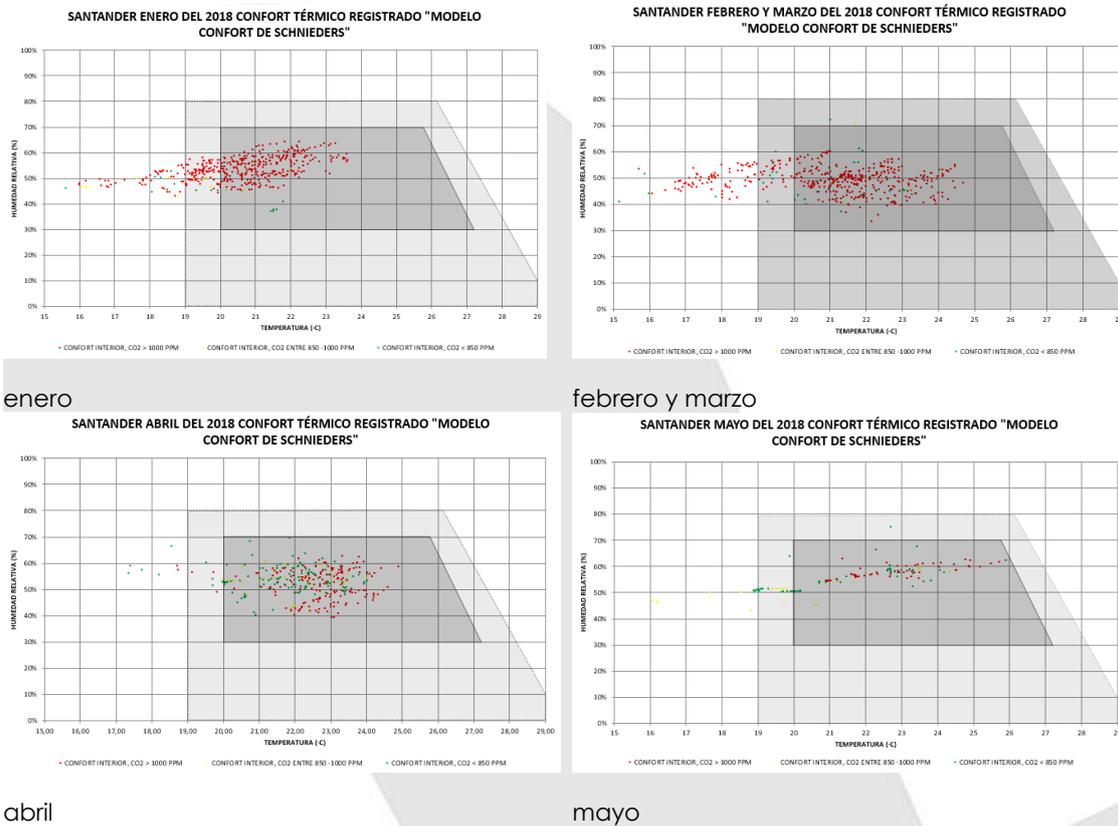
Tabla 1

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde enero a mayo cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris

<sup>69</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

Desglosando estos datos por meses se puede observar que existe un desplazamiento hacia temperaturas más frías fuera del rango de confort en el aula coincidiendo con los meses de mayor severidad climática de invierno, entre los meses de enero y marzo.



enero  
Tabla 2

febrero y marzo  
mayo

### Calidad del aire <sup>70</sup>

La calidad del aire referida a la concentración de CO<sub>2</sub> interior, se observa que los puntos que registran concentraciones superiores a 1.000ppm (en rojo) se concentran en mayor proporción en la zona de mayores temperaturas y humedades de las registradas, mientras que la mayoría de los puntos con concentraciones inferiores a 1.000ppm (en amarillo y verde) se agrupan en zonas de menores temperaturas y humedades relativas interiores. Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **17,75%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO<sub>2</sub> inferiores a 1000ppm**.

<sup>70</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de CO<sub>2</sub> en el aire. Concentraciones de Co<sub>2</sub> en el aire >1000ppm no son recomendables.

**SANTANDER DE ENERO A MAYO DEL 2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO**  
**"MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"**

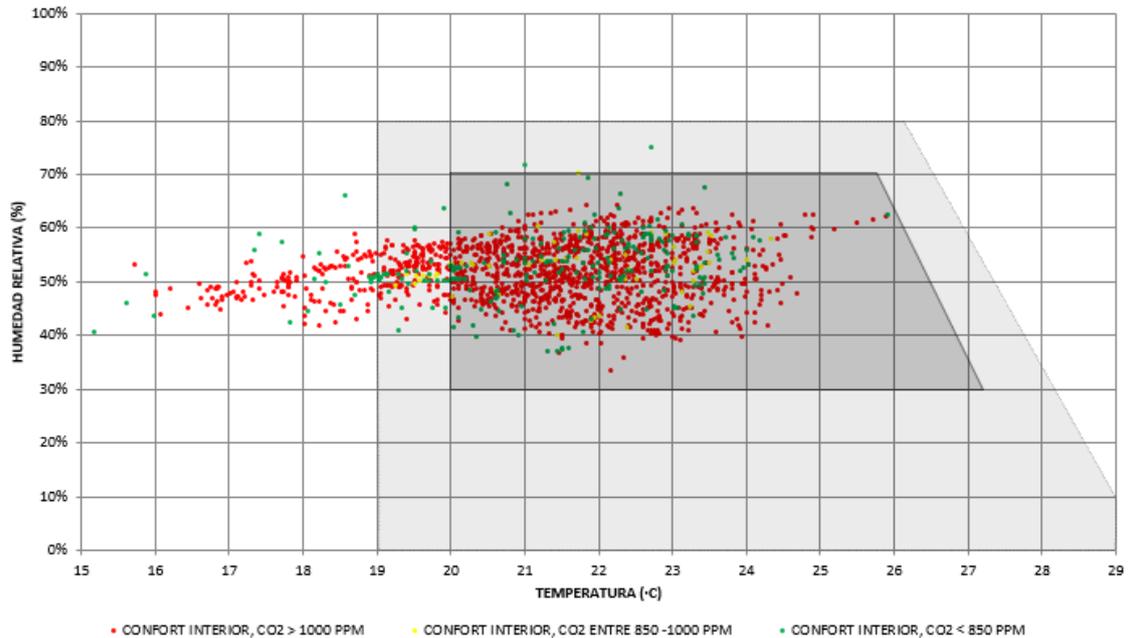


Tabla 3

**Confort real**

Cruzando ambos parámetros, registro higrométrico y concentración de CO2 resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Santander, el **11,22%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO2 se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

**Patrones observados:**

La tabla 4 representa los datos obtenidos en cuanto a temperaturas interiores y concentración de CO2 en partes por millón durante una semana representativa en los meses más fríos.

Se observa como la temperatura cae por debajo de los 20°C en los periodos sin uso del aula y se mantiene generalmente en rango durante la jornada, gracias al aporte del sistema de calefacción. Por su parte, la concentración de CO2 aumenta rápidamente al comienzo de la jornada, se mantiene durante toda la jornada por encima de 2.000ppm, disminuyendo gradualmente en los momentos de no ocupación, y alcanza picos diarios entre 2.600ppm y 4.200ppm.

Por último, cabe señalar que los momentos en que la temperatura alcanza su máximo por encima de los 20°C, coinciden en el tiempo con los momentos que marcan los picos con concentraciones de CO<sub>2</sub> por encima de 2.600ppm.

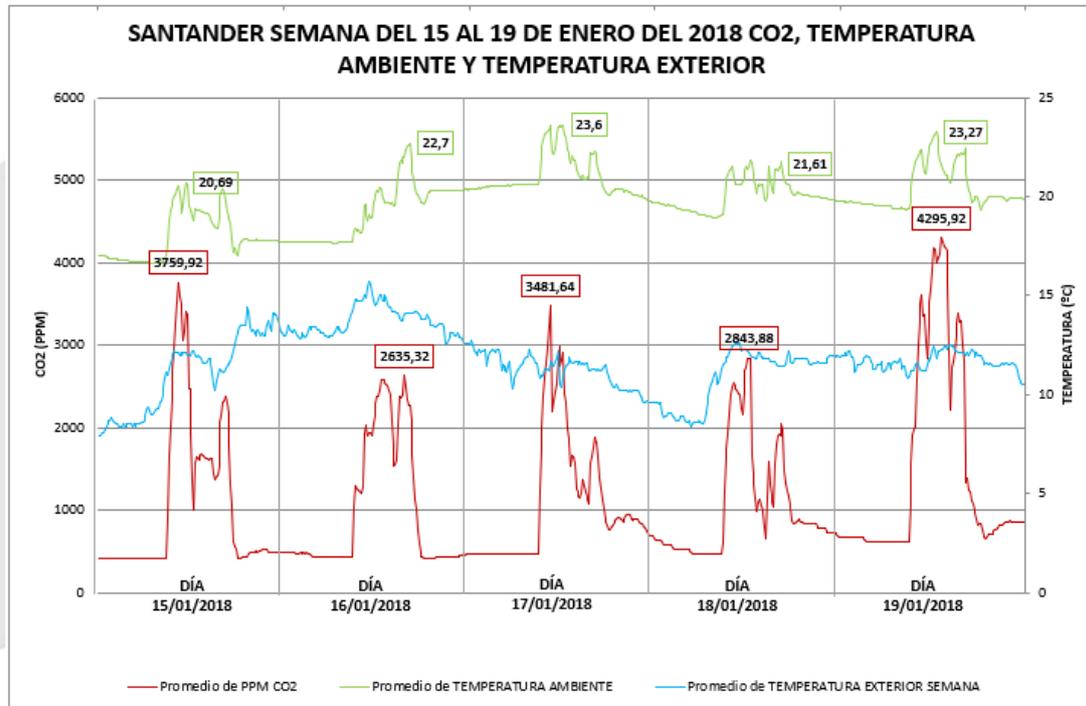


Tabla 4 Registro de concentración de CO<sub>2</sub> en el mes de enero de 2018

Las variaciones de temperatura exterior se reflejan de manera relativamente rápida en las condiciones de temperatura interior (y de temperatura superficial interior), es decir, que el edificio no mantiene las condiciones de temperatura interiores sin el aporte continuo de calefacción en época de frío, debido probablemente al inexistente aislamiento térmico. A continuación, se incluye la tabla 5 donde se observa este patrón.

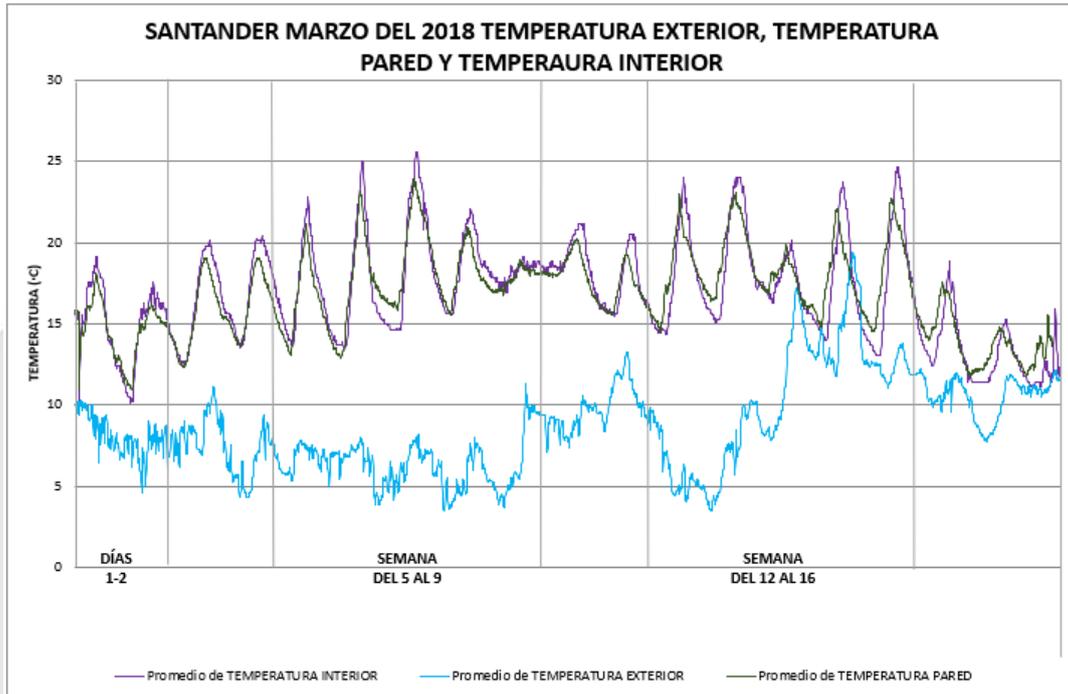


Tabla 5 Registro de temperaturas exteriores e interiores en el mes de marzo de 2018.

## CONCLUSIONES

**En Santander, el colegio monitorizado arroja que tan solo el 11,22% del tiempo que los niños y profesores ocupan el aula están en condiciones de confort real, es decir, manteniendo los tres parámetros medidos, temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 34 minutos sobre 5 horas diarias de clases.**

El hecho de que la fecha de construcción del colegio sea anterior la entrada en vigor de la Norma Básica de Edificación CT-79 hace pensar que los criterios de aislamiento térmico no existan o sean muy bajos. Las temperaturas interiores oscilan rápidamente con los cambios de temperatura exteriores.

Las temperaturas se mantienen un 79,11% del tiempo en rango de confort, lo que es un porcentaje alto. La existencia de un sistema de calefacción en el centro es un factor que contribuye a esto. Por su parte, las condiciones de calidad de aire interior se mantienen en rango el 17,75% del tiempo y en confort real el 11,22% del tiempo lectivo. Estos valores están por debajo de las medias que arrojan los colegios de la misma climatología, atlántica costa, donde los inviernos no son tan fríos como en el clima atlántico continental.

### 15.29. Sevilla (colegio):

En Sevilla, el colegio que se ha monitorizado se encuentra ubicado en el núcleo de la ciudad, enmarcado dentro una climatología cálida. El colegio monitorizado se construyó con anterioridad a la entrada en vigor de la Norma Básica de la Edificación CT-79, por lo que no tiene requisitos mínimos de aislamiento térmico. Como sistemas de climatización, dispone únicamente de aire acondicionado. Del total de puntos de lectura tomados se han seleccionado aquellos comprendidos dentro del horario lectivo de los alumnos, que ascienden a 3.396, y una muestra total de 16.980 parámetros, entre los meses de septiembre de 2017 a marzo de 2018.

#### Confort higrotérmico

En cuanto a confort higrotérmico en el aula, centrándonos en la temperatura se registran lecturas desde los 12°C hasta los 29°C, encontrando el grueso de puntos situados entre los 18°C y los 22°C. En lo referido a humedad relativa la gran mayoría de los registros se mantienen en el rango 30%-70%, ascendiendo por encima de 70% y sin llegar al 80% en una pequeña parte de las mediciones<sup>71</sup>.

Del total de puntos considerados, el **40,65%** de ellos se encuentran dentro de la zona de confort higrotérmico. Los registros fuera de esta área lo hacen tanto por la parte derecha de la misma, es decir, hacia temperaturas superiores a los 27°C, como por la parte izquierda, hacia temperaturas inferiores a 20°C.

**SEVILLA COLEGIO SEPTIEMBRE A MARZO DEL CURSO 2017- 2018 CONFORT TÉRMICO  
 REGISTRADO " MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS "**

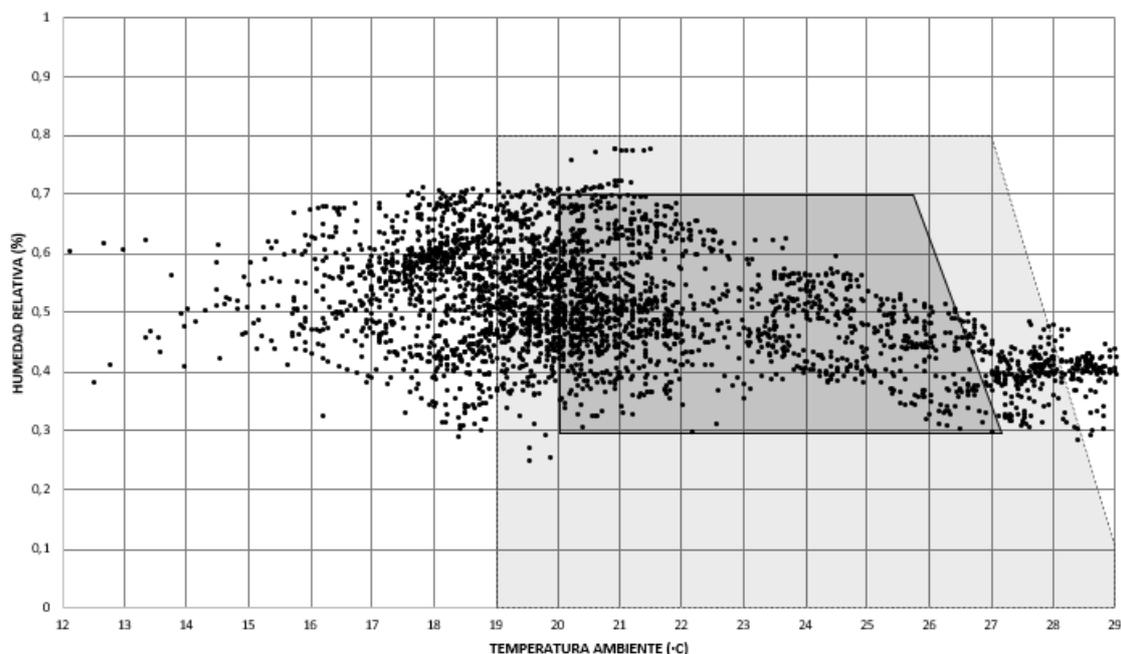


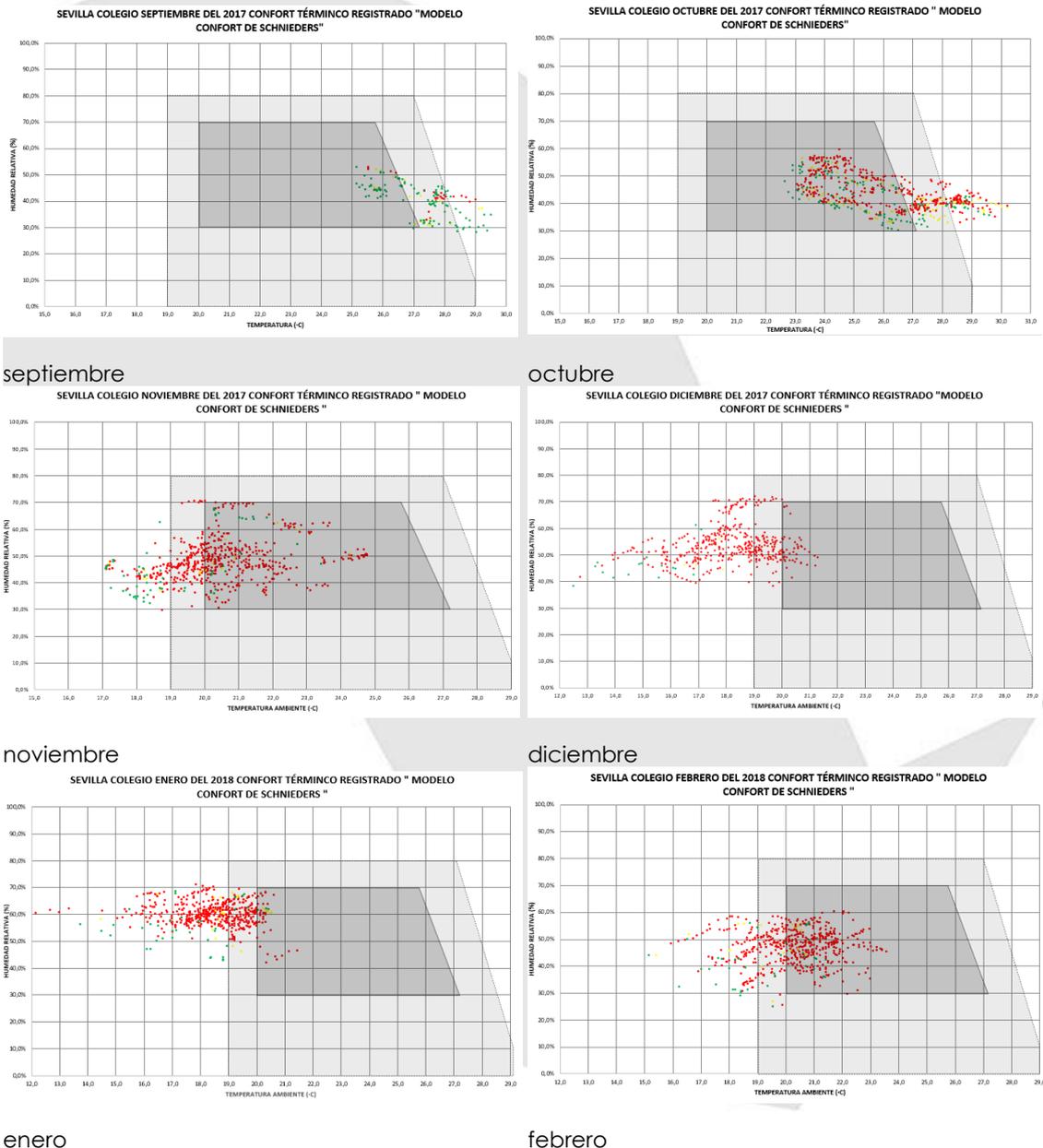
Tabla 1

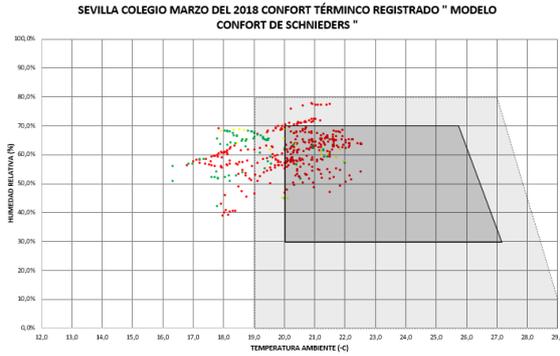
La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a marzo cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en

<sup>71</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

Desglosando estos datos por meses se puede observar que existe un desplazamiento hacia temperaturas más altas fuera del rango de confort en el aula coincidiendo con los meses más calurosos. En los meses de mayor severidad climática de invierno, entre noviembre y marzo, existe un desplazamiento hacia temperaturas más frías fuera del rango de confort.





marzo  
 Tabla 2

### Calidad del aire <sup>72</sup>

La calidad del aire referida a la concentración de CO<sub>2</sub> interior, se observa que los puntos que registran concentraciones superiores a 1.000ppm (en rojo) se concentran en mayor proporción en la zona de menores temperaturas de las registradas, mientras que la mayoría de los puntos con concentraciones inferiores a 1.000ppm (en amarillo y verde) se agrupan en zonas de mayores temperaturas interiores. Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **20,05 %** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO<sub>2</sub> inferiores a 1000ppm**.

SEVILLA COLEGIO SEPTIEMBRE A MARZO DEL CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO " MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS "

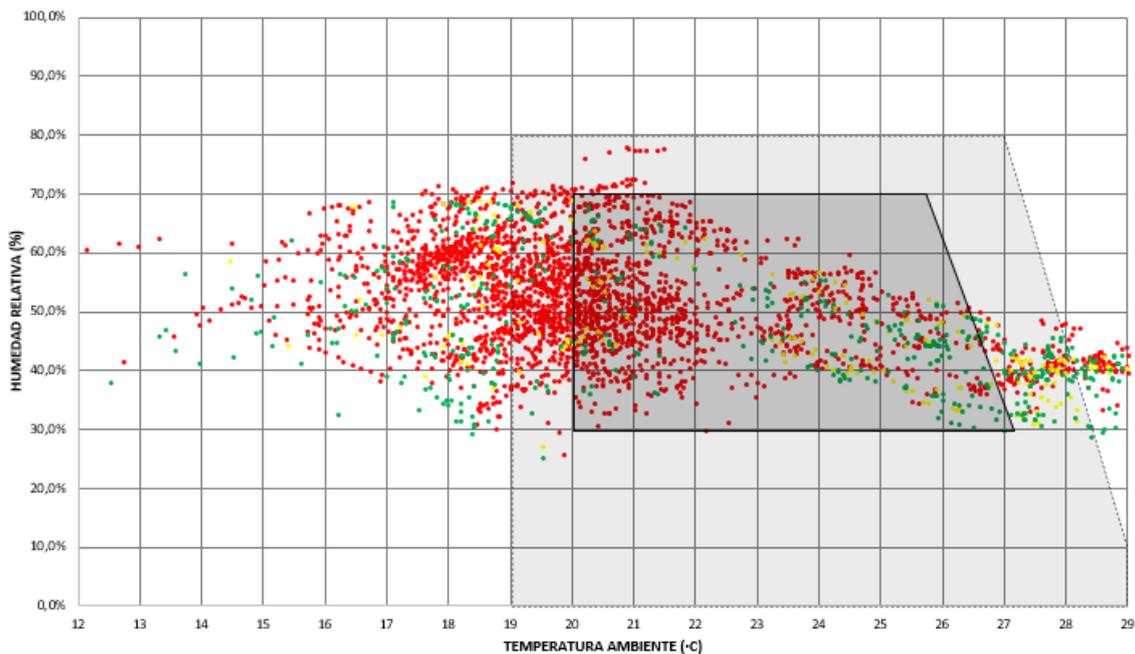


Tabla 3

<sup>72</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de CO<sub>2</sub> en el aire. Concentraciones de Co<sub>2</sub> en el aire >1000ppm no son recomendables.

## Confort real

Cruzando ambos parámetros, registro higrométrico y concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Sevilla, el **5,12%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

## Patrones observados:

La tabla 4 representa los datos obtenidos en cuanto a temperaturas interiores y concentración de CO<sub>2</sub> en partes por millón durante una semana representativa en los meses más fríos. Se observa que, a pesar de tratarse de un clima cálido, en invierno las temperaturas exteriores son bajas y la temperatura interior cae por debajo de los 17°C en los periodos sin uso del aula y no logra mantenerse en rango de confort durante la jornada lectiva, al no disponer de sistema de calefacción ni aislamiento térmico adecuado.

Por su parte, la concentración de CO<sub>2</sub> aumenta al comienzo de la jornada, se mantiene por encima de 1.500ppm, disminuyendo en los momentos de no ocupación, y alcanza picos diarios entre 2.100ppm y 3.800ppm

Por último, cabe señalar que los momentos en que la temperatura alcanza su máximo cercano a los 20°C, coinciden en el tiempo con los momentos que marcan los picos con concentraciones de CO<sub>2</sub> por encima de 2.100ppm.

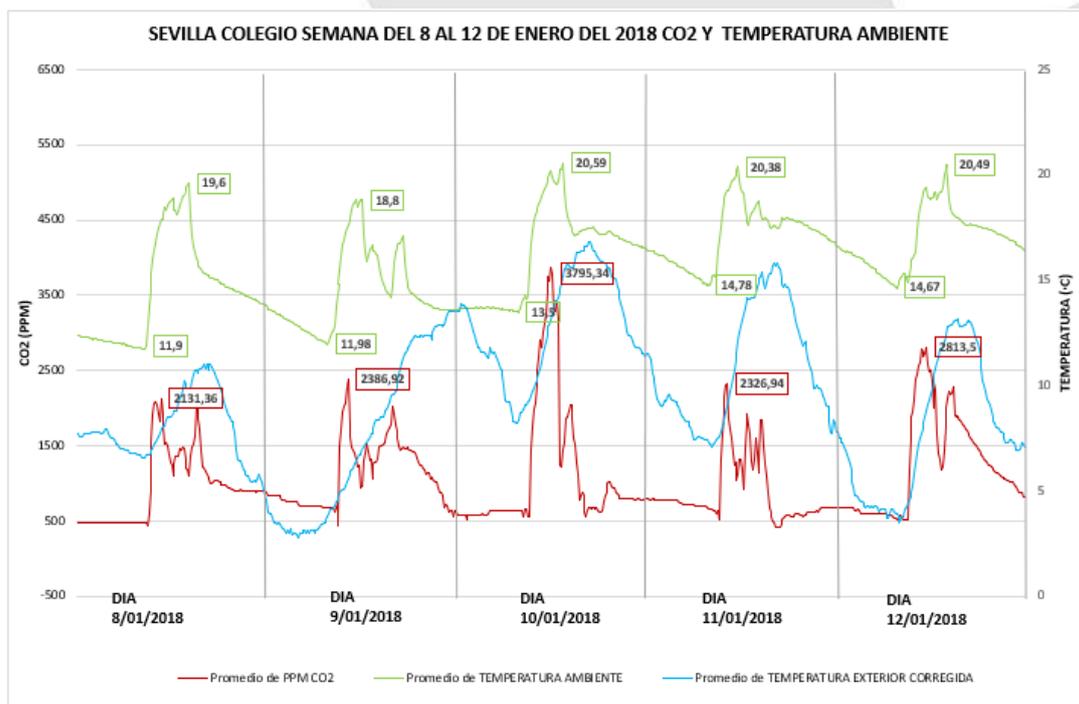


Tabla 4. Registro de concentración de CO<sub>2</sub> en el mes de enero de 2018

Las variaciones de temperatura exterior no se reflejan de manera de forma notable en las condiciones de temperatura interior (y de temperatura superficial interior), es decir, que el edificio únicamente aprovecha la ventilación natural diurna, durante las horas de más calor para disminuir ligeramente la temperatura interior. La mayor parte del día se mantienen por encima del rango de confort. A continuación, se incluye la tabla 5 donde se observa este patrón.

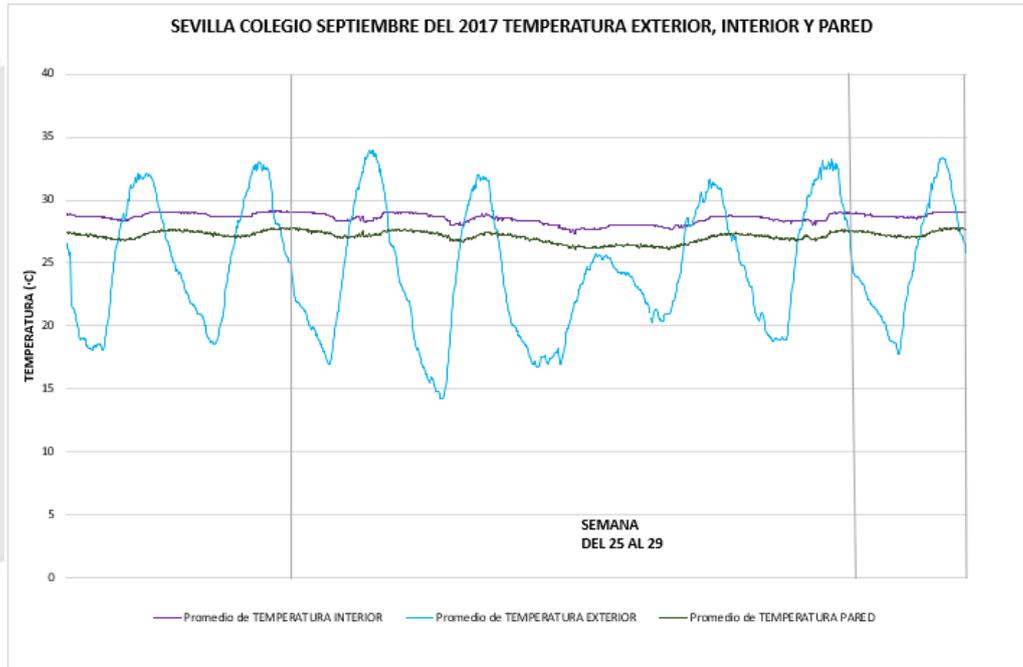


Tabla 5. Registro de temperaturas exteriores e interiores en el mes de septiembre de 2017.

## CONCLUSIONES <sup>73</sup>

**En Sevilla, el colegio monitorizado arroja que tan solo el 5,12% del tiempo que los niños y profesores ocupan el aula están en condiciones de confort real, es decir, manteniendo los tres parámetros medidos, temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 15 minutos sobre 5 horas diarias de clases.**

El hecho de que la fecha de construcción del colegio sea anterior la entrada en vigor de la Norma Básica de Edificación CT-79 hace pensar que los criterios de aislamiento térmico no existan o sean muy bajos.

Las temperaturas se mantienen un 40,65% del tiempo en rango de confort, lo que es un porcentaje inferior a la media del clima. Se demuestra que, a pesar de la existencia de un sistema de aire acondicionado en el centro, no se alcanza la temperatura de confort en gran parte del tiempo. Por su parte, las condiciones de calidad de aire interior se mantienen en rango el 20,05% del tiempo y en confort real el 5,12 % del tiempo lectivo. Estos valores están por muy por debajo de las medias que arrojan los colegios de la misma climatología cálida, donde los inviernos son suaves y los veranos muy cálidos.

---

<sup>73</sup> Colegios en climas templados con inviernos suaves y veranos muy calurosos se detectan mayor disconfort desde el punto de vista higrotérmico. Aparentemente, se presupone que en clima cálido no se pasa frío, pero se demuestra que no es así observando los resultados monitorizados. Por su parte, durante los meses más fríos se observa una peor calidad de aire en cuanto a concentración interior de CO<sub>2</sub>, mejorando este porcentaje en meses menos severos, cuando una mayor ventilación natural es posible.

### 15.30. Sevilla (instituto):

En Sevilla, el Instituto que se ha monitorizado se encuentra ubicado en el núcleo urbano, enmarcado dentro una climatología cálida. El instituto monitorizado se construyó con posterioridad a la entrada en vigor de la Norma Básica de la Edificación CT-79 pero anterior al CTE, por lo que tiene requisitos mínimos de aislamiento térmico. Como sistemas de climatización, dispone únicamente de aire acondicionado. Del total de puntos de lectura tomados se han seleccionado aquellos comprendidos dentro del horario lectivo de los alumnos, que ascienden a 3.768, y una muestra total de 18.840 parámetros, entre los meses de septiembre de 2017 a febrero de 2018.

#### Confort higrotérmico

En cuanto a confort higrotérmico en el aula, centrándonos en la temperatura se registran lecturas desde los 10°C hasta los 30°C, encontrando el grueso de puntos situados entre los 19°C y los 22°C. En lo referido a humedad relativa la gran mayoría de los registros se mantienen en el rango 20%-70%<sup>74</sup>.

Del total de puntos considerados, el **60,79%** de ellos se encuentran dentro de la zona de confort higrotérmico. Los registros fuera de esta área lo hacen tanto por la parte derecha de la misma, es decir, hacia temperaturas superiores a los 27°C, como por la parte izquierda, de hacia temperaturas inferiores a 20°C.

**SEVILLA I.E.S DE SEPTIEMBRE A FEBRERO DEL CURSO 2017-2018 CONFORT  
TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"**

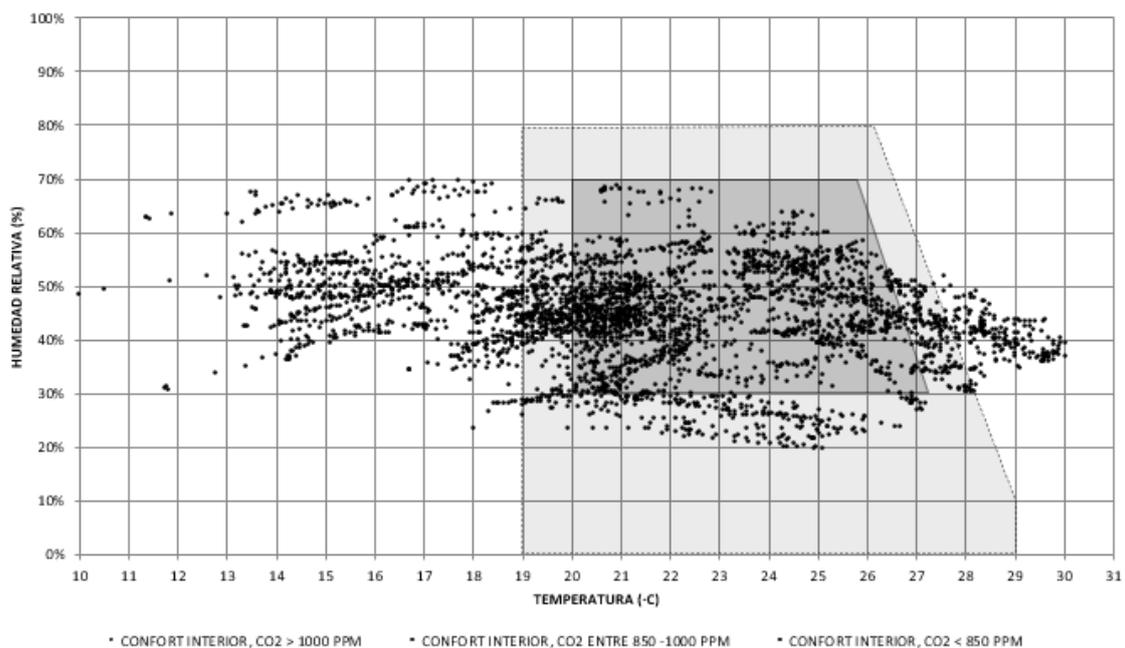


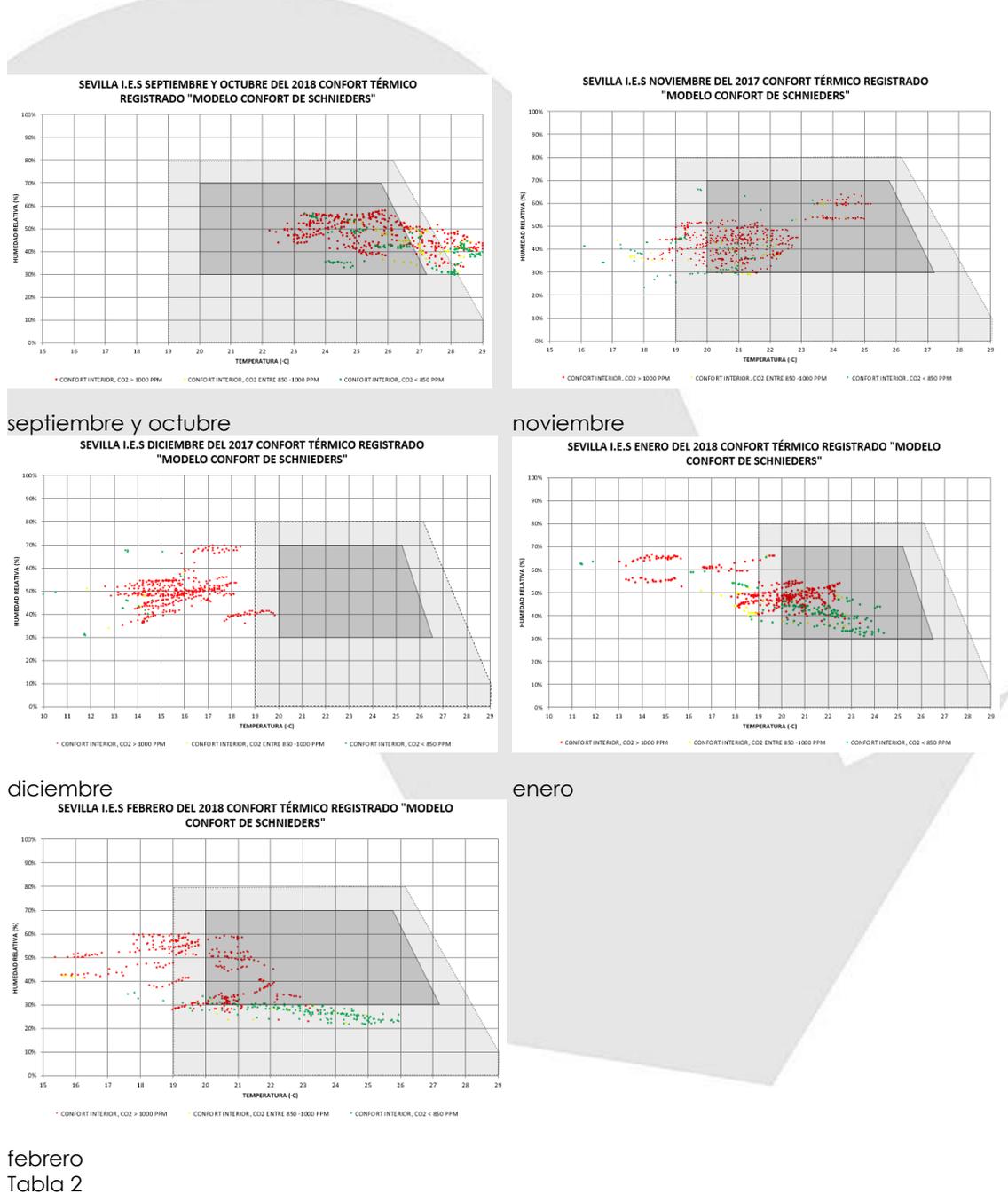
Tabla 1

La tabla 1 refleja cada uno los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a febrero cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en

<sup>74</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

Desglosando estos datos por meses se puede observar que existe un desplazamiento hacia temperaturas más altas fuera del rango de confort en el aula coincidiendo con los meses más calurosos. En los meses de mayor severidad climática de invierno, entre noviembre y febrero, existe un desplazamiento hacia temperaturas más frías fuera del rango de confort.



## Calidad del aire <sup>75</sup>

La calidad del aire referida a la concentración de CO<sub>2</sub> interior, se observa que los puntos que registran concentraciones superiores a 1.000ppm (en rojo) se concentran en mayor proporción en la zona de temperaturas más bajas y mayores humedades de las registradas, mientras que la mayoría de los puntos con concentraciones inferiores a 1.000ppm (en amarillo y verde) se agrupan en zonas de mayores temperaturas y humedades relativas más bajas. Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **36,76%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO<sub>2</sub> inferiores a 1000ppm**.

SEVILLA I.E.S DE SEPTIEMBRE A FEBRERO DEL CURSO 2017-2018 CONFORT  
TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"

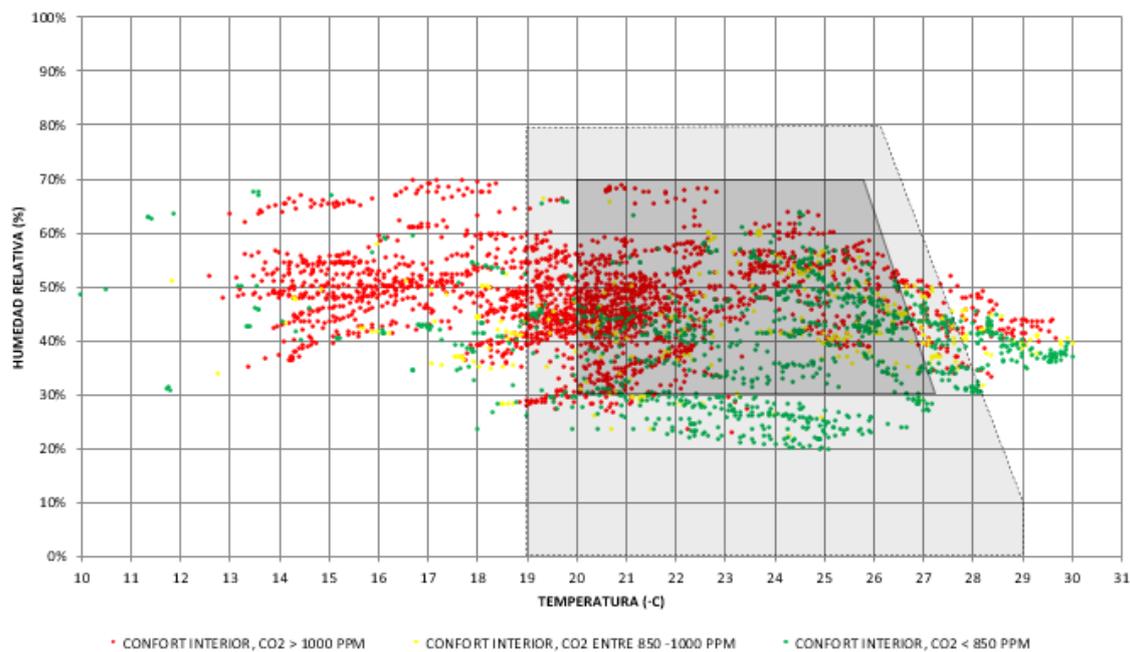


Tabla 3

## Confort real

Cruzando ambos parámetros, registro higrométrico y concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el instituto de Sevilla, el **16,12%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

<sup>75</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón (ppm) de concentración de CO<sub>2</sub> en el aire. Concentraciones de CO<sub>2</sub> en el aire >1000ppm no son recomendables.

### Patrones observados:

La tabla 4 representa los datos obtenidos en cuanto a temperaturas interiores y concentración de CO<sub>2</sub> en partes por millón durante una semana representativa en los meses más fríos.

Se observa que, a pesar de tratarse de un clima cálido, en invierno las temperaturas exteriores son bajas y la temperatura interior cae por debajo de los 15°C en los periodos sin uso del aula y no logra mantenerse en rango de confort durante la jornada lectiva, al no disponer de sistema de calefacción ni aislamiento térmico adecuado.

Por su parte, la concentración de CO<sub>2</sub> aumenta al comienzo de la jornada, se mantiene por encima de 1500ppm, disminuyendo en los momentos de no ocupación, y alcanza picos diarios entre 1.800ppm y 2.400ppm.

Por último, cabe señalar que los momentos en que la temperatura alcanza su máximo entre 15 y 20°C, suele coincidir en el tiempo con los momentos que marcan los picos con concentraciones de CO<sub>2</sub> por encima de 1.800ppm.

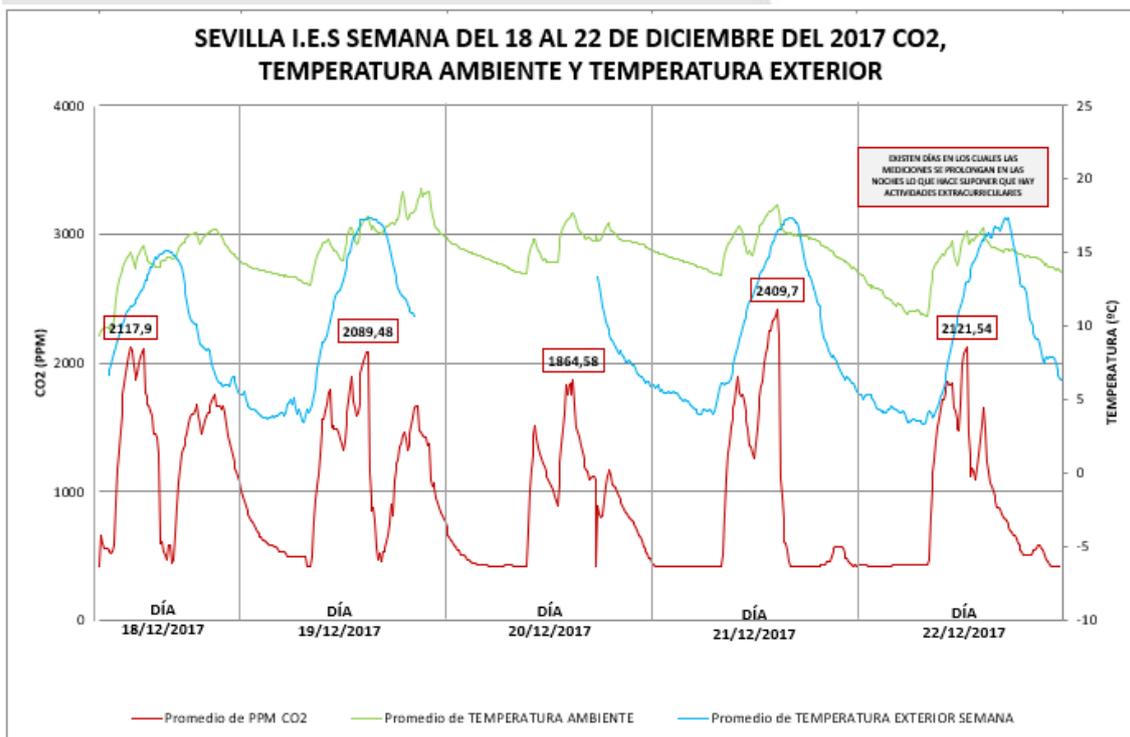


Tabla 4. Registro de concentración de CO<sub>2</sub> en el mes de diciembre de 2017

Las variaciones de temperatura exterior se reflejan de manera de forma notable en las condiciones de temperatura interior (y de temperatura superficial interior), es decir, que el edificio únicamente aprovecha la ventilación natural diurna, durante las horas de más calor para disminuir ligeramente la temperatura interior. La mayor parte del día se mantienen por encima del rango de confort. A continuación, se incluye la tabla 5 donde se observa este patrón.

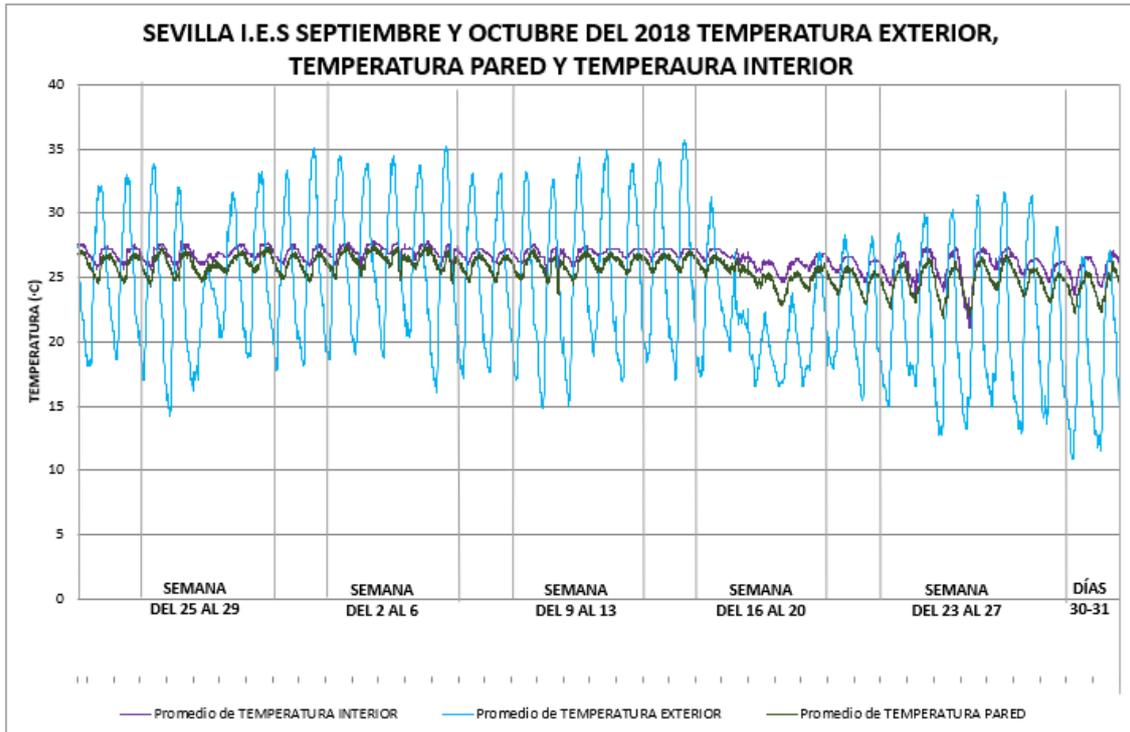


Tabla 5. Temperaturas exteriores e interiores en los meses de septiembre y octubre de 2017.

## CONCLUSIONES <sup>76</sup>

**En Sevilla, el IES monitorizado arroja que tan solo el 16,12% del tiempo que los niños y profesores ocupan el aula están en condiciones de confort real, es decir, manteniendo los tres parámetros medidos, temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 48 minutos sobre 5 horas diarias de clases.**

El hecho de que la fecha de construcción del instituto sea anterior la entrada en vigor del CTE hace pensar que los criterios de aislamiento térmico sean escasos o muy bajos.

Las temperaturas se mantienen un 60,79% del tiempo en rango de confort, lo que es un porcentaje algo superior a la media del clima. Se demuestra que, debido a la falta de sistema de calefacción en el centro, no se alcanza la temperatura de confort en gran parte del tiempo. Por su parte, las condiciones de calidad de aire interior se mantienen en rango el 36,76% del tiempo y en confort real el 16,12 % del tiempo lectivo. Estos valores están situados en las medias que arrojan los centros educativos de la misma climatología cálida, donde los inviernos son suaves y los veranos muy cálidos.

<sup>76</sup> Colegios en climas templados con inviernos suaves y veranos muy calurosos se detectan mayor disconfort desde el punto de vista higrotérmico. Aparentemente, se presupone que en clima cálido no se pasa frío, pero se demuestra que no es así observando los resultados monitorizados. Por su parte, durante los meses más fríos se observa una peor calidad de aire en cuanto a concentración interior de CO<sub>2</sub>, mejorando este porcentaje en meses menos severos, cuando una mayor ventilación natural es posible.

### 15.31. Teruel:

En Teruel, el colegio que se ha monitorizado se encuentra ubicado en la zona del perímetro exterior del núcleo urbano, enmarcado dentro una climatología Atlántica continental. Se trata de un edificio construido en el periodo comprendido entre el año 1979 y 2006 según catastro, por lo que se acoge a normativa CT-79. Como sistemas de climatización, dispone de calefacción y aire acondicionado. Del total de puntos de lectura tomados se han seleccionado aquellos comprendidos dentro del horario lectivo de los alumnos, que ascienden a 2.625, y una muestra total de 13.125 parámetros, entre los meses de noviembre de 2017 a marzo de 2018.

#### Confort higrotérmico

En cuanto a confort higrotérmico en el aula, encontramos el grueso de registros situados entre los 20°C y los 26°C. En lo referido a humedad relativa la gran mayoría de los registros se mantienen en el rango 30%-50%, descendiendo por debajo de 30% sin llegar al 20% en una pequeña parte de las mediciones<sup>77</sup>.

Del total de puntos considerados, el **89,67%** de ellos se encuentran dentro de la zona de confort higrotérmico. Los registros fuera de esta área lo hacen por la parte inferior de la misma, es decir, hacia humedades relativas inferiores al 30%.

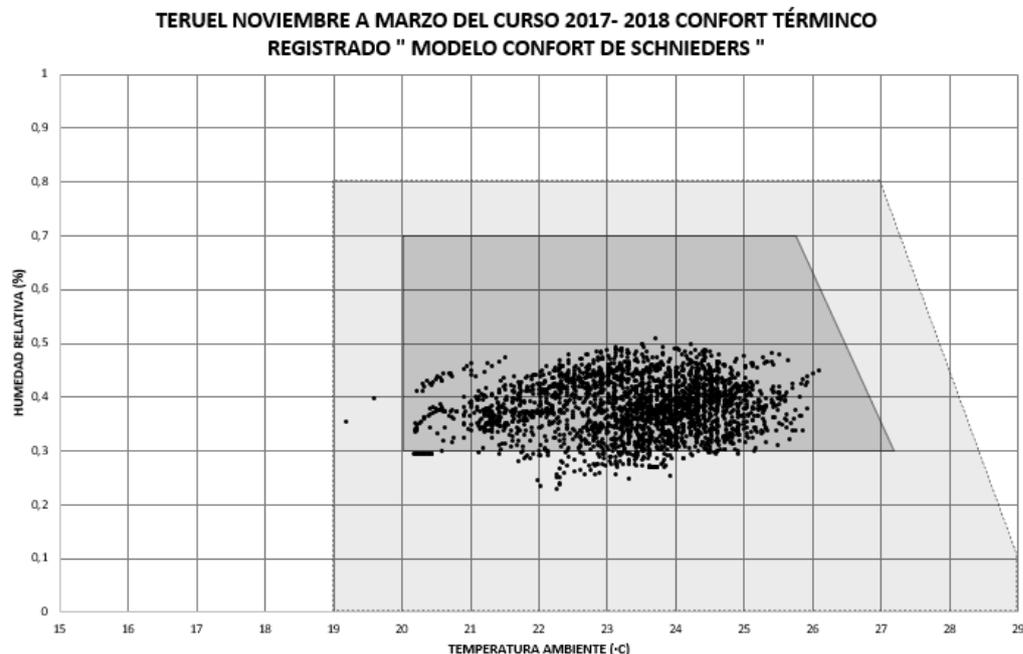
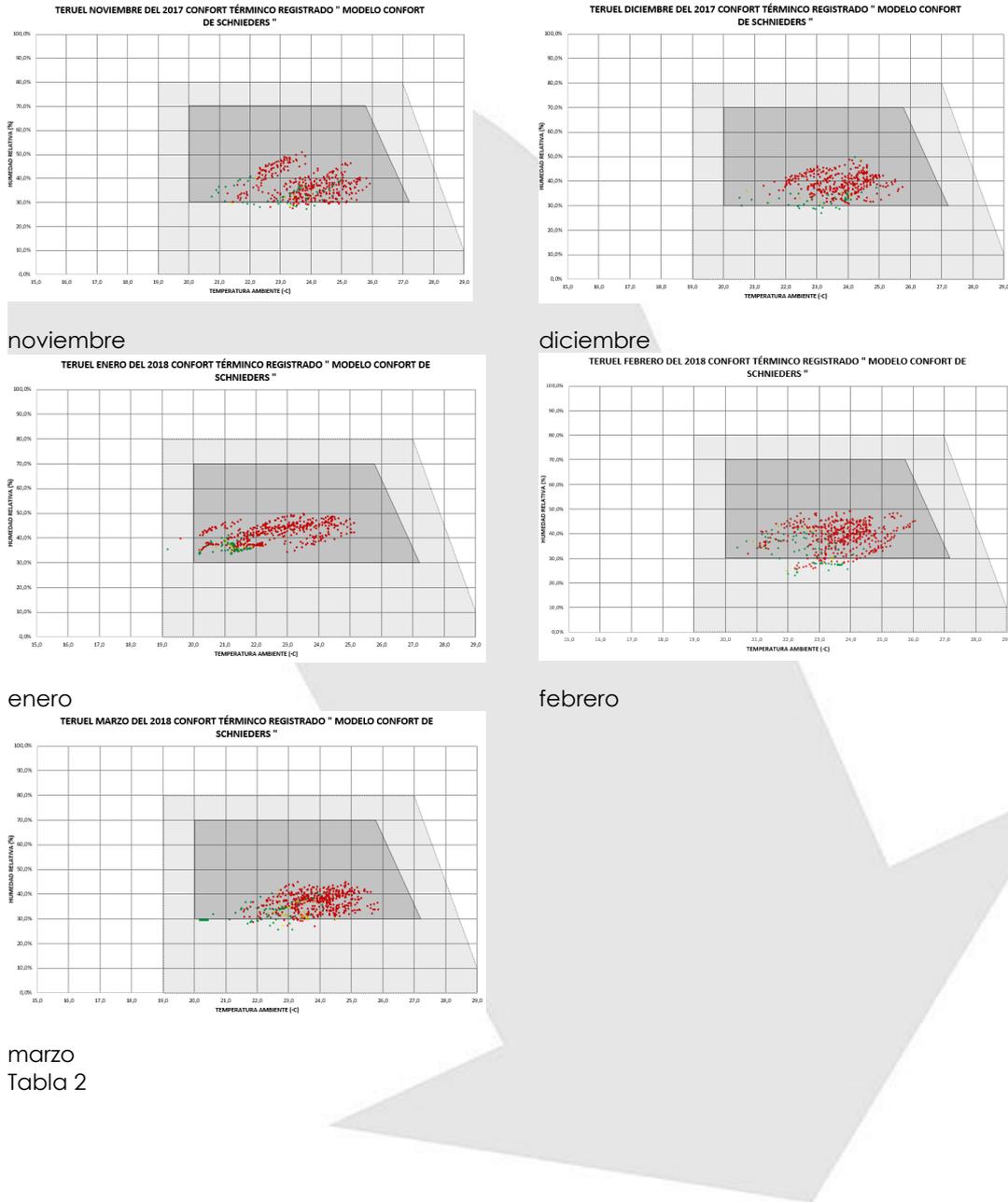


Tabla 1

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde noviembre a abril cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

<sup>77</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

Desglosando estos datos por meses se puede observar que existe un desplazamiento hacia temperaturas más frías fuera del rango de confort en el aula coincidiendo con los meses de mayor severidad climática de invierno, entre los meses de diciembre y febrero. También un ligero aumento de la humedad relativa interior en este mismo periodo.



## Calidad del aire <sup>78</sup>

En cuanto a la calidad del aire referida a la concentración de CO<sub>2</sub> interior, se observa que los puntos que registran concentraciones superiores a 1.000ppm (en rojo) se concentran en mayor proporción en la zona de mayores temperaturas y humedades de las registradas, mientras que los puntos con concentraciones inferiores a 1.000ppm (en amarillo y verde) se agrupan en zonas de menores temperaturas y humedades relativas interiores. Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **14,86%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO<sub>2</sub> inferiores a 1000ppm**.

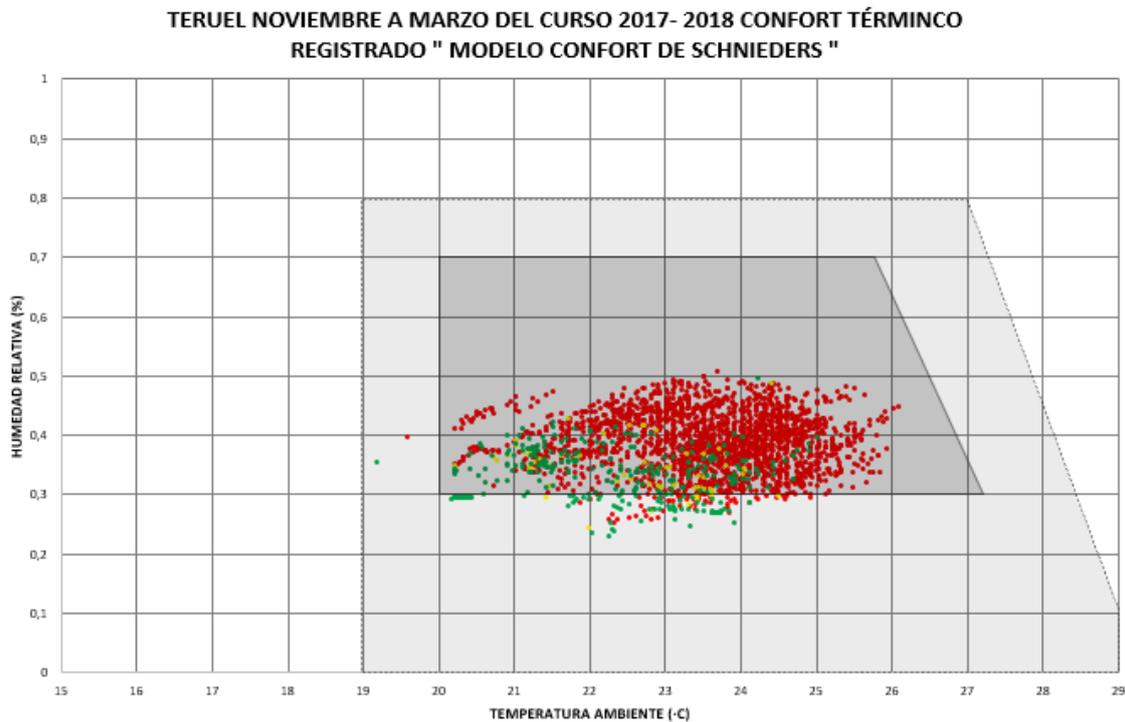


Tabla 3

## Confort real

Cruzando ambos parámetros, registro higrométrico y concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Teruel, el **10,74%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

<sup>78</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de Co<sub>2</sub> en el aire. Concentraciones de Co<sub>2</sub> en el aire >1000ppm no son recomendables.

### Patrones observados:

Se observa que generalmente al aumentar las temperaturas también aumenta la humedad relativa y la concentración de CO<sub>2</sub>, esto es común en climatologías con inviernos fríos en los que se utiliza el sistema de calefacción y se mantiene el aula cerrada y poco ventilada en épocas de frío en el exterior. En la tabla 4 se puede observar este patrón.

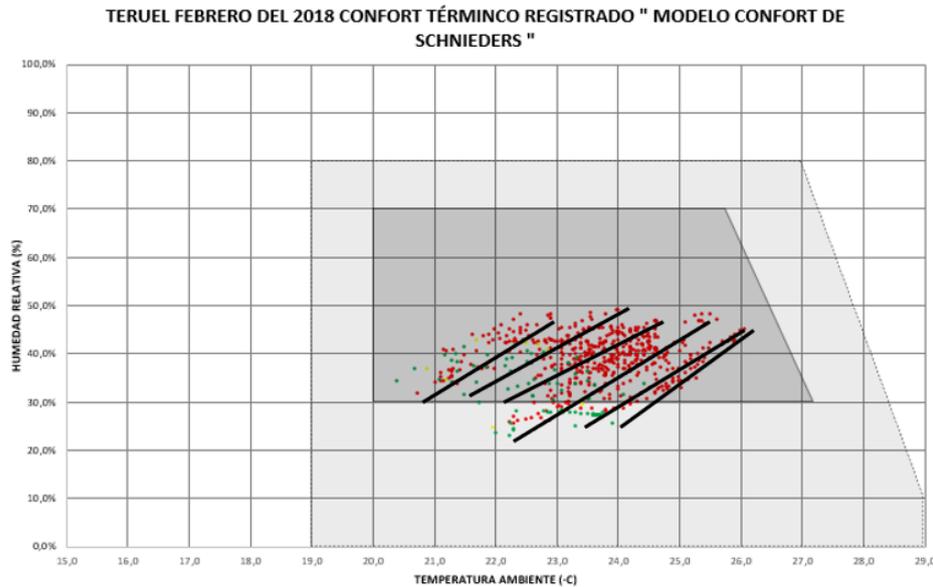


Tabla 4

Se observa que las variaciones de temperatura interior se mantienen relativamente estables a pesar de las variaciones de temperatura exterior, lo que puede ser debido a la acción conjunta de cierto nivel de aislamiento y el aporte activo del sistema de calefacción. A continuación, se incluye la tabla 5 donde se observa este patrón.

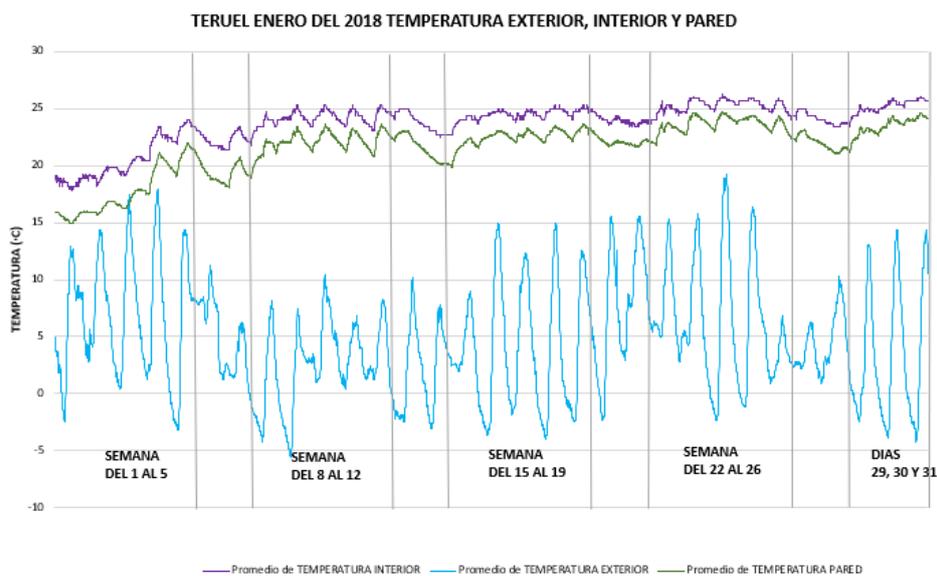


Tabla 5. Registro de temperaturas exteriores e interiores en el mes de enero de 2018.

El comportamiento de la concentración de CO<sub>2</sub> sigue un patrón de aumento en el momento que comienzan las clases en el aula, alcanzando sus máximos diarios tanto al comienzo como hacia el final de la jornada lectiva y disminuyendo gradualmente en los momentos de no ocupación del aula hasta niveles bajos en espera de la siguiente jornada de ocupación del aula. Se alcanzan de manera regular picos comprendidos en el entorno de 2.500ppm en este mes y entre los 2.000ppm y los 3.000ppm en todos los meses medidos. A continuación, se incluye la tabla 6 donde se observa este patrón.

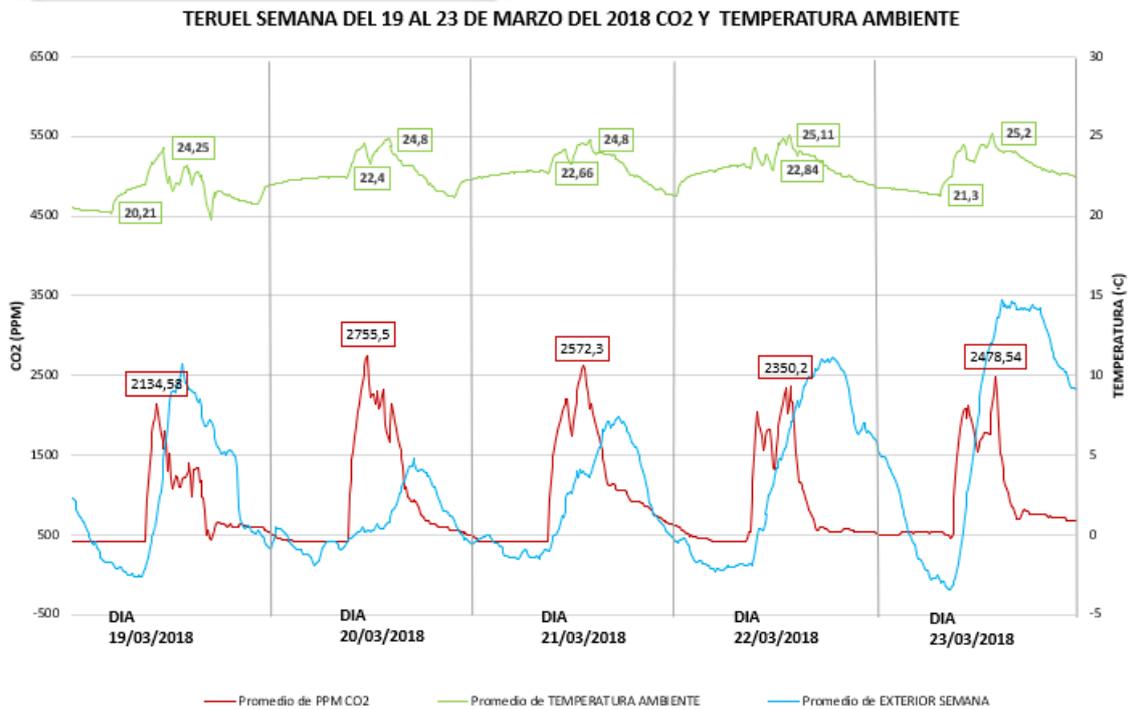


Tabla 6 Registro de concentración de CO<sub>2</sub> en una semana del mes de marzo de 2018

## CONCLUSIONES <sup>79</sup>

**En Teruel, el colegio monitorizado arroja que tan solo el 10,74% del tiempo que los niños y profesores ocupan el aula están en condiciones de confort real, es decir, manteniendo los tres parámetros medidos, temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 32 minutos sobre 5 horas diarias de clases.**

Las temperaturas se mantienen un 89,67% del tiempo en rango de confort, lo que es un porcentaje relativamente alto. La existencia de un sistema de calefacción en el centro es un factor que contribuye a esto. Por su parte, las condiciones de calidad de aire interior se mantienen en rango el 14,86% del tiempo y en confort real el 10,74% del tiempo lectivo. Estos valores son similares a las medias que arrojan los colegios de la misma climatología, atlántica continental, donde los inviernos son fríos.

---

<sup>79</sup> Colegios en climas con inviernos fríos que disponen de sistema de calefacción alcanzan valores relativamente altos de tiempo en condiciones de confort higrotérmico. Sin embargo, arrojan un valor muy bajo de tiempo en condiciones de confort en cuanto a calidad del aire, debido a la poca ventilación natural efectuada en general y en los meses más fríos en concreto.

### 15.32. Toledo:

Toledo se enmarca en la climatología mediterránea continental caracterizado por calurosos y secos.

Este colegio fue construido con posterioridad a la entrada en vigor del CTE 2006, por lo que se acoge a ciertas condiciones de aislamiento térmico. Cuenta con calefacción y aire acondicionado como instalaciones de climatización.

Del total de puntos de lectura (muestras) se han seleccionado tan solo aquellos que coinciden con el horario de clases de los alumnos, en total 5.709 (puntos de lectura) que recogen 28.545 parámetros, entre los meses de octubre de 2017 a junio de 2018.

#### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico (tabla 1) se aprecia el grueso de temperaturas registradas dentro del rango de 20°C a 26°C y entre 30% y 60% de humedad relativa<sup>80</sup>.

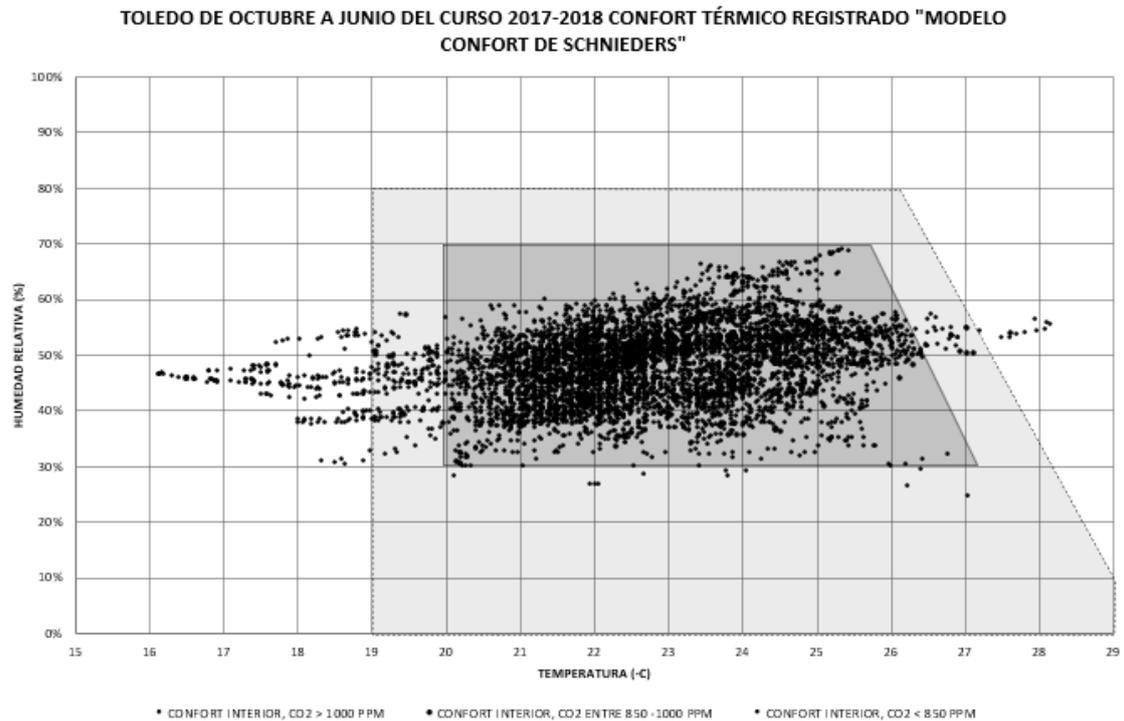


Tabla 1

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a junio cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

<sup>80</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada

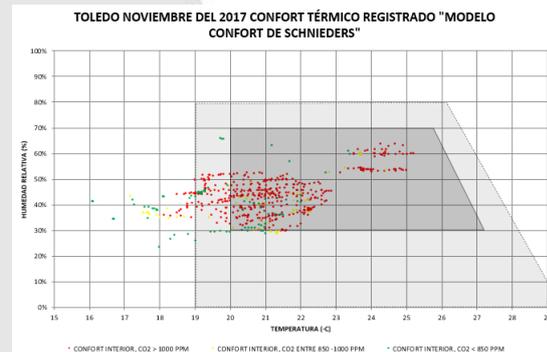
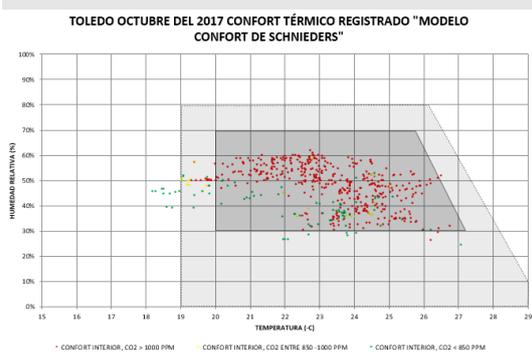
Del total de puntos considerados correspondiente al tiempo que los niños pasan en el aula, el **91,28%** se encuentran dentro de la zona de **confort higrotérmico**.

En lo relativo a temperaturas, los registros que se salen de esta área lo hacen en la mayoría de los casos por el lado izquierdo, hacia las temperaturas por debajo de los 20°C, y en algunos casos por el lado derecho, hacia temperaturas por encima de 26°C.

En lo relativo a humedad relativa interior, las mediciones fuera de rango lo hacen por encima de 60%, hasta el 70%.

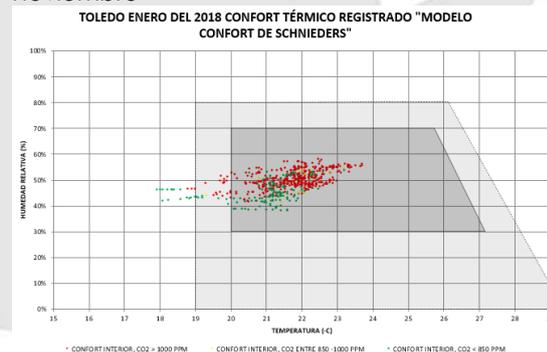
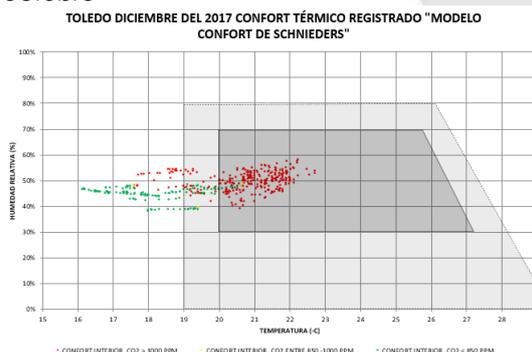
Desglosando estos datos por meses se observa como las temperaturas se desplazan ligeramente hacia la parte izquierda, la de registros más bajos, conforme descienden las temperaturas exteriores y volviendo a desplazarse hacia temperaturas más altas en los meses de abril, mayo y junio.

Se observa también coincidencia en todos los meses para temperaturas más altas con mayores humedades y concentraciones de CO<sub>2</sub>, agrupándose la mayoría de los puntos rojos en la zona derecha y superior del conjunto de registros de cada mes.



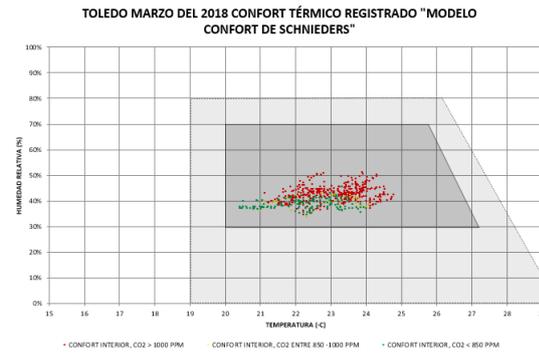
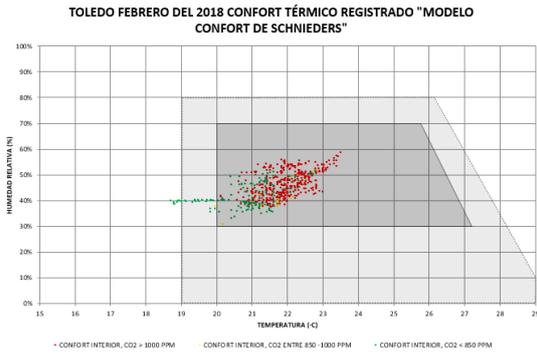
octubre

noviembre



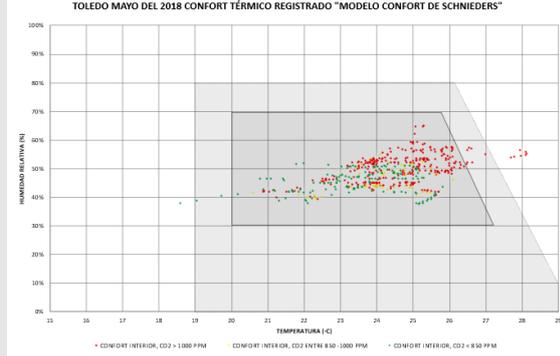
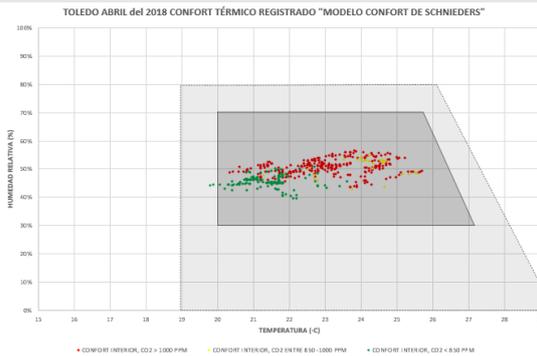
diciembre

enero



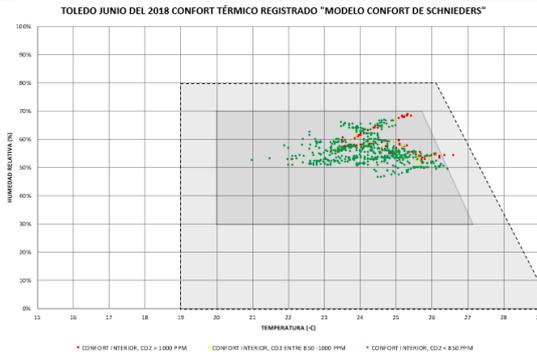
febrero

marzo



abril

mayo



junio

Tabla 2

## Calidad del aire

En cuanto a la calidad del aire, se observa que los puntos que registran concentraciones superiores a <sup>81</sup>1.000ppm (en rojo) se reparten por todo el espectro de mediciones registradas si bien se agrupan en su mayoría en la parte derecha y superior del conjunto de mediciones de cada mes. Los puntos registrados con concentraciones inferiores a 1.000ppm (en verde y amarillo) se encuentran también en todo el espectro de temperaturas registradas, aunque agrupadas en las temperaturas más bajas de sus respectivos meses como se veía en apartados anteriores.

<sup>81</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de Co2 en el aire. Concentraciones de Co2 en el aire >1000ppm no son recomendables.

Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **39,62%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO2 inferiores a 1000ppm**.

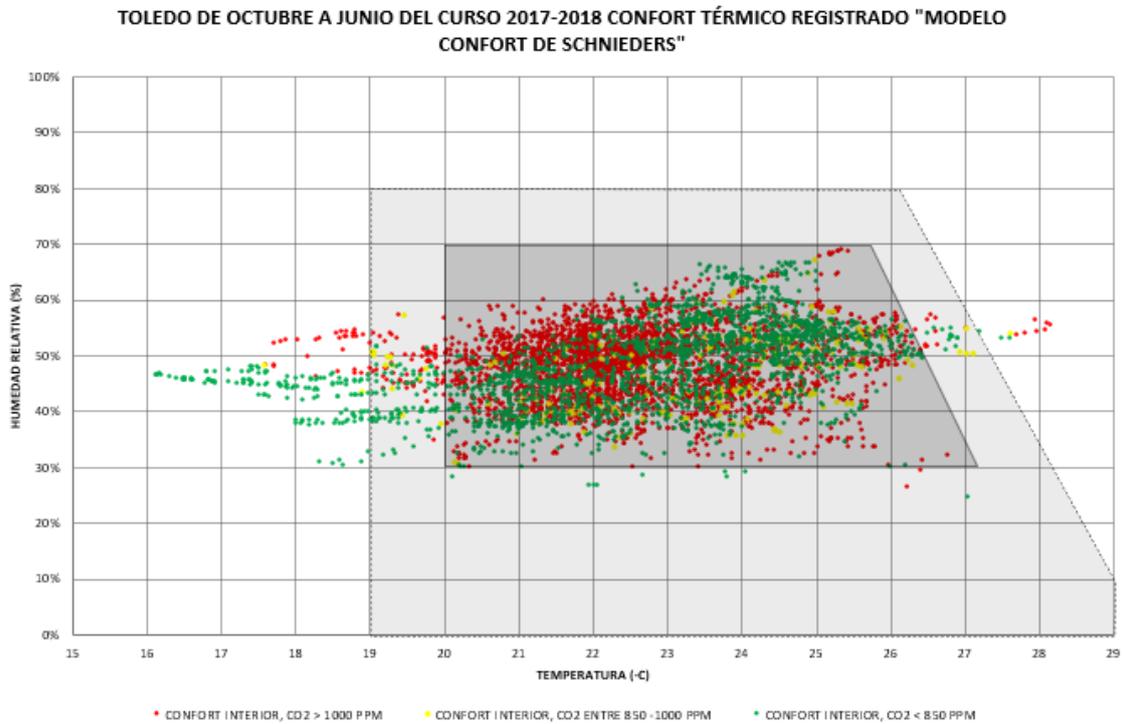


Tabla 3

La tabla 4 muestra el comportamiento representativo de la temperatura interior y de la concentración de CO2 en el aula monitorizada.

En cuanto a la temperatura, se observa como esta se mantiene generalmente en rango adecuado, saliendo del mismo en los periodos de no ocupación del aula.

En cuanto a la concentración de CO2, esta aumenta rápidamente al comienzo de las clases y desciende puntualmente coincidiendo con el descanso de medio día. La concentración de CO2 supera con facilidad los 1.000ppm, manteniéndose por encima toda la jornada escolar, descendiendo de ese nivel sólo en algunos casos durante el descanso de medio día. Se alcanzan regularmente picos superiores a 2.000ppm.

**TOLEDO SEMANA DEL 9 AL 13 DE ABRIL DEL 2018 CO2, TEMPERATURA AMBIENTE Y TEMPERATURA EXTERIOR**

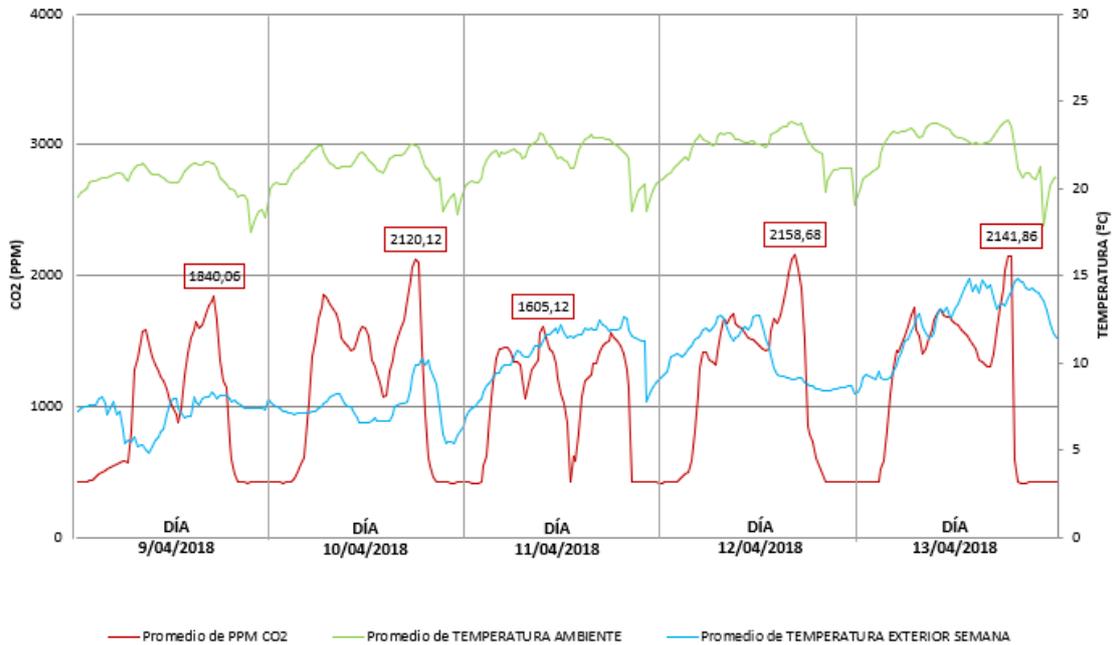


Tabla 4

**Confort real**

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO2 resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Toledo el **35,65%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO2 se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

**CONCLUSIONES**

**En el colegio monitorizado de Toledo tan solo el 35,65% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 1 h y 47min de las 5h diarias de clase.**

El hecho de que la fecha de construcción del colegio sea posterior a la entrada en vigor de la normativa CTE 2006, hace prever que cuente con ciertos niveles de aislamiento, lo que sumado a los sistemas activos de climatización hace que el rango térmico se mantenga adecuado una parte alta del tiempo. Sin embargo, no sucede lo mismo con las concentraciones de CO2, que responden al uso del aula, lo que hace pensar que la ventilación no es adecuada.

### 15.33. Valencia:

En Valencia, el colegio que se ha monitorizado se encuentra ubicado en el centro de la ciudad, enmarcado dentro una climatología Mediterránea costa. El colegio monitorizado se construyó con anterioridad a la entrada en vigor de la Norma Básica de la Edificación CT-79, por lo que no tiene requisitos mínimos de aislamiento térmico. Como sistemas de climatización, dispone aire acondicionado y calefacción. Del total de puntos de lectura tomados se han seleccionado aquellos comprendidos dentro del horario lectivo de los alumnos, que ascienden a 2.782, y una muestra total de 13.910 parámetros, entre los meses de octubre de 2017 a junio de 2018.

#### Confort higrotérmico

En cuanto a confort higrotérmico en el aula, centrándonos en la temperatura se registran lecturas desde los 16°C hasta los 29°C, encontrando el grueso de puntos situados entre los 22°C y los 26°C. En lo referido a humedad relativa la gran mayoría de los registros se mantienen en el rango 20%-60%, ascendiendo por encima de 60% y sin llegar al 70% en una pequeña parte de las mediciones<sup>82</sup>.

Del total de puntos considerados, el **86,65 %** de ellos se encuentran dentro de la zona de confort higrotérmico. Los registros fuera de esta área lo hacen tanto por la parte derecha de la misma, es decir, hacia temperaturas superiores a los 27°C, como por la parte izquierda, hacia temperaturas inferiores a los 20°C.

**VALENCIA OCTUBRE A JUNIO DEL CURSO 2017- 2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS".**

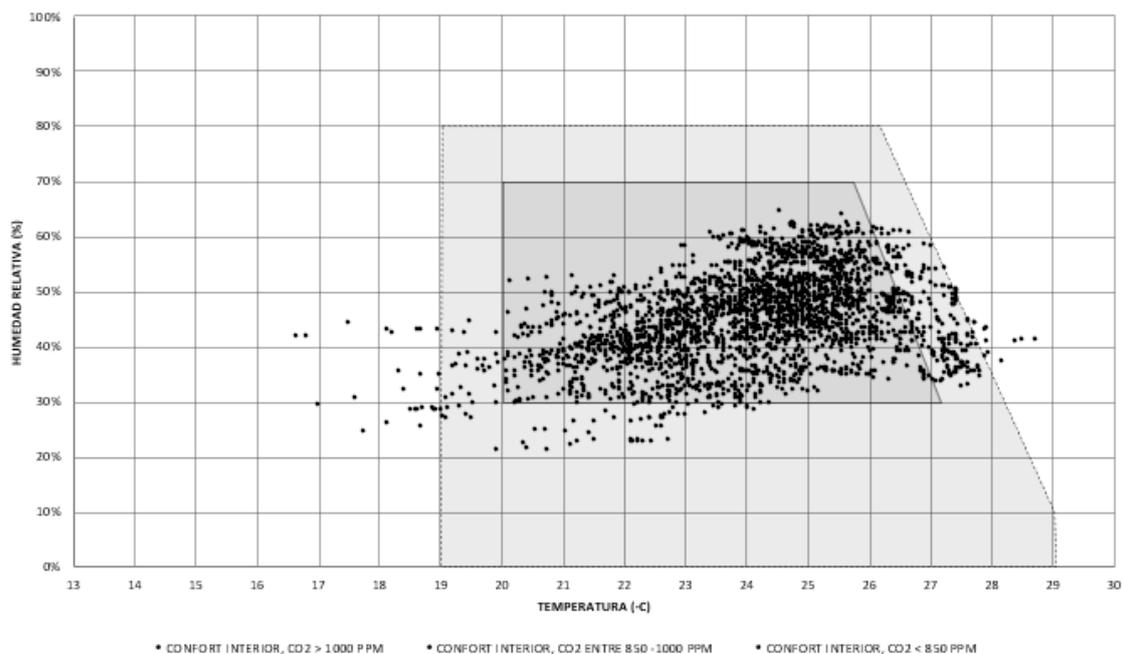
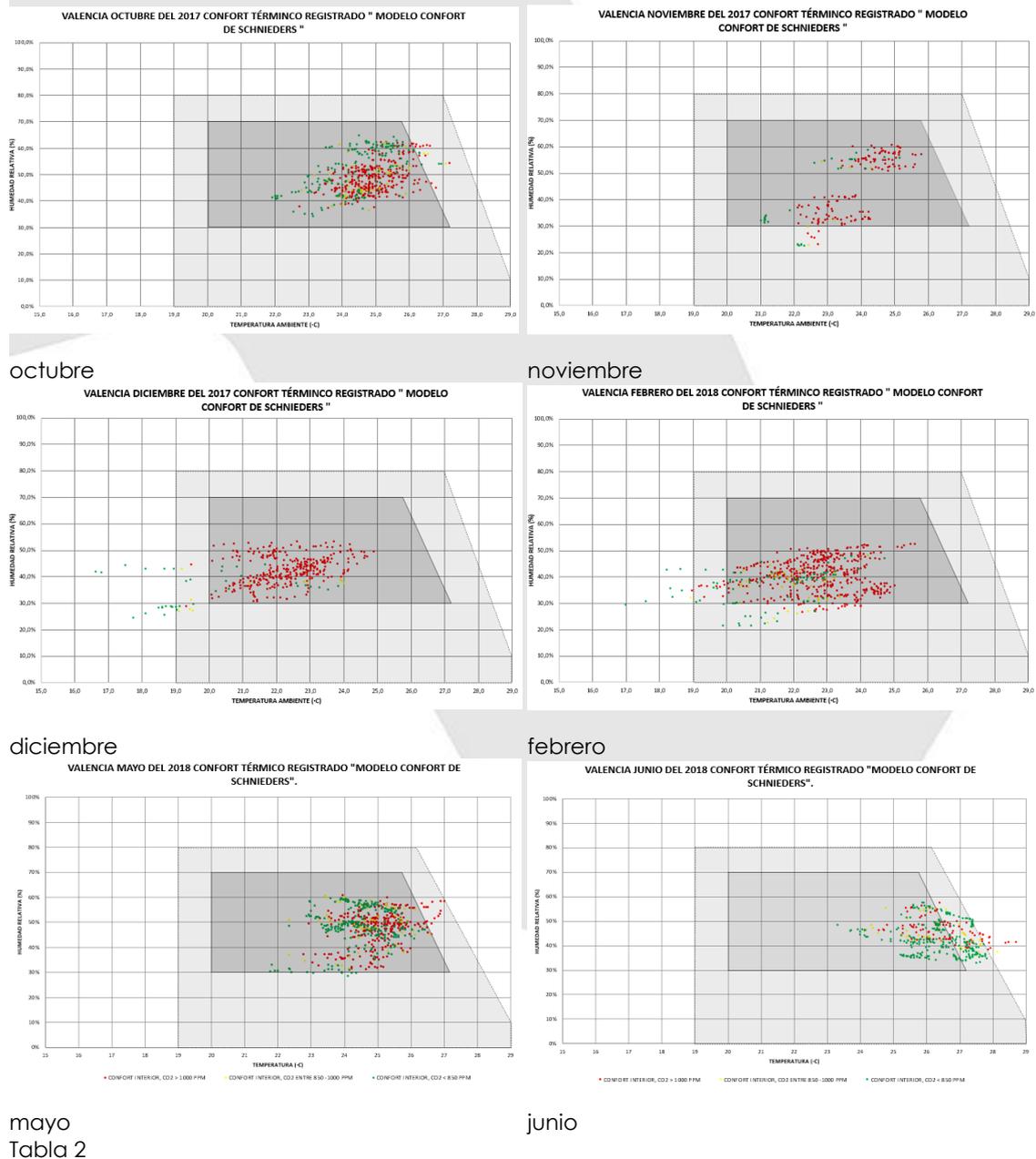


Tabla 1

<sup>82</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde octubre a junio cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

Desglosando estos datos por meses se puede observar que existe un desplazamiento hacia temperaturas más calurosas fuera del rango de confort en el aula coincidiendo con los meses de mayor severidad climática de verano, entre mayo y octubre. Pero la mayoría de los registros efectuados en horario lectivo se encuentran dentro del rango de confort higrotérmico extendido.



mayo  
Tabla 2

junio

## Calidad del aire <sup>83</sup>

La calidad del aire referida a la concentración de CO<sub>2</sub> interior, se observa que los puntos que registran concentraciones superiores a 1.000ppm (en rojo) se concentran en mayor proporción en la zona de menores temperaturas y humedades de las registradas, mientras que la mayoría de los puntos con concentraciones inferiores a 1.000ppm (en amarillo y verde) se agrupan en zonas de mayores temperaturas y humedades relativas interiores. Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **39,58%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO<sub>2</sub> inferiores a 1000ppm**.

**VALENCIA OCTUBRE A JUNIO DEL CURSO 2017- 2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO**  
**"MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS".**

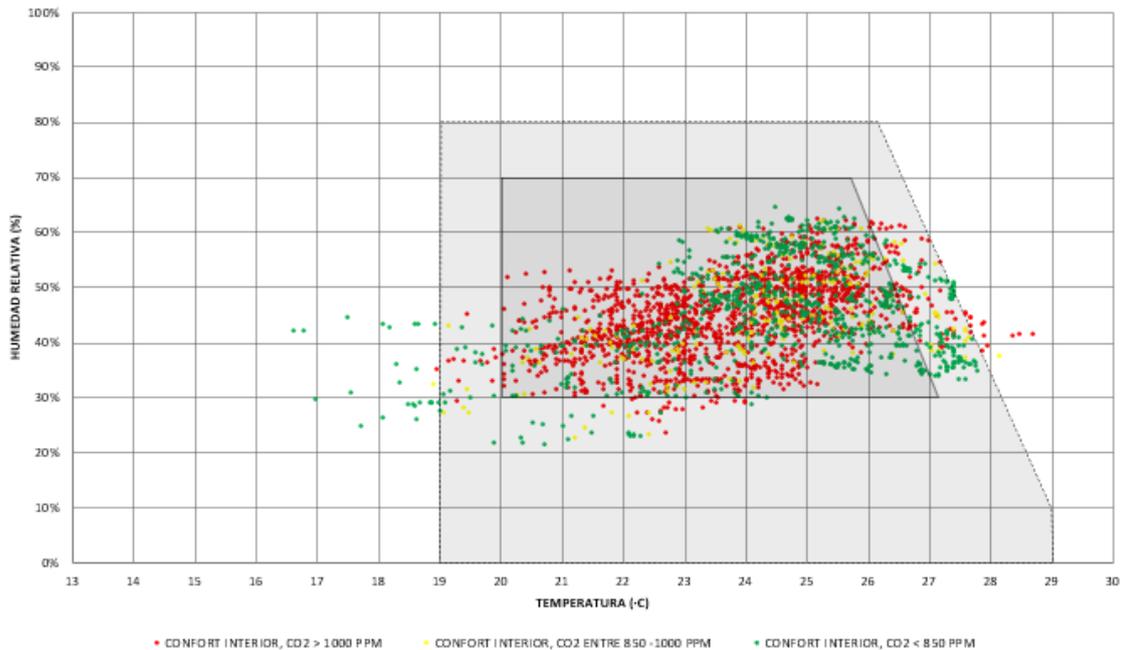


Tabla 3

## Confort real

Cruzando ambos parámetros, registro higrométrico y concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Valencia, el **28,56 %** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

<sup>83</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de CO<sub>2</sub> en el aire. Concentraciones de Co<sub>2</sub> en el aire >1000ppm no son recomendables.

### Patrones observados:

La tabla 4 representa los datos obtenidos en cuanto a temperaturas interiores y concentración de CO<sub>2</sub> en partes por millón durante una semana representativa en los meses más cálidos.

Se observa la temperatura se mantiene algo por encima de los 25°C. Por su parte, debido probablemente a la posibilidad de ventilación natural, la concentración de CO<sub>2</sub> se mantiene en rangos aceptables aumentando de forma puntual con picos diarios entre 800ppm y 1.700ppm, y disminuyendo en los momentos de no ocupación o cuando se abren las ventanas.

Por último, cabe señalar que los momentos en que la temperatura alcanza su máximo cercano entre 25 y 30°C, coinciden en el tiempo con los momentos que marcan los picos con concentraciones de CO<sub>2</sub>.

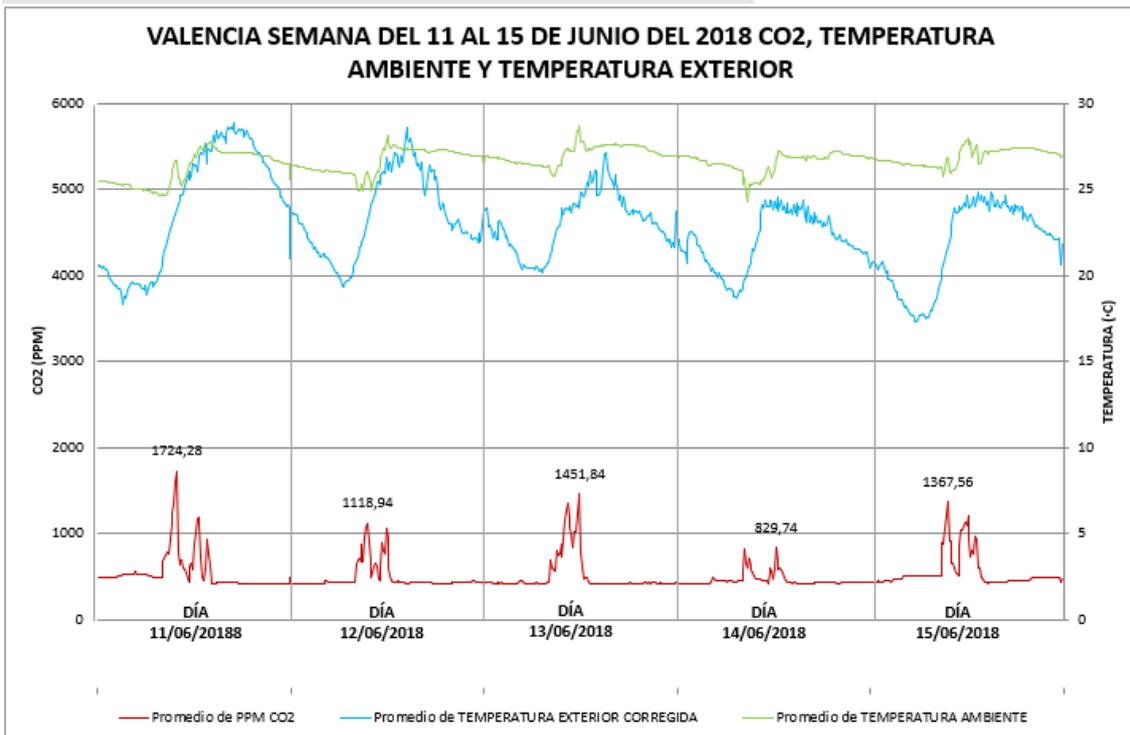


Tabla 4 Registro de concentración de CO<sub>2</sub> en el mes de junio de 2018

Las variaciones de temperatura exterior se reflejan de manera relativamente rápida en las condiciones de temperatura interior (y de temperatura superficial interior), es decir, que el edificio no mantiene las condiciones de temperatura interiores, debido probablemente al inexistente aislamiento térmico. A continuación, se incluye la tabla 5 donde se observa este patrón.

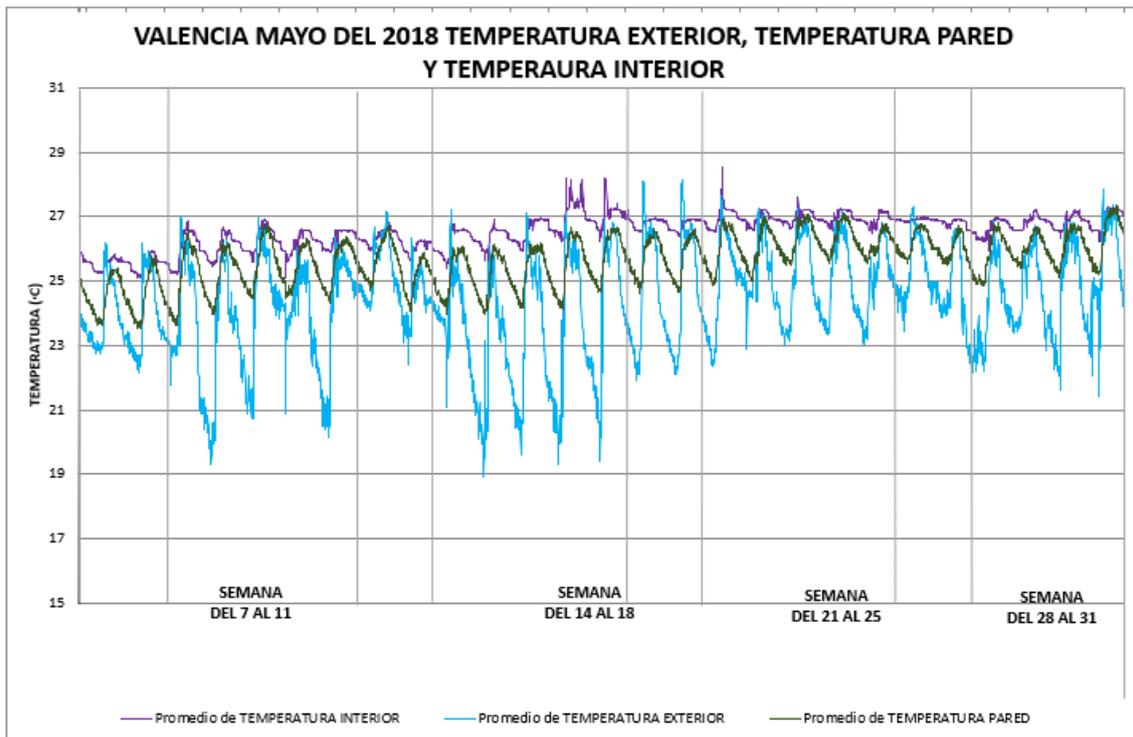


Tabla 5 Registro de temperaturas exteriores e interiores en el mes de mayo de 2018.

## CONCLUSIONES <sup>84</sup>

**En Valencia, el colegio monitorizado arroja que tan solo el 28,56 % del tiempo que los niños y profesores ocupan el aula están en condiciones de confort real, es decir, manteniendo los tres parámetros medidos, temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 1h y 25 minutos sobre 5 horas diarias de clases.**

El hecho de que la fecha de construcción del colegio sea anterior la entrada en vigor de la Norma Básica de Edificación CT-79 hace pensar que los criterios de aislamiento térmico no existan o sean muy bajos. Las temperaturas interiores oscilan rápidamente con los cambios de temperatura exteriores.

Las temperaturas se mantienen un 86,65 % del tiempo en rango de confort, lo que es un porcentaje muy por encima de la media del clima. La existencia de un sistema de calefacción y de aire acondicionado en el centro es un factor que contribuye a esto. Por su parte, las condiciones de calidad de aire interior se mantienen en rango el 39,58% del tiempo y en confort real el 28,56 % del tiempo lectivo. Este valor está por encima de la media de los colegios de la misma climatología mediterráneo costa, donde los inviernos son suaves y los veranos cálidos.

<sup>84</sup> Colegios en climas templados con inviernos suaves y veranos calurosos se observa una peor calidad de aire durante los meses más fríos en cuanto a concentración interior de CO<sub>2</sub>, mejorando este porcentaje en meses menos severos, cuando una mayor ventilación natural es posible.

### 15.34. Vigo:

En Vigo, el colegio que se ha monitorizado se encuentra enmarcado dentro una climatología Atlántica costa. El colegio monitorizado se construyó con anterioridad a la entrada en vigor de la Norma Básica de la Edificación CT-79, por lo que no tiene requisitos mínimos de aislamiento térmico. Como sistemas de climatización, dispone únicamente de calefacción. Del total de puntos de lectura tomados se han seleccionado aquellos comprendidos dentro del horario lectivo de los alumnos, que ascienden a 3.721, y una muestra total de 18.605 parámetros, entre los meses de septiembre de 2017 a febrero de 2018.

#### Confort higrotérmico

En cuanto a confort higrotérmico en el aula, centrándonos en la temperatura se registran lecturas desde los 17°C hasta los 29°C, encontrando el grueso de puntos situados entre los 21°C y los 25°C. En lo referido a humedad relativa la gran mayoría de los registros se mantienen en el rango 30%-80%, ascendiendo por encima de 80% y sin llegar al 90% en una pequeña parte de las mediciones<sup>85</sup>.

Del total de puntos considerados, el **79,89%** de ellos se encuentran dentro de la zona de confort higrotérmico. Los registros fuera de esta área lo hacen tanto por la parte izquierda de la misma, es decir, hacia temperaturas inferiores a los 20°C, como por la parte derecha, hacia temperaturas superiores a los 26°C.

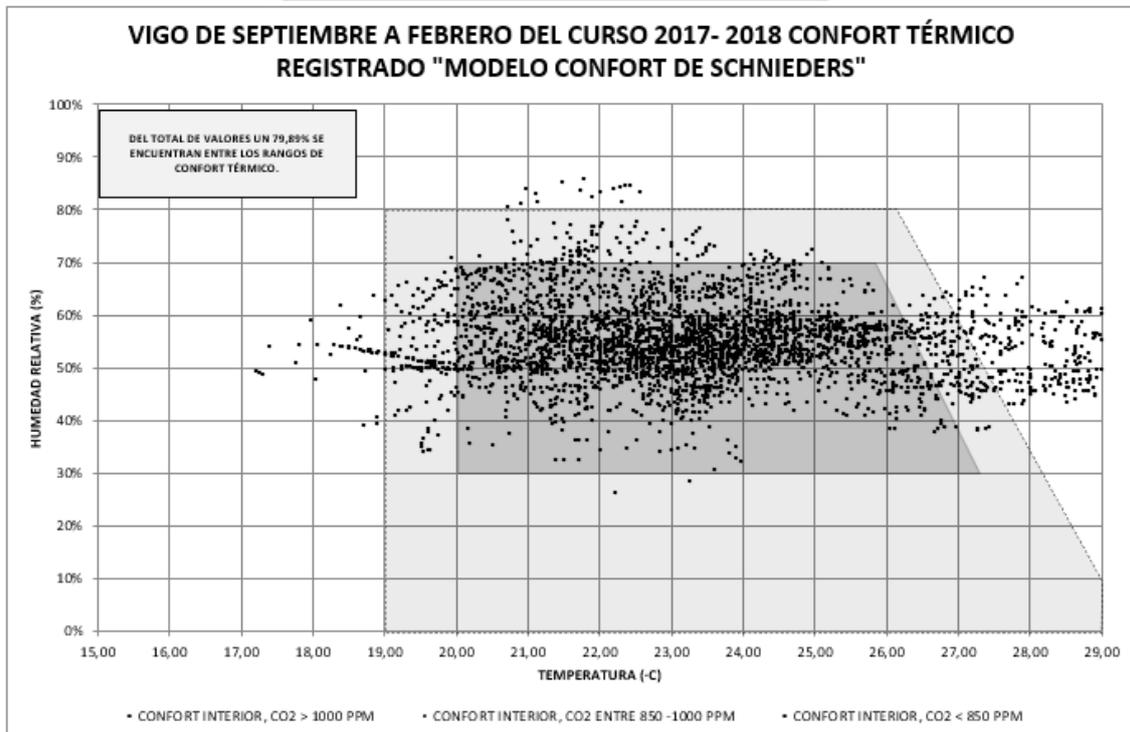


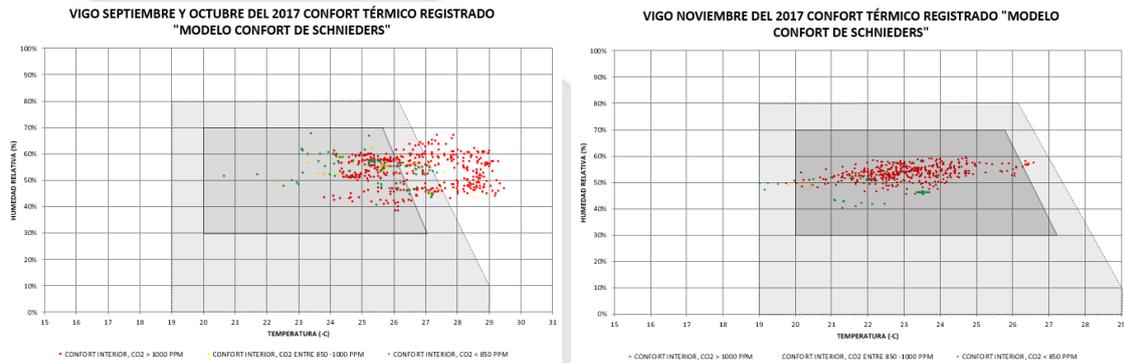
Tabla 1

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a febrero cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en

<sup>85</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

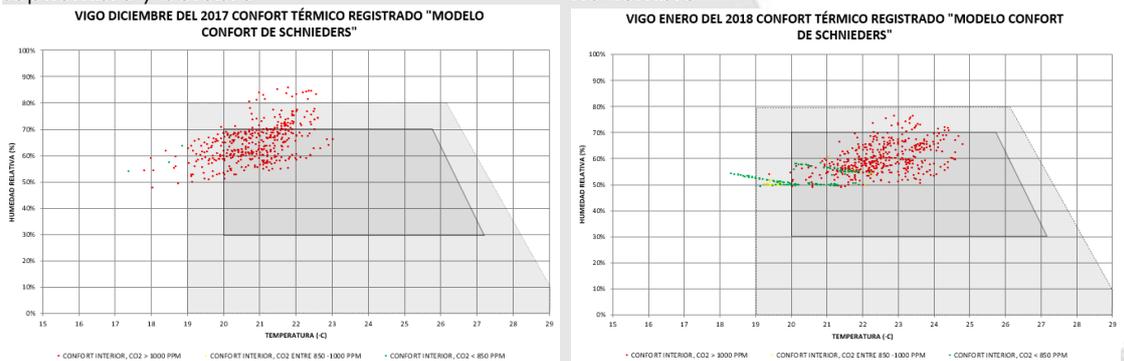
color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

Desglosando estos datos por meses se puede observar que existe un desplazamiento hacia temperaturas más frías fuera del rango de confort en el aula coincidiendo con los meses de mayor severidad climática de invierno, y temperaturas más altas fuera del rango de confort en los meses de septiembre y octubre.



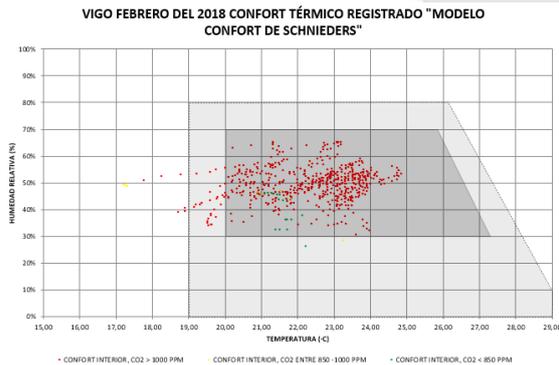
septiembre y octubre

noviembre



diciembre

enero



febrero  
Tabla 2

## Calidad del aire

La calidad del aire referida a la concentración de CO<sub>2</sub> interior, se observa que los puntos que registran concentraciones superiores a <sup>86</sup>1.000ppm (en rojo) se concentran en mayor proporción en la zona de mayores temperaturas y humedades de las registradas, mientras que la mayoría de los puntos con concentraciones inferiores a 1.000ppm (en amarillo y verde) se agrupan en zonas de menores temperaturas interiores. Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **10,72%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO<sub>2</sub> inferiores a 1.000ppm**.

**VIGO DE SEPTIEMBRE A FEBRERO DEL CURSO 2017- 2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"**

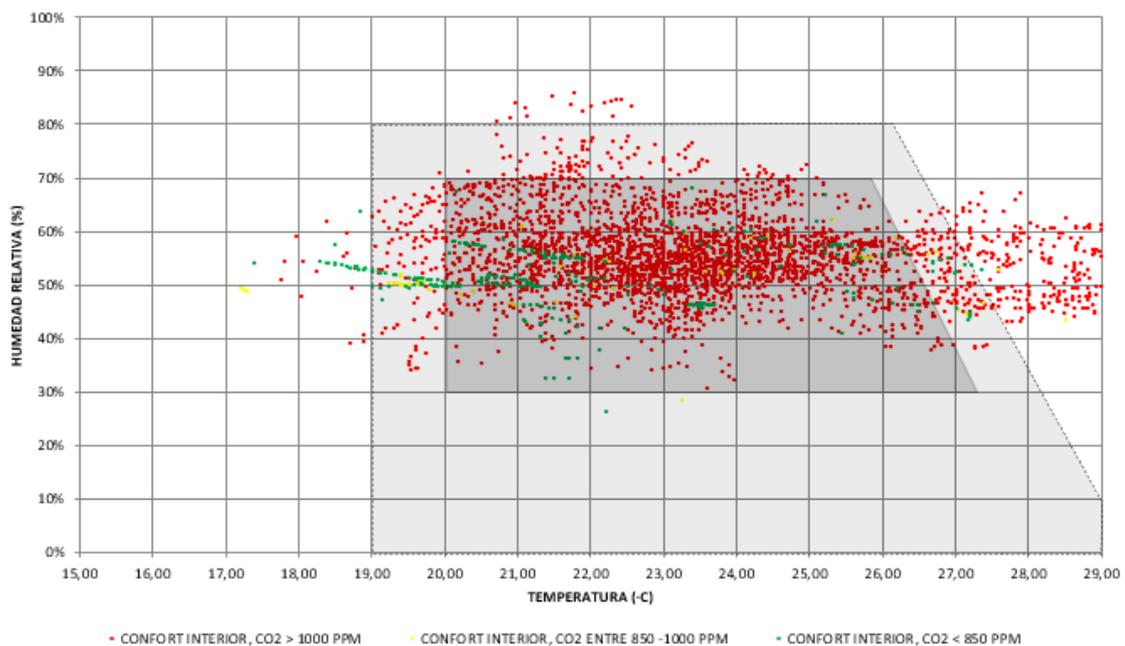


Tabla 3

## Confort real

Cruzando ambos parámetros, registro higrométrico y concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Vigo, el **7,44%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

<sup>86</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de CO<sub>2</sub> en el aire. Concentraciones de Co<sub>2</sub> en el aire >1000ppm no son recomendables.

### Patrones observados:

La tabla 4 representa los datos obtenidos en cuanto a temperaturas interiores y concentración de CO<sub>2</sub> en partes por millón durante una semana representativa en los meses más fríos.

Se observa como la temperatura cae por debajo de los 20°C en los periodos sin uso del aula y se mantiene generalmente en rango durante la jornada, gracias al aporte del sistema de calefacción. Por su parte, la concentración de CO<sub>2</sub> aumenta rápidamente al comienzo de la jornada, se mantiene durante toda la jornada por encima de 2.000ppm, disminuyendo gradualmente en los momentos de no ocupación, y alcanza picos diarios entre 2.700ppm y 4.000ppm.

Por último, cabe señalar que los momentos en que la temperatura alcanza su máximo por encima de los 20°C, coinciden en el tiempo con los momentos que marcan los picos con concentraciones de CO<sub>2</sub> por encima de 2.700ppm.

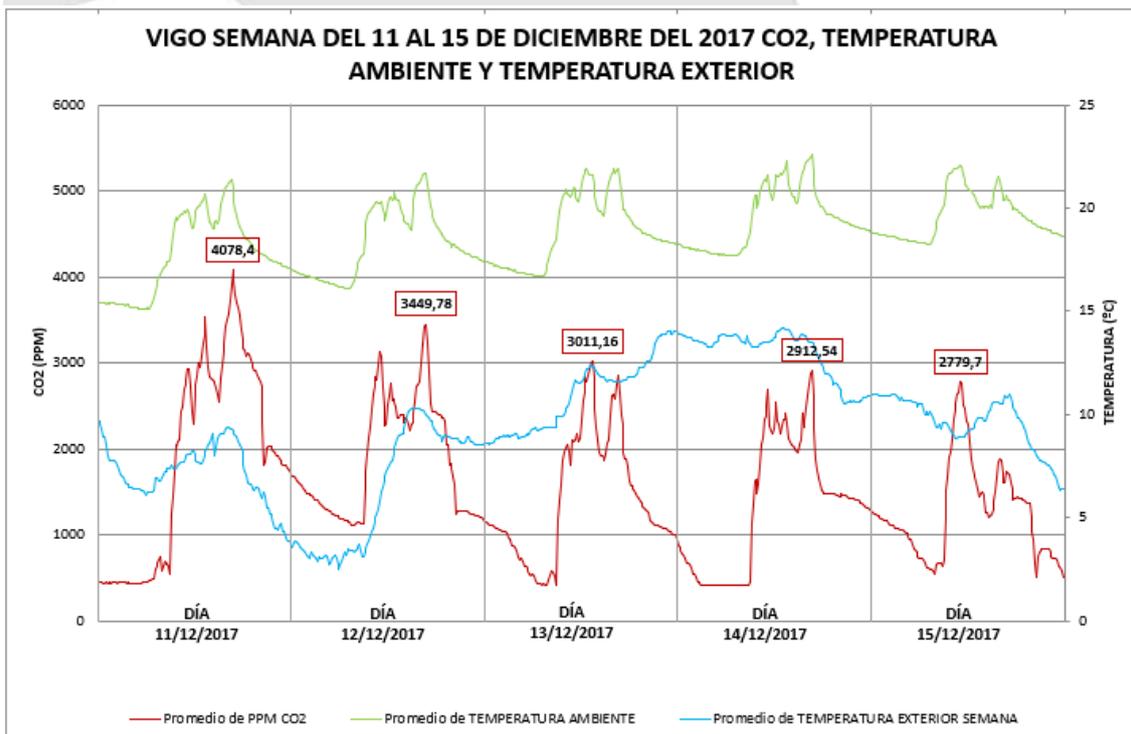


Tabla 4 Registro de concentración de CO<sub>2</sub> en el mes de diciembre de 2017

Las variaciones de temperatura exterior se reflejan de manera relativamente rápida en las condiciones de temperatura interior (y de temperatura superficial interior), es decir, que el edificio no mantiene las condiciones de temperatura interiores sin el aporte continuo de calefacción en época de frío, debido

probablemente al inexistente aislamiento térmico. A continuación, se incluye la tabla 5 donde se observa este patrón.

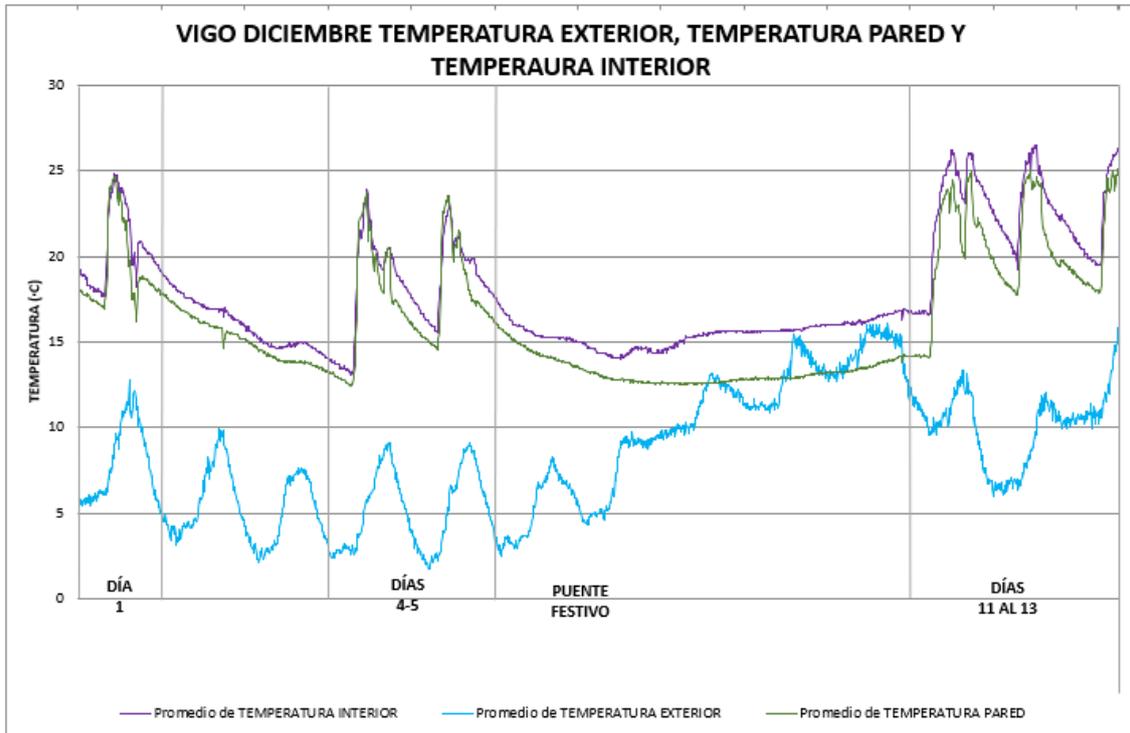


Tabla 5 Registro de temperaturas exteriores e interiores en el mes de diciembre de 2017.

## CONCLUSIONES

**En Vigo, el colegio monitorizado arroja que tan solo el 7,44% del tiempo que los niños y profesores ocupan el aula están en condiciones de confort real, es decir, manteniendo los tres parámetros medidos, temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 22 minutos sobre 5 horas diarias de clases.**

El hecho de que la fecha de construcción del colegio sea anterior la entrada en vigor de la Norma Básica de Edificación CT-79 hace pensar que los criterios de aislamiento térmico no existan o sean muy bajos. Las temperaturas interiores oscilan rápidamente con los cambios de temperatura exteriores.

Las temperaturas se mantienen un 79,89% del tiempo en rango de confort, lo que es un porcentaje alto. La existencia de un sistema de calefacción en el centro es un factor que contribuye a esto. Por su parte, las condiciones de calidad de aire interior se mantienen en rango el 10,72% del tiempo y en confort real el 7,44% del tiempo lectivo. Estos valores están por debajo de las medias que arrojan los colegios de la misma climatología, atlántica costa, donde los inviernos no más suaves.

### 15.35. Zamora:

En Zamora, el colegio que se ha monitorizado se encuentra ubicado muy próximo al casco histórico de la ciudad, enmarcado dentro una climatología Atlántica continental. Se trata de un edificio construido en el año 1900 según catastro, por lo que no se acoge a ninguna normativa de condiciones térmicas en los edificios. Dispone de calefacción como único sistema de climatización. Del total de puntos de lectura tomados se han seleccionado aquellos comprendidos dentro del horario lectivo de los alumnos, que ascienden a 2.148, y una muestra total de 10.740 parámetros, entre los meses de noviembre de 2017 a febrero de 2018.

#### Confort higrotérmico

En cuanto a confort higrotérmico en el aula, centrándonos en la temperatura se registran lecturas desde los 15°C hasta los 27°C, encontrando el grueso de puntos situados entre los 19°C y los 25°C. En lo referido a humedad relativa la gran mayoría de los registros se mantienen en el rango 20%-50%, encontrando el grueso de mediciones en la franja del 30%-40%<sup>87</sup>.

Del total de puntos considerados, el **70,08%** de ellos se encuentran dentro de la zona de confort higrotérmico. Los registros fuera de esta área lo hacen por la parte izquierda de la misma, es decir, hacia temperaturas inferiores a los 20°C.

**ZAMORA NOVIEMBRE A FEBRERO DEL CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO  
REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"**

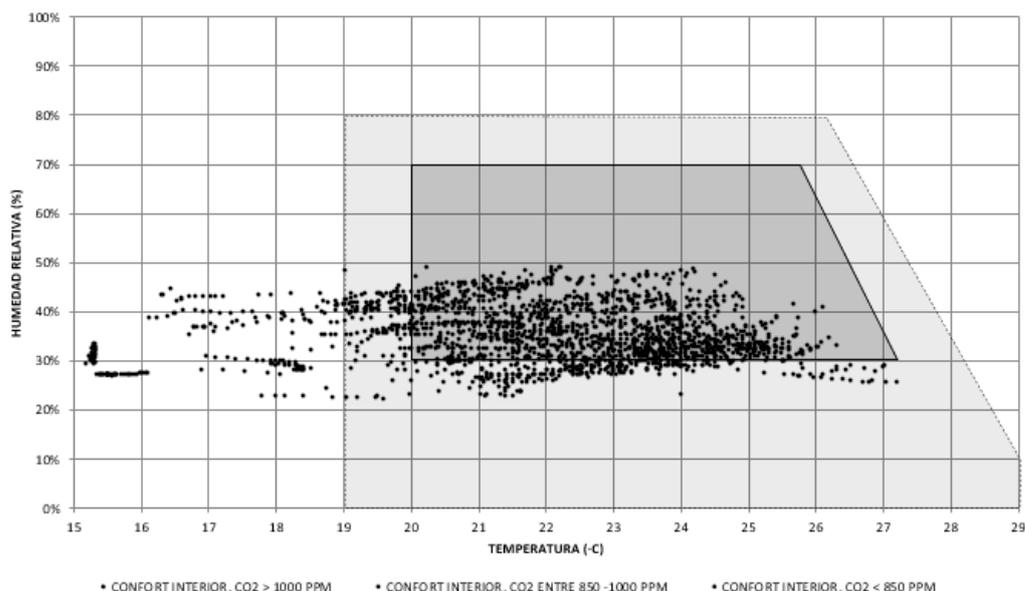
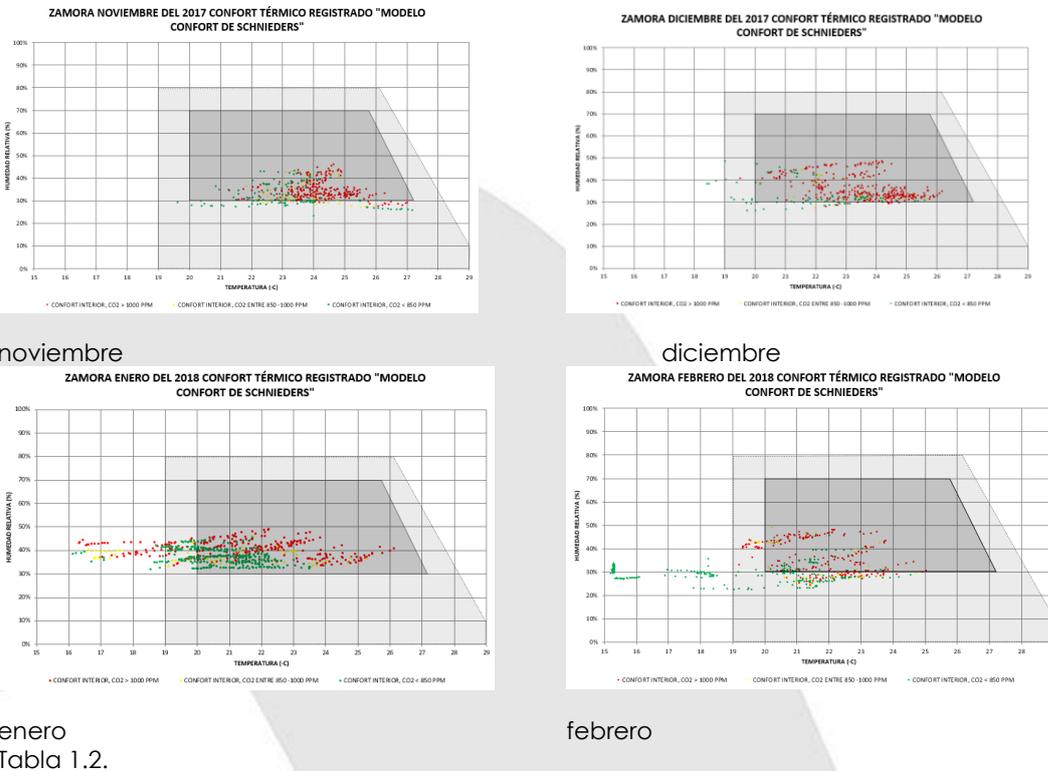


Tabla 1

La tabla 1.1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a febrero cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

<sup>87</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

Desglosando estos datos por meses se puede observar que existe un desplazamiento hacia temperaturas más frías, coincidiendo con los meses de mayor severidad climática de invierno, en los meses de enero y febrero.



enero  
Tabla 1.2.

febrero

## Calidad del aire

En cuanto a la calidad del aire referida a la concentración de CO<sub>2</sub> interior, se observa que los puntos que registran concentraciones superiores a <sup>88</sup>1.000ppm (en rojo) se concentran en mayor proporción en la zona de mayores temperaturas y humedades de las registradas, mientras que la mayoría de los puntos con concentraciones inferiores a 1.000ppm (en amarillo y verde) se agrupan en zonas de menores temperaturas y humedades relativas interiores. Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **47,49%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO<sub>2</sub> inferiores a 1.000ppm**.

<sup>88</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de Co<sub>2</sub> en el aire. Concentraciones de Co<sub>2</sub> en el aire >1000ppm no son recomendables.

**ZAMORA NOVIEMBRE A FEBRERO DEL CURSO 2017-2018 CONFORT TÉRMICO**  
**REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"**

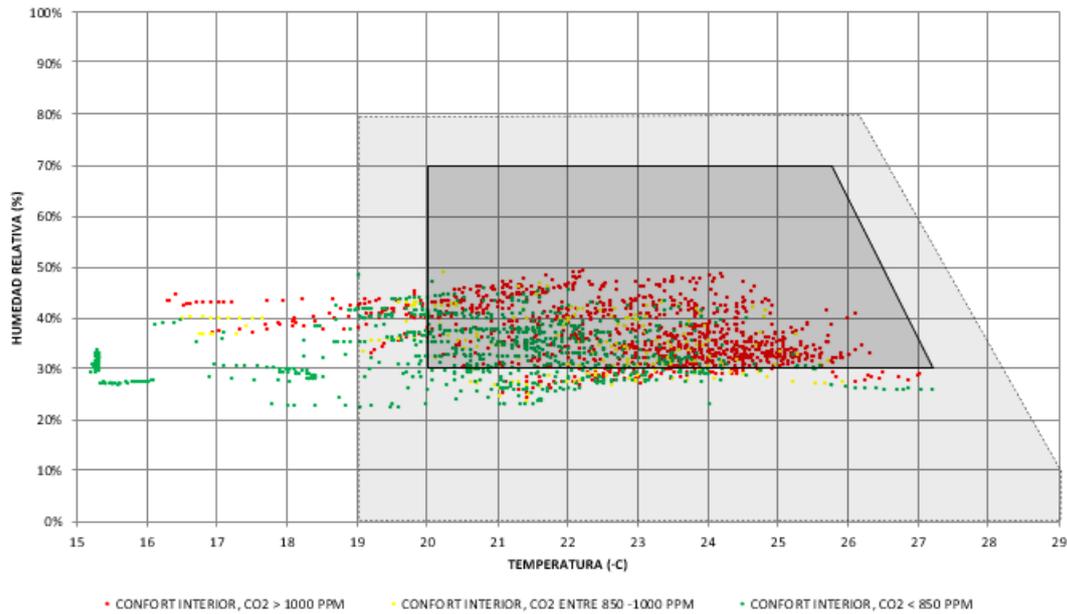


Tabla 3

**Confort real**

Cruzando ambos parámetros, registro higrométrico y concentración de CO2 resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Zamora, el **26,10%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO2 se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

**Patrones observados:**

Se observa que generalmente al aumentar las temperaturas también aumenta ligeramente la humedad relativa y la concentración de CO2, esto es común en climatologías con inviernos fríos en los que se utiliza el sistema de calefacción y se mantiene el aula cerrada y poco ventilada en épocas de frío en el exterior. En la tabla 4 se puede observar este patrón.

**ZAMORA ENERO DEL 2018 CONFORT TÉRMICO REGISTRADO "MODELO CONFORT DE SCHNIEDERS"**

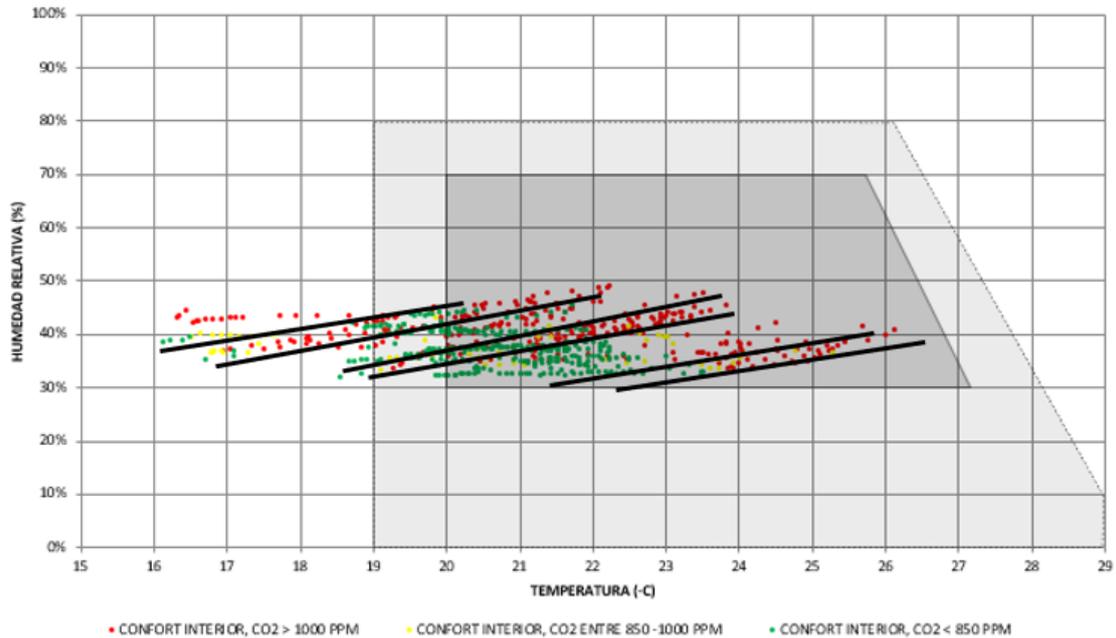


Tabla 4

Las variaciones de temperatura exterior se reflejan de manera relativamente rápida en las condiciones de temperatura interior (y de temperatura superficial interior), es decir, que el edificio no mantiene las condiciones de temperatura interiores sin el aporte continuo de calefacción en época de frío. A continuación, se incluye la tabla 5 donde se observa este patrón.

**ZAMORA SEMANA DEL 11 AL 15 DE DICIEMBRE DEL 2017 TEMPERATURA EXTERIOR, TEMPERATURA PARED Y TEMPERAURA INTERIOR**

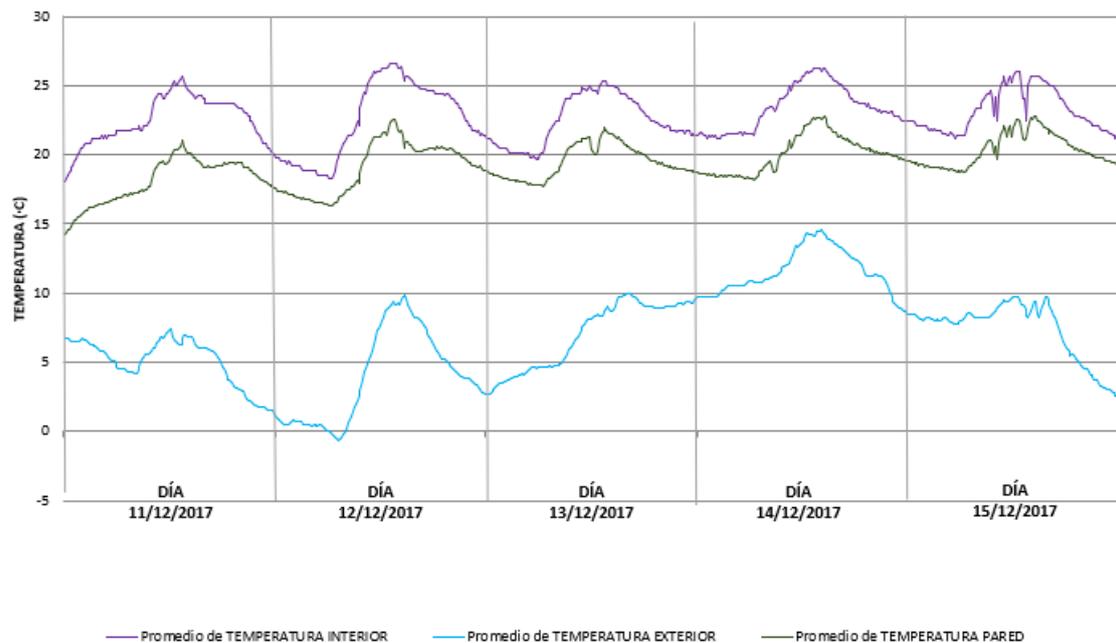


Tabla 5. Registro de temperaturas exteriores e interiores en el mes de enero de 2018.

El comportamiento de la concentración de CO<sub>2</sub> sigue un patrón de aumento en el momento que comienzan las clases en el aula, alcanzando sus máximos diarios hacia el final de la jornada lectiva y disminuyendo gradualmente en los momentos de no ocupación del aula hasta niveles bajos en espera de la siguiente jornada de ocupación del aula. Se alcanzan picos comprendidos entre 1.900ppm y 2.500ppm de manera común en los meses más fríos. Se observan también descensos puntuales de esta concentración coincidentes con cambios de clase y/o ventilaciones puntuales del aula. A continuación, se incluye la tabla 6 donde se observa este patrón.

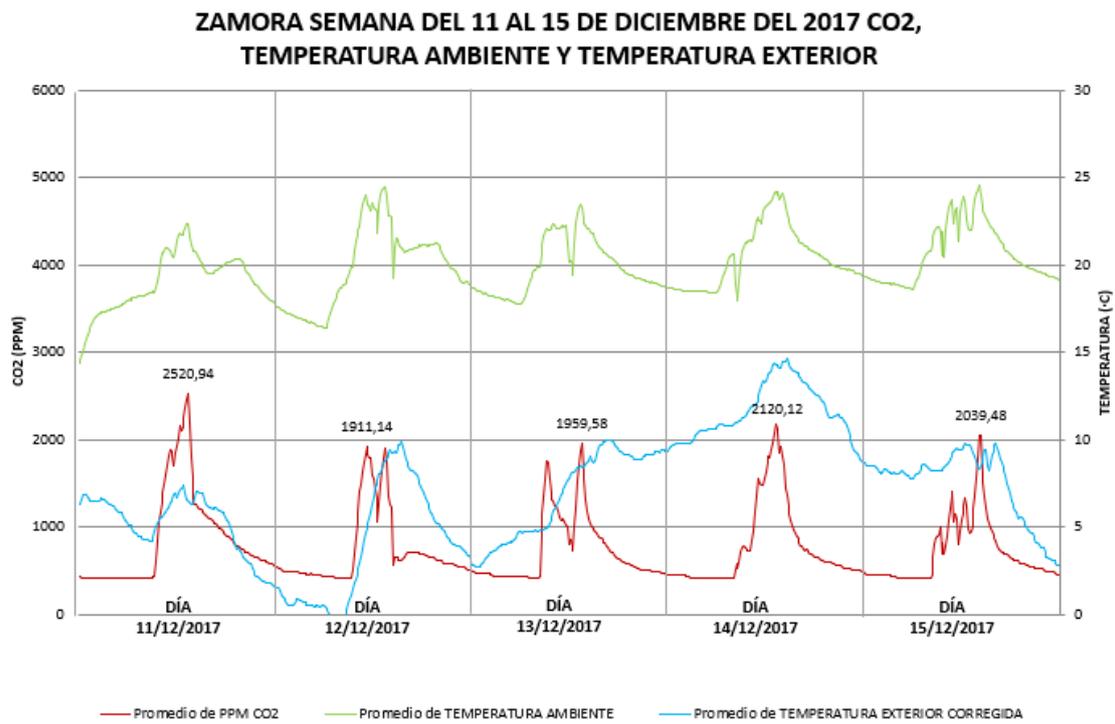


Tabla 6 Registro de concentración de CO<sub>2</sub> en el mes de diciembre de 2017

## CONCLUSIONES <sup>89</sup>

**En Zamora, el colegio monitorizado arroja que tan solo el 26,10% del tiempo que los niños y profesores ocupan el aula están en condiciones de confort real, es decir, manteniendo los tres parámetros medidos, temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 78 minutos sobre 5 horas diarias de clases.**

Las temperaturas se mantienen un 70,08% del tiempo en rango de confort, lo que es un porcentaje relativamente alto, probablemente gracias al sistema de calefacción del centro, si bien no se garantiza el rango de temperatura adecuado pese a contar con aporte activo. Por su parte, las condiciones de calidad de aire interior se mantienen en rango el 47,49% del tiempo, menos de la mitad del tiempo, pese a tratarse de un aula con gran volumen de aire por contar con techos altos (por encima de 4 metros). Por último, el aula se mantiene en confort real el 26,10% del tiempo lectivo. Estos valores son similares a las medias que arrojan los colegios de la misma climatología, atlántica continental, donde los inviernos son fríos.

---

<sup>89</sup> Colegios en climas con inviernos fríos que disponen de sistema de calefacción alcanzan valores relativamente altos de tiempo en condiciones de confort higrotérmico. Sin embargo, arrojan un valor bajo de tiempo en condiciones de confort en cuanto a calidad del aire, debido a la poca ventilación natural efectuada en general y en los meses más fríos en concreto.

### 15.36. Zaragoza:

Zaragoza se caracteriza por un clima extremo, con inviernos fríos y veranos calurosos, enmarcado dentro de la climatología mediterránea continental.

Este colegio fue construido antes de que entrase en vigor la Norma Básica de Edificación CT-79. Cuenta con calefacción y aire acondicionado como instalaciones de climatización.

Del total de puntos de lectura (muestras) se han seleccionado tan solo aquellos que coinciden con el horario de clases de los alumnos, en total 5.473 (puntos de lectura) que recogen 27.365 parámetros, entre los meses de noviembre de 2017 a mayo de 2018.

#### Confort higrotérmico

Atendiendo a la gráfica de confort higrotérmico (tabla 1) se aprecian temperaturas registradas fuera de rango por frío, desde los 15°C hasta los 20°C mientras que la humedad relativa oscila entre el 20 y el 60%<sup>90</sup>.

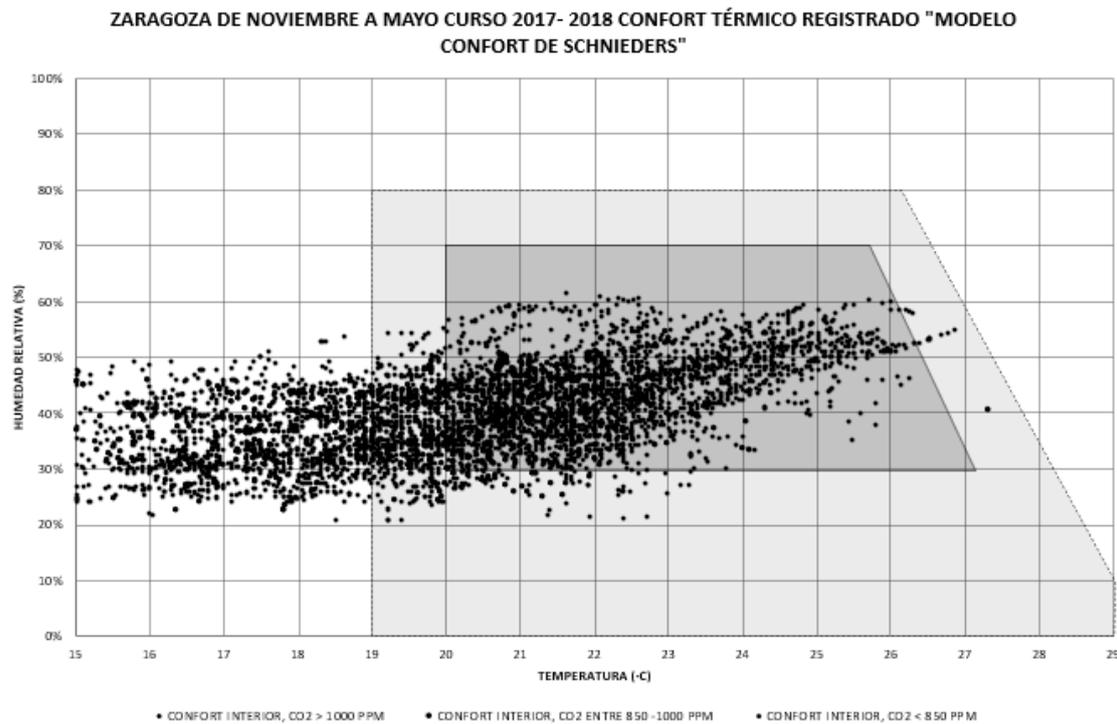


Tabla 1

La tabla 1 refleja cada uno de los puntos de temperatura ambiente interior y humedad relativa registrados desde septiembre a junio cuando los niños permanecen en el aula. El trapecio en color gris oscuro corresponde a la zona de confort higrotérmico óptimo mientras que el trapecio exterior gris más claro corresponde al rango de confort extendido.

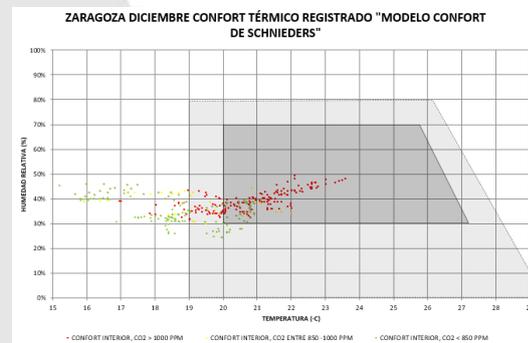
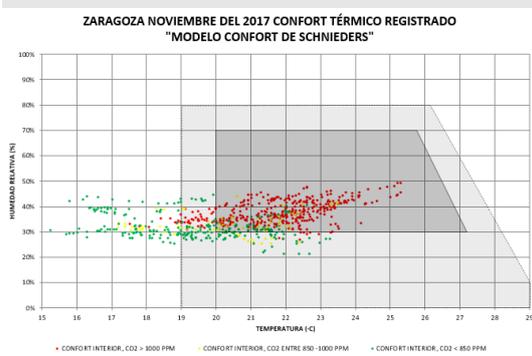
<sup>90</sup> La temperatura de confort se encuentra entre los 20°C y los 26°C o 27°C en función de la cantidad de humedad relativa. La humedad relativa óptima se encuentra en el rango 40-60% de manera simplificada.

Del total de puntos considerados correspondiente al tiempo que los niños pasan en el aula, el **51,67%** se encuentran dentro de la zona de **confort higrotérmico**.

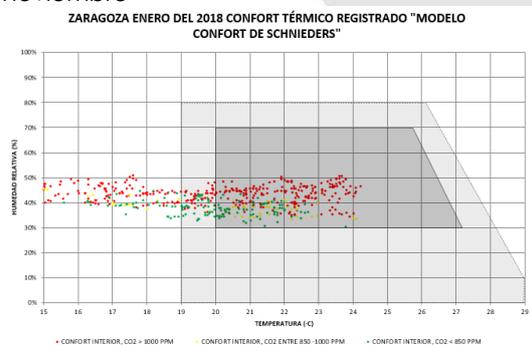
Los registros que se salen de esta área lo hacen en todos los casos por el lado izquierdo, hacia las temperaturas por debajo de los 20°C.

Desglosando estos datos por meses se observa como las temperaturas se desplazan hacia la parte izquierda, la de registros más bajos, conforme descenden las temperaturas exteriores y volviendo a desplazarse hacia temperaturas más altas en los meses de abril y mayo.

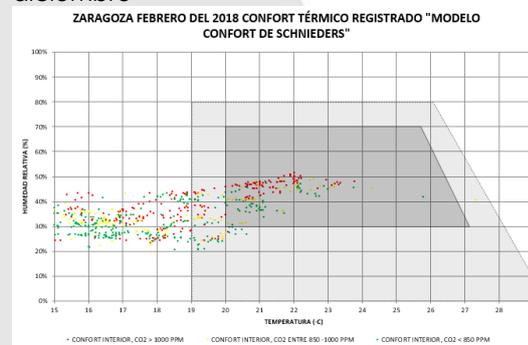
Se observa también coincidencia en todos los meses para temperaturas más altas con mayores humedades y concentraciones de CO<sub>2</sub>, agrupándose la mayoría de los puntos rojos en la zona derecha y superior del conjunto de registros de cada mes.



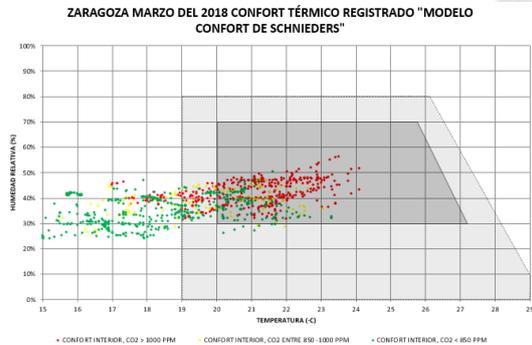
noviembre



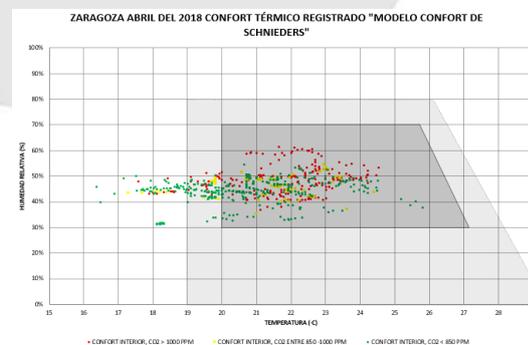
diciembre



enero

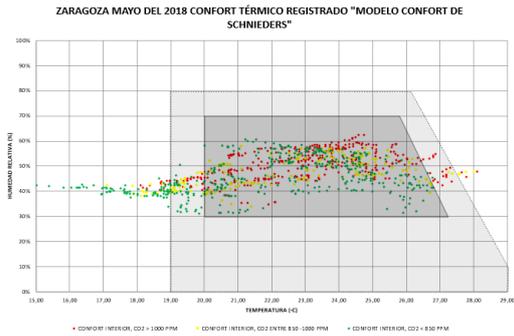


febrero



marzo

abril



mayo  
Tabla 2

### Calidad del aire <sup>91</sup>

En cuanto a la calidad del aire, se observa que los puntos que registran concentraciones superiores a 1.000ppm (en rojo) se reparten por todo el espectro de mediciones registradas si bien se agrupan en su mayoría en la parte derecha y superior del conjunto de mediciones de cada mes. Los puntos registrados con concentraciones inferiores a 1.000ppm (en verde y amarillo) se encuentran también en todo el espectro de temperaturas registradas, aunque agrupadas en las temperaturas más bajas de sus respectivos meses como se veía en apartados anteriores.

Atendiendo exclusivamente a la calidad del aire (sin tener en cuenta el confort higrotérmico) el **54,19%** del tiempo que los niños están en clase tienen **concentraciones de CO2 inferiores a 1000ppm**.

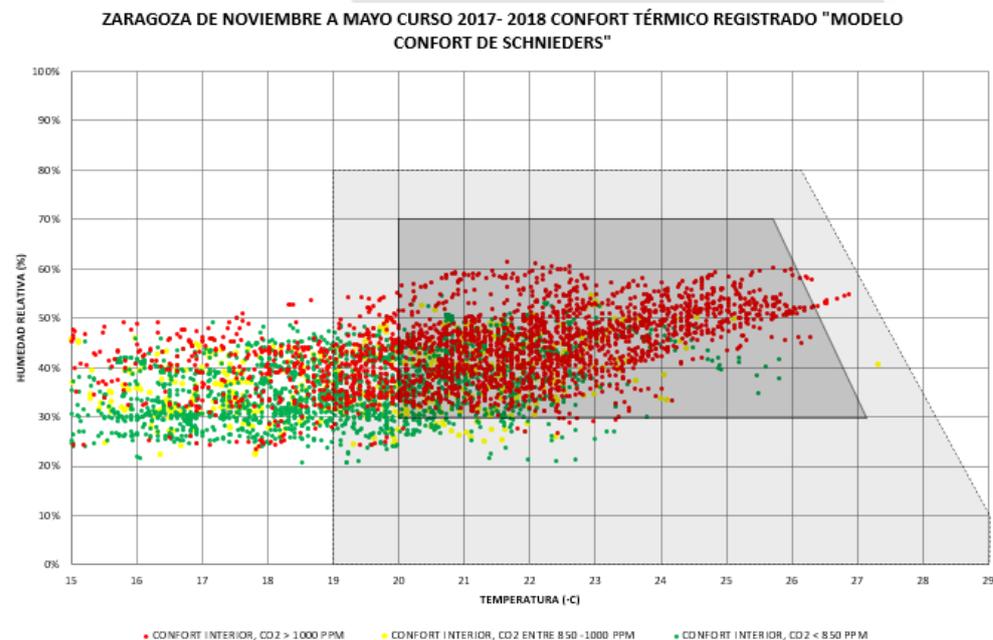


Tabla 3

<sup>91</sup> Calidad del aire: la calidad del aire se mide en partes por millón(ppm) de concentración de Co2 en el aire. Concentraciones de Co2 en el aire >1000ppm no son recomendables.

La tabla 4 muestra el comportamiento representativo de la temperatura interior y de la concentración de CO<sub>2</sub> en el aula monitorizada.

En cuanto a la temperatura, se observa como en los días más fríos ésta no alcanza la temperatura mínima de 20°C, o si la alcanza lo hace de manera puntual o irregular.

En cuanto a la concentración de CO<sub>2</sub>, esta aumenta rápidamente al comienzo de las clases y desciende puntualmente coincidiendo con ventilaciones puntuales o cambios de clase.

La concentración de CO<sub>2</sub> supera con facilidad los 1.000ppm y alcanza picos superiores a 2.000ppm.

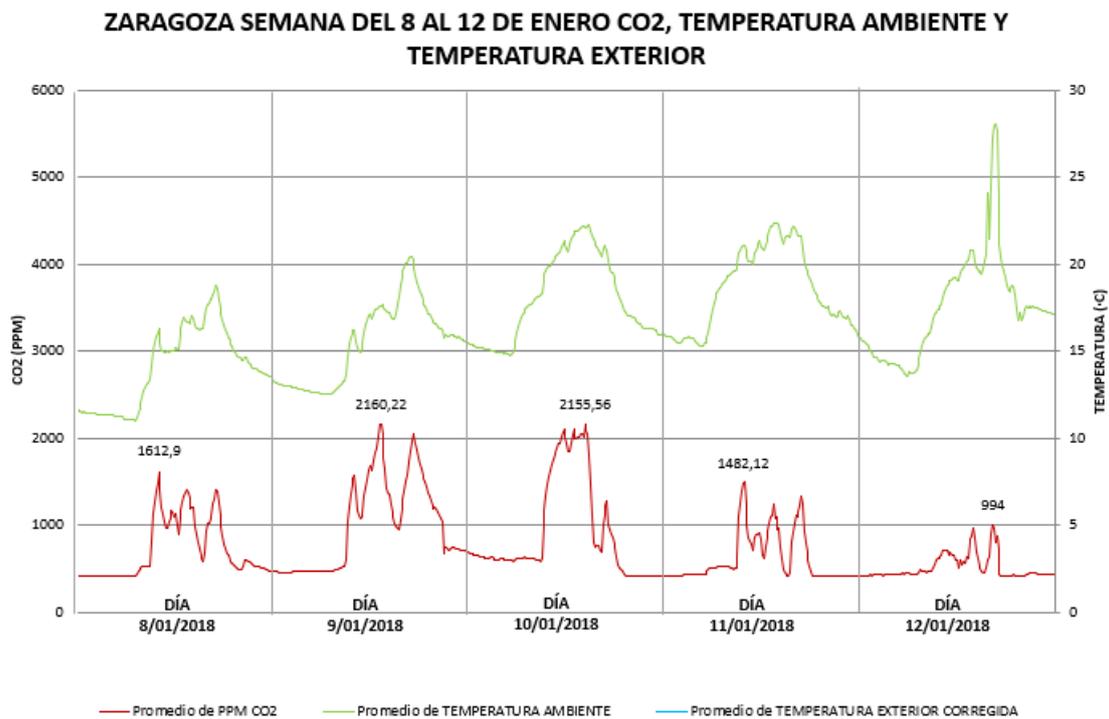


Tabla 4

### Confort real

Unificando los registros higrotérmicos con los de concentración de CO<sub>2</sub> resulta que del tiempo que los niños pasan en el aula monitorizada en el colegio de Zaragoza el **17,01%** del tiempo lo hacen en condiciones de **confort real**, es decir, que además de tener una temperatura y humedad confortable tienen una buena calidad de aire en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere. El resto del tiempo el aula permanece fuera de las condiciones reales de confort higrotérmico y calidad del aire.

## CONCLUSIONES

**En el colegio monitorizado de Zaragoza tan solo el 17,01% del tiempo que los niños pasan en el aula están en condiciones de confort de temperatura, humedad relativa y calidad del aire. Esto equivale a 51min de las 5h diarias de clase.**

El hecho de que la fecha de construcción del colegio sea anterior a la entrada en vigor de la Norma Básica de Edificación CT-79 hace pensar que los criterios de aislamiento térmico no existan o sean muy bajos. Las temperaturas se correlacionan con los cambios de temperatura exteriores incluso con dificultad para mantener el rango de confort térmico a pesar de los sistemas de climatización. Por su parte, las concentraciones de CO<sub>2</sub> responden al uso del aula, lo que hace pensar que la ventilación no es adecuada.

## 16. Terminología

Clima atlántico costa: clima característico de la costa atlántica y cantábrica. Se define por tener temperaturas frescas y ambientes húmedos. En el CTE se relaciona con climas C<sub>1</sub> y D<sub>1</sub>.

Clima atlántico continental: clima oceánico del interior de la península. Se define por tener temperaturas frías en invierno. En el CTE se relaciona con climas D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> y E<sub>1</sub>.

Clima cálido: clima característico de las zonas con temperaturas más altas de España. Mantiene temperaturas suaves en invierno. En el CTE se relaciona con climas A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub> y B<sub>4</sub>.

Clima mediterráneo: clima predominante en la costa mediterránea y sur peninsular. Se caracteriza por sus inviernos suaves y veranos calurosos. Pocas e irregulares precipitaciones. En el CTE se relaciona con climas B<sub>3</sub> y C<sub>2</sub>.

Clima mediterráneo continental: Propio del interior peninsular. Clima extremo, con veranos calurosos e inviernos fríos. En el CTE se relaciona con climas C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> y D<sub>3</sub>.

Confort higrotérmico: Aquel que brinda comodidad y genera bienestar a nivel térmico e higrométrico, es decir, el estado en el que no es necesaria la intervención de nuestro sistema autorregulador para sentir comodidad.

Confort real: Sensación térmica en invierno en un rango de temperatura entre 20°C-24°C y en verano entre 23°C y 26°C con una humedad de entre 30% y 70% junto con una calidad del aire con concentraciones menores a 1000 partes por millón de CO<sub>2</sub>.

Humedad relativa: Es la relación entre la presión parcial del vapor de agua y la presión de vapor de equilibrio del agua a una temperatura dada.

Monitorización: Medición precisa con dispositivos o monitores de medición de algún tipo, para conseguir ser consciente del estado de un sistema, conocer una situación concreta o efectos que se puedan producir en un rango de tiempo.

Muestra: Parte o porción extraída de un conjunto por métodos que permiten considerarla como representativa de él.

Muestreo: Acción de escoger muestras representativas de la calidad o condiciones medias de un todo.

Parámetro: Dato o factor que se toma como necesario para analizar o valorar una situación.

Registro: Conjunto de datos relacionados entre sí, que constituyen una unidad de información en una base de datos.

Síndrome del edificio enfermo: Afección médica en la que las personas de un edificio sufren síntomas de enfermedad o se sienten mal sin razón aparente.

Temperatura de radiación: la asociada a un cuerpo debido a las condiciones térmicas circunstanciales.

Variable: Magnitud que puede tener un valor cualquiera de los comprendidos en un conjunto. En nuestro caso son: humedad relativa interior, temperatura interior y exterior, temperatura superficial interior y cantidad de CO<sub>2</sub>.

Ventilación mecánica controlada: ventilación en la que la renovación del aire se produce por el funcionamiento de aparatos electromecánicos dispuestos al efecto. Puede ser con admisión mecánica, con extracción mecánica o equilibrada.

Zona climática: zona para la que se definen unas sollicitaciones exteriores comunes a efectos de cálculo de la demanda energética.

## 17. Bibliografía

- **“Indoor air quality and health in schools”** - Ana Maria da Conceição Ferreira. Comisión Científica del Curso de Salud Ambiental, Escuela Superior de Tecnología de Salud de Coimbra, Portugal.
- **“Calidad del aire interior en edificios de uso público”** - Isabel Marta Morales, Virgilio Blanco Acevedo y Almudena García Nieto. Dirección General de Ordenación e Inspección, Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid.
- **“The contribution of restoration and effective operation and maintenance programs o indoor environmental quality and educational performance in schools”** - M.A. Berry. University of North Carolina at Chapel Hill, Carolina Environmental Studies Program.
- **“Calidad del aire interior en los centros de educación infantil del País Vasco”** - Víctor del Campo Díaz y Ainhoa Mendivil Martínez. Departamento de Máquinas y Motores Térmicos, Universidad del País Vasco.
- **“Calidad del aire interior”** - Xavier Guardino Solá. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo.
- **“Carbon dioxide levels and dynamics in elementary schools: results of the Tesias Study”**- R.L.Corsi, V.M.Torres, M.Sanders y K.A.Kinney. Texas Institute for the Indoor Environment, Center for Energy & Environmental Resources, The University of Texas at Austin, TX, USA. Department of Civil Engineering, The University of Texas at Austin, TX, USA.
- **“Indoor climate quality assessment in high school classroom: ventilation strategies and occupancy management”** - Yacine Allab, Andrea Kindinis, Annie-Claude Bayeul-Lainé, Sophie Simonet y Oliver Coutier Delgosha. Université Paris-Est, Institut de Recherche en Constructibilité. Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Laboratoire de Mécanique de Lille.
- **“Revision of EN 15251: Indoor Environmental Criteria”** - Bjarne W. Olesen. International Centre for Indoor Environment and Energy, Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark.
- **“Study of Dioxide Carbon Concentration and Indoor Air Quality in Some Buildings in the Equatorial Region of Cameroon (Yaounde)”** - Modeste Kamení Nematchoua, René Tchinda, José A. Orosa, Gholamreza Roshan. Environmental Energy Technologies Laboratory, University of Yaounde I, Cameroon. LISIE, University Institute of Technology Fotso Victor, University of Dschang, Cameroon. Department of Energy and M. P. Escuela Técnica Superior de N. y M, University of A Coruña, Paseo de Ronda 51, 15011 A Coruña, Spain. Department of Geography, Golestan University, Gorgan, Iran.
- **“Thermal confort under an extended”** -E. Arens, R. Gonzalez, L. Berglund. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- **“Health, energy and productivity in schools: measures of occupant**

**performance**” - P.K. Freitag, J.E. Woods, B. Hemler, N.P. Sensharma, B.A. Penney y G. Marx. Woods Research Institute, Herndon, VA, USA. Montgomery County Public Schools, Rockville, MD, USA. Center for Public Outreach, Vienna, VA, USA

- **“Indoor air quality in schools: the impact of ventilation conditions and indoor activities”** - J.Ribéron, P.O'Kelly, F.Maupetit y E.Robine. Sustainable Development Dept., Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, France.
- **“Air quality and ventilation rates in schools in Poland. Requirements, reality and possible improvements”** - J. Sowa. Institute of Heating and Ventilation, Warsaw University of Technology, Warsaw, Poland.
- **“Associations Between Classroom CO<sub>2</sub> Concentrations and Student Attendance in Washington and Idaho”** - Derek G. Shendell, William J. Fisk, Michael G. Apte, and David Faulkner, Lawrence Berkeley National Laboratory, Environmental Energy Technologies Division, Indoor Environment Department, Berkeley. Richard Prill, Washington State University Energy Program, Spokane, WA; and David Blake, Northwest Air Pollution Authority, Mount Vernon, WA.
- **“Do Indoor Environments in Schools Influence Student Performance? A Review of the Literature”** - Mark J. Mendell, Garvin A. Heath. Lawrence Berkeley National Laboratory Environmental Energy Technologies Division Indoor Environment Department Berkeley.
- **“Classroom HVAC: Improving Ventilation and Saving Energy”** - Michael G. Apte, David Faulkner, Alfred T. Hodgson, and Douglas P. Sullivan.
- **“Ventilation rate in office buildings and sick building syndrome”** - Jouni JK Jaakkola, Pauli Miettinen.
- **“Sick building syndrome symptoms and performance in a field laboratory study at different levels of temperature and humidity”** - L Fang, DP Wyon, G Clausen and PO Fanger International Centre for Indoor Environment and Energy, DTU, Denmark.
- **“Ventilation conditions and the related symptoms in selected indoor environments in a university”** - Yan You, Zhipeng Bai, Chunrong Jia, Xinming Hu, Wenting Ran, Jingjing Zhang 1, and Jing Yang. State Environmental Protection Key Laboratory of Urban Ambient Air Particulate Matter Pollution Prevention and Control College of Environmental Sciences and Engineering, Nankai University, Tianjin, , China.
- **“Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information”** - Joan M. Daisey, William J. Angell and Michael G. Apte.
- **“Relationships of reported allergy symptoms, relative humidity and airborne biologicals in thirteen Florida classrooms,”** - Bates, J.M. and Mahaffy, D.J. Proceedings of Indoor Air '96: The 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Nagoya, Japan.

- **“Associations Between Indoor CO<sub>2</sub> Concentrations and Sick Building Syndrome Symptoms in US Office Buildings: An Analysis of the 1994-1996 BASE Study Data”** - Apte, M.G., Fisk, W.J., and Daisey, J.M. (2000)
- **“Health complaints, CO<sub>2</sub> levels and indoor climate in Dutch schools,”** In: Indoor Air '87: Proceedings of 4th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Berlin (West), Institute of Water, Soil and Air Hygien - Pottting, J., van de Sandt, P., ter Haar Romeny-Wacher, I., Brunekreef, B. and Boleij, J.S.M. (1987).
- **“Air quality guidelines for Europe”** - Organización Mundial de la Salud.
- **“Guidelines for ventilation requirements in buildings”** - Comisión de la Comunidad Europea, Luxemburg: Office for publications of the European Communities.
- **“Introduction of the olf and the decipol units to quantify air pollution perceived by humans indoors and outdoors”** - P.O. Fanger.
- **“The new comfort equation for indoor air quality”** - P.O. Fanger. ASHRAE Journal.
- **“NTP 323: Determinación del metabolismo energético”** - Silvia Nogareda Cuixart Pablo Luna Mendaza. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.
- **“NTP 742: Ventilación general de edificios”** -Ana Hernández Calleja. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.
- **“ISO 8996:2004. Ergonomics of the thermal environment. Determination of metabolic rate”** - Technical Committee ISO/TC 159, Ergonomics, Subcommittee SC5, Ergonomics of the physical environment.
- **“ISO 9886, Ergonomics. Evaluation of thermal strain by physiological measurements”**- Technical Committee ISO/T159, Ergonomics, Subcommittee SC5, Ergonomics of the physical environment.
- **“ISO 15265, Ergonomics of the thermal environment. Risk assessment strategy for the prevention of stress or discomfort in thermal working conditions”**- Technical Committee ISO/T159, Ergonomics, Subcommittee SC5, Ergonomics of the physical environment.
- **“ISO 7730, Ergonomics of the thermal environment. Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria”**- Technical Committee ISO/T159, Ergonomics, Subcommittee SC5, Ergonomics of the physical environment.
- **“REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, y sus modificaciones”** - Ministerio de Fomento,

Gobierno de España.

- **“Técnicas de Control del Confort en Edificios”** - M. Castilla, J.D. Álvarez, M. Berenguel, M. Pérez, F. Rodríguez y J.L. Guzmán. Universidad de Almería, Área de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Almería, Dpto. de Física Aplicada, CIESOL, Centro Mixto Universidad de Almería-CIEMAT.
- **“Is CO<sub>2</sub> an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO<sub>2</sub> Concentrations on Human Decision-Making Performance”**- Usha Satish, Mark J. Mendell, Krishnamurthy Shekhar, Toshufumi Hotchi, Douglas Sullivan, Siegfried Streufert y William J.Fisk. - Environ Health Perspect.
- **“High indoor CO<sub>2</sub> concentrations in an office environment increases the transcutaneous CO<sub>2</sub> level and sleepiness during cognitive work.”**- Vehviläinen T., Lindholm H., Rintamäki H., Pääkkönen R., Hirvonen A, Niemi O. y Vinha -J. Sirate Grou Ltd. , Tampere , Finland. Department of Civil Engineering , Tampere University of Technology , Tampere , Finland. Finnish Institute of Occupational Health, Centre of Excellence of Health and Work Ability, Physical Work Capacity , Helsinki , Finland. Finnish Institute of Occupational Health, Centre of Excellence of Health and Work Ability, Physical Work Capacity , Oulu , Finland. Finnish Institute of Occupational Health, Theme Well-being Solutions for the Workplace , Tampere , Finland. Finnish Institute of Occupational Health, Centre of Excellence of Health and Work Ability, Systems Toxicology , Helsinki , Finland. University Properties of Finland Ltd., Tampere, Finland.

## 18. Anexo

### Relación de los resultados y conclusiones con la propagación de virus y enfermedades de transmisión aérea.

La conclusión del estudio de monitorización e informe que presentamos es clara, los centros educativos de nuestro país, y por extensión las aulas en las que estudian nuestros hijos e hijas no mantienen las condiciones adecuadas de ambiente interior, referido a condiciones higrotérmicas y concentración de CO<sub>2</sub>.

Esta conclusión general se puede ir desgranando hasta llegar al dato más reducido.

Fundamentalmente, lo que se constata a partir de lo anterior y en base a los datos que recoge el informe es que los centros educativos no cuentan con los niveles de aislamiento adecuados, tanto en cerramientos como en carpinterías, que los sistemas activos de climatización instalados en estos centros son insuficientes o no entran en funcionamiento por distintos motivos, y que no se cuenta con adecuada ventilación en las aulas que garantice una adecuada calidad de ambiente interior. En resumidas cuentas, que estos edificios no cuentan con envolventes térmicas ni con sistemas de ventilación adecuados.

La recogida de datos del presente estudio de monitorización de colegios se realizó durante el curso 2017-2018, el tratamiento de los datos recogidos se realizó durante los siguientes 12 meses y la presentación del informe y sus conclusiones fue programada y cancelada para marzo de 2020, debido a la situación excepcional de estado de alarma que se decretó en nuestro país en ese momento. Por lo tanto, aunque la redacción de este es anterior al conocimiento de la actual enfermedad, hemos querido adaptar la introducción y ampliar con este anexo, puesto que **la conclusión ya guardaba perfecta sintonía con las recomendaciones sanitarias actuales para centros educativos en concreto y edificios en general**, como veremos a continuación.

A tenor de la situación generada en el año 2020 por el brote de enfermedad por coronavirus (COVID-19) que fue notificado por primera vez en Wuhan (China) el 31 de diciembre de 2019, y que actualmente es una pandemia que afecta a gran cantidad de países en el mundo, queremos redactar este anexo al estudio presentado, relacionando la rehabilitación de las envolventes térmicas y los sistemas de ventilación de los centros educativos para garantizar las adecuadas condiciones de ambiente interior y la lucha contra la propagación aérea de los virus.

Se ha constatado que el COVID-19 es una enfermedad que causa infección respiratoria, que se transmite principalmente por dos vías, transmisión por gotas

y por contacto, y transmisión aérea<sup>92</sup>. Las principales recomendaciones para evitar su propagación son distanciamiento social, higiene respiratoria, higiene de manos y ventilación de los espacios interiores<sup>93</sup>.

Las principales recomendaciones de prevención en los centros educativos de nuestro país recogen siempre la necesidad de adecuada ventilación de los espacios. Si bien las competencias en materia de educación se encuentran en las Comunidades Autónomas y en los Ayuntamientos, podemos remitirnos al documento oficial sobre **“MEDIDAS DE PREVENCIÓN, HIGIENE Y PROMOCIÓN DE LA SALUD FRENTE A COVID-19 PARA CENTROS EDUCATIVOS EN EL CURSO 2020-2021”**<sup>94</sup>, publicado por el Ministerio de Educación el 22 de junio de 2020, en el que se indica que es clave “...La ventilación frecuente de los espacios y la limpieza del centro...” y que los centros educativos “...faciliten la separación entre el alumnado asegurando, en todo caso, una ventilación adecuada y su correcta limpieza...”. Establece también obligaciones para la ventilación del aula entre turno y turno, tareas de ventilación frecuente en las instalaciones dado que la ventilación es una de las medidas más eficaces para minimizar la transmisión:

*“...1.4. En el caso de que se establecieran turnos en las aulas, comedor u otros espacios, cuando cambie el alumnado, se recomienda la limpieza, desinfección y ventilación entre turno y turno...”*

*“... 2. Se deben realizar tareas de ventilación frecuente en las instalaciones, y por espacio de al menos cinco minutos (mejor 10 minutos si la sala estaba ocupada de antemano) al inicio de la jornada, al finalizar y entre clases, siempre que sea posible y con las medidas de prevención de accidentes necesarias:*

*2.1. Cuando las condiciones meteorológicas y el edificio lo permitan, mantener las ventanas abiertas el mayor tiempo posible.*

*2.2. Se debe aumentar el suministro de aire fresco y no se debe utilizar la función de recirculación de aire interior...”*

*“...Dado que la ventilación es una de las medidas más eficaces para minimizar la transmisión, y que se recomienda ventilar frecuentemente, se tendrá una especial precaución en estos grupos de alumnos para evitar accidentes...”*

Ahora bien, tal y como se demuestra en el estudio e informe que presentamos, la ventilación de las aulas por medios naturales puede no ser suficiente en ocasiones (se mantienen elevadas concentraciones de CO<sub>2</sub> en el aula),

<sup>92</sup> Organización Mundial de la Salud (OMS): Scientific Brief, 9 de julio de 2020, <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/333114/WHO-2019-nCoV-Sci-Brief-Transmission-modes-2020.3-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<sup>93</sup> Organización Mundial de la Salud (OMS): <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public> )

<sup>94</sup> <https://www.educacionyfp.gob.es/dam/jcr:7e90bfc0-502b-4f18-b206-f414ea3cdb5c/medidas-centros-educativos-curso-20-21.pdf>

aunque si se aprecian patrones de comportamiento coincidentes entre los periodos de recreo o descansos con descensos en la concentración de CO<sub>2</sub>. Pero desde luego, la ventilación de las aulas por medios naturales sí que no es compatible con épocas del año donde las temperaturas exteriores son extremas, bien por frío o bien por calor, como también queda patente en el estudio e informe presentado, donde, por lo general, periodos de apertura y ventilación del aula se corresponden con pérdida de las condiciones adecuadas de temperatura interior.

De hecho, si atendemos al documento técnico para profesionales publicado por el Ministerio de Sanidad **“RECOMENDACIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN DE EDIFICIOS Y LOCALES PARA LA PREVENCIÓN DE LA PROPAGACIÓN DEL SARS-CoV-2”**, de 30 de julio de 2020<sup>95</sup>, cuyas recomendaciones han sido elaboradas y consensuadas por las Subdirecciones Generales de Sanidad, de Eficiencia Energética y por IDAE y con la participación de expertos en salud pública, sanidad ambiental, aerobiología e instalaciones de climatización y ventilación, encontramos que “...una mejora de la ventilación (natural) hará un edificio más seguro, aunque podría no alcanzar las condiciones óptimas de confort, además de aumentar el consumo energético...”, ya que “...se ha sugerido que en algunos brotes documentados en espacios cerrados, con ventilación escasa o deficiente y una elevada concentración de personas existe la posibilidad de una transmisión aérea en combinación con la transmisión por gotas y contacto...”. Además, de los 7 apartados que conforman el catálogo de recomendaciones, los 6 primeros van dirigidos a sistemas de ventilación mecánica y recuperación de calor, fundamentalmente a garantizar o aumentar caudales de ventilación, mientras que únicamente en el último apartado se recomienda aumentar la ventilación natural “...si el edificio en origen no dispone de sistemas de ventilación mecánica // aunque pueda generar cierto disconfort por las corrientes de aire, o sensación térmica...”

La relación entonces es evidente, en el estado actual, si mantenemos las ventanas y puertas de las aulas abiertas los alumnos y profesores van a pasar mucho frío o calor, lo que desde luego no es adecuado. Si lo mantenemos cerrado para tratar de alcanzar condiciones adecuadas de temperatura vamos a impedir la adecuada ventilación que es recomendada. Así pues, la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios y la instalación de sistemas de ventilación mecánica con recuperación de calor se presentan como la solución más acertada para aunar ambas necesidades.

Por último, no debemos olvidar un aspecto importante de lo que se trata de recoger en este informe, sus conclusiones y su anexo, que no es otra cuestión que la necesidad de actuar. Si bien el problema es evidente, mayor aún sería el

<sup>95</sup>[https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/Recomendaciones\\_de\\_operacion\\_y\\_mantenimiento.pdf](https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/Recomendaciones_de_operacion_y_mantenimiento.pdf)

problema de no actuar para resolverlo. Enfermedades como la actual son una desgracia, y en momentos como este se debe actuar con rapidez, pero también con criterio, ya que cuando hayamos conseguido mantener controlada o revertir esta pandemia, las malas condiciones de ambiente interior seguirán produciéndose tal y como lo hacen ahora y desde muchos años atrás, a no ser que dediquemos nuestro esfuerzo a resolver ambas con un criterio unificado.



## 19. Firma

El tratamiento de los datos recogidos para el presente estudio de monitorización de colegios en colaboración entre la Universidad de Burgos y la Plataforma de Edificación Passivhaus ha sido realizado con la mayor rigurosidad e imparcialidad. Por lo tanto, podemos afirmar que todo lo recogido en este informe es una representación veraz de la realidad, en cuanto a los parámetros recogidos y analizados.

Podemos afirmar también que el objetivo del proyecto se ha cumplido, habiendo recopilado la mayor muestra en esta materia hasta la fecha en nuestro país.

Para que así conste, firman como los respectivos representantes de las entidades autoras del presente informe:

Bruno Gutiérrez Cuevas  
Presidente  
Plataforma de Edificación Passivhaus  
(PEP)

Juan Manuel Manso Villalaín  
Catedrático de Edificación  
Director del Departamento de  
Ingeniería Civil  
Universidad de Burgos