



ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE VENTILACIÓN DENTRO DEL CONTEXTO URBANO PARA LA AVENIDA BRASIL EN ANTOFAGASTA

Massimo Palme (1); Martín Ordenes (2)

(1) PhD, Académico de Escuela de Arquitectura, mpalme@ucn.cl, Universidad Católica del Norte, Centro de Investigación en Arquitectura y Energía, Av. Angamos 610, Antofagasta, Chile, Tel. 0056 55 355188

(2) Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Florianópolis

RESUMEN

El sector urbano de la ciudad de Antofagasta conocido como “Avenida Brasil”, uno de los pocos espacios verdes de la ciudad (ubicada en el desierto costero del norte de Chile), ha sufrido en los últimos años una transformación morfológica muy importante. Esta transformación podría comprometer las características específicas de la relación entre el parque y las calles circundantes, en términos de impactos visuales, aumento de la densidad de habitantes y automóviles, modificación de los mismos parámetros ambientales: temperatura, humedad, efectos radiantes y desviación de los vientos prevalentes. Este artículo se enmarca dentro de una investigación general sobre los efectos de las modificaciones morfológicas sobre la habitabilidad del sector, focalizándose sobre las corrientes de aire presentes en la zona. A partir de un análisis de la situación actual, la investigación plantea dos hipótesis de futuro desarrollo urbano para el sector: uno siguiendo la tendencia actual y otro considerando la intervención reguladora de un plan maestro sustentable para la ciudad. Los análisis y predicciones efectuados utilizan las herramientas Win-Air y Envi-Met, además algunas imágenes generales de confirmación han sido obtenidas utilizando mesa de agua para entender cualitativamente las dinámicas de los flujos. Los resultados obtenidos con las tres metodologías muestran parcial concordancia y algunas diferencias importantes, en general se puede concluir que la modificación morfológica del entorno urbano estudiado puede afectar de manera consistente las condiciones existentes de ventilación, cosa que merece ser estudiada con más profundidad. Especialmente, el crecimiento en altura y la generación de una barrera urbana en los lados del parque, puede disminuir los flujos aprovechables para la ventilación de todo el sector que se coloca al este de la avenida, en donde se emplazan importantes edificios públicos, como el hospital militar, y numerosos edificios residenciales de menor altura.

Palabras clave: ventilación urbana, simulación de movimiento de fluidos, confort exterior.

ABSTRACT

Urban sector of Antofagasta city, known as “Avenida Brasil”, one of the only green spaces in the city (located in the coast desert in the North of Chile), has been modified in the last years in its morphology, probably affecting and compromising the specific characters of the relationship between the park and the streets of the neighbour, in terms of visual impact, growth of density of inhabitants and cars, modifications of the same environmental parameters: temperature, humidity, radiation effects, prevalent winds deviations. This paper involves in general investigations on the effects of these morphology modifications on the sector habitability, focusing on the prevalent air movement of the zone. Starting from the actual situation analysis, the paper proposes two future hypotheses of urban development of the sector: one following the actual trend, and other considering the intervention of a sustainable master plan for the city. Analyses and predictions have been conducted using Win-Air and Envi-Met, some general image has been obtained by using water table to qualitatively understand the flux dynamics. Results obtained with different methodologies are partially according but show some important differences, in general it can be concluded that the morphology change of the urban environment can affect considerably the existing ventilation conditions, fact that has to be investigated better. Especially, the vertical growth and the generation of a urban wall on the two side of the park, can reduce the air flows suitable to naturally ventilate the east sector of the city, where place some important public buildings, as the military hospital, and few residential buildings, smaller than the others.

Keywords: urban ventilation, air flow simulation, external comfort.

1. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Antofagasta se ubica en la franja desértica costera del norte de Chile (latitud 23° sur, longitud 70° oeste), sobre una alargada terraza rocosa frente al océano Pacífico, de tan solo dos kilómetros de anchura, adosada al este a la cordillera de la costa, de más de 1500 metros de elevación. La conformación orográfica del terreno determina las especiales condiciones del micro clima, haciendo que las temperaturas sean muy poco variables a lo largo del día y del año, la humedad relativa bastante alta a pesar de una total ausencia de precipitaciones, la irradiación solar muy elevada durante todo el año, y determinando la presencia constante de brisas marinas provenientes del sur oeste (Zuleta, 2004). En tales condiciones el paisaje aparece muy árido, caracterizado por la total ausencia de vegetación, tanto en la cresta de los cerros, como en la explanada costera. La ciudad se extiende en el eje norte-sur, definiendo diferentes macro zonas, entre las cuales destaca el centro de la ciudad, a su vez dividido en sectores distintos. Justo al sur del damero central, se ubica el parque Brasil, sutil área verde encunada entre las calles O'Higgins y Carrera, de longitud de un kilómetro por una anchura de no más de 70 metros. La costa del océano se encuentra a no más de cien metros hacia el oeste, bajando una ligera pendiente. En figura 1 se puede apreciar la colocación específica del parque, orientado en el eje principal norte-sur.



Figura 1 – Detalle de la Avenida Brasil (elaboración propia)

El clima que se genera en la ciudad, definido como desértico costero, se puede visualizar con la ayuda de los gráficos de la figura 2, obtenidos con la herramienta WetherTool de Ecotect.

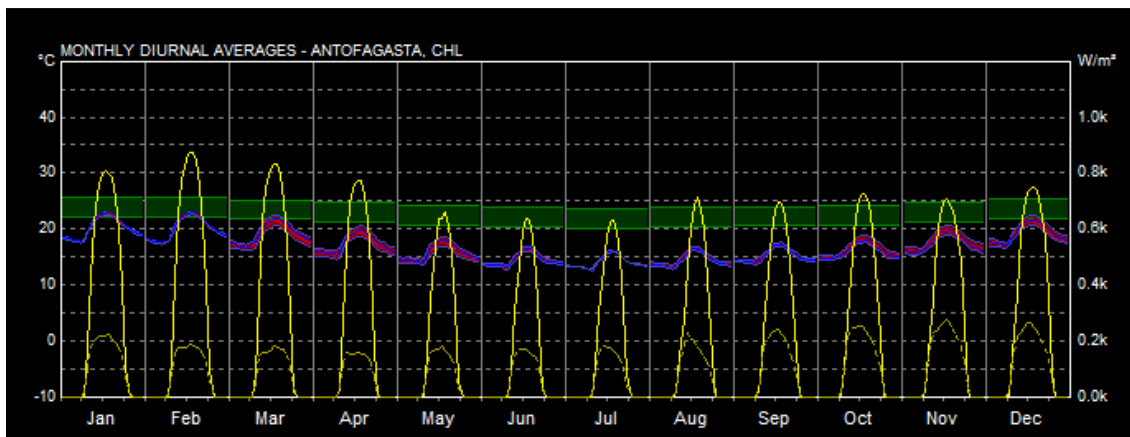


Figura 2 – descripción climática de Antofagasta (fuente: EERE)

Las temperaturas medias se encuentran entre los 24 y los 18 grados a lo largo del año, con máximas de 27 y mínimas de 12, clara señal de la estabilidad térmica conferida por la cercanía con el mar. Aun así, los altísimos niveles de radiación solar (frecuentemente más de 1000 W/m² al mediodía solar) hacen que la sensación térmica en el exterior sea frecuentemente al límite del confort estivo, cosa que es mitigada cerca de la costa por la presencia de la brisa. Entrando en la ciudad, la densificación de la trama urbana, si bien genera algo de sombra (pero no al mediodía solar, ya que el sol está en cenit o cercano a él), reduce drásticamente la disponibilidad de aire para evacuar el calor que se almacena en las paredes, o incluso para ayudar a bajar la sensación de sobrecalentamiento de los peatones. Las plantas, en los pocos lugares donde están presentes, crecen con evidente dificultad y necesitan riego controlado. Especialmente en la zona más céntrica de la ciudad, la ayuda proporcionada por las plantas al establecimiento de un confort peatonal es en todo caso absolutamente necesaria. La avenida Brasil presenta entonces varias especies arboladas, que generan un espacio sombreado utilizable para actividades recreativas y garantizan cierto descanso acústico y visual a los vecinos. No casualmente, este sector es objeto del más alto interés inmobiliario, cosa que está preocupantemente contribuyendo a levantar el valor del suelo, con la inmediata consecuencia de empujar una transformación morfológica dirigida hacia la edificación en altura, considerada más rentable para los inversionistas, especialmente del sector residencial.

2. OBJETIVO

Bajo un enfoque que podríamos definir “sustentable” o por lo menos “soportable” (difícilmente un sector céntrico de una ciudad del Chile actual puede ni siquiera imaginarse como equitativo), el crecimiento en altura plantea el problema de la definición de los parámetros ambientales y sociales que deben ser considerados a la hora de determinar el impacto y las consecuencias del cambio tipológico. Debido a la importancia de la ventilación para mitigar el intenso calor radiante entregado por el sol, dirección, intensidad y constancia del viento resultan ser algunos entre los parámetros determinantes para una correcta investigación urbanística de la ciudad. Objetivo del presente trabajo es entonces realizar un análisis de las corrientes de aire en el sector, primero en el caso actual, y luego proponer dos distintas vías de desarrollo futuro para evaluar el impacto que cada una de ellas tiene en las condiciones de ventilación locales en la Avenida Brasil en términos de velocidad y distribución del viento.

3. MÉTODO

La metodología propuesta para este análisis es la utilización de dos herramientas diferentes para el cálculo de los flujos de aire: Win-Air y Envi-Met. Si Win-Air se presenta como un tradicional programa CFD, con la ventaja de tener un link predefinido con Ecotect (herramienta utilizada para la edición y la visualización de los edificios), Envi-Met es un motor de cálculo más complejo que permite evaluar, a partir de una situación definida, la influencia de un entorno específico, tomando en cuenta la presencia de plantas, suelos, edificios (Bruse 2009). Además se utilizó, para tener una idea empírica del fenómeno, un experimento en mesa de agua, con una maqueta en escala 1:2000 del sector. Las simulaciones se hicieron para la actual situación y para dos hipótesis de desarrollo: una definida de alguna manera “tendencia actual” y la otra “soportable”.

3.1. Tendencia actual

La figura 3 expresa con fidelidad la situación de hoy en día. Las antiguas casas unifamiliares, de uno o dos pisos (6-12 metros de altura) y los pequeños bloques de 4-5 pisos (15-20 metros) están siendo substituidas por torres de 20-25 pisos (de hasta más de 100 metros).



Figura 3 – construcción de un nuevo proyecto en la avenida (fuente: elaboración propia)

En el momento de proyectar esta misma tendencia en el futuro, se tomaron las limitaciones mínimas del actual plan regulador, que en la práctica permite edificación de torres como la de la figura en toda la línea perimetral de la avenida. El entorno considerado ha sido de 70 metros hacia la costa y de 70 hacia el interior, para toda la longitud del parque. Las figuras 4 y 5 muestran la situación actual y la proyección futura.

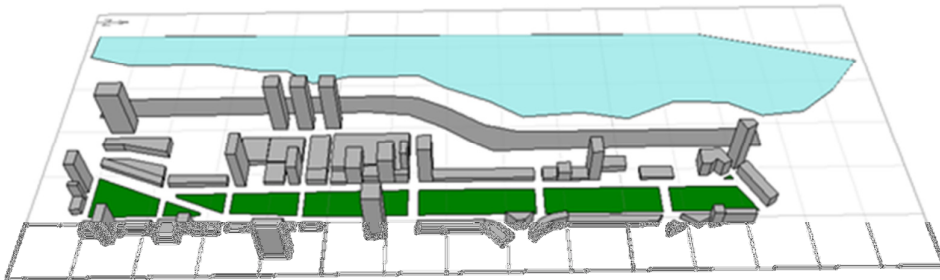


Figura 4 – modelo Ecotect de la situación actual (fuente: elaboración propia)



Figura 5 – modelo Ecotect de la proyección de la tendencia actual en futuro

3.2. Desarrollo urbano soportable

Si bien es difícil determinar *a priori* cuáles debieran ser los cánones de un desarrollo soportable o sostenible, una serie de suposiciones han sido tomadas como líneas guía para este estudio:

- Ninguna demolición de edificios patrimoniales (hay varias en la primera línea de la avenida);
- Dejar un 30% de suelo destinado a áreas verdes
- No superar la altura de 6 pisos en edificios de nueva construcción
- Orientar los edificios para aprovechar los flujos laterales de vientos
- No obstruir ulteriormente el acceso visual a la costa desde la línea inferior de la avenida

Bajo estas condicionantes, se ha generado un escenario posible de futuro crecimiento controlado del sector, representado en la figura 6.

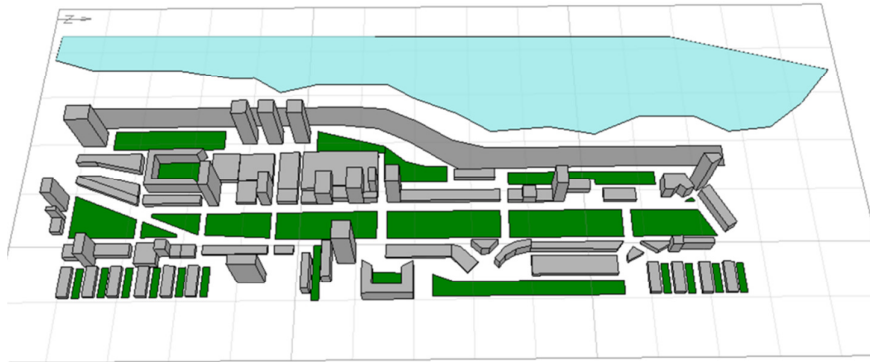


Figura 6 – modelo Ecotect de la proyección futura soportable (fuente: elaboración propia)

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran ciertas diferencias, especialmente las simulaciones WinAir detallan un flujo principal en la dirección del eje del parque, que las simulaciones Envi-Met y el experimento en mesa de agua no detectan. Seguramente, los tres métodos utilizados concuerdan en la presencia de ciertos flujos transversales que pueden ser aprovechados para la ventilación de la zona al este de la avenida.

4.1. Simulación Win-Air del sector urbano

El primer análisis sobre los flujos de viento en el sector se obtuvo aplicando al modelo Ecotect una simulación Win-Air. El viento incidente sobre el sector fue insertado con una angulación de 225 grados (sur-oeste) y una velocidad de 10 metros por segundo (36 kilómetros por hora). Las figuras 7 y 8 muestran las direcciones del flujo y las velocidades a la altura de 2 metros sobre el suelo. Los flujos de aire resultan desviados por las edificaciones presentes y las velocidades reducidas entre un 10 y un 30 por ciento. La zona mejor ventilada es la zona central del parque, mostrando flujos transversales y en buena medida una ventilación longitudinal en el eje norte-sur.

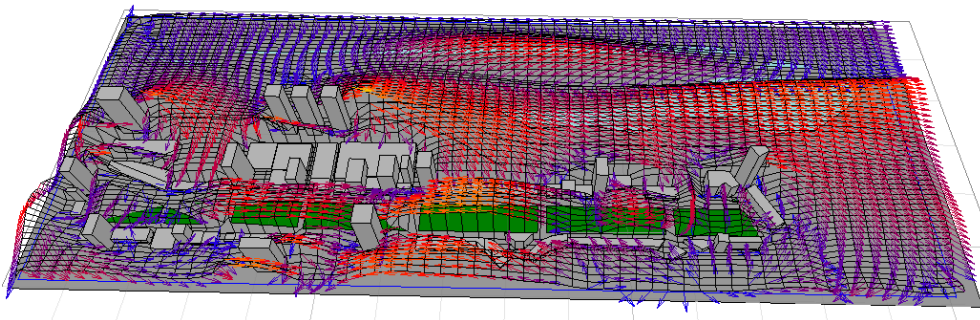


Figura 7 – modelo Ecotect del estado actual con flujos de aire principales a 2 metros sobre el suelo (elaboración propia)

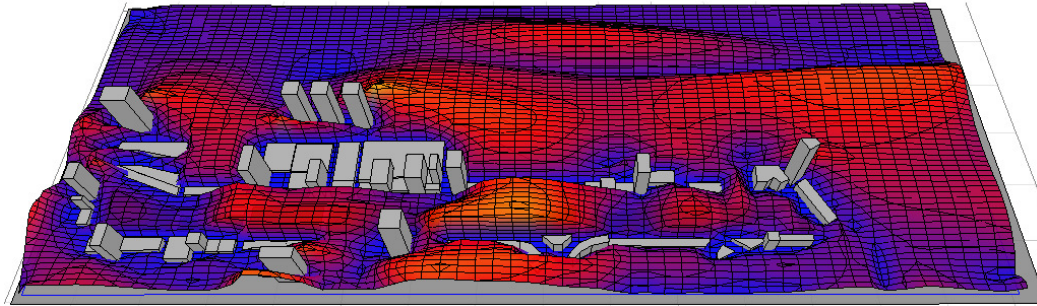


Figura 8 – modelo Ecotect del estado actual con velocidades del aire a 2 metros sobre el suelo 0.5 – 3.5 m/s (elaboración propia)

La zona urbana que se encuentra inmediatamente después del parque, hacia el este, resulta ventilada con aceptables velocidades, pero con cierto desorden en las direcciones del flujo. La hipótesis de crecimiento según tendencia actual, muestra como este desorden puede aumentar sensiblemente al seguir creciendo en altura los bordes del parque, de forma desordenada y aprovechando cada metro cuadrado disponible. En figura 9 se evidencia como la zona norte del parque está sujeta a turbulencias y como la ventilación atrás de la línea este ya no resulta aprovechable ni para fines de ventilación de áreas peatonales, ni para evacuar calor almacenado en la edificación.

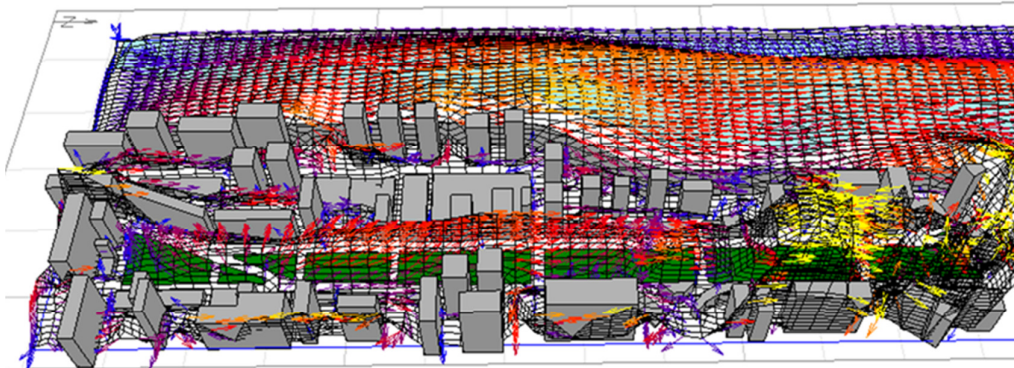


Figura 9 – modelo Ecotect del estado futuro siguiendo la tendencia actual a 2 metros sobre el suelo (elaboración propia)

Por otro lado, la definición del modelo soportable de desarrollo urbano presenta a la evaluación de movimiento de aire la ventaja de controlar los flujos transversales, que resultan utilizables aún al este de la línea del parque, gracias a la combinación de áreas verdes y buena orientación transversal de la trama urbana. La figura 10 muestra el aprovechamiento de tales flujos, que aún con velocidades reducidas, alrededor de 0.5 metros por segundo, permiten una ventilación direccional controlada de la trama en la tercera línea desde la costa.

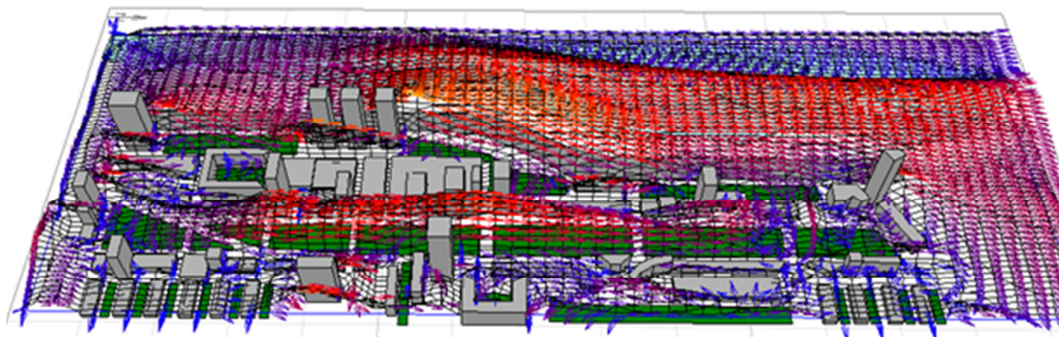


Figura 10 – modelo Ecotect del estado futuro siguiendo el modelo soportable de desarrollo a dos metros sobre el suelo (el. propia)

La uniformidad y la continuidad en el tiempo de los flujos resultan ser muy deseables para una ventilación urbana controlada, efectos más importantes todavía de las velocidades alcanzadas. Recuérdense además que la sensación de confort, tanto en espacios interiores como en entornos urbanos externos, necesita cierto movimiento de aire, pero no demasiado, resultando muy pocos indicados los remolinos turbulentos y siendo apropiadas justo velocidades del orden de 0.5 – 1 m/s (Fanger, 1970; Olgay, 2006; Serra 2003; Serra et al. 1998; Rogora, 2005). Los pequeños cañones urbanos de la figura, permiten organizar bloques residenciales de medio tamaño, con vista sobre áreas verdes y posibilidad de aprovechamiento de la ventilación en una parte de la ciudad actualmente muy olvidada, siendo contingente al parque Brasil, pero no parte de él.

4.2. Simulación Envi-Met del sector urbano

La simulación con la herramienta Envi-Met permite, determinada una situación climática inicial, obtener el efecto del entorno a través de un cálculo de las inferencias edificios-suelos-plantas-aire. Se realizaron simulaciones del entorno actual y de las dos proyecciones futuras definidas durante 12 horas en los días referenciales solsticio de invierno y solsticio de verano. Las figuras 11 y 12 muestran los resultados a las 12.00 horas en los dos escenarios futuros.

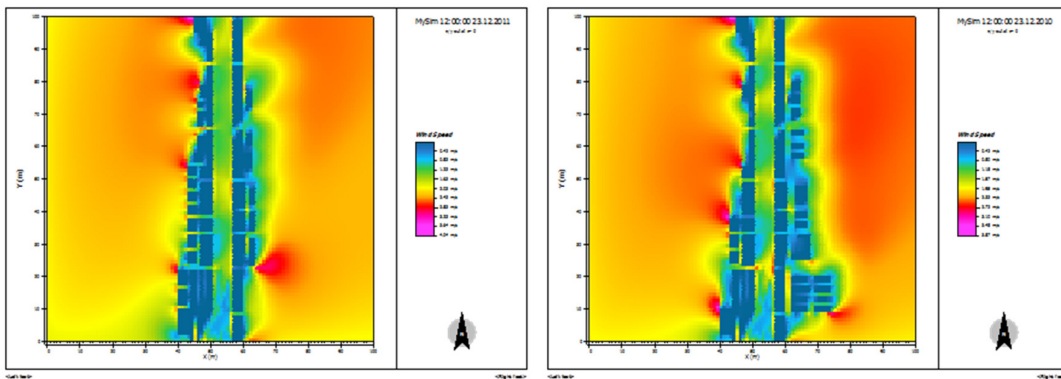


Figura 11 – resultados Envi-Met para la velocidad de aire en las dos previsiones, solsticio de verano (el. propia)

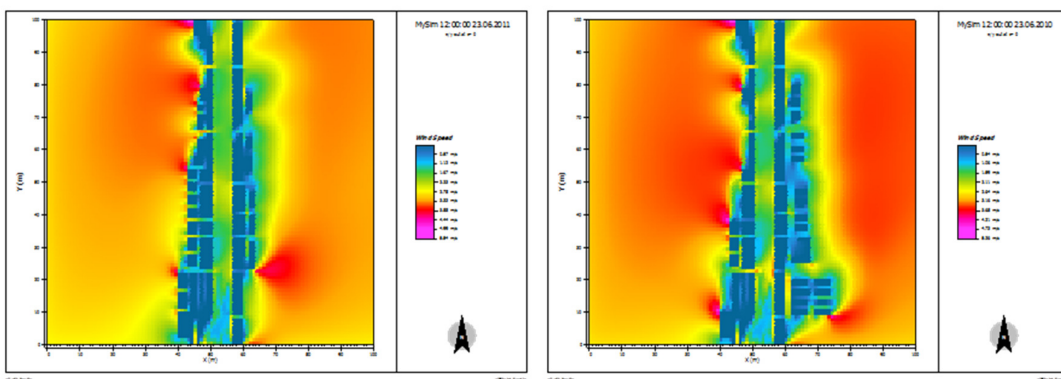


Figura 12 – resultados Envi-Met para la velocidad de aire en las dos previsiones, solsticio de invierno (el. propia)

Los resultados obtenidos por Envi-Met, sin embargo, no son totalmente coherentes con los anteriores, mostrando poca diferencia en los dos casos de desarrollo presentados. Se evidencian además flujos transversales en la zona del parque, que parecen ser prevalentes por sobre del flujo longitudinal en el eje norte-sur que aparecía en la simulación Win-Air.

4.3. Experimento en mesa de agua y monitorización de datos

Para aclarar (por lo menos de forma cualitativa) la distribución real de los flujos de viento, se procedió a realizar un experimento en maqueta y una monitorización parcial del sector urbano. La zona de monitorización fue elegida a través de entrevistas con los usuarios de la avenida, que señalaron la segunda calle transversal desde el norte como la zona más ventilada, reconociendo un flujo claramente transversal, no dirigido en el eje del parque, sino que proveniente desde el mar y orientada hacia el interior. Las velocidades monitorizadas en la esquina norte oeste de la segunda calle transversal a la avenida arrojaron valores de flujos de entre 7 y 10 metros por segundo durante las ráfagas, destacando cierta pulsación en el viento, de aproximadamente 5 segundos entre ráfaga y ráfaga. La monitorización se llevó a cabo por un día solamente, en el mes de marzo, por lo que los datos obtenidos son absolutamente parciales, pero parecen de alguna manera sustentar la visualización del fenómeno obtenida tanto en el experimento en mesa de agua, como en la simulación Envi-Met. La figura 12 muestra la maqueta en escala 1:2000 construida para el experimento y la visualización de los flujos obtenida.

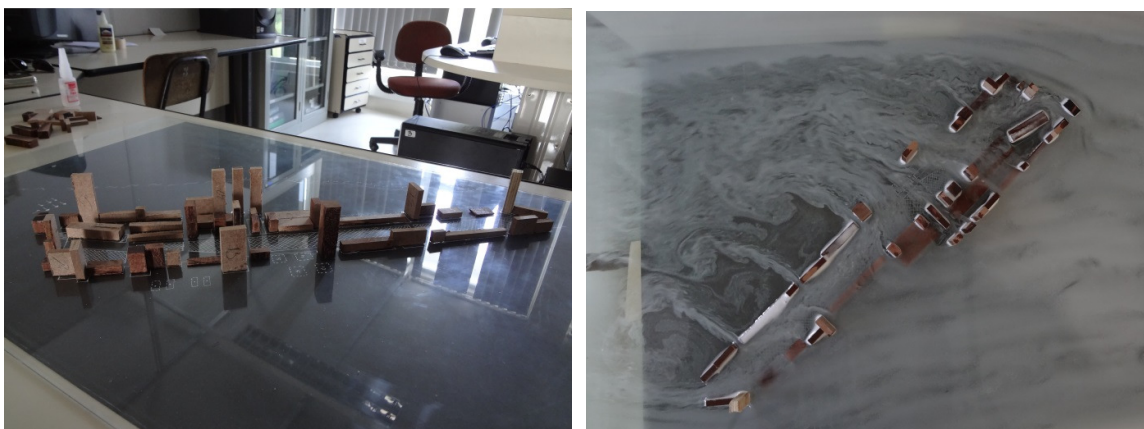


Figura 12 – maqueta en escala 1:2000 del sector y experimento en mesa de agua (fuente: elaboración propia)

5. CONCLUSIONES Y DESARROLLO FUTURO

Este trabajo muestra como la ventilación urbana, importante factor de confort y estrategia pasiva de acondicionamiento estivo de edificios, puede verse seriamente afectada por intervenciones urbanas descontroladas. Si bien los estudios efectuados tienen cierta dispersión de resultados, parece bastante razonable la conclusión de que el sector denominado “Avenida Brasil” de la ciudad de Antofagasta está sufriendo una transformación morfológica cuyos efectos no están siendo considerados por los planes de regulación actualmente vigentes.

La presencia de brisas marinas, con dirección de origen sur oeste, en la actualidad permite una ventilación longitudinal del parque y un residuo de viento aprovechable incluso en la parte más alejada del mar del sector. Sin embargo, los actuales proyectos de construcción de promociones inmobiliarias residenciales amenazan con cerrar el lado este de la avenida, generando por un lado la aceleración de los flujos en la zona central y por otro el bloqueo de las corrientes transversales.

Especialmente este último aspecto aparece ser muy diferente en el resultado de la simulación Win-Air del futuro “soportable”, que prevé la orientación de las futuras construcciones de tal manera de permitir el aprovechamiento de las corrientes hasta en la tercera línea de edificación, a más de 150 metros de la costa.

La presencia de estos flujos transversales en la actualidad es confirmada por observaciones, encuestas y por el experimento de visualización efectuado en mesa de agua. Objetivamente, se necesitará de más datos para tener indicaciones más concluyentes, posiblemente un experimento en túnel de viento y una monitorización más extensiva de las ubicaciones más oportunas relevadas, a saber las esquinas de las calles transversales de la avenida principal.

Estas investigaciones serán llevadas a término próximamente, enmarcándose en el más general estudio de la variabilidad de los parámetros ambientales del sector en diferentes hipótesis de crecimiento. Antofagasta está siendo objeto de una extensa revisión de sus planes urbanísticos, bajo el enfoque de la sustentabilidad, por un consorcio público-privado reunido bajo el nombre de CREO Antofagasta.

La Escuela de Arquitectura de la Universidad Católica del Norte, por su parte, está realizando diferentes laboratorios didácticos y de investigación con el objetivo de generar las hipótesis más adecuadas para la realización de futuros estudios de impacto a escala barrial, que tengan fundamento en las observaciones y en las simulaciones con los medios más apropiados para ello, antes de que las presiones de una política muy populista resuelvan el tema de la calidad de vida en la ciudad a través de herramientas estadísticas tan parciales cuales “número de suscripciones a televisión por cable” o el tan sencillo “ingreso per cápita” que bien poco dice sobre las condiciones reales de la vida y sobre la confortabilidad del habitar.

Los avances de este estudio más general, parcialmente presentados en el Second World Sustainability Forum (Palme, 2012) de noviembre 2012, servirán para determinar también una metodología de análisis urbano aplicable a otras situaciones climáticas y emplazamientos, una vez obtenida la verificación metodológica que necesitan. Predicciones futuras, además que modificaciones en el entorno, deberán contener proyecciones de cambio climático, que potencialmente pueden cambiar cualitativamente el escenario analizado, como también supuesto por Palme et al. (2013).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ZULETA, Ricardo. **Física del ambiente**. Ediciones UCN, Antofagasta, 2009
- BRUSE, Michael. **Envi-Met manual v. 3.1**. Disponible on line: www.envi-met.com
- ROGORA, Alessando; DESSÍ, Valentina. **Il comfort ambientale negli spazi aperti**. Edicom edizioni, Monfalcone, 2005.
- PALME, Massimo. **Simulation of urban growth of the green area of Avenida Brasil in Antofagasta, Chile**. Proceedings of the Second World Sustainability Forum, November 2012.
- PALME, Massimo; ISALGUÉ, Antonio; COCH, Helena. Avoiding the Possible Impact of Climate Change on the Built Environment: The Importance of the Building's Energy Robustness. **Buildings**, v. 3, p 191-204, 2013.
- FANGER, Ole P. **Thermal Comfort**. Danish Technical Press, Chopenaguen, 1970.
- OLGYAY, Victor. **Arquitectura y clima**. Barcelona 2006.
- SERRA, Rafael. **Arquitectura y climas**. Ediciones UPC, Barcelona 2003
- SERRA, Rafael; COCH, Helena. **Arquitectura y energía natural**. Ediciones UPC, Barcelona 1998
- ENVIMET. Software disponible en: www.envi-met.com última visita 25/03/2013
- ECOTECH. Software disponible en: www.autodesk.com última visita 25/03/2013
- WINAIR. Software disponible en: www.proxyarch.com última visita 25/03/2013
- CREO. Plan de desarrollo urbano de Antofagasta. <http://www.creoantofagasta.cl/> última visita 25/03/2013

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se realizó bajo el auspicio de CONICYT MINISTERIO DE ENERGÍA – Programa de apoyo a la formación de redes internacionales entre instituciones de investigación en energía y de las secciones IBPSA Chile e IBPSA Brasil de la INTERNATIONAL BUILDING PERFORMANCE SIMULATION ASSOCIATION.