

Caracterización del ambiente físico en viviendas de hormigón en "La Coronela", La Habana, 2010-2011

Characterization of physical environment in concrete houses, "La Coronela", Havana, 2010-2011

Dr. C. Carlos Barceló Pérez, Dra. Raisa Guzmán Piñeiro, Lic. Juan C. Ramírez Sotolongo, Lic. Joaquín Calderón Baró, Lic. Leonardo Sao Ravelo

Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. La Habana, Cuba.

RESUMEN

Introducción: el creciente aumento de la población ha ocasionado un déficit cuantitativo de viviendas, el cual es abordado desde diferentes soluciones constructivas. Una de ellas es la vivienda de edificios multifamiliares de hormigón, conocida como FORSA.

Objetivos: caracterizar, desde el punto de vista sanitario, ambientes físicos de viviendas FORSA de edificios multifamiliares en el asentamiento "La Coronela", en La Habana.

Métodos: Para lograr esta caracterización se estudiaron factores de riesgo, como el microclima, temperaturas de cubiertas y envolventes y la penetración del viento, campos de radiación no ionizante de muy baja frecuencia (ELF), clima luminoso y ruido durante una semana correspondiente a la estación húmeda del año 2010 y otra a la estación seca de 2011. Se seleccionaron nueve viviendas de edificios multifamiliares de tres y cinco plantas, ubicadas en niveles bajos y altos, con y sin aleros, y con distintas orientaciones de fachada.

Resultados: existía calor moderado en las dos estaciones estudiadas, que fue algo más cálido en las viviendas de edificios multifamiliares de cinco plantas. El nivel de la vivienda y la presencia de aleros no parecieron ofrecer efecto importante en el clima interior. El viento exterior penetró poco en los interiores. El componente magnético del campo ELF no transgredió los valores guía de la Organización Mundial de la Salud. La iluminación natural resultó apropiada, no así la artificial, pero los coeficientes de reflexión de pisos resultan elevados. El nivel sonoro incumplió la norma sanitaria vigente NC 26 de 2012 aplicada para nuevas urbanizaciones.

Conclusiones: El ambiente interior de las viviendas FORSA del asentamiento "La Coronela" presenta un clima ligeramente inconfortable para los residentes, independientemente del nivel de la vivienda y la presencia de aleros.

Palabras clave: vivienda, microclima, penetración del viento, campo ELF, iluminación, ruido.

ABSTRACT

Background: The growing increase in population has caused a quantitative deficit of houses which has been approached from different constructive solutions. One of these is the house of multifamily buildings made of concrete, known as FORSA.

Objectives: to characterize, from a sanitary point of view, physical environments of FORSA houses of multifamily buildings in "La Coronela" settlement in Havana.

Methods: to achieve this characterization, different risk factors were studied such as microclimate, cover and enclosure temperatures and wind penetration, non-ionizing radiation fields of extremely low frequency (ELF), light climate and noise during a week corresponding to the wet season of the year 2010 and another corresponding to the dry season of the year 2011. Nine houses of multifamily buildings of three and five floors were selected. They were located in low and high levels, with or without eaves and with different facade orientations.

Results: there was moderate warmth in the two seasons studied, which was somewhat warmer in the houses of five floor multifamily buildings. The level of the houses and the presence of eaves seemed to offer no significant effect on the indoor climate. The external wind hardly penetrated indoors. The magnetic component of ELF field did not transgress the reference values of the World Health Organization. Natural lighting was appropriate but not the artificial one; whereas the reflection coefficients of floors were higher. The sound level breached the current sanitary standard NC 26 of 2012.

Conclusions: the environment inside FORSA houses in the settlement "La Coronela" presents a slightly uncomfortable climate for residents, regardless the levels of houses and the presence of eaves.

Key words: house, microclimate, wind penetration, ELF field, lighting, noise.

INTRODUCCIÓN

Se reconoce a la vivienda como el lugar donde se reside, instrumento de facilitación de funciones primarias e interfase con el intemperismo. Compuesta por la casa y la forma en que se usa, resulta el asiento de la familia, célula social elemental de la sociedad humana moderna. A la vivienda apropiada se le adjudican propiedades como digna, sostenible y saludable. Vivienda saludable sería aquella cuyos espacios funcionales favorecen bienestar y salud del residente.¹ De aquí que la vivienda sea considerada un determinante de la salud.² Ante el cambio climático deberá ser resiliente, favorecer temperaturas frescas y resistir extremos meteorológicos.

Si entendemos por desarrollo verde aquel que garantiza la sostenibilidad del micro hábitat de las especies, la vivienda deberá resultar un ente que contribuya a la sostenibilidad del ecosistema donde ella se encuentre inmersa³ o podría ser un factor de "economía azul", donde el ecosistema reaprovecha los residuos para la generación de recursos e induce ciclos de reproducción o sustitución de estos, lo cual conlleva riesgos a la salud y al bienestar, a la vez que motiva la necesidad de un balance que el raciocinio denominaría la innovación.⁴ Esto significa que en sus intercambios como ente con la intemperie no debe arrojar desechos no degradables para contribuir al ahorro de la energía o a la reducción de su degradación y

contaminación ambiental. Atendiendo solo al desempeño de la envolvente, se puede influir en las exposiciones térmicas y en la exposición al ruido, en los factores de riesgo de enfermedades transmisibles y no transmisibles, y aun en los impactos de la inequidad.

La vivienda puede amenazar la salud o contribuir a ella a partir de su habitabilidad, concepto que acoge la resistencia y durabilidad de sus materiales contra la entropía del tiempo y la intemperie. Entre los peligros que la vivienda comporta se cuenta el relacionado con la microlocalización del inmueble y con el diseño. Los materiales de construcción, el mobiliario y el equipamiento de la vivienda pueden constituir factores de riesgo químicos (entre ellos uso de cubiertas ligeras de asbestos y fibras vítreas. También se cita al PVC por su carcinogenicidad al hígado, el que degrada en el tiempo produciendo aerosoles que se inhalan).⁵ Otros factores de riesgos físicos que atañen a la calidad del aire interior son los radiológicos (presencia de radón por granitos o entubados de plomo), termodinámicos (láminas de zinc con alta transmitancia térmica) y campos electromagnéticos de baja frecuencia (CEM, ELF) por proximidad a transformadores y líneas de alto voltaje⁶ e iluminación inapropiada.⁷ Los agentes biológicos pueden colonizar las envolventes por mohos y el aire interior puede portar una carga de alérgenos. Igualmente deben considerarse factores sociales, como los estilos de vida en la familia, lo que se relaciona con el uso que se da a la casa. En los residentes de las edificaciones han sido identificadas afecciones de etiología específica, como fracturas y contusiones por caídas; también síntomas y signos inespecíficos, como el síndrome del edificio enfermo.⁸

La satisfacción de la demanda de la vivienda en Cuba transita en los últimos años por la búsqueda y valoración de diferentes soluciones con nuevos materiales. Una de ellas es la llamada vivienda de plástico, la promovida por la empresa Pequiven de Venezuela, que tiene la característica de ser una estructura de hormigón en sus envolventes en cofre de Policloruro de Vinilo (PVC) y descansa sobre una balsa de concreto. La cubierta es de lámina ligera.

El hormigón resulta otro material de construcción controversial. Se ha indicado que pudiera emitir radón (Rn 222), con creciente tasa de emisión con el aumento de la humedad,⁹ lo que comportaría factor de riesgo de cáncer en las vías respiratorias. También su emisión dependería de la edad del concreto¹⁰ y, por supuesto, del contenido de metal pesado en la piedra. Un posible problema de calentamiento pudiera asociarse a su elevado calor específico. Se ha propuesto reducir el calentamiento que esto comporta al aire interior de la vivienda mediante una apropiada ventilación. Aunque la transmisión sonora no es severa, dada la densidad másica de las envolventes, cabría observar si la dimensión de vanos haría permisiva la penetración del sonido exterior. Así en Cuba se están erigiendo las viviendas FORSA, insertas en edificios multifamiliares construidos de hormigón.

Entonces, más allá del concepto de habitabilidad, habría que hacer referencia a una vivienda adecuada, saludable y asequible que considere el uso de materiales de construcción inocuos, prácticas de edificación apropiadas y consideración de la racionalidad en el uso de la energía, así como la salubridad de su ciclo de vida y el tratamiento de escombros.

Con el objetivo de contribuir a caracterizar, desde el punto de vista de salud ambiental, los ambientes físicos de las viviendas FORSA de edificios multifamiliares en el asentamiento "La Coronela", en La Habana, se realizó esta investigación con carácter exploratorio dirigida a identificar potenciales factores de riesgo físicos en las soluciones de vivienda relacionadas con multifamiliares FORSA.

MÉTODOS

Se realizó un estudio de caso en nueve viviendas habitadas de tipología FORSA ubicadas en cinco edificios multifamiliares de tres plantas (seis apartamentos/edificio) y cinco plantas (ocho apartamentos/edificio) construidos en el asentamiento "La Coronela", al oeste de La Habana. Los edificios de tres plantas fueron identificados como 13, 2303-02 y los de 5 plantas como 15, 2303-07 y 2303-10. La selección de las viviendas de estos edificios se efectuó considerando la presencia de aleros o no para amortiguar la insolación, así como la ubicación en niveles altos y bajos en las variantes habitacionales de los edificios seleccionados, además de considerar la anuencia de los residentes para el desarrollo del estudio. El monitoreo de las variables físicas se llevó a efecto en el transcurso de dos semanas seleccionadas: una semana en el mes de octubre correspondiendo a la estación húmeda del año 2010 y otra correspondiente al mes de febrero en el marco de la estación seca del año 2011.

RUIDO

La inmisión de sonido se valoró con mediciones de contraste (dentro fuera, en la zona peatonal) a los fines de efectuar una evaluación sanitaria de la posible contaminación sonora, estimando el nivel sonoro medio por energía y los extremos pico de una hora en correspondencia con la norma sanitaria NC 26 (2012).¹¹ Se efectuaron mediciones en el curso de las horas de vigilia del día. Se utilizaron medidores de nivel sonoro clase 1 calibrados con incertidumbre inferior a 1 dB (spl). Tales resultan los sonómetros BK-2230 y SPER SCIENTIFIC. La calibración se efectuó con el pistófono SPER Scientific 840031.

COMPONENTE MAGNÉTICO DEL CAMPO ELF

Se evaluó el componente magnético del campo ELF, mediante mediciones de la intensidad de campo (mG) en cada local de las viviendas estudiadas, y se registraron los valores mínimos, modales y de pico en sus centros a 1,5 m de altura. Para esto se utilizó un gausímetro calibrado FW Bell 4090, con incertidumbre de la medición no superior a 0,1 mG. Se contrastó con el valor guía de la Organización Mundial de la Salud para exposiciones poblacionales no riesgosas.¹²

ILUMINACIÓN

Iluminación natural

Se evaluó el coeficiente de iluminación natural normalizado a los fines de describir el clima luminoso natural de las viviendas. Se efectuaron mediciones en todos los locales de la vivienda y simultáneamente en el exterior al amanecer y al anochecer, con valores exteriores no superiores a 10 000 Lux, contrastando con valores mínimo permitidos.¹³

Iluminación artificial

La iluminación artificial absoluta se evaluó en todos los locales de la vivienda en horas nocturnas partiendo del alumbrado como fuente. Las mediciones se efectuaron en dos días diferentes en cada una de las viviendas para reducir sesgos.

Se contrastaron los resultados de las mediciones contra valores sanitarios de referencia. Se utilizaron los luxómetros Yu 120-10116 para mediciones exteriores y el SPER Scientific 840022 en interiores, ambos calibrados con incertidumbres inferiores al 10 %.

MICROCLIMA, CALOR DE LA ESTRUCTURA Y PENETRACIÓN DEL VIENTO

En las nueve viviendas seleccionadas se efectuaron en el transcurso de una semana de cada estación mediciones instantáneas diarias sincrónicas (interior - intemperie adyacente) de microclima, temperaturas de envolventes y cubiertas y penetración del viento; contraste de temperatura seca del aire (interior exterior), temperatura de contacto de cubiertas y envolventes, humedad y viento en todos los locales de las viviendas estudiadas, en los siguientes horarios: período 1: 07-10 horas, período 2: 11-14 horas, período 3: 14-16 horas y período 4: 17-19 horas. Los períodos 1 y 4 reflejan condiciones frescas, en tanto el 2 y el 3 de caldeoamiento, siguiendo la trayectoria aparente del Sol.

Para las mediciones de microclima y penetración del viento se utilizaron: anemómetro de propela SPER Scientific 840032 incertidumbre 2 %, Datalogger 2003 incertidumbre < 5 %, termohigrógrafo TESTO 635 incertidumbre T: 0,1 °C; hr: 2 %, termohigrómetro Clock incertidumbre T: 0,1 °C; hr: 2 %, psicrómetro Assman MIC2 incertidumbre T: 0,2 °C; hr: 2 %. Para las temperaturas interiores de envolventes e inferiores de cubiertas se empleó un termómetro infrarrojo TECPEL 512, incertidumbre T: 0,5 °C.

Se efectuó un registro continuo de temperatura y humedad del aire en las viviendas estudiadas, con la ubicación de un registrador en cada sala y en el exterior simultáneamente mediante higrótermógrafos tipo Fisher. Con las mediciones sincronizadas de los períodos diurnos se calcularon índices bioclimáticos para evaluar el confort térmico, a través de la temperatura radiante (T) efectiva de Missenard (TEF), y la de globo de bulbo húmedo (WBGT). La evaluación estadística se efectuó por descriptores, modelos de regresión y espectro de potencia bivariado con los paquetes estadísticos SPSS v. 13,0 y Statistica v. 8,0.

Las series cronológicas horarias de temperatura y humedad, luego de estacionalizadas, fueron analizadas por espectro de potencia bivariado donde las temperaturas y la humedad del aire interior de la vivienda se colocaron en función de las intemperies (variables independientes).

RESULTADOS

RUIDO

Los niveles sonoros medidos en interiores y exteriores de las viviendas resultaron elevados para la consideración de nuevas urbanizaciones según la norma sanitaria vigente en el país. Los niveles Leq (A) de una hora medidos transgredían, tanto en interiores como exteriores, el nivel máximo admisible (NMA) de la norma NC 26 (2012) —nivel máximo admisible Leq 59 dB (AF), exteriores y NMA Leq 49 dB (AF), interiores— para ruido suburbano en nuevas urbanizaciones, lo que indicó contaminación sonora en el territorio del asentamiento humano y aun dentro de las viviendas. Tampoco se satisfizo el criterio de los picos de ruido, cuyos valores máximos permitidos se transgredían —Lmax: 65 interior y 80 dB (AF) exterior—. Por tanto, desde el punto de vista acústico, el ruido constituyó un problema sanitario en el asentamiento "La Coronela", de La Habana.

COMPONENTE MAGNÉTICO DEL CAMPO DE MUY BAJA FRECUENCIA (ELF)

Los valores del componente magnético del campo ELF en el conjunto de las viviendas FORSA estudiadas no alcanzaron el valor guía de la OMS de 8 mG —límite de exposición permanente por la conservación de la salud poblacional— por lo que pudieran considerarse exposiciones residenciales de baja intensidad tanto en la estación seca como la húmeda.

Las viviendas de los edificios 2303 resultaron los de mayores valores de campo magnético. Los resultados del estudio de octubre 2010, igualmente no mostraron tenores alarmantes del campo de baja frecuencia; incluso ellos fueron algo más reducidos que en febrero. De acuerdo con la orientación de la fachada, en la estación seca se apreció que en viviendas de fachada oeste el campo ELF fue ligeramente más intenso. Máximo, moda y mínimo estaban prácticamente superpuestos. En las estaciones seca y húmeda, concordantemente, se apreció que con el consumo de electricidad —electrodomésticos operando— el campo se incrementó en alguna medida. Así, en la estación se corroboraron valores algo mayores con el consumo de electricidad que con el no uso de energía eléctrica, aunque con tensión en la línea.

Existió poco contraste del campo magnético entre espacios funcionales de la vivienda; resultaron ligeramente mayores la terraza y la habitación 1, caso de la estación seca, con valores alrededor de 0,5 mG. En la húmeda la sala mostró el valor más alto del campo máximo medido, pero no excedió 1 mG en tendencia central.

ILUMINACIÓN

Los coeficientes de iluminación natural normalizados de las viviendas FORSA mostrados, resultaron aceptables desde la óptica sanitaria (Norma Ramal 05-87). El edificio 15 poseía los valores más favorables en febrero. En octubre, sin embargo, el coeficiente resultó menor que en febrero. La fachada sur presentó mejor coeficiente de iluminación natural en febrero, y la norte en octubre, lo que se explicaría por la declinación del paso solar.

Al analizar la distribución de la tendencia central en relación con los espacios funcionales de la vivienda, se apreció la sala en febrero y la terraza en octubre como locales de mejor iluminación relativa. Los coeficientes de reflexión de las paredes mostraron un conjunto de valores por debajo de lo apropiado (0,6 0,8) en tendencia central. Los coeficientes de reflexión de los pisos mostraron valores sobre los recomendados (no superiores a 0,20). La iluminación artificial se mostró reducida en tendencia central. En general la iluminación medida en octubre fue baja en todos los espacios funcionales de la vivienda FORSA, probable consecuencia de la baja luminosidad de las lámparas y de la carencia de un adecuado diseño de alumbrado.

MICROCLIMA, CALOR DE LA ESTRUCTURA Y PENETRACIÓN DEL VIENTO

Las series de tiempo de las temperaturas secas horarias del aire interior de viviendas de edificios FORSA mostraron viviendas en las que en el curso de algunos días las temperaturas interiores superaban las de intemperie sincrónica, en el marco de los casos estudiados en las dos estaciones climáticas del país.

La humedad relativa del aire interior mayormente excedía las humedades sincrónicas de intemperie en el período de la estación seca estudiado. En la húmeda solo en las mínimas exteriores se observó este comportamiento. Las viviendas de los edificios 15, 2303-07 y 2303-10 (multifamiliares de cinco plantas) presentaron tendencias centrales de temperatura seca horaria más altas que las de intemperie; no así las del edificio 13 (multifamiliar de tres plantas). Los picos de temperatura de febrero siempre resultaron mayores en los microclimas de las viviendas que en la intemperie; los mínimos absolutos fueron inferiores a la intemperie en las viviendas del edificio 13. En el caso de estudio de la estación húmeda, las tendencias centrales y extremos resultaron más moderados en los interiores, lo que sugiere cierta modulación térmica.

Entre las 7 y las 10 am, en tendencia central, las temperaturas secas interiores se encontraban mayormente bajo 26 °C en días de la estación seca, salvo las viviendas del edificio 2303-10, donde se encontró la temperatura interior más próxima a la exterior. Entre las 14 y 16 horas, para el caso estudio de la estación seca, algunas tendencias centrales de temperatura seca superaron los 27 °C. En el caso de la vivienda (apto. 2) del edificio 15 las temperaturas excedían los 28 °C tanto en interior como en la intemperie.

En el estudio de caso de la estación húmeda, al inicio del calentamiento radiativo (07 - 10 hs), las viviendas del edificio 2303 (cinco plantas) mostraron temperaturas próximas a 28 °C, alrededor de 0,5 1 °C mayor que la exterior sincrónica. En horas del mediodía de la estación húmeda las tendencias centrales de temperaturas secas interiores se encontraban alrededor de los 28 °C, en el rango de las exteriores. A partir de las 14 horas se observaron temperaturas interiores aun menos contrastadas con la intemperie. En la vivienda 5 del edificio 15, entre las 07 y las 10 horas, la temperatura resultó algo más fresca en tendencia central que la intemperie en los días estudiados de la estación seca. En la estación húmeda en este lapso de tiempo, ya las viviendas resultaron más cálidas que su entorno.

En el período de mayor insolación de la estación húmeda las tendencias centrales de las diferencias de temperatura fueron poco marcadas, lo que pudiera asociarse a la inercia térmica. En el período inicial de caldeo diario no se observaron contrastes sensibles de calor con la intemperie entre las viviendas de los niveles altos y las del nivel bajo en la estación seca. En la húmeda, en este lapso de tiempo el nivel bajo fue ligeramente más cálido en tendencia central que el alto.

En las horas de máxima insolación en el estudio de caso de la estación húmeda el contraste de temperatura con la intemperie fue nulo. Al iniciarse la reducción diaria de la insolación, en la estación seca el contraste de temperaturas con la intemperie fue casi nulo también, en tanto en la estación húmeda el nivel alto resultó ligeramente más cálido que la intemperie.

En la estación seca, en el horario de inicio del caldeo (07- 10 am) se apreció que en el conjunto de viviendas estudiadas no aparecía sensible contraste en la temperatura seca interior relativa a la intemperie con la presencia de aleros o no en la vivienda. Pero en la estación húmeda en igual lapso temporal el alero resultó en temperaturas interiores algo más cálidas que con la ausencia de aleros, lo que pudiera relacionarse con el ángulo de exposición al flujo radiante de las envolventes y/o una insuficiente dimensión de este.

En el lapso de máxima insolación, en la húmeda el alero no daba lugar a sensibles contrastes de temperatura del interior a la intemperie. La radiación abordaba el edificio en un ángulo cenital casi perpendicular al plano de la cubierta en este caso. Al iniciarse la reducción de insolación (14 a 16 horas) en ambas estaciones, la falta

de alero se asoció a temperaturas interiores ligeramente más cálidas que la intemperie, lo que pudiera asociarse a la inercia térmica de la edificación.

En el conjunto de viviendas estudiadas se apreció, en el horario de 07 a 10 am, que la sala resultaba algo más fresca que otros locales respecto a la intemperie en los días estudiados de la estación seca. En la húmeda, el patio y el pasillo resultaron los más cálidos respecto a la intemperie. Los contrastes sincrónicos de temperatura de los locales de la vivienda respecto a la intemperie en la estación seca resultaron ligeramente más cálidos en las habitaciones en las horas de inicio de la reducción del caldeamiento. En la estación húmeda, se reiteró el resultado en las habitaciones 1 y 3.

La tendencia central de la humedad relativa entre las 07 y las 10 horas se encontró mayormente sobre 70 % en las viviendas de los edificios 13 y 15 en la estación seca. Comparativamente, se apreció en la estación seca poco contraste de humedad al exterior en la mañana; lo mismo sucedió en la estación húmeda, excepto un edificio multifamiliar, el 2303-02, que fue más seco que la intemperie. En las horas iniciales de reducción de la insolación se confirmó en la estación seca el escaso contraste de humedad con la intemperie. En la estación húmeda, el pasillo y la terraza fueron algo más húmedos que la intemperie con poco contraste en los restantes espacios funcionales.

En el período de las 07 a las 10 horas y entre las 14 a 16 horas en ambas estaciones, el contraste de la humedad exterior a la interior en los niveles alto y bajo de las viviendas FORSA resultó concordantemente débil. En el período de las 07 a las 10 horas y entre las 14 a 16 horas en ambas estaciones, el contraste de la humedad relativa interior a la exterior con el uso o no de aleros en viviendas FORSA tendía a ser nulo, salvo en la estación húmeda, donde en horas de la mañana las viviendas sin alero resultaron algo más secas que la intemperie sincrónica. De las 07 a las 10 horas en la estación seca no apareció contraste sensible de temperatura seca con la orientación de la fachada.

En la estación húmeda en igual período de la mañana, y de las 14 a 16 horas en ambas estaciones, el contraste de la temperatura seca interior a la exterior con la orientación de la fachada en viviendas FORSA resultó algo más cálido en la fachada oeste, lo que pudiera relacionarse con la declinación orbital de la insolación proyectada a la fachada.

En el período de las 07 a las 10 horas en la estación seca, el contraste de la humedad relativa interior a la exterior con la orientación de fachada en viviendas FORSA resultó irrelevante. En la estación húmeda durante la mañana, las viviendas de fachada norte guardaron poco contraste de humedad con la intemperie. Entre las 14 y las 16 horas de la seca se observó poco contraste de humedad por orientación de fachada. En la estación húmeda, viviendas de fachada oeste fueron menos húmedas que la intemperie. Esto articuló con más alta temperatura interior que implicó el aumento de la capacidad de humedad a igual presión estática del aire.

La velocidad del viento interior contrastó por su reducida celeridad en relación con la velocidad exterior entre las 07 y las 19 horas en ambas estaciones climáticas. La relación exterior interior en medias fue de 2,49 en la estación seca y 5,67 en la húmeda, lo que reveló una penetración del viento débil al interior de la vivienda. La razón de la velocidad del viento interior al exterior, en horas de la mañana en ambas estaciones climáticas, fue casi nula en tendencia central en el conjunto de las viviendas de las edificaciones estudiadas. Entre las 14 y 16 horas se confirmó la debilidad de la penetración del viento. En horas de la mañana y la tarde temprana

tampoco se percibió contraste del viento con el nivel de la vivienda —solo ligeramente, en la tarde, estación seca— por lo que podría considerarse que el nivel de la vivienda no parecía estar influyendo de modo importante en la penetración del viento.

No se apreció influencia importante del alero en el cociente de la velocidad del viento interior respecto al exterior en períodos del día en ambas estaciones climáticas, exceptuando la estación seca en la tarde, donde la ausencia de alero se asoció a cocientes del viento interior a exterior algo mayores, lo que podría relacionarse con mayor velocidad de viento en la intemperie y favorable dirección en la proyección al plano del vano.

El viento interior resultó muy reducido en los diferentes espacios funcionales de la vivienda, lo que sugirió una reducida circulación general en el período de las 07 a las 10 horas durante el caso estudio de la estación seca. En la húmeda, en igual período, el patio y la habitación 1 tendrían mejor circulación de aire. En horas tempranas de la tarde, en ambas estaciones climáticas la terraza y la habitación 1 constituyeron espacios funcionales de relativa mayor circulación de aire.

En las tablas 1 y 2 se muestran percentiles característicos de las temperaturas de envolventes y cubiertas en los 4 períodos de estudio seleccionados entre las 07 y 19 horas. Se apreciaron temperaturas 1,5 2 °C mayores en octubre relativo a febrero en tendencia central. En octubre las viviendas de niveles altos mostraron cubiertas o entresijos más cálidos que la planta baja (26 vs. 25 °C). En febrero fueron más semejantes (24 °C). En octubre, los aleros no influyeron en las temperaturas de estructura (26 °C en envolventes y 24 °C en cubiertas). En febrero tampoco (24 °C).

Tabla 1. Temperaturas de cubiertas y envolventes de viviendas FORSA. "La Coronela", febrero 2011

| | | Temperatura borde inferior de la cubierta (°C) | Temperatura de la envolvente (°C) |
|-------------|---------|--|-----------------------------------|
| Percentiles | Válidos | 281 | 281 |
| | 10 | 22,0 | 21,6 |
| | 50 | 24,0 | 24,0 |
| | 90 | 25,5 | 27,5 |

Los índices bioclimáticos, calculados para las cocinas, permiten calificar el estrés térmico de las viviendas. Según el índice de temperatura de globo de bulbo húmedo (WBGT) sus percentiles 10, 50 y 90 fueron 21,4, 23,8 y 26,3 °C durante el mes de febrero correspondiendo con la estación seca. En octubre/2010, refiriendo la estación húmeda, estos percentiles fueron más elevados: 22,6, 24,9 y 26,5 °C, lo que confirma el período de octubre/2010 como de mayor caldeamiento que febrero/2011. Homólogos percentiles de la temperatura radiante en febrero fueron 23,9, 25,9 y 29,1 °C. En octubre, 26,7, 27,7 y 30,9 °C respectivamente. Los altos percentiles sugieren ocasional estrés de calor. Atendiendo la temperatura efectiva de Missenard (TEF), la mediana del aire de la cocina en febrero fue 27,7, en tanto en octubre fue de 29,4 °C durante el día solar. Estos valores coincidentemente señalan que en los interiores de las viviendas FORSA del estudio de caso de "La Coronela" hubo calor moderado en ambas estaciones.

Tabla 2. Temperaturas de cubiertas y envoltentes de viviendas FORSA. "La Coronela", octubre 2010

| | | Temperatura borde inferior de la cubierta (°C) | Temperatura de la envoltente (°C) |
|-------------|---------|--|-----------------------------------|
| | Válidos | 316 | 316 |
| Percentiles | 10 | 24,5 | 24,5 |
| | 50 | 25,5 | 26,0 |
| | 90 | 27,0 | 27,6 |

Los espectros de temperaturas secas horarias y la humedad relativa de intemperie e interiores mostraron características de persistencia lineal por su consistente caída exponencial con la frecuencia y hay un ciclo de período diario superpuesto con desfase mayormente de retardo en el interior de la vivienda. En febrero, la vivienda de fachada norte en planta baja (edificio 13) retardaba el ciclo respecto al exterior en 1 hora 56 minutos, en tanto en planta alta, 31 minutos. En el edificio 15 de fachada sur, el retardo interior en planta baja era de 31 minutos también y en planta alta de 1 hora 55 minutos. En los edificios 2303, de fachada oeste, los retardos del ciclo de período diario de planta alta fueron de 3 horas 8 minutos y de 3 horas 37 minutos en planta baja. En octubre, en las viviendas de la planta baja con fachada al norte, la periodicidad de 24 horas retardó 58 minutos dentro; en las viviendas de fachada oeste ubicadas en la planta baja, el retardo del ciclo en interiores alcanzó 6 horas 4 minutos en un caso y 1 hora 19 minutos en otro, en tanto en las viviendas de la planta alta atrasó 2 horas 14 minutos. En relación con la temperatura aparecieron algunos ciclos de muy baja frecuencia. En la fachada norte de la planta alta, en octubre, se detectó un ciclo común de 59 horas con retardo interior de 18 horas 41 minutos y en planta baja el retardo fue de 58 minutos. En fachada oeste, aparecieron ciclos interiores de período de 118 horas, con exteriores de 59.

Los espectros de humedad representables por exponenciales reflejaron persistencia igualmente con una periodicidad diaria superpuesta. En el caso de la humedad relativa, durante el monitoreo de febrero, en la vivienda de fachada norte planta baja del edificio 13, el ciclo de período diario apareció en contrafase en el interior de la vivienda respecto a la intemperie; en planta alta el retardo del aire interior fue de 4 horas 43 minutos. En el edificio 15 de fachada sur y en los 2303 de fachada oeste, el ciclo exterior de 24 horas no parecía repercutir dentro. En interiores, en plantas alta y baja apareció una periodicidad común de 36 horas. Esto sugiere una demodulación de frecuencia posiblemente asociada al efecto másico de estas edificaciones sobre el ciclo diario de intemperie. En el monitoreo de humedad de octubre, el período común de 24 horas en caso de fachada norte retardó en el interior de la vivienda de planta baja 5 horas 48 minutos, en tanto en planta alta se encontró en contrafase. En los 2303... de fachada oeste se manifestó una contrafase en la periodicidad diaria. En febrero aparece unánimemente un ciclo de tres horas de período en el edificio 13, fachada norte, con retardo de 1 hora 7 minutos en el aire interior. En fachada oeste, en el edificio 2303-10 apartamento 2, esta periodicidad de 3 horas retardó 1 hora 19 minutos en el aire interior. En los edificios de fachadas sur y oeste hubo un ciclo interior de 36 horas, otro de 29,5 horas en el interior de viviendas de edificios de fachada norte y sur, y 59 horas al norte y al oeste (2303-02 y 07). En ocasiones, un período externo de tres horas parecía demodularse dentro.

DISCUSIÓN

En este estudio de tipología de vivienda FORSA existía calor moderado en las dos estaciones estudiadas, que fue algo más cálido en las viviendas de edificios multifamiliares de cinco plantas. La temperatura y la humedad relativa en algunos casos exceden los valores de la intemperie. Estos resultados coinciden con los hallados en el estudio de tipologías Pequiven, en el asentamiento "Simón Bolívar", de la ciudad de Cienfuegos. En estas, el disconfort térmico en el interior de las viviendas está asociado al escaso intercambio de aire, al diámetro de abertura de las ventanas y a la no utilización del aislamiento térmico de las cubiertas.¹⁴ Los resultados alcanzados también coinciden con el estudio realizado en el Asentamiento "Los Palacios",¹⁵ donde se han construido viviendas Pequiven; no obstante, la vivienda con cubierta de polietileno presenta un clima algo más favorable.

Desde el punto de vista de riesgos físicos de la vivienda a la salud, los resultados del estudio realizado en la vivienda Metaform, erigida en Santa Fé, La Habana, son favorables. Allí las temperaturas secas del aire, la humedad relativa y el viento se mostraron en rangos aceptables; las temperaturas de cubiertas y envolventes no resultaron elevadas como para constituirse en radiadores infrarrojos de importancia para el caldeoamiento del aire interior,¹⁶ lo que no se comporta así en el diseño de Viviendas Petrocasas del Asentamiento "Simón Bolívar".

Los resultados encontrados en relación con el elevado coeficiente de reflexión del piso en las viviendas estudiadas coinciden con los hallados en las viviendas Petrocasas, del asentamiento "Simón Bolívar" y de "Los Palacios",^{14,15} que expone a sus residentes a deslumbramiento y riesgo de accidentes.

El campo ELF evaluado en este estudio se corresponde con las mediciones de otras viviendas tipologías de las construidas en el país, como Petrocasas y METAFORM,¹⁴⁻¹⁶ que no se consideran como riesgo sanitario por esta causa. El nivel sonoro incumplió la norma sanitaria vigente NC 26 (2012) aplicada para nuevas urbanizaciones,¹¹ lo que coincide con el estudio realizado en las viviendas Petrocasas, del asentamiento "Simón Bolívar", donde existe contaminación acústica moderada en exteriores e interiores durante la estación seca del año.¹⁴ Sin embargo, en las Petrocasas, del asentamiento de "Los Palacios", el nivel sonoro no transgrede los valores sanitarios.¹⁵

El material constructivo es un elemento que no debe ser pasado por alto en la evaluación sanitaria de la vivienda¹⁷ y deberá ser cuidadosamente evaluado en el futuro por la posibilidad de emitir Rn 222, con creciente tasa de emisión con el aumento de la humedad, lo que puede constituir un factor de riesgo de cáncer en las vías respiratorias.⁹

Se concluye que el ambiente interior de las viviendas FORSA presenta un clima ligeramente inconfortable para los residentes, independientemente del nivel de la vivienda y la presencia de aleros. El componente magnético del campo de baja frecuencia ELF y la iluminación natural se encuentran en los rangos permitidos desde la óptica sanitaria, lo que no ocurre así con la iluminación artificial. El nivel sonoro de exteriores e interiores de las viviendas FORSA constituye un problema sanitario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud/Organización Panamericana de la Salud/ División de salud y ambiente. Documento de posición OPS sobre Políticas de salud en vivienda, 1999 [Internet]. Washington, DC: OPS/OMS; 1999 [citado: 10 enero 2010]. Disponible en: <http://www.cepis.opsoms.org/bvsasv/e/iniciativa/posicion/posicion.html>
2. Kjellstrom T. Our cities, our health, our future: Acting on social determinants for health equity in urban settings. Geneva: WHO Commission on Social Determinants of Health; 2007.
3. World Health Organization. Health in the Green Economy: Health co-benefits of climate health mitigation housing sector. Geneva: WHO; 2011.
4. Pauli G. The Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs. Report to the club of Roma. New México: Paradigm Publications; 2010.
5. Romano D. Medio Ambiente, Construcción y PVC. Ciudades libres de PVC. Greenpeace, Boletín CF+S [Internet]. 1998 [citado: 10 enero 2010]; (5). Disponible en: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n5/adrom.html>
6. Repacholi MH, Greenebaum B. Interaction of static and extremely low frequency electric and magnetic fields with living systems: health effects and research needs. Bioelectromagnetics [Internet] 1999 [cited 19 Jun 2012]; 20(3): 133-60. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/%28SICI%291521-186X%281999%2920:3%3C133:AID-BEM1%3E3.0.CO;2-O/abstract>
7. Barceló C. Riesgos físicos. Multimedia. La Habana: Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología; 1999.
8. Environmental Protection Agency. Indoor Air Facts No. 4 (revised) Sick Building Syndrome. Indoor Air.US EPA Document. Atlanta: EPA; 2005.
9. Cojnuta ER, Van der Graaf M. Moisture dependence of radon transport in concrete measurements and modelling. Health Physics. 2003; 85(4): 438-56.
10. Yu KN, Young ECM, Chan JF, Balesdran RB. The variation of radon exhalation rate from concrete surfaces of different ages. Building and Environment. 2007; 31(3): 255-7.
11. Cuba. NC-26-2012. Norma de Ruido en zonas habitables. Requisitos higiénicos sanitarios. La Habana: Oficina Nacional de Normalización; 2012.
12. Health Effects and Exposure Guidelines 2011 [Internet]. Revised edition. New Zealand: National Radiation Laboratory, Ministry of Health; 2011 [cited 19 Jun 2012]. Available from: <http://www.nrl.moh.govt.nz/publications/emfbooklet.pdf>
13. Norma Ramal NRMC 05/85. Iluminación natural. La Habana: Ministerio de la Construcción; 1985.
14. Guzmán Piñeiro R, Barceló Pérez R, Ramírez Sotolongo J, et al. Peligros físicos a la salud en tipologías de viviendas Petrocasas en el Asentamiento "Simón Bolívar",

de Cienfuegos. Informe Técnico. La Habana: Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología; 2010.

15. Barceló Pérez C. Mejoramiento de la cubierta Pequiven. Informe Técnico. La Habana: Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología; 2012.

16. González Sánchez Y, Barceló Pérez C, Ramírez Sotolongo Juan C, et. al. Evaluación de riesgos físicos en la vivienda METAFORM. Informe Técnico. La Habana: Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología; 2012.

17. Mason Hunter L. Choosing Healthy Building Materials, 2007 [Internet]. Boise, ID, USA: Healthy House Institute, LLC; 2006-2012 [cited 19 Jun 2012]. Available from: http://www.healthyhouseinstitute.com/a_799-Choosing_Healthy_Building_Materials

Recibido: 12 de noviembre de 2012.

Aprobado: 20 de enero de 2013.

Dr. C. *Carlos Barceló Pérez*. Infanta 1158 e/ Llinás y Clavel. Centro Habana. Código postal 10300, La Habana, Cuba. Correo electrónico: barcelo@inhem.sld.cu