

IMPACTO AMBIENTAL DE SOL Y VIENTO EN ESPACIOS URBANOS: ESTUDIO Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO AL ENTORNO DE EDIFICIOS EN ALTURA

Silvia de Schiller y John Martin Evans

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

Tel. +11 47919310 – e-mail: sdeschiller@gmail.com

RESUMEN: Este trabajo presenta estudios de evaluación del impacto de sol y viento en espacios urbanos alrededor de edificios en altura y en su entorno, realizados en respuesta a objeciones presentadas en una audiencia pública de CABA en un Estudio de Impacto Ambiental. A tal fin, se analizaron las condiciones aceptables en espacios urbanos, habiéndose determinado el régimen de sol, impacto de sombras, reflejos molestos y modificación del viento en la zona en estudio. En ese marco, se realizaron simulaciones del impacto de sol y viento complementariamente con programas de simulación numérica y maquetas físicas en el heliodón, simulador del impacto de sol, y en el túnel de viento. Se compararon las condiciones ambientales aceptables con las condiciones antes y después de construir el nuevo proyecto y se analizaron los resultados, proponiendo recomendaciones para estudios de impacto ambiental de edificación en altura en entornos urbanos.

Palabras claves: Impacto ambiental, viento, sol, edificación en altura, código de ordenamiento urbano.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los estudios de Evaluación de Impacto Ambiental, EIA, introducidos en Estados Unidos en 1969, tuvo por objetivo detectar, evaluar y mitigar las posibles consecuencias de grandes proyectos de infraestructura como represas y autopistas (USC, 1969). Posteriormente, se realizaron en Europa a través del Directivo de Evaluación del Impacto Ambiental (EU, 1985). En Argentina, la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable establece las condiciones y la metodología para los EIA (SAyDS, 2019). Finalmente, el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires estableció la obligación de realizar la EIA de grandes proyectos urbanos (GCABA, 2020).

Dado que los estudios de Evaluación de Impacto Ambiental tienen por objetivo establecer posibles consecuencias de emprendimientos edilicios, analizar el grado de aceptabilidad, evaluar alternativas, identificar medidas de mitigación y presentar conclusiones, son generalmente desarrollados por el promotor o proponente, con la evaluación por un auditor, y difusión de los resultados según la Resolución 339 de SAyDS.

Cabe notar que en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires se realizan audiencias públicas para proyectos urbanos, y en ese marco, los EIA abarcan los posibles impactos en la etapa de construcción, uso y eventual demolición. Sin embargo, los estudios convencionales de evaluación de proyectos urbanos no incluyen las modificaciones ambientales que producen los flujos y aceleraciones de viento ni el impacto de reflejos o la proyección de sombras, limitando el acceso al sol y la disponibilidad del recurso natural para la implementación de sistemas solares en el entorno urbano del proyecto propuesto.

En este marco, el presente trabajo surge como resultado de la audiencia pública de un proyecto que proponía la construcción de tres torres de 100 m de altura en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. En esa audiencia, algunos oponentes al proyecto comentaban su preocupación sobre posibles impactos de

sombras, la intensificación de la Isla Urbana de Calor, IUC, y aceleraciones de viento. Como resultado, se realizaron estudios de las modificaciones de sol y sombras, velocidad de viento y reflejos molestos.

Los estudios analizaron los impactos potenciales del proyecto en su entorno, tales como: espacios de circulación vehicular, peatonal y de bicicletas, espacios abiertos y posibles impactos en fachadas de edificios y sectores particulares de propiedades en la zona de influencia del proyecto.

Observaciones y respuestas a la Audiencia Pública, CABA.

El Plan Urbano Ambiental, en su Artículo 25, prevé la realización de audiencias públicas con el fin de promover la participación social en la evaluación de proyectos urbanos. Por su envergadura y ubicación estratégica, el proyecto planteado requiere un estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, su presentación y discusión en una Audiencia Pública, la que se realizó el 15 de marzo de 2022, contando con amplias posibilidades de participación. A tal fin, cabe mencionar que la evaluación de los aspectos considerados, registrados por la Agencia de Protección Ambiental, APA, de CABA, incluye:

- Por “la fragmentación del Estudio de Impacto Ambiental en dos manzanas, se observa que no se realizó una evaluación integral de los impactos ambientales acumulados que incluyan al emprendimiento en su conjunto”.
- “... se observa el impacto por radiación solar que generarán las fachadas de vidrio como las sombras que creará el proyecto sobre todo su entorno”. Indicando textualmente: “... no analiza el impacto ambiental por radiación solar ni por isla de calor”.
- “... no se mencionan las sombras que este proyecto generará a las miles de viviendas que hay en el entorno y, como se demuestra en los gráficos que se adjuntan, quitando la condición vital que nos garantiza el Plan Urbano Ambiental”.
- “No hay análisis de la aceleración de los vientos y, además de lo expresado por la oradora anterior, decimos que, por un lado, tenemos la aceleración de los vientos a nivel de calle, pero hay un segundo efecto que se genera cuando se trata de varias torres, el conocido “Efecto Ventury” (sic) o “canalización”; se trata de una aceleración del viento que sucede cuando éste tiene que pasar por un espacio estrecho...”.
- “... al margen de la impermeabilización del suelo y la remoción de árboles, en este estudio no se analiza la inercia térmica que generarán los materiales con los que se construirán los edificios”.

Los comentarios e inquietudes presentados en esa audiencia pública demuestran la preocupación de posibles impactos ambientales del proyecto que no fueron incluidos en el informe de EIA. Se considera acertado el comentario sobre la necesidad de contemplar la interacción con otros proyectos previstos, aunque no están totalmente definidas. Sin embargo, los comentarios no presentan los fundamentos técnicos desarrollados. Como resultado, se realizaron estudios sobre la proyección de sombras, tanto para la evaluación de horas de sol recibidas en invierno como la reducción de la radiación solar, la modificación del régimen de viento y la proyección de reflejos molestos en fachadas vidriadas. El estudio de EIA no incluye los impactos ambientales en el mismo proyecto, tales como aceleración de viento por el ‘efecto de embudo’ entre las torres o el cumplimiento de las normas de asoleamiento. Estos aspectos corresponden a la evaluación del proyecto y el cumplimiento del Código Urbanístico (GCABA, 2019) que permita obtener el permiso municipal para la construcción, un trámite independiente de EIA.

METODOLOGÍA

La metodología adoptada contempla las siguientes etapas:

Etapas 1. Análisis de las condiciones ambientales: en la zona en estudio, la edificación existente, las condiciones climáticas y solarimétricas. Para ello, se utilizaron los datos del Servicio Meteorológico Nacional correspondiente a Aeroparque, a menos de 5 km del proyecto, considerando la topografía y uso de suelo. Los datos climáticos provienen de fuentes oficiales, nacionales e internacionales (SMN 1992, 1996, 2022), (Gustfront, 2015), archivos climáticos de Energy Plus (EPW, 2018), datos de radiación solar (Grossi Gallegos y Reghini, 2007; Banco Mundial, 2022, NASA, 2022).

- Para establecer los requisitos, se evaluaron las condiciones ambientales aceptables utilizando los criterios de las Normas de Asoleamiento (IRAM, 2012), el Código Urbanístico de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (GCABA, 2019) y se analizó la reducción anual de rendimiento en posibles módulos

fotovoltaicos en los techos de edificios de la zona de influencia debido a la proyección de sombras. Ello se expresa en un valor económico producido por la disminución de kilowatt-horas anuales, y como porcentaje, considerando la implementación de generación distribuida (Secretaría de Energía, 2020).

- Para el impacto de viento se evaluó el aumento de la velocidad de viento en zonas sensibles, tales como bicisendas, veredas y cruces peatonales, considerando la escala del Servicio Meteorológico Nacional de Altas 2022) y la potencial reducción de sensación térmica en invierno según la escala del Servicio Meteorológico Nacional.

- Otro aspecto evaluado fue el potencial impacto de reflejos de vidrios. Este aspecto fue analizado en estudios anteriores y surge de las observaciones en el terreno donde una serie de torres tienen grandes superficies de vidrios reflejantes. Se consideraron criterios de confort visual establecidos en el manual de la Asociación Argentina de Luminotécnica (AADL, 2001). Sin embargo, en Argentina no se cuenta con normas que controlen reflejos molestos y potencialmente peligrosos en la vía pública. La normas de evaluación de deslumbramiento refiere principalmente a la iluminación artificial, en el interior de oficinas y el alumbrado público en espacios exteriores.

Etapas 2. Simulación física-espacial: incluye simulación de sol y viento con maquetas en el Laboratorio de Estudios Bioambiental (Evans, 2000, Evans, 2004) usando el Heliodon, simulador del movimiento aparente del sol (Cheung, 2000) y el túnel de viento de baja velocidad con gradiente de velocidad de viento en altura. Se utilizaron maquetas físicas en distintas escalas, una maqueta de la zona de influencia en escala 1:750 con detalles de 15 manzanas fue producido con una impresora 3D. Otra maqueta inicial en 1:1000 permitió determinar la extensión de la zona, mientras la maqueta en escala 1:250 fue producida para los estudios de viento en espacios urbanos alrededor del proyecto.

Etapas 3. de estudios de proyección de reflejos: en este estudio se utilizaron espejos en las fachadas del proyecto para visualizar las zonas afectadas e identificar las horas del día y meses del año con potenciales problemas (Evans y de Schiller, 1997). Un estudio complementario utilizó simulación numérica para confirmar zonas afectadas y la duración de molestias visuales. En este caso, no presenta superficies convexas que generen problemas de concentración de reflejos (Danks & Good, 2016).



Figura 1. Maqueta física de la zona de influencia en el heliodon, escala 1:175.

Etapas 4. Simulación numérica: se realizaron estudios de impacto de sol y de viento, con una maqueta virtual y una serie de aplicaciones incluidas en Herramientas Ladybug, Honeybee con Grasshopper, (Ladybug Tools, 2023), disponibles sin cargo. Las herramientas incluyen: 1. evaluación de la distribución de radiación solar anual en superficies urbanas y las horas de sol sobre fachadas, según la

volumetría del entorno urbano, 2. simulación virtual del régimen de viento con el programa CFD, Computational Fluid Dynamics, y 3. identificación de zonas potencialmente peligrosas por la proyección de reflejos de sol en edificios del entorno.

Etapas 5. Final: se compararon las condiciones ambientales simuladas por ambos métodos, simulación con maquetas físicas y simulación numérica, y las condiciones aceptables que cumplen con las normas. El informe presenta posibles medidas de eliminación o mitigación en casos con importantes impactos.

EVALUACIÓN DE ASOLEAMIENTO

Las normas y recomendaciones de IRAM (2012), Secretaría de Vivienda (2019) y el Código Urbanístico (GCABA, 2019) establecen el nivel mínimo de asoleamiento de 2 horas de sol en invierno. La Figura 2 indica la zona donde las torres del proyecto no permiten contar con las 2 horas requeridas, y abarca una zona muy limitada que afecta a dos o tres edificios, solamente uno es un edificio de vivienda colectiva.

El Código Urbanístico permite edificios en avenidas principales con una altura que tampoco logra cumplir con las exigencias del propio código. Además, existe otra situación de conflicto donde los edificios del entorno, si bien permiten cumplir con las 2 horas en invierno, la sombra proyectada por las nuevas torres, con solamente 1 hora de sombra y sumado a las sombras preexistentes, afecta el cumplimiento de la Norma. En la Figura 4 se indica la proyección de sombras y horas de sol con simulación numérica: las zonas negras y en grises oscuros no llegan a contar con 2 horas de sol en la situación actual sin el proyecto, mientras las zonas en amarillo y rojo tienen un mínimo de 0 horas y menos de 2 horas de sol después de construir el proyecto, identificando las zonas potencialmente perjudicadas. En este caso, cabe aclarar que la mayoría de las superficies que logran menos de 2 horas de sol después de construir el proyecto corresponden a techos o medianeras que no lo requieren.

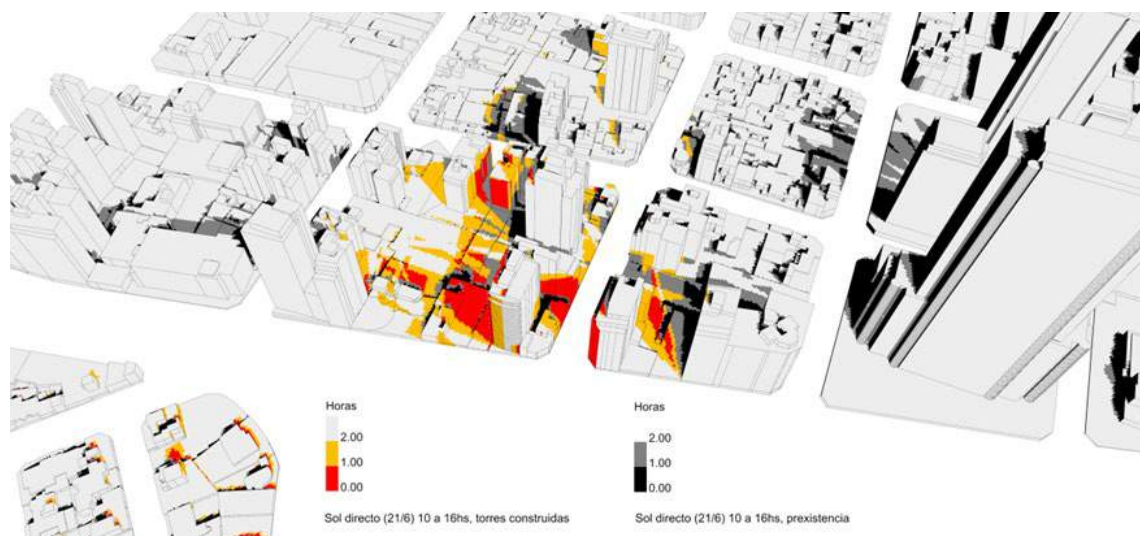


Figura 2. Zonas con menos de 2 horas de sol en invierno.

Otro estudio realizado analiza la reducción de la radiación solar en los techos de edificios en la zona de influencia. La radiación solar es un recurso potencial de energía renovable que se puede utilizar mediante módulos fotovoltaicos para generar energía y colectores solares térmicos para calentamiento de agua. El Plan Urbano Ambiental promueve el aprovechamiento de este recurso en CABA. Además, el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires adhiere a la Ley Nacional 27424, de Generación Distribuida, que permite ‘exportar’ energía eléctrica generada con módulos fotovoltaicos en periodos de soleamiento favorable e ‘importar’ energía eléctrica en periodos deficitarios, evitando el uso de baterías. En este marco, los dueños y desarrolladores de edificios en la zona de influencia pueden perder total o parcialmente la posibilidad de incorporar estas instalaciones en edificios existentes y futuros.

A fin de evidenciar esta situación, se realizaron estudios con simulación numérica para evaluar la radiación solar recibida en las terrazas de los edificios del entorno, antes y después de la construcción del nuevo proyecto. A tal fin, se analizó el número de puntos en los techos y la reducción de la radiación

solar en cada uno de ellos. La Figura 3 indica el análisis de la reducción porcentual en la radiación solar recibida sobre todos los techos de la zona de influencia, presentada en orden descendente.

Mientras la Figura 4 presenta la disponibilidad del recurso solar en las terrazas superiores de los edificios en la zona de influencia, expresada como reducción de la energía recibida en kWh/m², la Figura 5 indica la reducción porcentual de la radiación solar disponible. Las superficies con mayor reducción corresponden a techos rodeados por edificios de mayor altura con limitada radiación inicialmente.

La combinación de las torres del proyecto con los edificios existentes en su entorno produce una reducción significativa, aunque solamente en aquellos techos que inicialmente contaban con limitada radiación solar. Cabe considerar que la radiación solar anual sobre superficie horizontal sin obstáculos es aproximadamente 1766 kWh/m², mientras la radiación anual sobre superficie inclinada a 30° alcanza 1989 kWh/m².

Los resultados indican una reducción de 10 % de la radiación anual en 10 % de las superficies en la zona de influencia, un porcentaje aceptable en una zona urbana con edificación existente en altura. En los edificios existentes, el espacio disponible en sus cubiertas es limitado debido a instalaciones de servicios, salas de máquinas, tanques de agua, conductos de ventilación, etc.

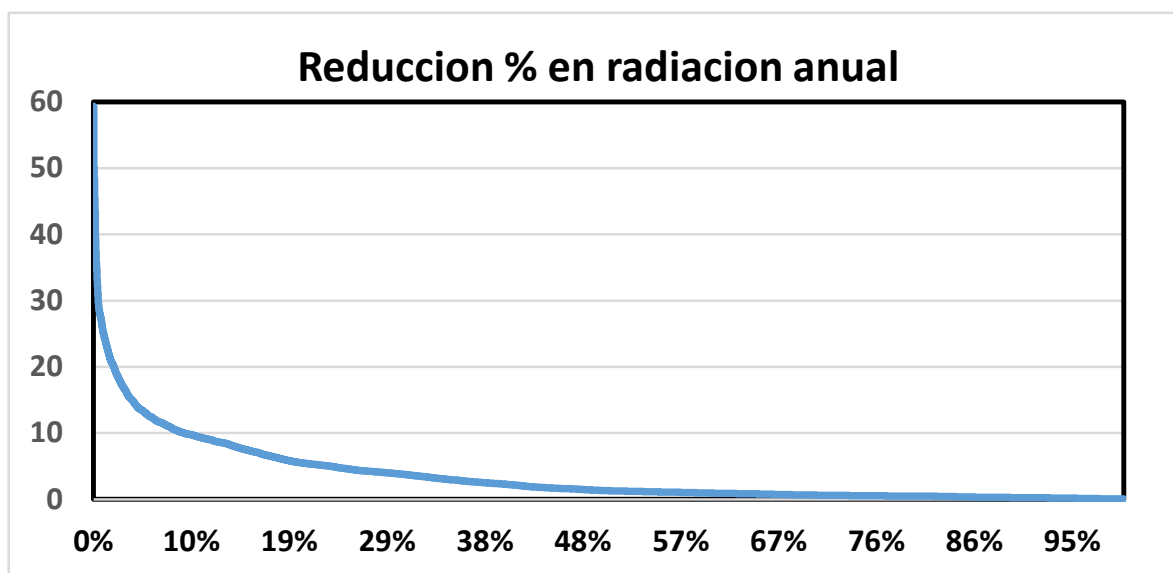


Figura 3. Reducción de radiación solar para todas las superficies analizadas.

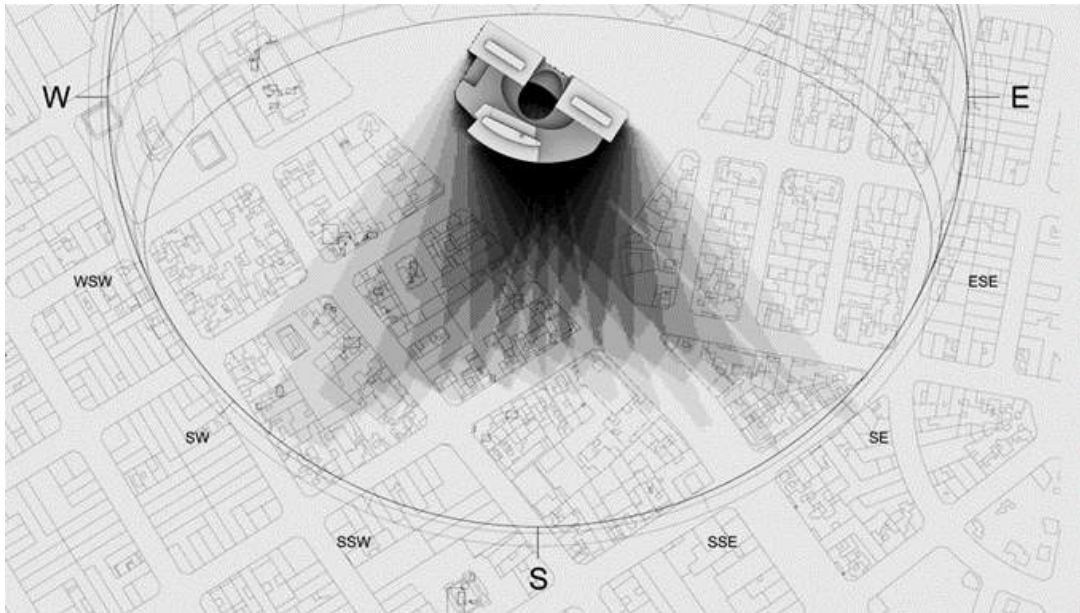


Figura 4: Estudio de proyección de sombras con simulación virtual.



Figura 5: Vista de la maqueta física en el Heliodon, mediodía en invierno.

EVALUACION DEL IMPACTO DE VIENTO

Los estudios de viento están basados en cuatro etapas: análisis de las características de los datos meteorológicos de Aeroparque, simulaciones CFD, ensayos en el túnel de viento y evaluación de las condiciones alrededor de los edificios en evaluación, según criterios de aceptabilidad de velocidad.

Las Figuras 6 y 7 indican la distribución de velocidades y las direcciones de viento, en base a los datos meteorológicos y archivos .epw. Se establece así la reducción de la velocidad a nivel peatonal respecto a la medición en la estación meteorológica a 10 m de altura, considerando el cambio en la rugosidad del suelo. Las velocidades indicadas corresponden a mediciones en la estación meteorológica, a 10 m de altura.

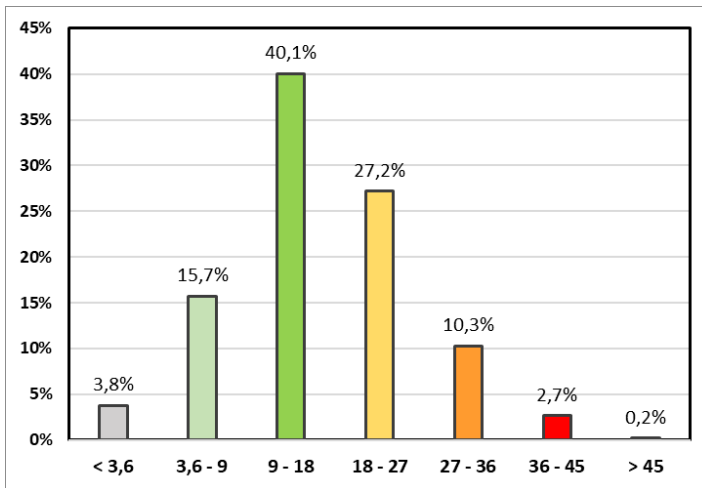


Figura 6. Porcentaje de observaciones según rango de velocidades de viento, solamente 3 % de las observaciones exceden 36 km/h.

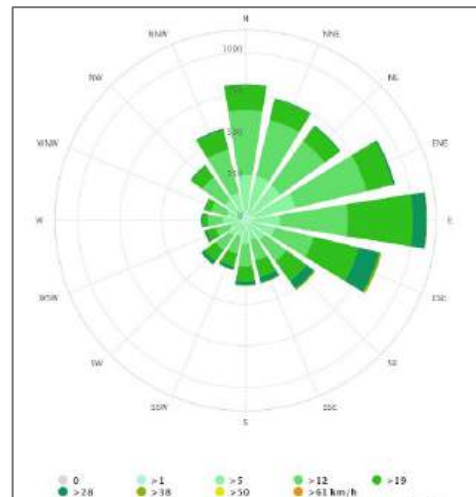


Figura 7. Dirección de vientos. Las frecuencias predominantes provienen de los sectores N, NE, E y SE.

Las Normas Urbanísticas y de Edificación de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires no establecen límites de velocidad de viento en espacios urbanos. Así, se adoptan los valores del Servicio Meteorológico Nacional en sus Alertas (SMN, 2022). En Alerta Amarilla, con velocidades de 55 km/h y ráfagas máximas de 65 km/h, las recomendaciones incluyen ‘evitar actividades al aire libre’. Con las rugosidades del suelo y la diferencia de altura, la velocidad media de viento a nivel peatonal es aproximadamente 20 km/h para Alerta Amarilla, 26 km/h para Alerta Naranja y 32 km/h, con ráfagas de 23, 32 y 38 km/h respectivamente. A continuación, se estimó el cambio en la velocidad de viento en zonas alrededor de las torres aplicando los resultados de las simulaciones CFD, según se muestra la Figura 8, y mediciones con maquetas físicas en el túnel de viento.

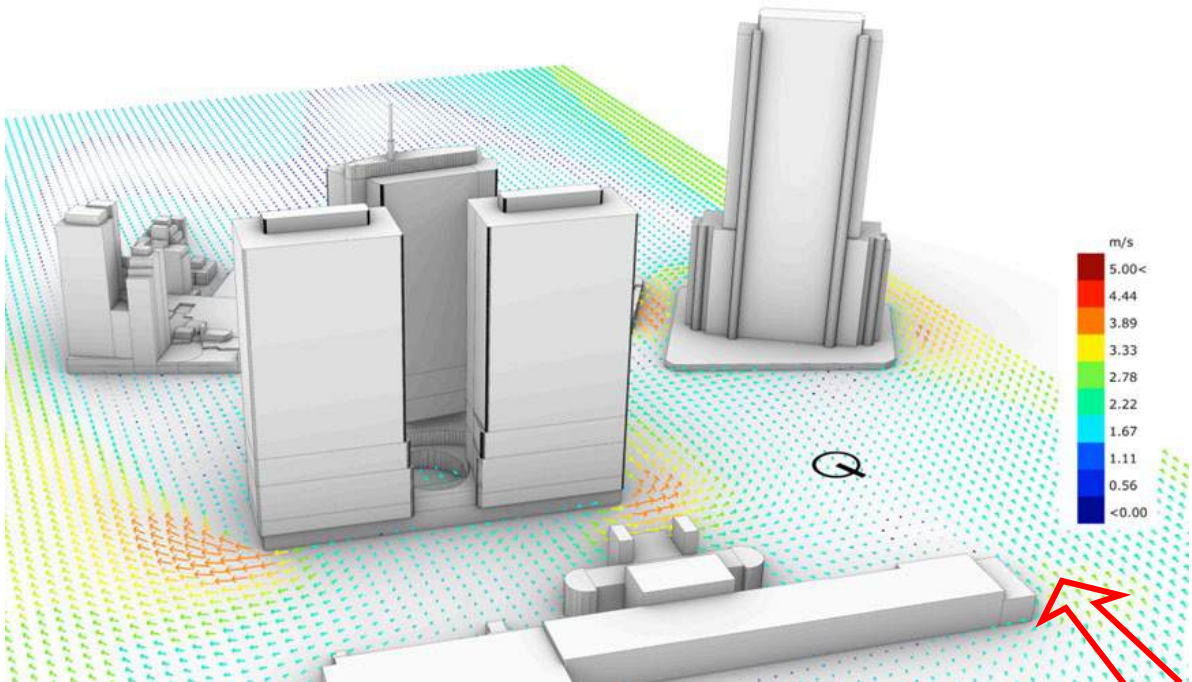


Figura 8. Simulación CFD de velocidad y dirección de viento a nivel peatonal, con viento NNE y aceleraciones en las esquinas.

Se compararon las velocidades simuladas y las medidas en ensayos en el túnel con los niveles aceptables en espacios urbanos. El análisis de los vientos más fuertes indica ocurrencias distribuidas en distintas horas del día. En las ubicaciones identificadas como ‘críticas’, las velocidades estimadas exceden los umbrales de aceptabilidad en menos de 1% de observaciones anuales. Dado que el 30 % de las observaciones corresponden a horas nocturnas sin actividad significativa en espacios exteriores, se consideró que el impacto de viento en la zona de influencia de las torres es ‘aceptable’ en una zona urbana que ya contaba con edificación en altura.

CONCLUSIONES

Los estudios del impacto de sol y viento en espacios urbanos en el entorno de un proyecto de edificios en altura permiten establecer las condiciones ambientales en relación con los niveles aceptables. Los resultados de los estudios permitieron identificar zonas problemáticas sin detectar condiciones que superen los límites ambientales en una zona de alta densidad y edificación en altura. En ese contexto, una de las innovaciones del trabajo es el aporte de la capacidad de demostración de la posibilidad de incorporar estos aspectos en Estudios de Impacto Ambiental, considerando que estos aspectos no fueron atendidos en estudios convencionales debido a la novedad de la temática y el limitado conocimiento de las técnicas de evaluación.

RECONOCIMIENTOS

Los estudios fueron realizados en el marco del Programa de Asistencia Técnica a Terceros en Arquitectura Bioambiental, PATT-AB, a cargo del Arq. Julian Evans, con sede en el Centro de Investigación Hábitat y Energía, CIHE, de la Secretaría de Investigaciones, SI, desde la Secretaría de Relaciones Institucionales, SERI, de la FADU-UBA.

Los autores reconocen los aportes del equipo de trabajo por sus aportes en los estudios de simulación numérica, construcción y ensayos de maquetas en el Laboratorio de Estudios Bioambientales: Mg. Arq. Angela Dub (coordinación y maquetas), Arqtos. Guillermo Tiscornia y Juan Manuel Gavieiro (simulación numérica), Arqtos. María Laura González y Alejandro Maggi (ensayos de viento), Arq. Diego Pappacena (maquetas, ensayos y calibración de equipo del laboratorio) y Arq. Agustín Weinberg (colaborador). La mayoría del equipamiento utilizado fue adquirido con subsidios de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UBA en el marco de Proyectos de Investigación UBACyT.

REFERENCIAS

- AADL (2001). Iluminación: Luz, Visión, Comunicación, Asociación Argentina de Luminotecnia, CABA: (Volumen 1. Capítulo 8. Iluminación en Oficinas, y Volumen 2. Capítulo 2. Alumbrado Público – Cálculo).
- Cheung, K. P. (2000). Discussion of heliodons for professional design and for teaching, in Roaf et al (2000), Congress Proceedings TIA-2000, Sustainable Buildings for the 21st century: teaching issues, tools and methodologies for sustainability, School of Architecture, Oxford Brookes University, European Communities, The Basingstoke Press Ltd.
- Danks, R. & Good, J. (2016). Urban Solar Reflection Identification, Simulation, Analysis and Mitigation: Learning from Case Studies, Proceedings IBPSA 2018. URL: <http://www.ibpsa.org> > 31-85-eSim2016.
- Evans, J. M. (2000). The Environmental Laboratory: Experiences and Applications in Teaching Architecture, in Proceedings TIA, Teaching the Teachers, Oxford Brookes University, Oxford.
- Evans, J. M. y de Schiller, S. (1997). Design for low angle sunlight in high latitudes techniques to analyse and improve visual comfort, Proceedings, PLEA'97 Passive and Low Energy Architecture, Volume 2. Pag. 813-819, Espoo-Otaniemi, Finland.
- Evans, Julian, y de Schiller, Silvia (2005). Técnicas de simulación en Laboratorio en el proceso de diseño para la calificación de sustentabilidad en arquitectura, Anais do VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, Ed. Actas ANTAC e ENCAC, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, págs. 632 a 640, Fortaleza, ISBN 85-894778-12-2.
- Evans, Julian, (2004) Laboratory simulation techniques in the design process to promote sustainability in architecture, in Proceedings PLEA 2005, Technical University of Eindhoven, Eindhoven.
- GCABA (2008). Plan Urbano Ambiental de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, CABA. (Actualmente en proceso de revisión).
- GCABA (2019). Código de Edificación, Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, CABA. URL [Consulta 10/07/2023]: <https://buenosaires.gob.ar/desarrollourbano/nuevo-codigo-de-edificacion>

- GCABA (2019). Código Urbanístico, Ley N° 2.930, Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, CABA.
- GCABA (2020) PUA, Plan Urbano Ambiental, Informe de Gestión PUA 2020, Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, CABA.
- GCABA (2020). Manual de Estándares Mínimos del Espacio Público de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Subsecretaría de Gestión Comunal y Subsecretaría de Paisaje Urbano, CABA. (separata del Boletín Oficial N 6027- ANEXO I).
- GCABA (2020). PUA, Plan Urbano Ambiental, Informe de Gestión PUA 2020, Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, CABA, Buenos Aires.
- Givoni, B. (1987). Guidelines for Urban Design in Different Climates, World Meteorological Organization, Ginebra.
- Gustfront (2015). Temperatura mín. y máx. medias mensuales desde 1908, hasta la actualidad, OCBA. Observatorio Central de Buenos Aires, CABA, Buenos Aires. URL [Consulta 08/08/2023]: <https://buenosaires.gob.ar/sites/default/files/media/document/2021/02/25/6098ea19e0d9b7d7daa45c58a9a17c107764473d.pdf> .
- IRAM (2012) Norma IRAM 11603:2012, Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina, Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires.
- Ladybug Tools (2023). What is ladybug Tools? URL [Consulta 13/08/2023]: <https://www.ladybug.tools/>
- MAYDS (2018) Guía para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental, Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sustentable CABA.
- Meteorological Office (1997). Observers Handbook, HMSO, Londres.
- Muneer, T. (2004). Solar radiation and daylight models for the energy efficient design of buildings, Architectural Press, Second Edition, Oxford.
- NOAA (2022). Solar Calculations NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration, EEUU. URL [Consulta 10/07/2023]: <https://gml.noaa.gov/grad/solcalc/calcdetails.html>
- SAyDS (2018). Guía para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental, Secretaría del Ambiente y Desarrollo Sustentable, CABA.
- Secretaría de Energía (2020). Manual de Generación Distribuida Solar Fotovoltaica, Secretaría de Energía, CABA.
- Secretaría de Vivienda de la Nación (2019). Estándares Mínimos de Calidad para Viviendas de Interés Social: Marco para la Promoción de Viviendas Inclusivas, Asequibles y Sostenibles, Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, CABA.
- SEDUV (2000). Estándares Mínimos de Calidad para Viviendas de Interés Social Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, Buenos Aires.
- SMN (1984). Datos Meteorológicos 1970-1980, Servicio Meteorológico Nacional, Buenos Aires.
- SMN (1992). Estadísticas Climatológicas 1981-1990, Serie B, N° 37, Servicio Meteorológico Nacional, Buenos Aires.
- SMN (1996). Estadísticas Meteorológicas 1991-1995, Servicio Meteorológico Nacional, Buenos Aires.
- SMN (2022) SAT: Sistema de Alerta Temprana, Módulo: Umbrales para los Alertas, Servicio Meteorológico Nacional, CABA.
- USC (1969) S. 1075 (91st): Act to establish a national policy for the environment, United States Congress, Washington D.C. URL [Consulta: 10/07/2023]: <https://www.govtrack.us/congress/bills/91/s1075> [
- World Bank Group (2022). World Wind Atlas, version 3.1, URL [Consulta 10/05/2023]: <https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0038957/Global-Wind-Atlas>

ENVIRONMENTAL IMPACT OF SUN AND WIND IN URBAN SPACES: STUDY AND ASSESSMENT OF IMPACTS OF HIGH-RISE BUILDINGS

ABSTRACT: This paper presents the studies developed for the impact of sun and wind in urban spaces around tall buildings. The studies were carried out as a result of objections raised at a public hearing in the framework of a project and the related environmental impact study. Acceptable conditions in urban spaces were analysed with the sun regime, impact of shadows, annoying reflections and wind

modification in the area under study, followed by simulations of the impact of sun and wind were carried out with numerical simulation programs and models in the sun simulator of the impact of sun and the low-speed wind tunnel. The acceptable environmental conditions were compared with the conditions before and after the construction of the new project. Finally, the results were analysed and recommendations proposed for urban studies of protection of natural resources in the environmental impact of high-rise buildings.

Key words: Environmental impact, wind, sun, high-rise building, urban planning code.