

Recepción de original: Diciembre 2020 | Aceptación: Mayo 2021.

Atanasoska, K. (2021). "Caracterización bioclimática de Mar del Plata. Recomendaciones para el Diseño Arquitectónico". *Revista i+a, investigación más acción*, N° 24, p. 13-34.

CARACTERIZACIÓN BIOCLIMÁTICA DE MAR DEL PLATA. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO.

Atanasoska Kristina

RESUMEN

Con el aumento exponencial de la población en la Tierra, se experimenta una preocupación por la sustentabilidad de la arquitectura como un rubro que consume mucha energía no renovable. Hoy en día, provocado por la pandemia de SARS-CoV-2, a ella se le suman necesidades imperativas de confort y salubridad.

La arquitectura bioclimática utiliza y optimiza los recursos naturales para la mejora de las condiciones de habitabilidad, la reducción de los gastos energéticos y la disminución en el impacto ambiental. El objetivo de este trabajo es analizar las condiciones bioclimáticas en la región de Mar del Plata para facilitar la toma de decisiones para el diseño de los edificios.

La metodología consiste en el estudio de varios temas centrales: el clima, el confort, la forma, el asoleamiento y el viento, a partir de los datos del Servicio Meteorológico Nacional. Simultáneamente, se tiene en cuenta la norma IRAM 11603 y la bibliografía referente.

Los resultados obtenidos indican que las construcciones en la región deberían dar respuesta a un clima predominantemente frío y húmedo. La arquitectura tendría que mantener cierta compacidad, utilizar aislación térmica, tener buena orientación para aprovechar el sol en los meses fríos, proporcionar buena ventilación y protegerse de los vientos.

PALABRAS CLAVE

Arquitectura Bioclimática | Eficiencia Energética | Hábitat Sustentable

DATOS DE LA AUTORA

Atanasoska Kristina. Arquitecta (FAUD, UNMdP). Diseñadora de interiores (Accademia Italiana, Florencia). Maestranda de la Maestría Arquitectura y Hábitat Sustentable, FAU, UNLP. Becaria Tipo "A" radicada en Cythap, IIDUTyV, FAUD, UNMdP, dirigida por la Arq. María Teresita Falabella. Docente en las áreas arquitectónico - urbanística y tecnológica-construktiva de FAUD-UNMdP. Participó en congresos y jornadas, y realizó diversos concursos de arquitectura, en los cuales recibió premios y distinciones. Contacto: kristina.atanasoska@gmail.com.

ORCID ID 0000-0002-6508-2575.

Bioclimatic characterization of Mar del Plata. Recommendations for architectural design

ABSTRACT

With the exponential increase in the population on Earth, there is a concern for the sustainability of architecture as an item that consumes a great deal of non-renewable energy. Today, caused by the SARS-CoV-2 pandemic, it is compounded by imperative needs for comfort and health.

Bioclimatic architecture uses and optimizes natural resources to improve living conditions, reduce energy costs and reduce environmental impact. The objective of this work is to analyze the bioclimatic conditions in the Mar del Plata region to facilitate decision-making for the design of buildings.

The methodology consists of the study of several central themes: climate, comfort, shape, sunlight and wind, based on data from the National Meteorological Service. Simultaneously, the IRAM 11603 standard and the reference bibliography are taken into account.

The results obtained indicate that the constructions in the region should respond to a predominantly cold and humid climate. The architecture would have to maintain a certain compactness, use thermal insulation, have good orientation to take advantage of the sun in the cold months, provide good ventilation and protect itself from the winds.

KEYWORDS

Bioclimatic Architecture | Energy Efficiency | Sustainable Habitat |

Caracterização bioclimática De Mar Del Plata. Recomendações para projeto arquitetônico

RESUMO

Com o aumento exponencial da população na Terra, há uma preocupação com a sustentabilidade da arquitetura como um item que consome muita energia não renovável. Hoje, causada pela pandemia SARS-CoV-2, é agravada por necessidades imperativas de conforto e saúde.

A arquitetura bioclimática usa e otimiza os recursos naturais para melhorar as condições de vida, reduzir os custos de energia e reduzir o impacto ambiental. O objetivo deste trabalho é analisar as condições bioclimáticas na região de Mar del Plata para facilitar a tomada de decisão para o projeto de edifícios.

A metodologia consiste no estudo de vários temas centrais: clima, conforto, forma, luz solar e vento, com base em dados do Serviço Meteorológico Nacional. Simultaneamente, o padrão IRAM 11603 e a bibliografia de referência são levados em consideração.

Os resultados obtidos indicam que as construções da região devem responder a um clima predominantemente frio e úmido. A arquitetura teria que manter uma certa compactação, usar isolamento térmico, ter boa orientação para aproveitar o sol nos meses frios, ter boa ventilação e se proteger dos ventos.

PALAVRAS-CHAVE

Arquitetura Bioclimática | Eficiência Energética | Habitat Sustentável

INTRODUCCIÓN

Recientemente se vivió una situación particular de la pandemia de SARS-CoV-2. Como en muchos países, en Argentina la primera prevención fue la cuarentena. En Mar del Plata particularmente, el “aislamiento social, preventivo y obligatorio”, o fase uno, duró de 20 marzo a 26 de abril de 2020, del 27 de abril a 10 mayo del mismo año se permitieron las salidas recreacionales (fase 2), al día siguiente (11.05.2020) se anunció el fin de la cuarentena y el inicio del distanciamiento obligatorio (fase 3) y el 31 de mayo del mismo año se retrocedió a la fase anterior.

En estas idas y vueltas de aislamiento más o menos estricto, el hábitat pasó a ser oficina, gimnasio y aula en el mismo espacio doméstico. En la mayoría de los casos, las viviendas no están preparadas para absorber todas estas funciones, y más importante, tampoco están diseñadas para que las personas estén confinadas en las mismas por períodos largos de tiempo.

En estas situaciones los arquitectos se plantean el problema de cómo la pandemia va a modificar la arquitectura y las ciudades. El arquitecto David García en su entrevista con Ventura de BBC News dice: “hasta que se logra encontrar un remedio a una epidemia, la única cura que existe es la arquitectura” (10.05.2020).

Para que la arquitectura pueda ser considerada como una cura debe cumplir con ciertos requisitos en cuanto a la habitabilidad y a la salubridad. Principalmente se enfatiza la importancia del confort dentro de los edificios, el asoleamiento, la buena ventilación, etc. Una de las maneras de llegar a eso sin aumentar el gasto energético sería compatibilizando a la arquitectura con el clima, que sea bioclimática.

De acuerdo a Acosta (1976), la arquitectura bioclimática proporciona un “clima privado” interponiendo una serie de superficies termoaislantes e impermeabilizantes, que a su vez no deben aislar de la naturaleza. Es un intermediario entre el exterior y el interior en cierta latitud y longitud geográfica que optimiza la energía del sol, del viento, de la tierra y de la vegetación, para alcanzar el confort habitacional.

El interés por la arquitectura bioclimática se remonta hasta los años 70, cuando por la crisis del petróleo se empezó a pensar maneras de disminuir el uso de los combustibles fósiles. Hoy en día este enfoque es cada vez más actual incentivado por el creciente interés en cuanto a la disminución del gasto energético y el impacto ambiental.

Gonzalo (2015) destaca la importancia de la etapa proyectual y la necesidad de capacitación de los profesionales de la construcción en el uso racional de

la energía. De acuerdo a él, hay que actuar sobre el déficit de estos temas en la educación de los usuarios y por otro lado, sobre los distintos organismos que están implicados en la construcción en diferentes niveles (específicos de la construcción, provinciales y municipales y organismos de apoyo y control).

Para conseguir un buen desempeño térmico resulta necesario basarse en modelos ensayados sobre el clima regional (Izard y Guyot, 1983). Mar del Plata se ubica al 38°10' latitud Sur y 57°60' longitud Oeste. La norma IRAM 11603 divide a Argentina en 8 regiones bioclimáticas, donde Mar del Plata se ubica en la zona IV- templada fría, sub zona d- marítima. La presencia de grandes masas de agua provoca que Mar del Plata tenga su propio microclima costero, debido a la alta inercia térmica de estas masas y el aumento de la presión de vapor atmosférica.

El objetivo de este trabajo es facilitar la toma de decisiones sobre el diseño de los edificios en la región de esta ciudad a partir de información específica en cuanto al clima y el confort. Se pretende que estos datos sean fáciles de interpretar por los profesionales e inclusive que puedan ser aplicados por los estudiantes de arquitectura a lo largo de la carrera.

Metodología

Para hacer este trabajo en principio se tomaron como referencia estudios relacionados. Uno de los antecedentes fundantes en la arquitectura bioclimática en Argentina, es el Dr. Arq. Martín Evans y la Dra. Arq. Silvia de Schiller del Centro de Investigación Hábitat y Energía, de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, de la Universidad de Buenos Aires (CIHE-FADU-UBA). Se investigaron varios temas que ellos elaboran en el libro *Diseño bioambiental y arquitectura solar*.

En relación, Dr. Arq. Guillermo Czajkowski y la Dra. Arq. Analía Gómez del Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata (LAHyS-FAU-UNLP) desarrollan una metodología para la implementación de la arquitectura bioclimática. Se tomó en consideración como ejemplo el primer eje de su metodología- el *Análisis bioclimático general*, donde se revisa el clima, la normativa correspondiente, el confort humano, el asoleamiento, la ventilación, etc.

Otro investigador tomado en referencia es el Dr. Arq. Guillermo Gonzalo del Instituto de Acondicionamiento Ambiental, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán (IAA-FAU-UNT) cuyos trabajos involucran desde la caracterización climática de San Miguel de Tucumán, hasta estudios

comparativos de la legislación que regula la construcción y diseño de los edificios tales como las Normas del Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM).

Se propone abordar varios temas que son de suma importancia con respecto a la arquitectura bioclimática y el ahorro energético. Los datos analizados son los promedios de los años 1981 a 2010 y provienen de la estación del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) del aeropuerto en Mar del Plata ubicado al 37°93'S y 57°58'W con altitud de 21m. Se utilizaron dos programas de computación para graficar y analizar los datos climáticos, el *Cimate Consultant* y el Programa para graficación de frecuencias y velocidad de vientos en una localidad, elaborado por Dr. Gonzalo Gonzalo del Centro de Estudios Energía y Medio Ambiente (CEEMA-IAA-FAU-UNT). Los temas que se tomaron en referencia de acuerdo a estos datos y la bibliografía son: el clima, el confort higrotérmico, la forma, el asoleamiento y el viento.

A su vez, se revisó la normativa vigente de eficiencia energética. En el marco normativo de la Provincia Buenos Aires rige la ley provincial 13059/03, con el Decreto reglamentario de 2010, que establece las condiciones de acondicionamiento exigibles en la construcción para contribuir a la mejor calidad de vida de la población y a la disminución del impacto ambiental a partir del uso racional de la energía. Se tuvo en cuenta la norma IRAM 11603-*Acondicionamiento térmico de edificios - Clasificación bioambiental de la República Argentina* aplicada a Mar del Plata.

Finalmente, de acuerdo al análisis y los resultados de cada uno de los temas, se definieron pautas y recomendaciones para la ubicación y diseño del edificio en nuestra región que optimizan los recursos naturales y generan un ambiente de confort higrotérmico óptimo.

DESARROLLO

El Clima

La recopilación y análisis de los datos climáticos son el primer paso en el diseño bioclimático, ya que permiten establecer una relación entre las necesidades del hombre y la influencia del clima (Evans y de Schiller, 1994). Los factores climáticos de una región se van modificando de acuerdo a los componentes meteorológicos, geográficos y los astronómicos. Entre los meteorológicos están la temperatura, la humedad, la nubosidad, las precipitaciones y el asoleamiento. Los componentes geográficos que influyen son el relieve, la cercanía del

mar y la vegetación. Finalmente, los astronómicos son la latitud, la altitud, la distancia Tierra- Sol, la inclinación del sol y la variación del ángulo horario.

De acuerdo a la norma IRAM 11603, Mar del Plata está en la zona IV- templada fría, sub zona d- marítima, donde se define al clima de verano no riguroso, con máxima promedia que raras veces pasa los 30°C e invierno frío, con valores medios entre 4°C y 8°C y alcanza muchas veces temperaturas bajo cero. Las amplitudes térmicas son pequeñas en el año y la zona se caracteriza por alta humedad relativa.

En el diagrama de temperaturas y humedad (Figura N° 1) se observa que la temperatura media oscila entre 20,4°C en enero y 7,5°C en julio. Se verifica que la ciudad tiene muy poca amplitud térmica en el año y no tiene verano pronunciado. Entre abril y noviembre la temperatura media es más baja que 18°C. A su vez, la humedad relativa ronda desde 74,4% en enero hasta 82,5% en julio, que confirma la clasificación de las Normas IRAM 11603.

Los datos de las temperaturas en Mar del Plata sugieren que los edificios en esta región se deberían diseñar y construir con buena aislación térmica para responder a los 8 meses de temperaturas más bajas que la de confort.

El diagrama de precipitaciones (Figura N° 2) muestra que Mar del Plata tiene un período húmedo desde fines de primavera hasta inicio de otoño, que tiene que ver con la influencia oceánica y el régimen pluvial atlántico. Este período abarca casi 70% de las lluvias totales del año con un promedio de 8,2 días de lluvia por mes. En los meses fríos (de abril a septiembre) el promedio de lluvias es de 63 mm por mes, con el promedio más bajo, de 55,7 mm, en julio.

De acuerdo a García (2013), en Mar del Plata se observan precipitaciones máximas que triplican y cuadruplican las medias mensuales y hay numerosos ejemplos con diarias máximas superiores a 100 mm. Estos datos se deberían tener en cuenta a la hora de diseñar la instalación del desagüe pluvial. De hecho, sugieren que el uso del techo con pendiente sería más apropiado que el techo plano por la facilidad de evacuar el agua.

En la Figura N° 3 se muestra la radiación promedia en el plano horizontal y vertical orientado al norte y también el promedio de las horas de asoleamiento por mes en Mar del Plata a lo largo del año. Estos datos sirven a la hora de evaluar la implementación de sistemas de captación solar pasiva o activa y calcular su aporte calórico. Se nota que de mayo a agosto hay muy pocas horas de sol por día que se tendría que considerar a la hora del diseño de los sistemas de calefacción pasiva, especialmente en las viviendas. En los meses restantes, cuando todavía la

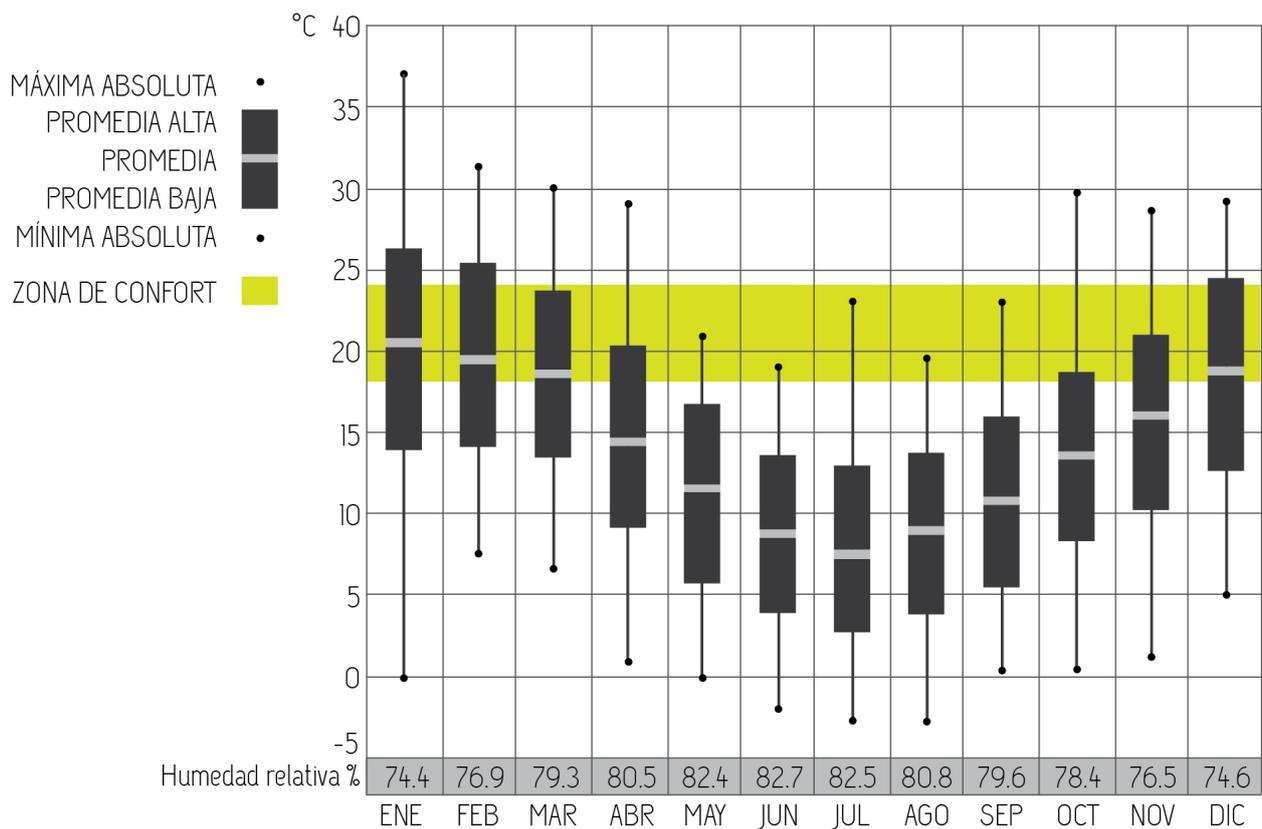


Figura 1. Temperaturas y humedad promedio en Mar del Plata. Fuente: Elaboración propia a base simulación con Climate Consultant con datos del SMN.

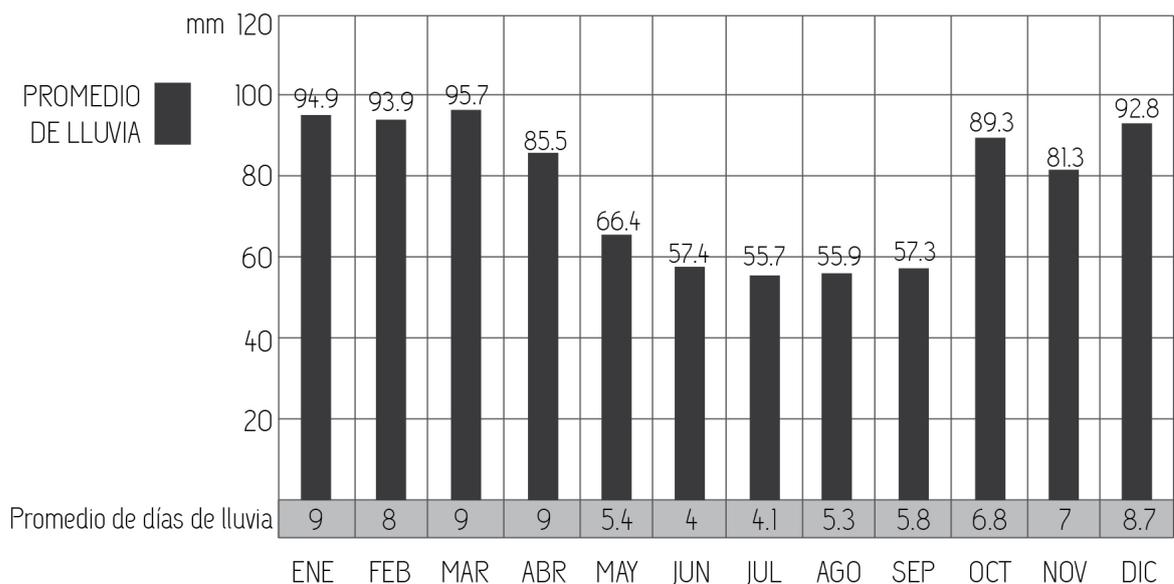


Figura 2. Promedio de precipitaciones (mm) y días de lluvia por mes. Fuente: Elaboración propia a base de datos del SMN.

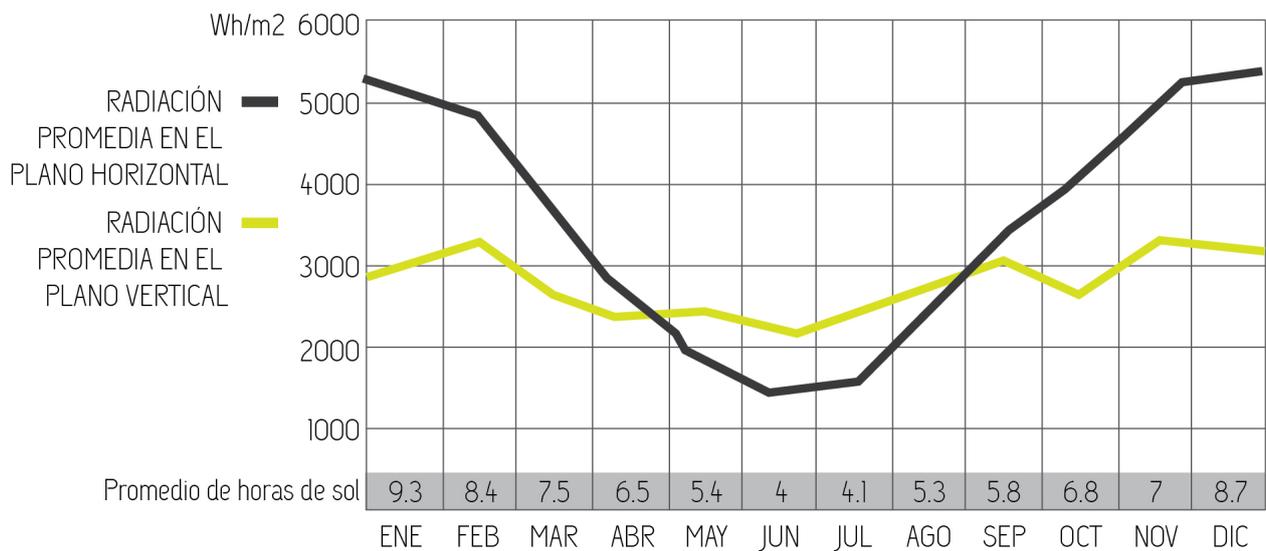


Figura 3. Radiación promedio en un plano horizontal y vertical orientado al norte y promedio de horas de asoleamiento por mes. Fuente: Elaboración propia a base de datos del SMN.

temperatura está por debajo de la de confort (abril, septiembre, octubre y noviembre), se podría usar exclusivamente el sol para calefaccionar los edificios.

Otra característica de Mar del Plata es su borde costero. De acuerdo a la norma IRAM 11603, en los períodos de calma durante el día la tierra aumenta su temperatura más rápido que el agua, esto genera que el aire caliente provoque una brisa desde el mar hacia la costa. Al atardecer sucede lo opuesto, la tierra se enfría más rápido induciendo una brisa inversa, desde el litoral hacia el océano.

El Confort Higrotérmico

El confort es una sensación subjetiva que depende de muchos factores. De acuerdo a Evans y de Schiller (1994), por un lado actúan causas individuales como la edad, el sexo, el color de la piel, la forma del cuerpo, el metabolismo, etc. A continuación, a estos se le suman elementos circunstanciales: la alimentación, la actividad física que desarrolla la persona, la ropa que usa, etc. Finalmente, en la sensación de confort también influyen los componentes climáticos: la temperatura, la humedad, la radiación solar, el movimiento del aire, etc.

De los últimos, el concepto de confort está estrechamente relacionado con el contenido de humedad en el aire y la temperatura de bulbo seco del ambiente interior y se denomina Confort Higrotérmico. Para analizar el confort higrotérmico

en Mar del Plata, se utilizó el diagrama psicrométrico de Givoni.

En este diagrama se define la zona de confort de invierno entre los 18°C y 24°C con humedad relativa máxima de 85%, mientras que en verano la temperatura de confort se eleva hasta 26°C con humedad relativa hasta 80%. Por otro lado, este diagrama nos indica los recursos de diseño para llegar a un mejor confort higrotérmico.

Del diagrama de la figura N° 4, se puede percibir que en los meses de verano, de diciembre a marzo, Mar del Plata está en el rango del confort. Sin embargo, para temperaturas más altas que 24°C se recomienda protección solar total y el leve movimiento del aire es bienvenido, mientras que para temperaturas más bajas que esta se necesita protección del movimiento del aire (Evans y de Schiller, 1994).

A continuación, se observa que durante la gran parte del año, pero especialmente en mayo, septiembre, octubre y noviembre se puede obtener el confort higrotérmico a través de los sistemas de calefacción solar pasiva. Cuando la temperatura está por arriba de los 8°C se puede llegar al confort higrotérmico a través de la radiación solar y el calor generado por los ocupantes y el equipamiento (Neila González, 2004). El edificio debería estar bien orientado, con superficies vidriadas orientadas al norte para la captación de la radiación solar. Por otro lado, debería tener buena aislación térmica, aperturas controladas al sur y protección de los vientos predominantes de estas épocas.

- 1 CONFORT EN INVIERNO
- 2 CONFORT EN VERANO
- 3 VENTILACIÓN CRUZADA
- 4 INERCIA TÉRMICA Y VENTILACIÓN SELECTIVA
- 5 ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO
- 6 HUMIDIFICACIÓN
- 7 SISTEMAS SOLARES PASIVOS

- Enero
- Febrero
- Marzo
- Abril
- Mayo
- Junio
- Julio
- Agosto
- Septiembre
- Octubre
- Noviembre
- Diciembre

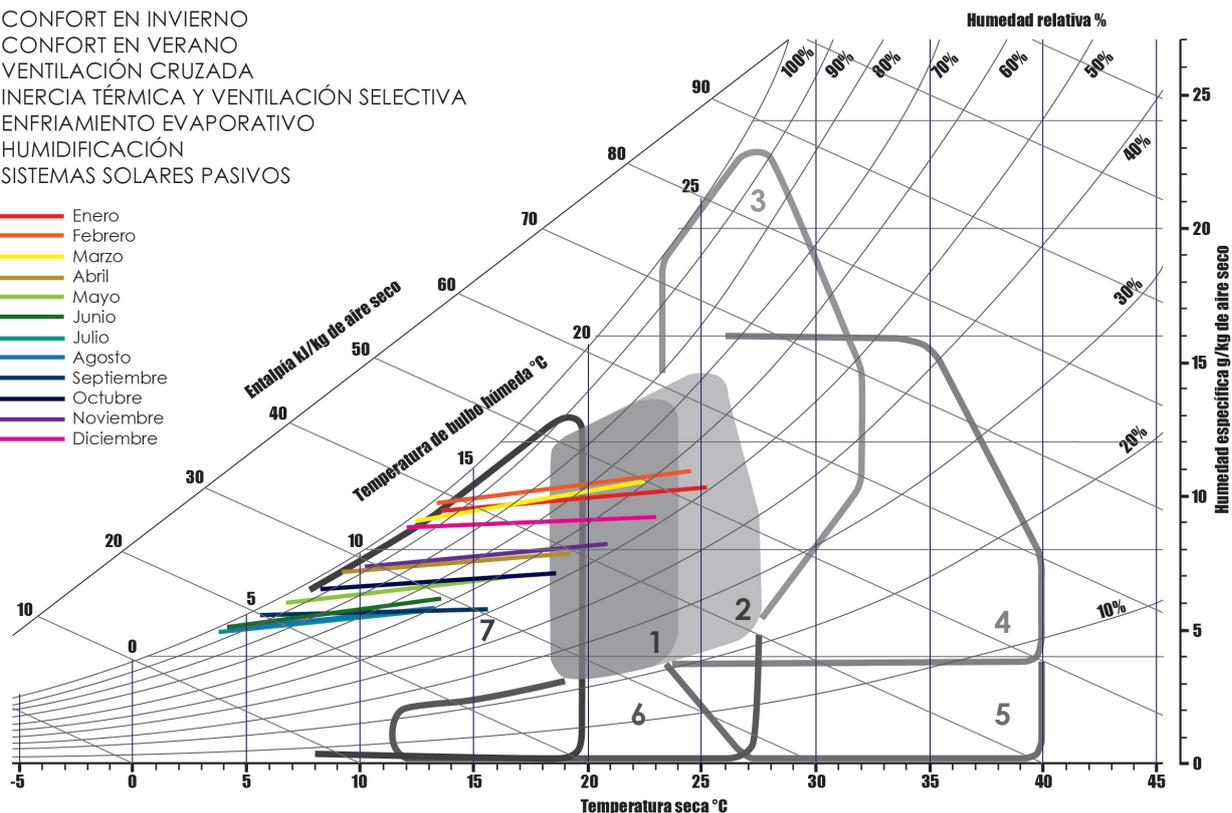


Figura 4. Diagrama psicrométrico de Givoni para Mar del Plata. Fuente: Elaboración propia a base de datos del SMN.

Finalmente, en los meses de junio a agosto cuando las temperaturas están por debajo de los 8°C la calefacción solar pasiva, de acuerdo al gráfico de Givoni, no es suficiente. En estos meses se debe acudir a la calefacción convencional, sin embargo la calefacción pasiva puede generar un aporte significativo inclusive en estos meses y de esta manera proporcionar una disminución en el consumo energético.

La Forma

La forma del edificio está estrechamente vinculada con el intercambio de calor con el exterior. Si se aumenta la superficie de las fachadas manteniendo el mismo volumen habitable se va a incrementar la pérdida calórica y también el gasto de la construcción. De acuerdo a Czajkowski y Gómez (2002), hay varios indicadores que se pueden tener en cuenta en cuanto a la forma: el índice de compacidad, el factor de compacidad, de forma y de exposición. El factor de forma tiene en cuenta la relación entre la superficie total de pérdida calórica y el volumen de la construcción y se calcula con la fórmula en la Figura N° 5.

Cuanto más bajo sea el resultado de esta relación, va a ser más fácil conservar la energía de calefacción. El edificio óptimo será el que tenga la mínima superficie de pérdidas manteniendo el mismo volumen de almacenaje de calor (Figura N° 6). Las viviendas unifamiliares deberían tener una forma

$$\text{Factor de forma} = \frac{\text{Volumen del edificio}}{\text{Superficie de pérdida}}$$

Figura 5. Fórmula para calcular el factor de forma. Fuente: Elaboración propia.

muy compacta y para los climas templados el factor de forma debería ser $\leq 0,7$ (Thorpe, 2018).

De acuerdo a esto, cuanto más volumen, menor va a ser la superficie de pérdida por metro cúbico de interior (Bardou y Arzumania, 1981), las construcciones más grandes tienen mejor factor de forma que los pequeños. La limitación de este

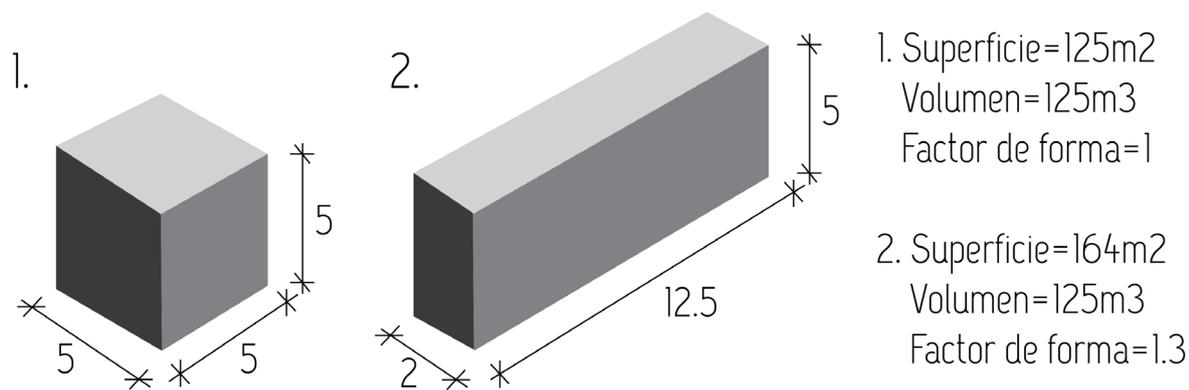


Figura 6. Comparación del factor de forma de dos volúmenes. Fuente: Elaboración propia.

factor está en el hecho de que no toma en cuenta el agrupamiento y siempre se necesita mayor volumen para un mejor resultado.

Por otro lado, en la normativa Passivhaus de la Unión Europea se toma en consideración otro factor de forma (Thorpe, 2018). Con él se contempla la relación entre la superficie de pérdida de calor y la superficie de uso o el área habitable (suma solo los espacios calefaccionados) y se mide de acuerdo a la fórmula en la Figura N° 7.

Este factor puede ser interesante porque el área habitable es más importante que el volumen, teniendo en cuenta el uso de la arquitectura, y a su vez permite menor altura entre planta y planta (Figura N° 8). Puede oscilar entre 0,5 y cinco, y cuanto más bajo es, más eficiente va a ser el edificio. De hecho, la norma europea recomienda un factor

máximo de tres.

La superficie de pérdida está directamente vinculada con la transmitancia térmica (K). Cuanto mayor es la superficie de pérdida, mayor va a ser la necesidad de aislación térmica y más cara va a ser la construcción.

$$\text{Factor de forma (Passivhaus)} = \frac{\text{Superficie de pérdida}}{\text{Superficie habitable}}$$

Figura 7. Fórmula para calcular el factor de forma de Passivhaus. Fuente: Elaboración propia.

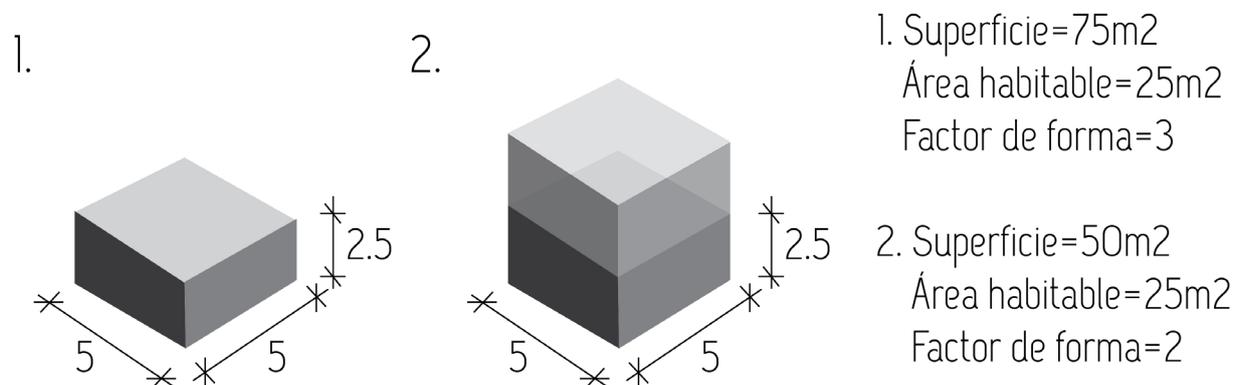


Figura 8. Comparación del factor de forma (Passivhaus) de dos volúmenes. Fuente: Elaboración propia.

A su vez, cuanto más bajo es el factor de forma (passivhaus) va a ser más posible aplicar superficies vidriadas (que tienen más alto valor de K).

Los factores de forma pueden ser indicadores importantes para el diseño de la arquitectura en Mar del Plata teniendo en cuenta el clima, especialmente la temperatura que durante gran parte del año está por debajo de la temperatura de confort.

El Asoleamiento

Le Corbusier en su libro *El poema del ángulo recto* (1955) escribía de la importancia del sol:

*“...El sol señor de nuestras vidas
Lejos indiferente
Él es el visitante –un señor-
él entra en nuestra casa.
Poniéndose dice buenas tardes
... Y las lámparas
se encienden.
Puntual máquina que gira
desde lo inmemorial él hace
nacer a cada instante de las
veinticuatro horas la gradación
el matiz imperceptible
dotándolas casi
de una medida. Pero la rompe
por dos veces brutalmente por la
mañana y por la tarde. El continuo
le pertenece pero
nos impone la alternativa –
la noche el día – los dos tiempos
que regulan nuestro destino:
Un sol sale
un sol se pone
un sol vuelve a salir”*

El sol es la principal fuente de energía para todos los procesos que se desarrollan en el planeta. Llega en forma de radiación, que a su vez, pasa por procesos de dispersión, reflexión y absorción. Se estima que a la superficie terrestre llegan aproximadamente 47% de la radiación total, perdiéndose 19% por absorción de la atmósfera y 34% dispersado por los elementos de la atmósfera o reflejado por las nubes o la superficie terrestre (Grossi Gallegos y Righini, 2007).

Hay varios factores que condicionan la radiación solar. Uno de ellos es la latitud de la región, siendo que cuanto más vertical sean los rayos solares (entre los trópicos), más intensa es la energía. Otro elemento es

la época del año, que tiene que ver con la inclinación de la tierra respecto al sol (Figura N° 9). Finalmente, la topografía tiene una serie de componentes que influyen en la radiación solar, como por ejemplo, la altitud (la temperatura disminuye con el aumento de altitud), la nubosidad y las precipitaciones entre otros.

Conocer la posición del Sol con respecto a la Tierra es de gran importancia para poder optimizar el diseño arquitectónico. Esto consiste en el aprovechamiento de iluminación y calefacción en invierno y protección en verano. Para poder calcular la ubicación del sol en distinto lugar y en distinto momento del año se necesita la latitud y longitud geográfica, la altura sobre el nivel del mar y el ángulo de inclinación de la tierra con respecto al plano del ecuador que es $23^{\circ}27'$ (Figura N° 9). Los momentos del año que normalmente se toman en consideración son el solsticio de invierno (21 de junio), cuando el sol es más bajo; el solsticio de verano (21 de diciembre), cuando es más alto; y los equinoccios de primavera y otoño (21 de marzo y 22 de septiembre), cuando el sol está más cerca del Ecuador. Para Mar del Plata estos ángulos son: solsticio de verano $\sim 75^{\circ}$, solsticio de invierno $\sim 29^{\circ}$ y el equinoccio de primavera y otoño $\sim 52^{\circ}$.

Incidencia solar

De acuerdo a la Norma IRAM 11603, cada vivienda debe proveer mínimamente dos horas de luz durante el solsticio de invierno en por lo menos la mitad de los ambientes habitables. Para los interiores del edificio se acepta el periodo de asoleamiento cuando la altura del sol es mayor a 10° y cuando el ángulo de incidencia es menor a $67,5^{\circ}$. Estos datos nos sirven para poder calcular el asoleamiento en un punto y las sombras arrojadas de manera analógica con la utilización de las cartas solares o con programas específicos.

En la Figura 10 se muestran dos ejemplos ejecutados con el programa *Climat Consultant* sobre una proyección cilíndrica desarrollada donde en el primer ejemplo la carpintería está orientada al norte, mientras que en el segundo al noreste. Estos casos sirven para visualizar la iluminación que llega a esta carpintería en distintas orientaciones a lo largo del año.

Los datos para delimitar la carpintería en la proyección cilíndrica desarrollada son las medidas de la carpintería y la altura del parapeto. Las dos carpinterías tienen la misma medida de un metro de ancho por dos metros de alto. Como se ve en la Figura N° 11, con estos datos se obtienen los ángulos γ_i y γ_d que se forman desde el centro de la carpintería hasta el borde del muro, o hasta la protección solar (si hubiera) en la planta y, por otro lado, el ángulo β que se forma desde el borde inferior de la carpintería con la arista del muro superior (o alero, si hubiera) (Gonzalo, 2015).

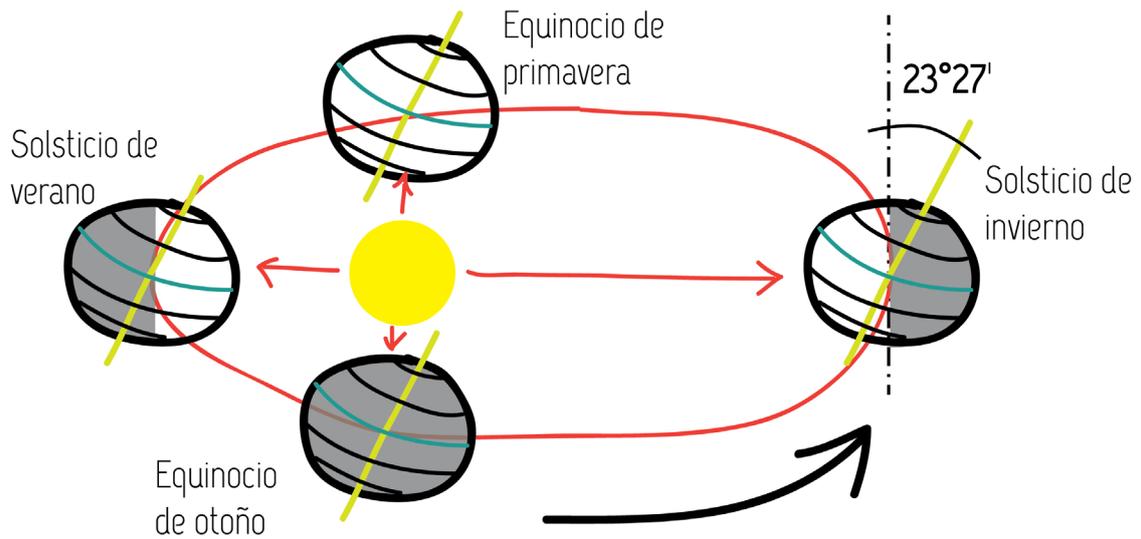


Figura 9. Revolución de la Tierra alrededor del Sol. Fuente: Elaboración propia.

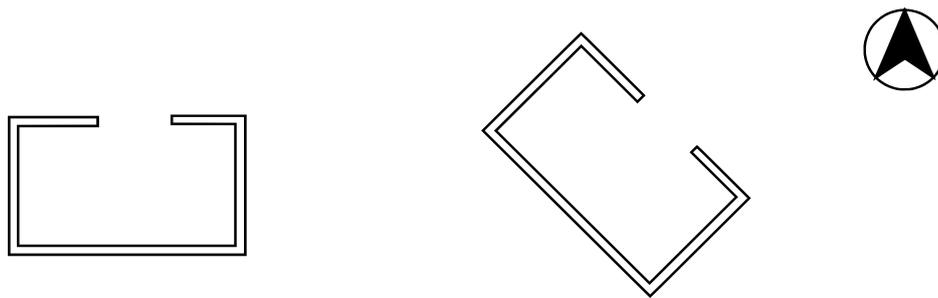


Figura 10. Emplazamiento de los edificios de ejemplo. Fuente: Elaboración propia.

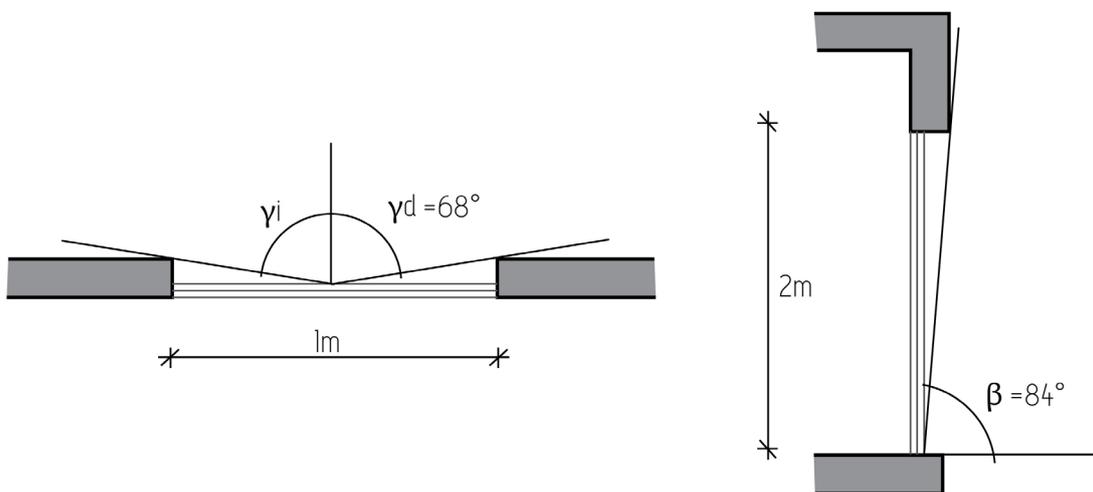


Figura 11. Tamaño de la carpintería y los ángulos formados. Fuente: Elaboración propia.

En este caso, como no hay ningún tipo de protección solar, el ángulo β es mayor que el del solsticio de verano para Mar del Plata y a su vez, el ángulo γ es mayor que el que toma la norma IRAM 11603 para asoleamiento a esta latitud. Entonces los ángulos considerados son: $\gamma = 67.5^\circ$ y $\beta = 75^\circ$ (Figuras N° 12 y N° 13).

Lo que se puede observar es que, en Mar del Plata en una carpintería orientada al norte (Figura N° 12), con las dimensiones anteriormente especificadas y sin obstrucciones, en el solsticio de invierno va a haber asoleamiento durante ocho horas (desde las 8 h de la mañana hasta las 16 h de la tarde), mientras que en el solsticio de verano, al tener el sol un recorrido mayor, las horas que entra la luz directa son desde las 10 h hasta las 14 h aproximadamente.

En la misma carpintería, pero orientada al noreste (Figura N° 13), sin ninguna obturación, se percibe que en el solsticio de verano hay asoleamiento desde las 6h de la mañana hasta la 11 h pasadas. En el solsticio de invierno a cambio va a haber luz directa durante 5 horas, desde las 8 h pasadas hasta las 13 h.

Las cartas cilíndricas son un recurso valioso a la hora de diseñar en un entorno urbano, permiten verificar la sombra arrojada por los edificios cercanos o vegetación existente, la duración horaria del asoleamiento en distinta época del año y a su vez, admite diseñar la protección solar de verano teniendo en cuenta el aprovechamiento solar en invierno.

Protección solar

Para poder diseñar correctamente la protección solar, además de la carta solar, se necesitan las temperaturas diarias del lugar. Con este dato climático se pueden definir los meses y el horario para los cuales hay que proveer protección solar y también para los cuales se necesita ganancia. A modo de ejemplo se analiza la misma carpintería orientada al norte y una igual pero orientada al noroeste.

En la carta solar de Mar del Plata (Figura N° 14) están marcadas las temperaturas para distintos días por hora. El criterio es el siguiente:

- Temperaturas mayores a 24°C - protección solar total;
- Temperaturas entre 18°C y 24°C - protección solar parcial; y
- Temperaturas más bajas de 18°C - ganancia solar.

El área marcada con gris no se toma en consideración a la hora de diseñar, ya que se encuentra delimitada por el ángulo de incidencia del sol de $67,5^\circ$ (Norma IRAM 11603).

En la figura N° 14, se percibe que se necesita protección total desde diciembre hasta principio de marzo alrededor del mediodía. En las horas críticas el sol se encuentra alto y se podría proteger mediante parasoles horizontales. El ángulo más bajo con el cual se tendría que diseñar el alero en Mar del Plata para la orientación norte es de 60° .

A continuación, en la figura N° 15 se muestra cómo calcular el alero de manera analítica (Evans y de Schiller, 1994). Para el caso del ejemplo tomado de una carpintería de dos metros de altura se necesitaría un alero de 1,15 m midiendo desde el inicio de la carpintería. Con este parasol se provee una protección total durante los meses más calurosos en el horario necesario sin necesidad de sombra adicional (se puede ver con el sombreado en el mapa solar).

En la carpintería orientada al noroeste (Figura N° 16) se observa que el ángulo más bajo durante los meses de altas temperaturas ocurre en febrero a las 18 h y es de 20°C aproximadamente. Este ángulo es muy bajo y no se podría resolver la protección solamente con un parasol horizontal. Para esta orientación, en Mar del Plata, se debería recurrir a un sombreado vertical.

Una opción sería mantener el parasol horizontal a 60° y combinarlo con una protección vertical que cubriría un ángulo de 35° que se forma en la planta de un punto extremo de la carpintería y el parasol vertical (Figura N° 17).

Se demuestra que la protección no es total: entre enero y febrero va a llegar la radiación directa entre las 14 h y 15 h. El parasol vertical, para cubrir los 35° , debe tener un largo de 1,42 m que genera un posible espacio exterior. Cuanto más extensa la protección vertical, más va a cubrir la carpintería en los meses cuando se necesita ganancia. En los casos de carpinterías orientadas al noroeste o al oeste se debe hacer un compromiso entre la protección y la ganancia teniendo en cuenta que en Mar del Plata durante aproximadamente ocho meses se necesitan ganancias y también que los parasoles verticales a veces obstruyen las visuales y la ventilación.

Otra opción sería la implementación de cortinas de enrollar, postigos o lamas movibles que se usarían de acuerdo a la necesidad. Finalmente, para esta y para otras orientaciones se podría acudir a la protección solar con vegetación de hoja caduca que obstruye los rayos solares en los meses de verano, mientras que en invierno los deja pasar.

Ganancia solar

En cuanto a la ganancia solar, se debería verificar el asoleamiento en los meses fríos (Figura N° 18) y

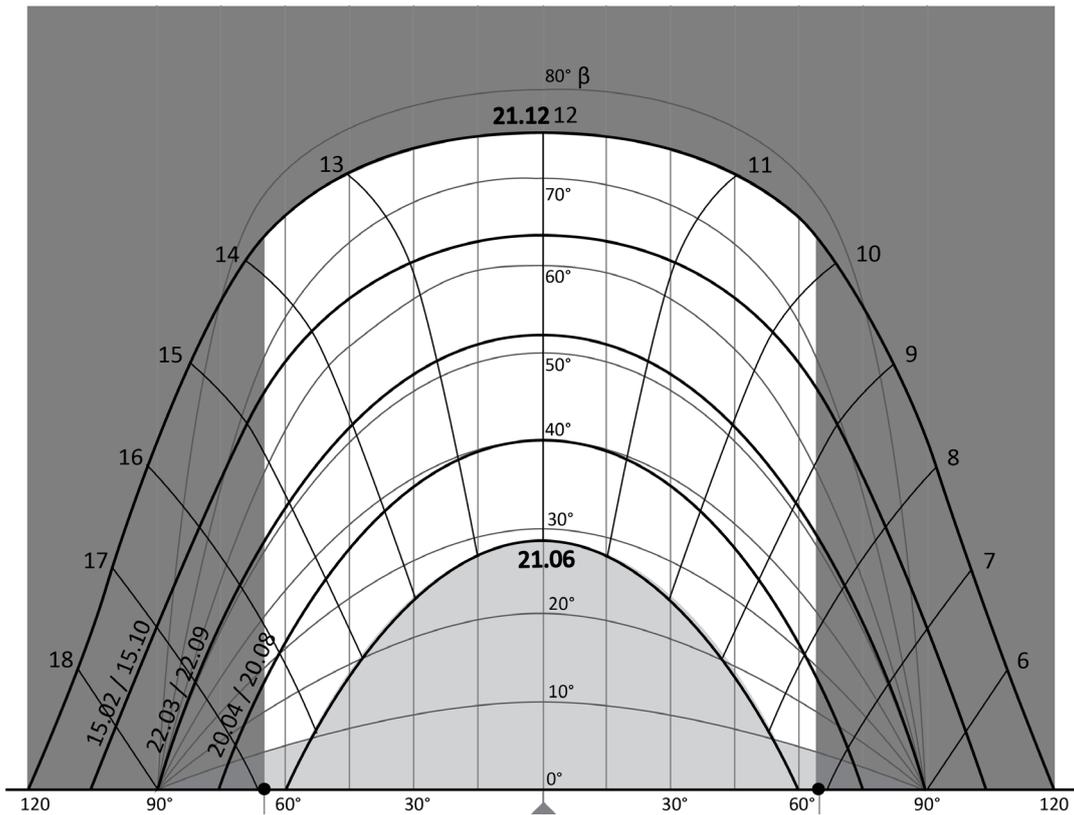


Figura 12. Asoleamiento en la carpintería orientada al norte. Fuente: Elaboración propia a base de simulación con Climate Consultant.

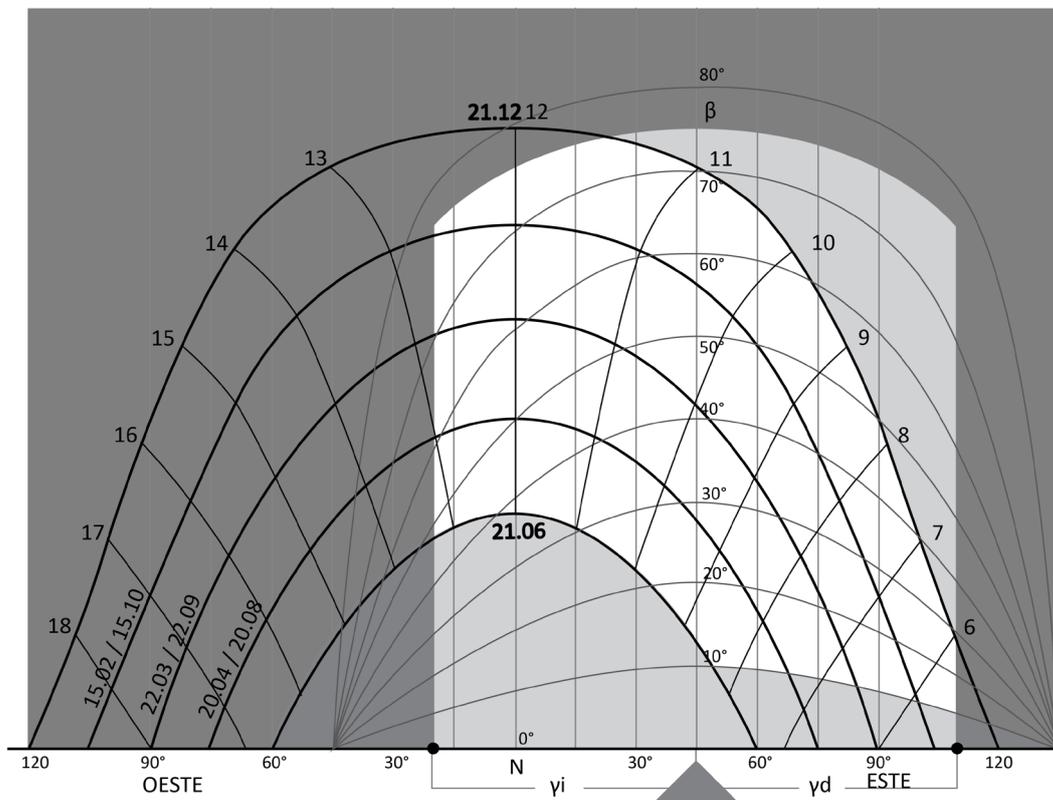


Figura 13. Asoleamiento en la carpintería orientada al noreste. Fuente: Elaboración propia a base de simulación con Climate Consultant.

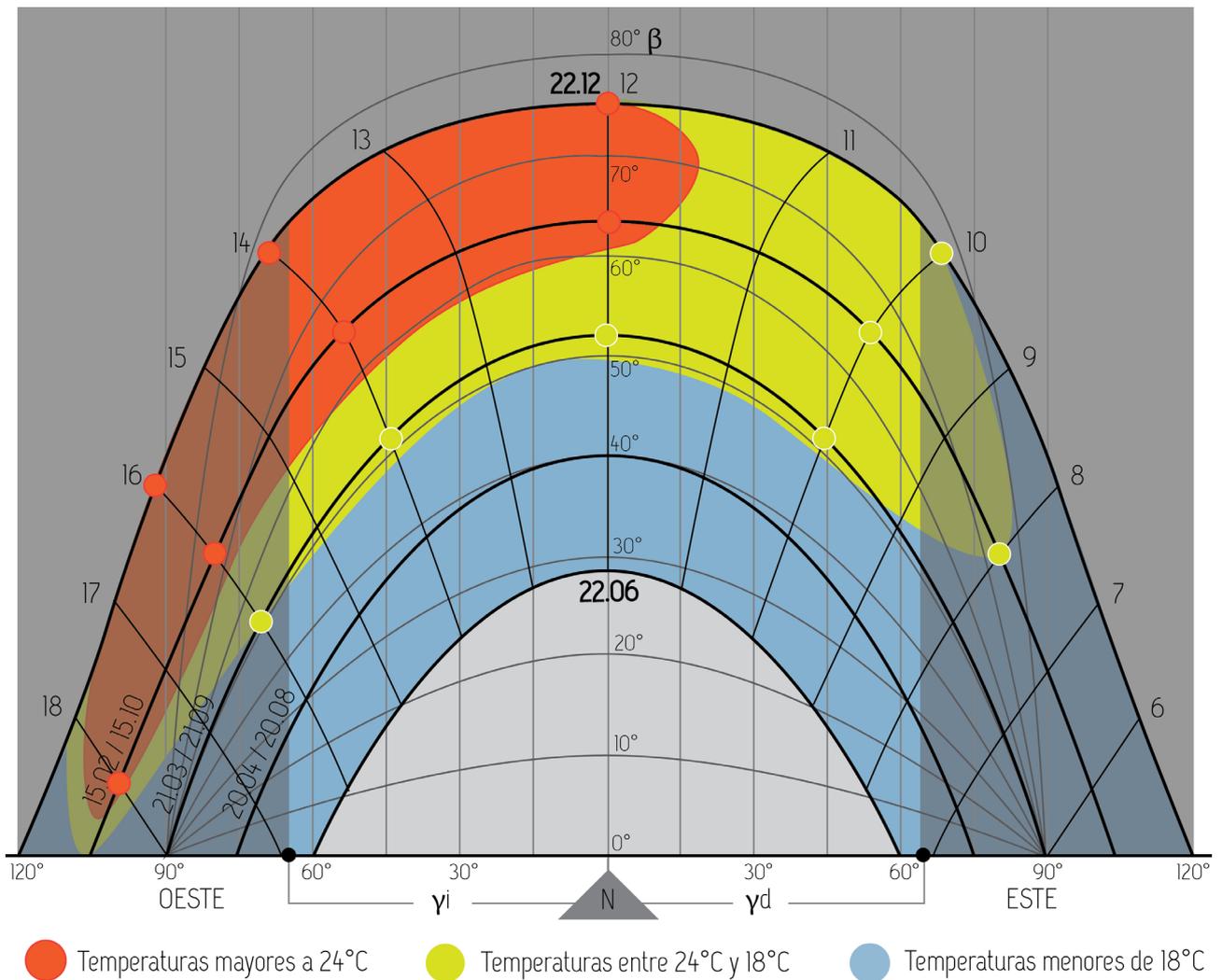


Figura 14. Carta solar con temperaturas desde diciembre hasta junio para una carpintería orientada al norte. Fuente: Elaboración propia a base de simulación con Climate Consultant.

especialmente el día menos favorable (21 de junio) y procurar que haya radiación durante la mayor tiempo posible. Teniendo esto en cuenta, el diseño del edificio debería facilitar la captación de la radiación solar. De acuerdo al diagrama psicrométrico de Givoni (Figura N° 4), en Mar del Plata se podrían implementar los sistemas de calefacción pasiva para mejorar el funcionamiento térmico de las construcciones en invierno y generar un ahorro energético.

Los sistemas pasivos de calefacción pueden ser de ganancia directa o indirecta. El de ganancia directa funciona de la siguiente manera: la radiación solar ingresa en el ambiente a través del vidrio y se convierte en energía térmica que calienta el ambiente y a su vez se acumula en el piso y los muros interiores. De noche, cuando la temperatura exterior

baja y el espacio interior se enfría, el flujo de calor en las masas de almacenamiento se invierte y el calor se direcciona hacia el espacio interior con el fin de alcanzar el equilibrio (Figura N° 19). La ganancia directa se puede generar por las carpinterías o a través de un invernadero.

Las ganancias solares dependen del clima, la orientación, el tamaño y tipo de acristalamiento y las obstrucciones. Por estas razones es imprescindible conocer el recorrido del sol a lo largo del año y la cantidad de energía que de él se puede obtener.

Algunos inconvenientes de este sistema es que el vidrio que se usa para captar la energía solar es, a su vez, el punto por el que más rápido se va a perder la misma. El exceso de luz podría provocar deslumbramiento en el interior y se podrían

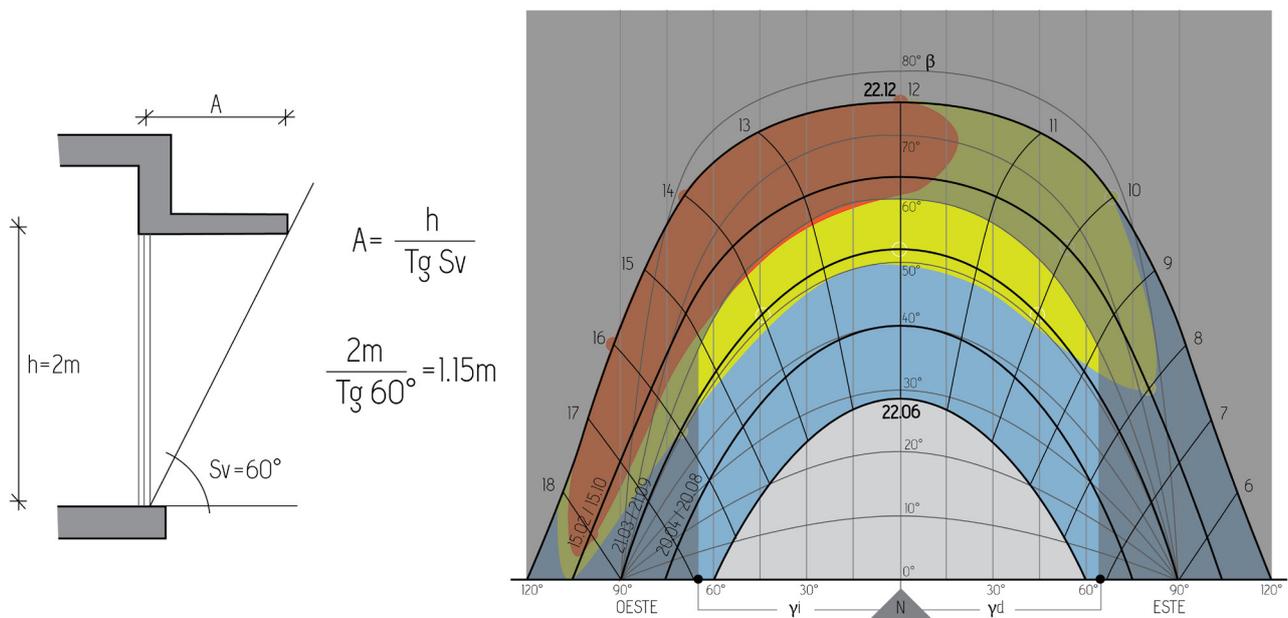


Figura 15. Cálculo analítico del parasol horizontal para la carpintería orientada al norte. Fuente: Elaboración propia a base de simulación con Climate Consultant.t.

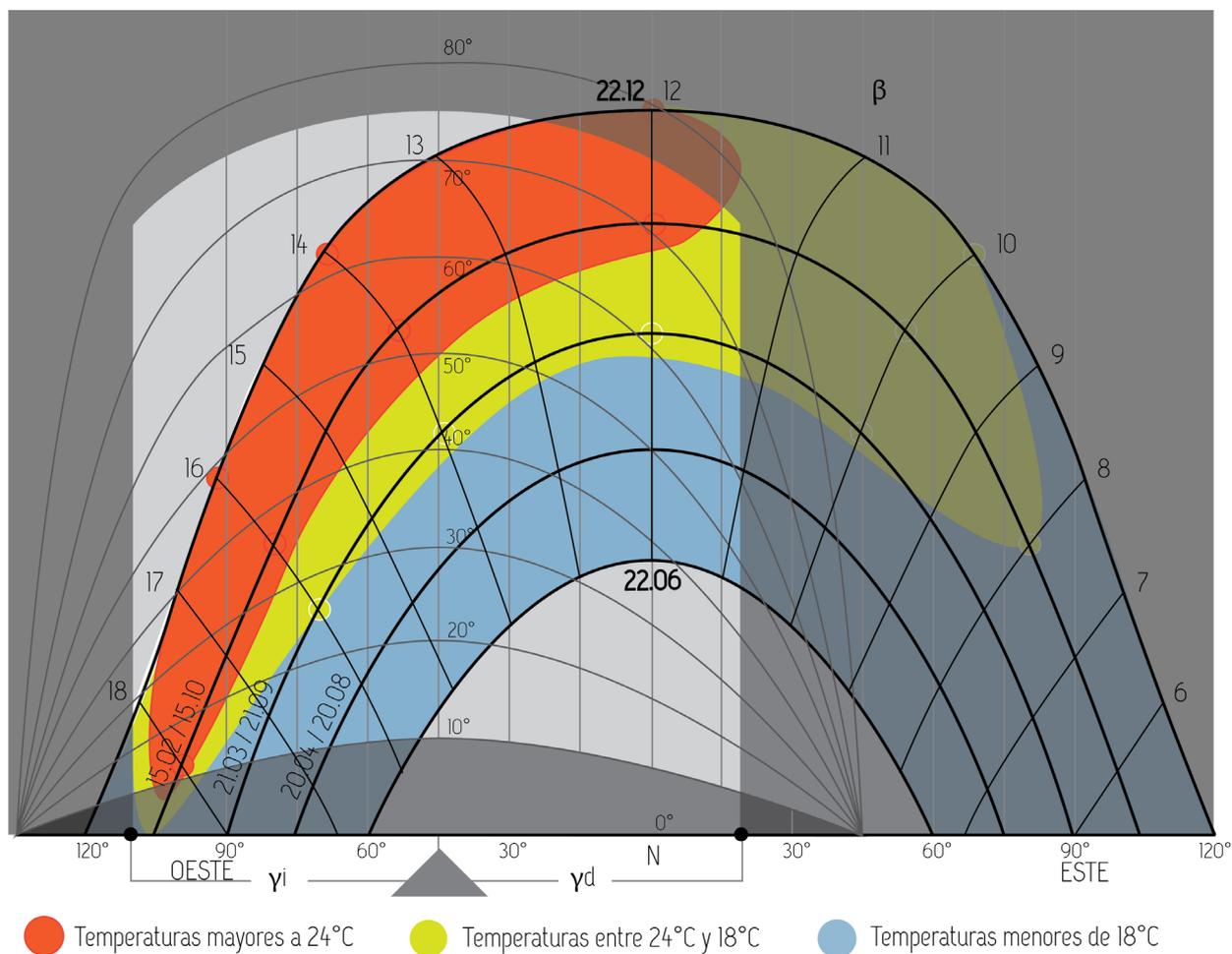


Figura 16. Carta solar con temperaturas desde diciembre hasta junio para una carpintería orientada al noroeste. Fuente: Elaboración propia a base de simulación con Climate Consultant.

provocar sobrecalentamientos si no se provee de una ventilación eficaz y/o sombreado.

El segundo sistema es por ganancia indirecta, donde la captación se hace mediante un elemento que almacena energía, para ceder posteriormente el calor al ambiente interior (Figura N° 20). Se capta la energía solar a partir de un muro de fachada generalmente hecho con un material de alta inercia térmica pintado de color oscuro y cubierto por un vidrio, dejando una cámara del aire. El vidrio y la cámara de aire actúan como un invernadero calentando el aire y por conducción se está calentando el muro.

En este sistema influyen los datos climáticos, como la latitud, la orientación, la inclinación del muro, el factor de absorción del material constructivo y el color. La orientación más favorable sería el norte y sin obstáculos que puedan llegar a generar sombra. Para Mar del Plata este sistema no es tan efectivo como el de la ganancia directa porque no hay gran amplitud térmica. Sin embargo, el muro colector con ventilación (muro Trombe - Michel) en una opción más eficaz ya que a la conducción se le suma el calentamiento por convección.

De acuerdo a Neila González (2004), una manera sencilla para dimensionar estos sistemas es teniendo en cuenta la radiación a través del vidrio, el rendimiento de la captación y el consumo de la energía. La radiación para Mar del Plata en el plano vertical es de aproximadamente 2.500 Wh/m² (Figura N° 3), a esta radiación se le aplican la pérdida por reflexión de 10% y la pérdida por transmisión también de 10%. Finalmente, el consumo de la energía tiene que ver con la aislación térmica, una

construcción bien aislada tendría un consumo aproximado de 900 Wh/m², uno medianamente aislado- 1.200 Wh/m² y uno con mala aislación tendría un gasto de 1.500 Wh/m².

La superficie de captación necesaria sería:

Para un edificio bien aislado: 900 Wh/m² / 2.500 Wh/m² * 0,9 * 0,9 = 0,44 m² de vidrio/m²

Para un edificio medianamente aislado: 1.200 Wh/m² / 2.500 Wh/m² * 0,9 * 0,9 = 0,60 m² de vidrio/m²

Para un edificio mal aislado: 1.500 Wh/m² / 2.500 Wh/m² * 0,9 * 0,9 = 0,74 m² de vidrio/m²

A continuación, si se trata de un muro Trombe - Michel, las aberturas de ventilación deberían ser de 100 cm² por metro cuadrado de muro y la cámara de unos 10 cm aproximadamente (Neila González, 2004).

El Viento

Mar del Plata tiene forma saliente por sobre el mar, que produce una influencia de vientos del mar del noreste al suroeste y vientos de tierra del oeste al norte. Debido al predominio de las masas de aire subtropical y pacífica, las que se alternan, el tiempo de la ciudad presenta cambios bruscos y gran variabilidad meteorológica. El anticiclón del Atlántico Sur, que es marítimo, cálido, húmedo, aporta precipitaciones abundantes. Por otro lado, el Anticiclón del Pacífico es una masa de aire polar que se humedece al pasar por encima del océano Atlántico antes de llegar a la ciudad (García, 2013).

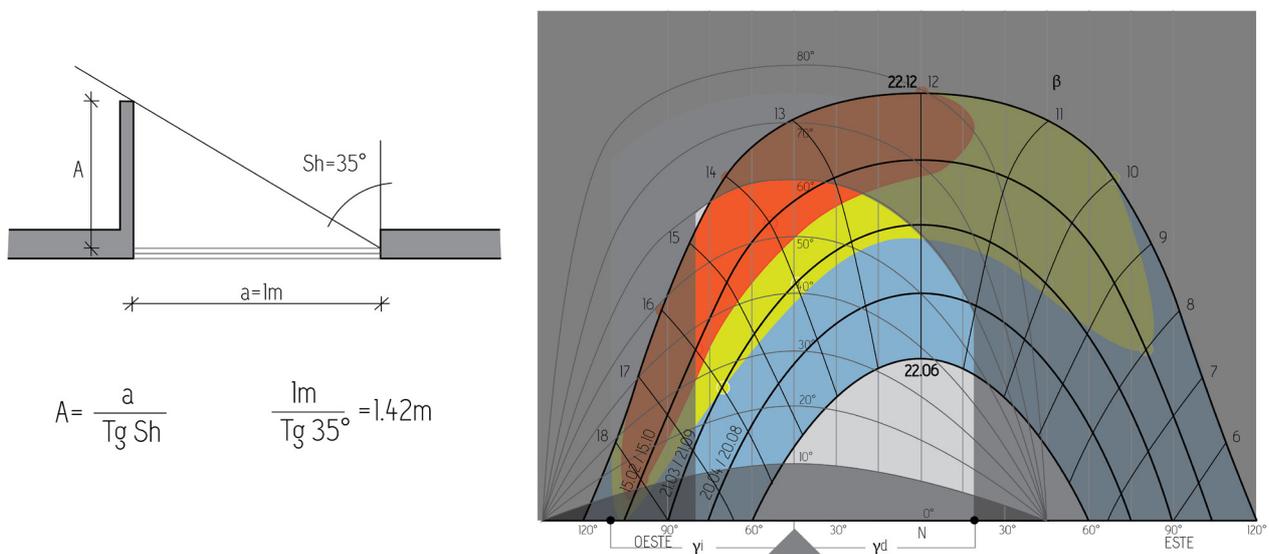


Figura 17. Carta solar con temperaturas desde diciembre hasta junio para una carpintería orientada al norte. Fuente: Elaboración propia a base de simulación con Climate Consultant.

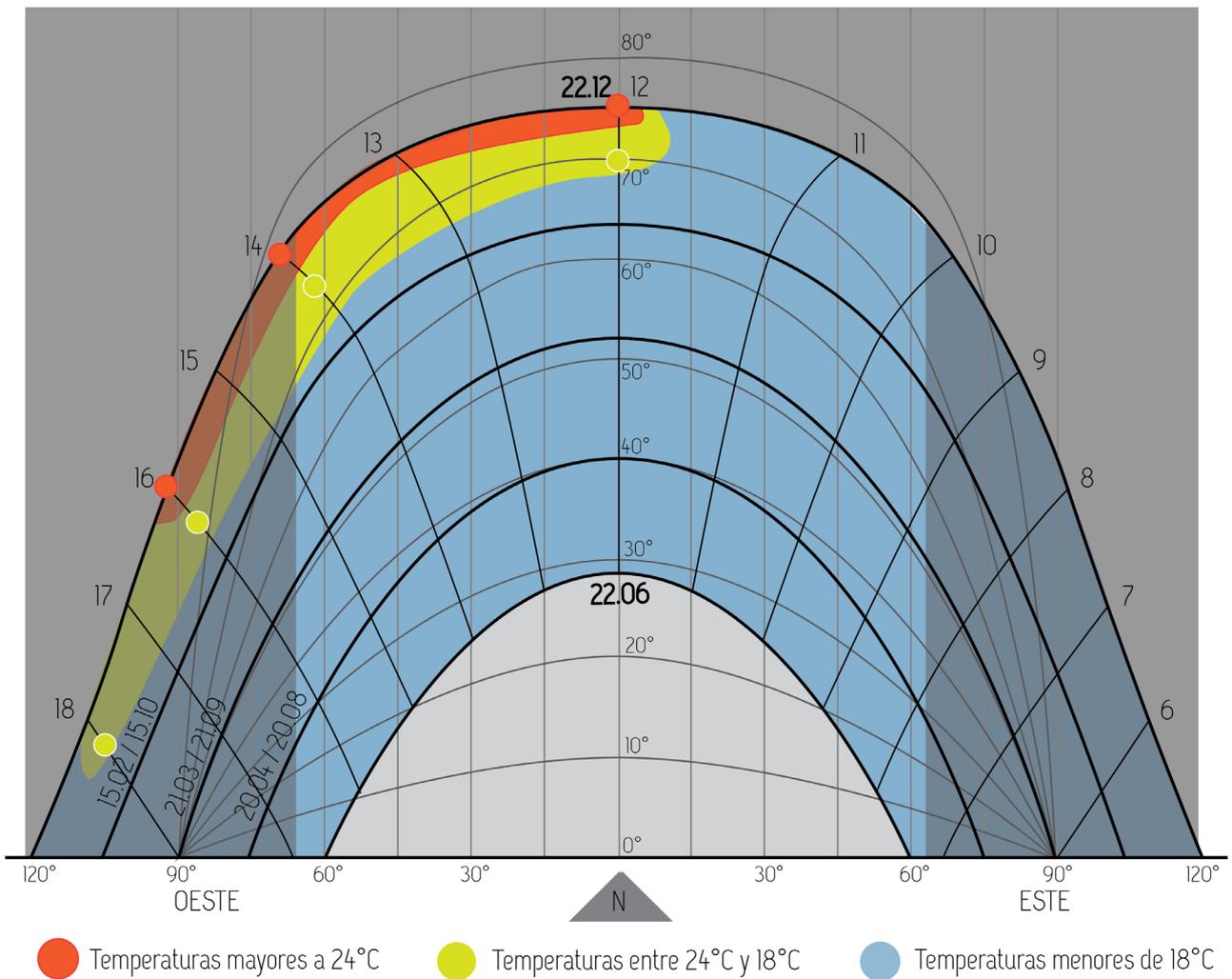


Figura 18. Carta solar con temperaturas desde junio hasta diciembre para una carpintería orientada al norte.
 Fuente: Elaboración propia a base de simulación con Climate Consultant.

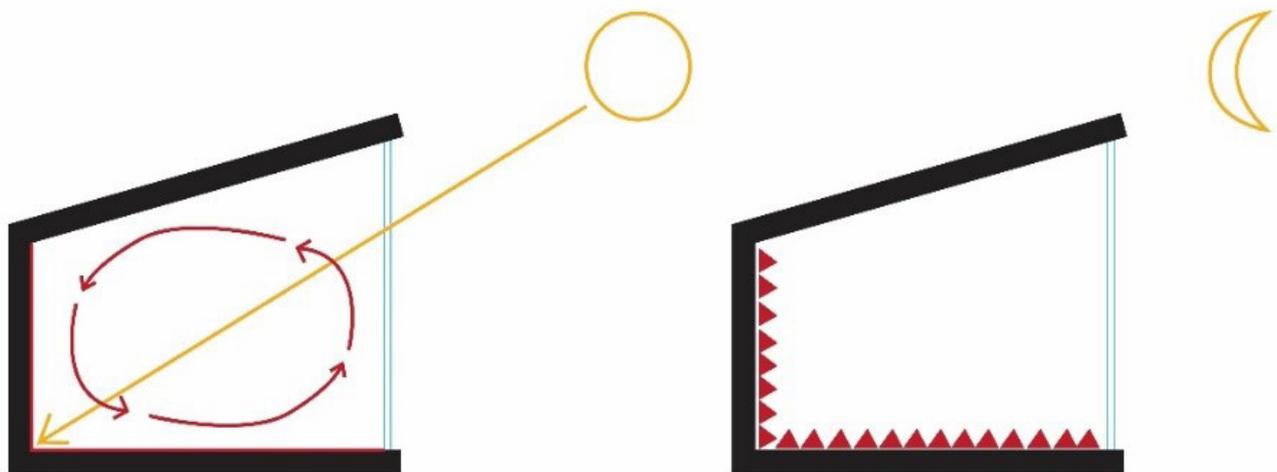


Figura 19. Sistema de ganancia directa. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, por la ubicación de Mar del Plata frente a la costa del atlántico, sin ningún respaldo montañoso, la expone a vientos de una gran variedad de direcciones, con predominancia del noroeste, norte, noreste y sureste, mientras que los vientos con mayor velocidad vienen del sur y sureste con alrededor de 17 km/h, como se puede observar en las rosas del viento en la figura N° 21.

Para este análisis, es de interés la influencia del viento en cuanto al emplazamiento de los edificios y la ventilación natural de los mismos. Para poder aprovechar correctamente el viento hay que tener en cuenta otros factores, como la geografía y el clima, especialmente la temperatura y la humedad.

En cuanto a la geografía, ya se mencionó al principio la presencia del mar como un componente importante en la formación de las brisas marinas y por otro lado, al estar a la orilla del mar sin mucha rugosidad de respaldo, en Mar del Plata se producen temporales con altas velocidades de viento, que pueden llegar hasta 60 km/h con ráfagas de 100 km/h (García, 2013).

Teniendo en cuenta las temperaturas y la humedad en Mar del Plata, se presenta una necesidad dual en cuanto al viento. Por un lado, las brisas son necesarias para poder evacuar lo más rápido el alto contenido de humedad en el aire, y por otro, por las bajas temperaturas a lo largo del año se debería proveer protección del viento frío.

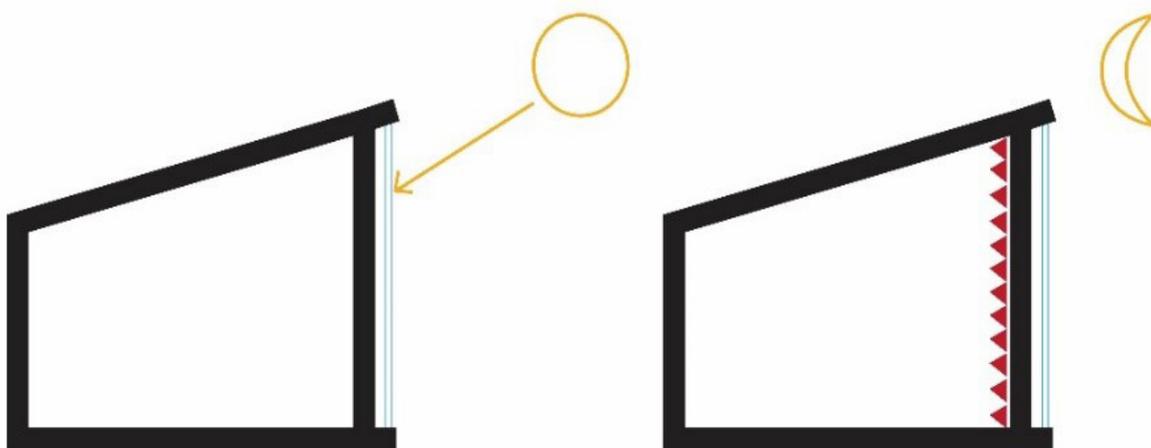


Figura 20. Sistema de ganancia indirecta. Fuente: Elaboración propia.

Ventilación

En Mar del Plata, para cambiar el aire interior, evacuar rápidamente la humedad y enfriar el edificio se recomienda generar una ventilación adecuada. Para la misma se necesitan brisas con velocidad entre 5 km/h y 20 km/h que en temperaturas de verano (entre 25°C y 30°C) pueden bajar la temperatura entre 2°C y 4°C (Evans y de Schiller, 1994).

En la figura N° 22 se muestra que en los meses de verano, entre noviembre y abril, los vientos vienen de varias direcciones, con una presencia bastante pareja, salvo del oeste, de donde la frecuencia es más baja. En cuanto a la velocidad, también se observa que se mantiene entre 16 km/h y 18 km/h de todas orientaciones, menos del oeste y suroeste que la velocidad promedio menor.

Estos datos se podrían utilizar a la hora del diseño

del edificio y el emplazamiento del mismo. Una gran variedad de orientaciones se podrían aprovechar para la ventilación, la evacuación de la humedad del aire y para la disminución de la temperatura en verano en la ciudad. Como estrategias se podrían utilizar la ventilación cruzada, el efecto chimenea, o pozo canadiense, dependiendo de las condiciones y posibilidades de la arquitectura.

Protección del viento

Este mismo análisis se hace para el invierno en la ciudad. En la figura N° 23 se observa la frecuencia y la velocidad promedio del viento para los meses fríos, desde mayo hasta octubre. Se destaca que la velocidad promedio es más baja que en verano y ronda entre 14 km/h y 16 km/h, con menor velocidad desde el

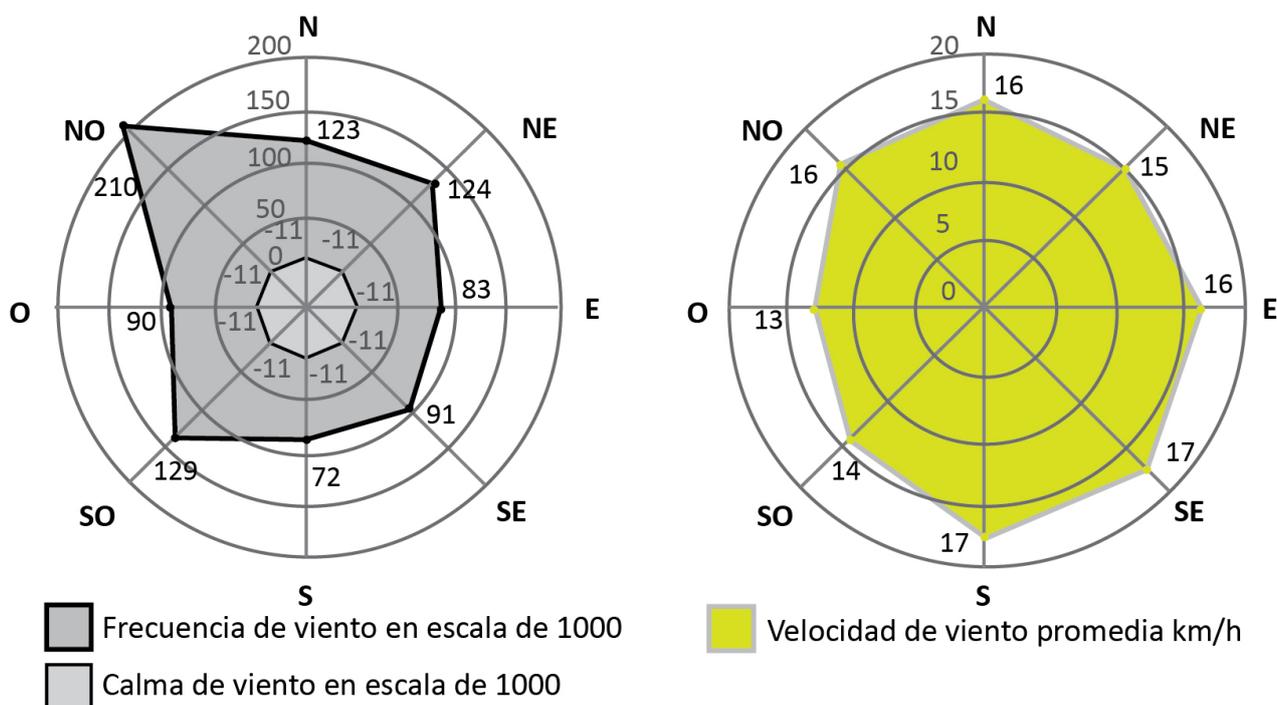


Figura 21. Frecuencia y velocidad promedio del viento (izquierda a derecha). Fuente: Elaboración propia a base del programa de CEEMA con datos del SMN.

oeste y el suroeste. En cuanto a la frecuencia, hay una predominancia de los vientos del noroeste, mientras que desde el noreste hasta el sur la presencia es menor.

La consideración que hay que tener en cuenta en cuanto a los vientos de la época fría es que los edificios necesitan protección. Las fachadas resguardadas serían las óptimas para generar la mayor cantidad de aberturas, mientras que la fachada del noroeste, para Mar del Plata, sería la menos favorable en cuanto al viento del invierno. En casos cuando hay aberturas sobre las fachadas afectadas por el viento, en lo posible se debería generar algún tipo de barrera o protección y a su vez, asegurarse de que las aberturas sean herméticas.

Diseño de los espacios exteriores

Para poder utilizar el exterior en Mar del Plata (cuando las temperaturas lo permiten), hay que tener en cuenta el viento en el diseño de los espacios. Para esto es importante conocer el efecto que tiene el viento sobre los edificios o barreras. En la figura N° 24 se muestra la presión que genera el viento sobre una fachada y a su vez, la zona de sombra que deja en la cara opuesta. Se nota que, el largo y el alto de la edificación tienen una mayor influencia en cuanto al tamaño del espacio de sombra de viento,

mientras que la profundidad del mismo no modifica mucho este lugar de calma. La sombra de viento es especialmente importante para los climas fríos y ventosos, con su adecuado uso se pueden diseñar lugares exteriores resguardados.

Teniendo en cuenta el efecto del viento sobre los edificios y las direcciones del viento en Mar del Plata para las distintas épocas, se podría diseñar el espacio exterior. En la figura N° 25 se muestra un ejemplo de un volumen orientado con la cara larga hacia el noreste (suroeste). En los meses cálidos, esta construcción podría aprovechar los vientos provenientes del sur y suroeste para ventilar y enfriar el ambiente, y a su vez, tener resguardo generoso en el exterior al noreste. Para el invierno, al tener la fachada más corta al noroeste, la edificación en sí, estaría protegido del viento más frecuente de la época fría, pero el espacio de esparcimiento estaría atravesado por el mismo.

Una manera de resolver ese problema sería de proponer algún tipo de barrera de viento, por ejemplo con vegetación de distintas alturas y distinto follaje. De esta manera, el espacio orientado al noreste va a estar resguardado del viento del noroeste, del oeste, del suroeste y del sur.

CONCLUSIONES

Es de interés que los conceptos desarrollados en este trabajo se empleen en la etapa de diseño, cuando se puedan evaluar las condiciones dadas por: el terreno disponible con sus alrededores, el programa del edificio, los metros cuadrados necesarios, la normativa para la zona, etc. Al implementar la arquitectura bioclimática se asegura una compatibilidad óptima entre el clima de la región y las construcciones, favoreciendo el confort habitacional,

el uso racional de las energías y el ahorro energético.

De acuerdo a los datos analizados, Mar del Plata tiene un clima templado con tendencia a frío, húmedo, con abundantes lluvias y vientos. Los veranos no son rigurosos y hay poca amplitud térmica anual y diaria. Estos datos sugieren una arquitectura relativamente compacta, con buena aislación térmica, con ventilación adecuada y que utilice estrategias de evacuación fácil y rápida del agua de lluvia de la envolvente.

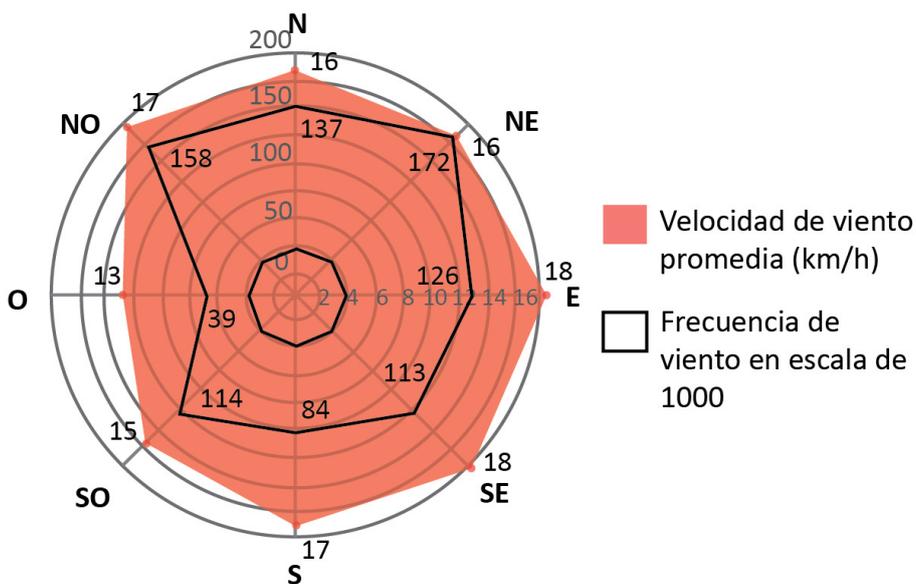


Figura 22. Frecuencia y velocidad promedio del viento (izquierda a derecha). Fuente: Elaboración propia a base del programa de CEEMA con datos del SMN.

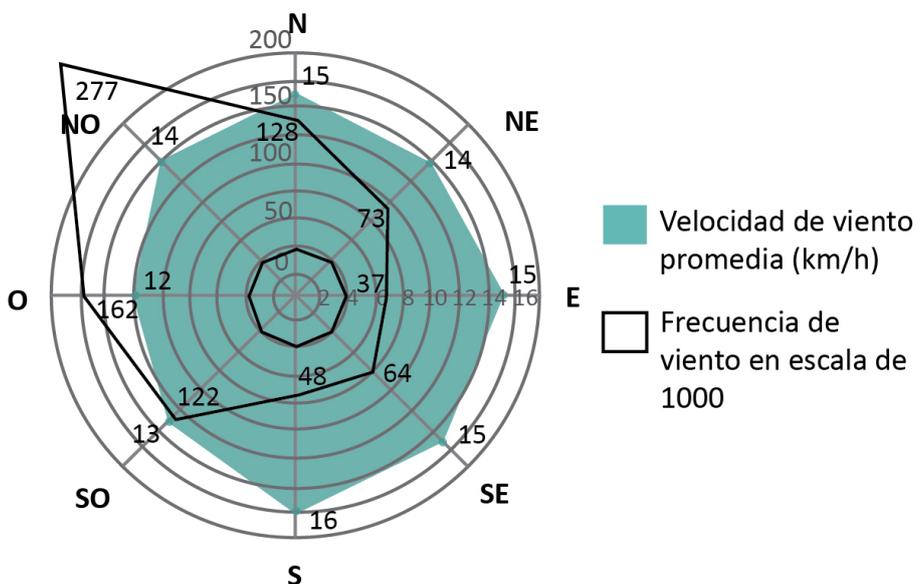


Figura 23. Frecuencia y velocidad promedio del viento para invierno. Fuente: Elaboración propia a base del programa de CEEMA con datos del SMN.

Del análisis del confort higrotérmico se obtienen datos específicos en cuanto a las estrategias de diseño. La calefacción pasiva durante varios meses es una táctica que permite un ahorro energético importante. Para el verano, se debería proveer sombra sobre las carpinterías y circulación de aire para enfriar la arquitectura de manera pasiva.

En cuanto a la forma, se confirma la necesidad de alcanzar una compacidad arquitectónica para atajar las pérdidas de calor, optimizar las ganancias y de esta manera disminuir el consumo energético. Para construcciones grandes, el factor de forma que contempla la relación entre el volumen y la superficie de pérdida, es una manera rápida para determinar si la configuración es adecuada para el clima. En cambio, para construcciones adosadas o partes de un edificio, es preferible verificar la relación entre el área habitable y el de pérdida.

A través de los mapas solares se puede optimizar la carpintería para recibir la luz directa en la época cuando es necesaria, para iluminar y como estrategia de calefacción pasiva. Los sistemas de ganancia solar con adecuado dimensionado y buena aislación térmica pueden ser muy eficientes para la región. A su vez, en los meses de verano, conociendo la inclinación solar, hay que proponer protección al

norte, noroeste y oeste. Es de importancia que el oscurecimiento esté diseñado de tal manera que no genere sombra en los meses fríos. La envolvente en Mar del Plata requiere diseño con equilibrio entre lo vidriado y lo opaco para aprovechar el sol sin provocar sobrecalentamiento.

El viento es un tema complejo por la gran exposición y la variedad de orientaciones de donde se genera. En el diseño del edificio y de los lugares de esparcimiento se lo debe tener en cuenta, proponiendo protecciones y revisando la ubicación y la performance de las aberturas. Por otro lado, es necesario pensar estrategias de ventilación natural para poder renovar el aire, evacuar la gran humedad y en verano enfriar las construcciones.

Cada tema analizado genera pautas para el diseño como: la orientación, el emplazamiento, la forma, las orientaciones que necesitan protección del viento o del sol y las orientaciones que reciben mayor grado de energía solar. Sin embargo, no sería correcto tomar cada uno por separado, sino en conjunto, ya que puede ser que haya contradicciones entre ellos. Este análisis se podría utilizar para mejorar la arquitectura en Mar del Plata, pero es el profesional que de acuerdo a su criterio y conocimiento tomará las decisiones finales.

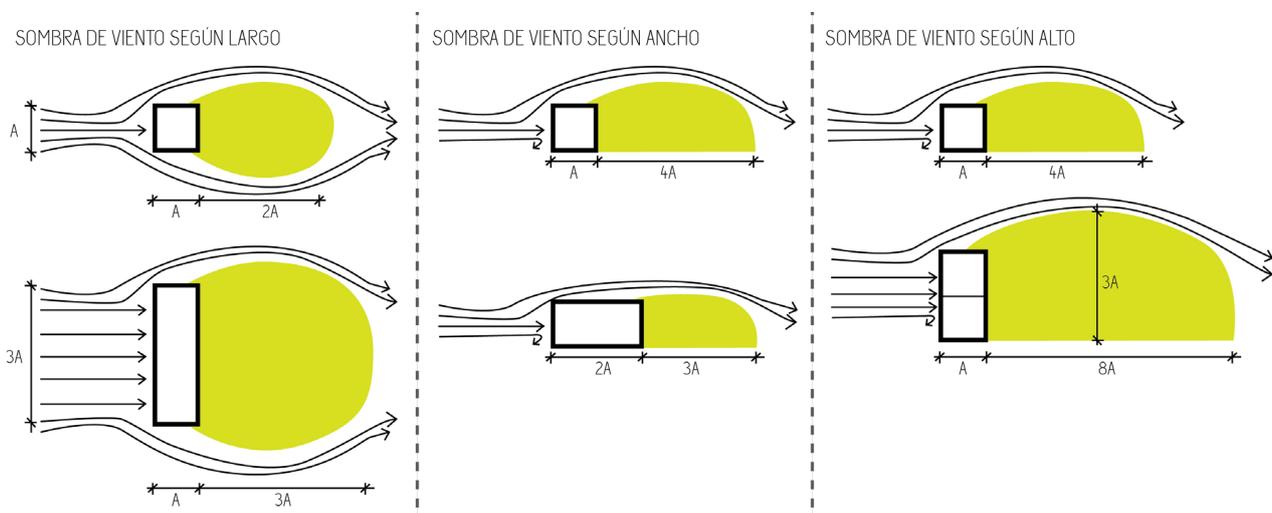


Figura 24. Relación del largo, la profundidad y la altura del edificio con la sombra del viento. Fuente: Adaptado de Gonzalo (2015).

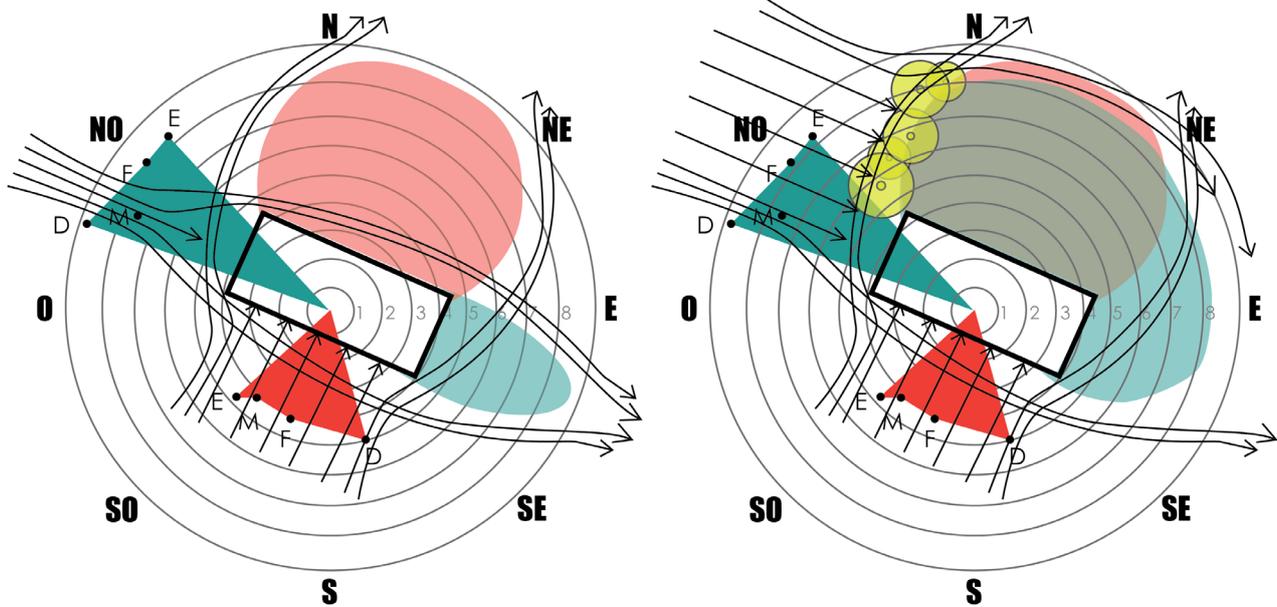


Figura 25. Ejemplo de diseño de acuerdo al viento para un edificio en Mar del Plata. Fuente: Elaboración propia.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, W. (1976). *Arquitectura y clima*. Buenos Aires: Nueva Visión.
- Bardou, P. y Arzumania, V. (1981). *Sol y arquitectura*. Barcelona: Editorial GG.
- Czajkowski, J.D. y Gómez, A.F. (2002). *Diseño bioclimático y economía energética edilicia. Fundamentos y métodos*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata.
- Energy Design Tools Group (2019). *Climate Consultant* [Software de computadora]. Los Angeles: UCLA.
- Evans, J. M. y de Schiller S. (1994). *Diseño bioambiental y arquitectura solar*. Buenos Aires: Editorial EUDEBA.
- García, M. C. (2013). *Clima urbano costero: Mar del Plata y Necochea-Quequén* (Tesis doctoral). GAEA, Buenos Aires.
- Gonzalo, G. E. (2015). *Manual de arquitectura bioclimática y sustentable*. Buenos Aires: Nobuko.
- Gonzalo, G. E. (2000). *Programa para la graficación de frecuencias y velocidad de vientos en una localidad* [Software de computadora]. Tucumán: CEEMA, IAA, FAU, UNT.
- Grossi Gallegos, H y Righini, R. (2007). *Atlas de la energía solar de la República Argentina*. Buenos Aires: ASADES.
- Izard, J. y Guyot, A. (1983). *Arquitectura bioclimática*. Distrito Federal: Editorial GG.
- Le Corbusier (1955). *El poema del ángulo recto*. Recuperado de: <https://art1arquitectura.blogspot.com/2010/11/el-poema-de-angulo-recto.html>.
- Neila González, J.F. (2004). *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid: Munillalería.
- Norma IRAM 11603 (2011). *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina*.
- Thorpe, D. (2018). *Passive solar architecture pocket reference*. Londres y Nueva York: Routledge.
- Ventura, D. BBC News Mundo. (10.05.2020). *Coronavirus: cómo las pandemias modificaron la arquitectura y qué cambiará en nuestras ciudades después del covid-19*. Recuperado de: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-52314537>.