

LA IDENTIFICACIÓN DE LA ISLA URBANA DE CALOR COMO HERRAMIENTA DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN EN LA EVALUACIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

de **SCHILLER, Silvia; EVANS, John Martin**
sdeschiller@gmail.com, evansjmartin@gmail.com

Maestría Sustentabilidad en Arquitectura y Urbanismo,
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo,
Universidad de Buenos Aires

Resumen

La isla urbana de calor, IUC, evidencia del impacto del hábitat construido sobre el medio físico, que modifica el ambiente al aumentar la temperatura de la ciudad, debido principalmente al uso intensivo de energía en edificios, sumado a la absorción y almacenamiento de calor en pavimentos y masa edificada. La serie de experimentaciones presentados tiene por fin demostrar y evaluar la intensidad de la IUC de ciudades latinoamericanas en distintos climas. Se presenta la metodología y las técnicas de medición utilizadas con automóviles y bicicletas para registrar la distribución espacial de temperatura de la ciudad al atardecer, hora de mayor intensidad de la IUC. Los resultados permiten relacionar las temperaturas y la morfología del tejido urbano, porosidad, densidad y vegetación, indicando aumentos en zonas de gran consumo de energía en edificios, y la disminución de temperatura en parques y superficies de agua, evidenciando la importancia de conservarlos y potenciarlos en el marco del desarrollo sustentable.

Palabras clave

Energía renovable, Eficiencia energética,
Planilla electrónica, Integración en arquitectura

Introducción

La isla urbana de calor, IUC, es importante evidencia del impacto del hábitat construido sobre el medio físico modificando el ambiente al aumentar la temperatura en espacios exteriores. Esta modificación de las condiciones ambientales se debe principalmente al uso intensivo de energía en el hábitat edificado, comprendido en el almacenamiento de calor acumulado en los pavimentos de vías de circulación y la contextura de la masa edilicia. El fenómeno de la isla de calor fue estudiado extensivamente por Oke (1991) y Santamouris (2001), mientras los estudios en países latinoamericanos presentan todavía menor grado de desarrollo.

La primera parte del trabajo presenta una serie de estudios experimentales realizados con la finalidad de demostrar y evaluar la intensidad de la IUC de ciudades latinoamericanas emplazadas en distintos climas: Buenos Aires y Río Gallegos en Argentina; Tampico en México; Quito en Ecuador y Santiago de Chile.

Estos estudios con fines didácticos fueron realizados en el marco de seminarios de posgrado a cargo de los autores con la participación de los alumnos. Los ejercicios incluye aplicación de técnicas de medición de la variación de temperaturas a escala urbana, la elaboración de gráficos demostrativos de la distribución e intensidad de estos valores en relación con la morfología urbana y edilicia, la densidad y ubicación de espacios verdes, con el correspondiente análisis de los resultados obtenidos.

A tal fin, el trabajo presenta la metodología y las técnicas de medición utilizadas con una red de automóviles en la mayoría de los casos, y la incorporación de bicicletas en casos particulares, organizadas para registrar la distribución espacial de la temperatura en la ciudad al atardecer, hora de mayor intensidad de la IUC, además de permitir registros de temperatura evitando el impacto de la radiación solar directa o indirecta sobre la masa edificada.

Los resultados han permitido relacionar las temperaturas registradas con la morfología del tejido urbano, su porosidad y densidad, así como la presencia de vegetación y espejos de agua, indicando claramente aumentos en zonas de gran consumo de energía en edificios, y la disminución de temperatura en parques y superficies de agua, evidenciando la importancia de conservarlos y potenciarlos en la composición de la ciudad.

Los estudios fueron complementados con relevamientos in-situ a escala micro urbana, sumados a registros ambientales y mediciones de condiciones climáticas, junto con la observación directa de la respuesta de participación social y el comportamiento de los usuarios.

El aumento debido a la IUC se suma al fenómeno del calentamiento global con consecuencias directas sobre el confort, el bienestar, la salud y la demanda de energía para el acondicionamiento ambiental requerido en el hábitat edificado.

Trabajos recientes de la Agencia Internacional de Energía (2020) evidencian la preocupación ante los múltiples impactos de la creciente demanda de enfriamiento en edificios.

Los estudios demuestran la importancia que presentan diversos procesos de experimentación a escala urbana para obtener datos tangibles a considerar en las decisiones de planeamiento urbano y diseño edilicio por su impacto sobre las condiciones ambientales de la ciudad. Los resultados obtenidos en estas prácticas didácticas han permitido identificar relevantes impactos y útiles medidas de mitigación para ser difundidos e incorporados en los códigos municipales de ordenamiento urbano y de edificación, y provinciales sobre el uso del suelo.

La búsqueda de evidencias permite relacionar causas y efectos de los impactos de la ciudad al ambiente. Estas experiencias promueven la percepción directa y la ponderación cuantitativa de fenómenos urbanos, constituyéndose en herramientas prácticas de evaluación de la calidad de espacios urbanos en el marco de la sustentabilidad del hábitat construido.

La segunda parte del estudio presenta el análisis de la potencial influencia de la formación de la IUC sobre la definición de niveles de aislación térmica en la edificación, considerando que las Normas IRAM de acondicionamiento térmico se relacionan con las temperaturas de la localidad, especialmente respecto a la temperatura mínima de diseño.

Ejemplos de mediciones de la IUC

Los siguientes ejemplos de mediciones de la IUC fueron realizados con mediciones móviles, utilizando una serie de automóviles con registradores automáticos de temperatura para medir temperaturas durante recorridos simultáneos en distintos circuitos en periodos de aproximadamente una hora de duración. Las mediciones fueron realizadas después de la puesta del sol, a fin de evitar el impacto directo de sol, y en un momento favorable de desplazamiento en la ciudad que permitiera detectar la máxima intensidad de la IUC. Cabe aclarar que los estudios fueron realizados principalmente como ejercicios demostrativos de la experimentación para mostrar y medir este fenómeno. Los resultados resultan así ser indicativos de la forma e intensidad de la isla urbana de calor, aunque solamente indican las condiciones en días específicos en una hora después de la puesta del sol.

Las mediciones realizadas arrojaron los siguientes resultados en ciudades de distinto tamaño, localizadas en diferentes latitudes, configuración topográfica y características climáticas.

Buenos Aires, Ciudad Capital de Argentina

En Buenos Aires, el estudio de la isla de calor corresponde a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, CABA, excluyendo la zona metropolitana circundante. Esta limitación se debe al tiempo máximo de una hora aproximadamente y el consecuente alcance de los recorridos. Los dos experimentos en Buenos Aires (de Schiller, Evans, y Katzschner, 2001) corresponden a los meses de junio y octubre, con temperaturas mínimas de 10,5° C y 23° C respectivamente. La temperatura máxima fue 13,5° en junio, época de invierno, y 26,5° C en octubre, en primavera, detectándose una diferencia de 3 grados en ambos casos.

Las figuras indican la influencia de los espacios verdes, el impacto moderador del Río de la Plata y el efecto del viento sobre la forma y distribución de la isla urbana de calor, presentando mayores temperaturas en las zonas de mayor densidad edilicia y de población. En ambos casos, el Observatorio Central, donde se realizan mediciones climáticas, se encuentra en la zona de alta intensidad de la IUC.

Tampico, Estado de Tamaulipas, Golfo de México

Las condiciones ambientales en la ciudad corresponden a un clima cálido y húmedo, que cuenta con temperaturas de 26° C cerca al mar, 27° en el Río Pamuco y las lagunas, y una temperatura máxima de 30° en el centro urbano.

Los registros también detectaron puntos de mayor temperatura de 29°C aproximadamente, en una zona de centros comerciales con grandes superficies de pavimento en los estacionamientos de automóviles y en las extensas carreteras adyacentes, así como en un conjunto de vivienda de alta densidad aunque alejado del centro urbano.

Las mediciones también demuestran la influencia moderadora que producen las superficies de espejos de agua, contrastando con el aumento de temperatura registrado en zonas con alta proporción de pavimento y muy limitada vegetación.

Santiago de Chile, Ciudad Capital de Chile

Las mediciones de temperatura fueron realizadas en el mes de octubre a las 21 horas con temperaturas mínimas de 12° C. Estos valores fueron registrados en

campo abierto alrededor del aeropuerto al noroeste de la ciudad y en zonas urbanas de mayor altura hacia el este. Se detecta la diferencia de 350 metros de altura del tejido urbano, influyendo claramente en los registros.

En la zona céntrica, las temperaturas alcanzaron 16° grados durante el periodo de medición. Sin embargo, las mediciones en la zona céntrica muestran importantes variaciones en áreas reducidas, debido a la influencia del tránsito, la presencia de pavimentos y la composición de la densa edificación que, en su conjunto, contribuyen a aumentar la temperatura local, mientras las zonas de parques, la presencia del río y los espacios abiertos tienden a reducir la temperatura.

Quito, Ciudad Capital del Ecuador

La ciudad presenta marcadas variaciones según la variación topográfica, donde influye la altura sobre el nivel del mar, 2970 m en la carretera al oeste y 2389 m en Guápulo en el valle al este. Esta diferencia de 600 metros muestra una clara diferencia sobre las temperaturas registradas, registrándose un aumento de hasta 2 grados en el descenso al valle a través de las quebradas que identifican la morfología urbana resultado de la estructura territorial. Las temperaturas más elevadas corresponden a las calles angostas con densa edificación del Centro Histórico, mientras el Parque de La Carolina presenta una temperatura casi un grado menor al de la zona urbana circundante.

Las mediciones en la Ciudad de Quito también indican el importante impacto del tránsito en la distribución de temperatura urbana. En las principales intersecciones con la presencia de semáforos o concentración de vehículos agrupados, la temperatura aumenta considerablemente. El caso más notable fue la temperatura registrada en el túnel de la carretera con tránsito denso y constante, registrándose un aumento de tres grados.

En el centro de la ciudad colonial el Centro Histórico, primer Patrimonio Cultural de la Humanidad, la temperatura alcanzó 20° C, mientras el registro en el Parque de La Carolina fue 15,5° C, con temperaturas típicas en la zona urbana de 16 a 17° C.

Río Gallegos, Provincia de Santa Cruz, Argentina

La última serie de mediciones fueron realizadas en el mes de junio en la Ciudad de Río Gallegos, Santa Cruz, con clima muy frío y ventoso (de Schiller, Evans, y Katschner, 2001). La temperatura en el aeropuerto fue menor a -1°C, muy ventoso y nublado, con manchas de nieve en las zonas suburbanas. La ciudad presenta edificación baja, sin industrias significativas y con muy limitado movimiento vehicular durante el período de mediciones. Esta combinación no favorece la formación de una isla de calor, pero las mediciones demuestran

una importante variación de temperatura entre el aeropuerto y el centro. Mientras cerca del aeropuerto y en zonas abiertas al sur de la ciudad las temperaturas registradas eran inferiores a -1°C , en el centro de la ciudad la temperatura alcanzó $+3^{\circ}\text{C}$. La zona de baja densidad en los terrenos militares tiene menor temperatura, mientras las isolíneas indican la fuerte influencia del viento predominante proveniente del oeste, típico de la extensa región patagónica argentina. La importante intensidad de la Isla Urbana de Calor en este caso es resultado del impacto de la energía utilizada en la ciudad, dada la fuerte demanda de calefacción en viviendas y otros edificios, junto con los niveles insuficientes de aislación térmica que presentan las envolventes edilicias.

Resumen de los casos

Los experimentos presentados indican una importante variación de las temperaturas registradas en zonas urbanas, presentando diferencias de 3 a 5 grados. Esta diferencia corresponde a una hora específica del día al momento de la medición, considerando que este intervalo no se mantiene en forma constante. El aumento de la temperatura en zonas céntricas en invierno, si bien favorece la reducción de la demanda de calefacción, en gran medida es resultado de las pérdidas de calor de las edificaciones sin adecuada aislación térmica. Por otro lado, la IUC no es positiva en verano en climas cálidos debido al aumento en la demanda de enfriamiento para lograr confort térmico.

Dada la importancia que presenta este caso, en la próxima sección se analiza la relación entre la formación e impacto de la ICU y la introducción de aislación térmica en las envolventes edilicias.

Impacto de la IUC sobre normas de acondicionamiento térmico

Los estudios demuestran la intensidad de la isla de calor, en un instante de tiempo. En esta sección, se analiza el posible impacto de la isla de calor en la demanda de energía para acondicionar edificios y la propuesta de modificar las bases de normativas para establecer niveles apropiados de aislación térmica en muros y techos. Esto responde a inquietudes presentadas en el Subcomité de Acondicionamiento Térmico de IRAM, con el argumento que un aumento de la temperatura de diseño permitirá alcanzar una reducción en la exigencia para aislar térmicamente los edificios.

La Norma IRAM 11603 (2012) vigente expresa en su anexo informativo, C.6. 'Consideraciones Generales sobre Microclimas: Pueden registrarse incrementos como máximo 3°C con respecto a las zonas de baja densidad edilicia'.

Si bien este texto es correcto y comprobado en los estudios citados en este trabajo, no corresponde aplicar este intervalo a las temperaturas mínimas de diseño o a la medición de grados días que determina los niveles de aislación térmica.

La diferencia instantánea puede resultar alrededor de 3° grados en mediciones puntuales, según el intervalo, periodo o fecha de medición. Sin embargo, las temperaturas mínimas de diseño están basadas en registros de 30 años de mediciones del SMN, Servicio Meteorológico Nacional, y no en registros puntuales de investigaciones realizadas con fines experimentales.

En el contexto de la Norma IRAM 11603 (2012) y su aplicación en las Normas IRAM 11604, 11605 (1996), 11625 y 11630, la importancia de la IUC reside en su impacto sobre la temperatura mínima de diseño en invierno y en los grados días de calefacción. Los datos pueden ser utilizados para el dimensionamiento de equipos de calefacción y refrigeración, aunque los asesores en termomecánica normalmente utilizan otras fuentes.

Un análisis de los datos procesados de las siguientes ciudades de Argentina indica el rango de intensidades de la IUC, según su población:

Buenos Aires:

En el centro de la región de CABA y Gran Buenos Aires, el Observatorio Central ubicado en zona urbana densamente poblada tiene una temperatura mínima de diseño de 0,1° C según la Norma IRAM 11603 (2012). Se puede comparar este registro con otras estaciones meteorológicas de la región, tal como se indica a continuación:

- **Aeroparque:** Los registros en esta zona abierta indican una temperatura mínima de diseño de +1,7°, 1,6 grados K más que la zona urbana, resultado del efecto moderador del Río de la Plata.
- **San Fernando:** Los registros indican una temperatura mínima de diseño de 2,2 grados menor a la del Observatorio, con resultados similares en el Observatorio de San Miguel.
- **Ezeiza:** La temperatura mínima de diseño en el Aeropuerto Internacional es 3,4 grados menor que la del Observatorio, aunque el aeropuerto se ubica a 27 km de la costa del Río de la Plata. En parte, esta diferencia se debe a la 'continentalidad' con mayor amplitud térmica en zonas alejadas de la costa, afectando especialmente las temperaturas mínimas

Córdoba

En esta ciudad, con una población de 1,38 millones, el Observatorio está ubicado en una zona urbana consolidada a solamente 1 km del centro.

Los registros indican una temperatura mínima de diseño de -2,9° C, con una diferencia de +1,6 grados que, comparado con el aeropuerto ubicado en zona

rural, presenta una temperatura mínima de diseño de $-4,3^{\circ}\text{C}$ (basado en 30 años de datos del SMN incorporados en la Norma IRAM 11603, 2012). Estos valores no corresponden a la temperatura mínima registradas en las últimas horas de la noche, sino al análisis de la totalidad de los registros invernales.

La Plata

La temperatura media mensual en el Observatorio Astronómico de La Plata fue de $10,4^{\circ}\text{C}$ y $7,9^{\circ}\text{C}$ en junio y julio respectivamente, comparado con temperaturas de $9,7^{\circ}$ y $8,9^{\circ}\text{C}$ en el Aeropuerto de La Plata en los mismos meses. La intensidad promedio de la isla de calor se encuentra entre 0,7 y 1,0 grados (Viegas et al, 2016).

Bahía Blanca

Según Alicia M. Capelli de Steffens, et al (2006) “En el invierno, Bahía Blanca origina una isla de calor, con pequeños gradientes de temperatura ($DT_{u-r} = 1^{\circ}\text{C}$). Por el contrario, en la experiencia de verano, la ciudad no generó una isla de calor sino lo que se denomina “isla fría” con una temperatura urbana 3 grados menor que la temperatura en zona rural.

Otro problema, detectado con la posible modificación de las temperaturas de diseño, es la variación de la intensidad de la IUC desde las zonas céntricas consolidadas hasta las zonas periféricas en los límites de la zona urbanizada. Se considera muy inapropiado dejar la evaluación de la intensidad de la isla de calor y la resultante aplicación de las normas de aislación térmica al criterio subjetivo de cada proyectista.

Conclusiones

La intensidad máxima de la isla de calor afecta la temperatura mínima de diseño con los siguientes resultados:

En la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, la intensidad de la isla de calor es aproximadamente de 2 grados en las zonas céntricas, mientras en las ciudades de segundo orden, como Córdoba y Rosario, la intensidad es menor, con valores de aproximadamente 1,6 grados. En ciudades de menor población, como Bahía Blanca y La Plata, la diferencia disminuye aproximadamente en 1 grado.

Como resultado de los estudios realizados, se propone el siguiente texto para su incorporación en la actualización de la Norma IRAM 11603 (1996): ‘Durante el invierno, la demanda de calefacción puede reducirse levemente en algunas ciudades como resultado del calentamiento asociado a la Isla Urbana de Calor’. El efecto contrario se produce en verano con el aumento de los requerimientos de refrigeración debido a la mayor temperatura urbana. En ambos casos, el uso de energía en las instalaciones de calefacción y refrigeración contribuye a la

intensidad de la Isla Urbana de Calor. Dada la variación espacial y temporal de la temperatura, los proyectistas requieren contar con indicaciones claras y fundamentadas para establecer los niveles de aislación térmica a implementar en los proyectos según las condiciones de la localidad correspondiente.

La IUC resulta del impacto combinado de la edificación y del uso de energía empleada para actividades urbanas, tránsito vehicular privado y transporte público, y acondicionamiento térmico de edificios e industrias. Su intensidad es un claro y evidente indicador de la ineficiencia en el uso de energía del hábitat edificado y sus impactos resultan altamente indeseables al ambiente que redundan negativamente en la salud, bienestar y productividad de la población, componente social y económico en el marco del desarrollo sustentable.

En este contexto, los estudios presentados identifican las siguientes medidas de mitigación a implementar:

- Conservar los espacios verdes y espejos de agua comprendidos en la zona urbana.
- Reducir las superficies de pavimento y controlar los valores de FOS, Factor de Ocupación del Suelo.
- Evitar excesivas densidades edilicias y calles muy angostas dificultando la presencia de arbolado urbano.
- Promover mayor eficiencia energética en edificaciones y vehículos.

Si bien la IUC puede disminuir levemente las pérdidas de calor de edificios, no justifica la reducción de espesores de aislación térmica en muros y techos.

Las técnicas de medición y análisis de la IUC son herramientas valiosas para comprender los impactos ambientales del hábitat construido e identificar las medidas que contribuyan a promover un desarrollo urbano más sustentable.

Referencias

de Schiller, S., Evans, J. M. y Katzschner, L. (2001). Isla de calor, microclima urbano y variables de diseño: estudios en Buenos Aires y Río Gallegos, pp 1.45-1.50, en *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 5, Universidad Nacional de Salta.

Evans, J. M., y de Schiller, S. (2004), La isla de calor en ciudades con clima cálido-húmedo: el caso de Tampico, México, en *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 6, Universidad Nacional de Salta.

Farinella, A. (2016). *Buenos Aires y su Isla de Calor, análisis geoestadístico 1912 – 2014*, Universidad del Salvador, Facultad de Historia, Geografía y Turismo, CABA.

IRAM (1996). Norma IRAM 11605:1996, *Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación, IRAM, Buenos Aires.

IRAM (2012). Norma IRAM 11603:2012, *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina*, Instituto Argentino de Normalización y Certificación, IRAM, Buenos Aires.

Leveratto, M. J., de Schiller, S. and Evans, J. M. (2000). Buenos Aires urban heat island intensity and environmental impact, in Steemers, K. and Yannas, S. (Eds.), *Architecture-City-Environment, Proceedings of PLEA 2000*, Cambridge, James & James Ltd, London.

Murillo, F. y de Schiller, S. (1996), Efecto de la isla de calor y planificación urbana: Buenos Aires, análisis de caso, en CAM-1996, *Actas del V Congreso Argentino de Meteorología, Impacto de las variaciones climáticas en el desarrollo regional: un análisis interdisciplinario*, Centro Argentino de Meteorólogos, Buenos Aires.

Oke, T. R., et al, (1991). Simulation of nocturnal surface urban heat islands under 'ideal' conditions: model validation and use as a diagnostic tool, in Bitan, A., (Ed.) *Urban climate, planning and building. IFHP-CIB-WMO-IGU Proceedings of the International Conference on Urban Climate, Planning and Building*, Elsevier Sequoia, Lausanne.

Oke, T. R., Taesler, R. and Olsson, L. (1991). The Tropical Urban Climate Experiment (TRUCE) in Bitan, A, (Ed.) *Urban climate, planning and building. IFHP-CIB-WMO-IGU, Proceedings of the International Conference on Urban Climate*, Planning and Building, Elsevier Sequoia, Lausanne.

Oke, T., Taesler, R. and Olsson, L. E. (1991). The Tropical Urban Climate Experiment (TRUCE), *Energy and Buildings*, 15-16 (1990-1991) pp 67-73.

Santamouris, M. (2001c), The heat island effect, in Santamouris, M., (Ed.) *Energy and climate in the urban built environment*, James & James, London.

Viegas, G., Chevez, C., San Juan, G. y Discoli, C. (2016). Efecto de las Condiciones Micro Climáticas sobre la Potencialidad Energética de Mosaicos Urbanos Representativos. El caso de la Ciudad de La Plata, *en Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 20, pp 01.49-01.60.