

El viento como agente en el diseño arquitectónico: Estudio de la aerodinámica de tres casos desarrollados en la Escuela de Arquitectura y Diseño de la PUCV 1958-2000.

Christopher Alexander Castro Rivas
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Prof. Guía: Juan Carlos Jeldes

Valparaíso, Chile, 2022

Resumen

La tesis se conduce según el análisis de la relación entre el viento y la arquitectura, teniendo como contexto la tradición histórica de aproximación mediante rangos de influencia, por zonas climáticas, paisajes o el rango propio de la obra, ya sea exterior o interior. Complementariamente se tiene como referencia los estudios actuales, en los que se encuentran estrategias formales como las envolventes porosas, las formas cónicas, rotadas y en algunos casos dinámicas.

Luego se contrastan estas estrategias con lo realizado en la escuela de arquitectura y diseño de la PUCV entre 1958 y 2000. Con la investigación se demostró cómo los proyectos y estudios fueron influenciados por los conocimientos de aerodinámica de profesores como Francisco Méndez, Manuel Casanueva o Miguel Eyquem. Del catálogo de proyectos catalogados, se seleccionan 3 proyectos que permiten dar cuenta de la progresión de las estrategias utilizadas, es el caso del proyecto de la Escuela Naval a través de la organización del conjunto y la proposición de slots para desviar el flujo del viento, la Hospedería del Errante mediante cuatro planos fuselados que desvían el viento por sobre la envolvente y finalmente la Casa de los Nombres mediante planos de ataque y casquetes que generar una continuidad con el entorno dunar.

Los tres casos fueron evaluados con la elaboración de modelos arquitectónicos para estandarizar el entorno de visualización, y modelos optimizados para realizar simulaciones de cálculo CFD. Con ellos se evaluó el curso del viento ante las estrategias propuestas.

La investigación presenta evidencia sobre cómo el desarrollo de los estudios en el campo de la aerodinámica, fueron insumos conducentes para la proposición de estrategias de integración del viento en las obras y por lo tanto en el contexto descrito, se indica que es posible adoptar el viento como un agente para el diseño arquitectónico.

Palabras Clave: Aerodinámica, Envolventes Arquitectónicas, Dinámica de Fluidos Computacional, Habitabilidad.

Dedicatoria

Dedico esta tesis a todas las personas que me vieron crecer, a las que, sin importar la ocasión, no dudaron en apoyar y creer en mis capacidades, en particular a mi familia y amigos más cercanos.

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar al profesor guía Juan Carlos Jeldes, a los profesores que colaboraron Herbert Spencer, Leonardo Aravena, Anna Braghini y Jorge Ferrada, finalmente por la ayuda a Gonzalo Cavada, Rosario Muñoz, Valentina Mondragón y Consuelo Carreño.

Presentación del Autor

Christopher Alexander Castro Rivas, Arquitecto e[ad] y Candidato para el grado de Magíster en Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Desde pregrado se ha especializado en el diseño arquitectónico a partir del uso de tecnología aplicada de dibujo, modelado paramétrico y representación digital. Entre sus estudios profesionales cuenta con un Título técnico, en Asistente de instalaciones eléctricas domiciliarias en INACAP, Certificación Microsoft Office Specialist (MOS) y una Certificación de productividad personal en Google Actívate.

Contenido

CAPÍTULO 1 – La integración aerodinámica en el diseño arquitectónico	18
Marco conceptual	18
Tradición proyectual	19
Estudios de la Escuela de Arquitectura y Diseño	25
Propuestas de diseño aeronáutico	34
Estado del Arte	40
Ordenamiento urbano ante el flujo eólico	40
Simulaciones CFD en edificios de gran altura	41
Envolventes Dinámicas	42
Envolventes porosas	43
Cambio climático: Las estrategias de medio ambiente y clima	44
Efectos del viento en la trama urbana	45
Simulaciones CFD y confort	46
Desde la Biomimética	47
Edificios de gran altura	48
CAPÍTULO 2 - Estudio de Casos	51
A. Concurso Escuela Naval - 1958.	51
Fundamento	51
Proposición de organización general	54
Proposición del slot	59
B. Hospedería del Errante – 1981	67
Fundamento	67
Planos fuselados – Deflector Aerodinámico	68
Pruebas en túnel de viento	70
C. Casa de los Nombres – 1992	74
Fundamento	74
Proposición de la envolvente	75
Cierre del análisis de fundamentos	80
CAPÍTULO 3 – Construcción de Modelos	82
Escuela Naval	82
Modelo arquitectónico	82
Modelo para cálculo CFD	85
Hospedería el Errante	88
Modelo para cálculo CFD	91
Casa de los Nombres	93
Modelo Arquitectónico	94
Modelo para cálculo CFD	98

CAPÍTULO 4 – Simulaciones CFD	102
Simulación del flujo en slot	103
Simulación del flujo en planos fuselados	106
Simulación de flujo en envolvente continua	108
Reporte del cálculo CFD	109
CAPÍTULO 5 – Conclusiones	114
Bibliografía	125
Índice de figuras	129
Anexo 1 – Conceptos de la Mecánica de Fluidos	134
Presión	134
Presión Atmosférica	134
Principio de Pascal	134
Principio de Bernoulli	135
Sustentación	135
Dinámica de Fluidos	137
Flujo laminar	137
Flujo turbulento	137
Número de Reynolds	137
Confort y Escala de Beaufort	138
Anexo 2 – Recopilatorio Concurso Escuela Naval	140
Tubos con Láminas del Proyecto	140
Imágenes y Fotografías en Flickr	141
Extractos de lectura	143
Anexo 3 – Recopilatorio Hospedería del Errante	152
Carpetas de proyecto	152
Imágenes y Fotografías en Flickr	152
Extractos de lectura	154
Anexo 4 – Recopilatorio Casa de los nombres	161
Imágenes y Fotografías en Flickr	161
Extractos de Lectura	161
Anexo 5 – Estudios de la e[ad]	166
Anexo 6 – Experimentación empírica	172
Trabajo en base a datos meteorológicos	172
Grilla por Hora	172
Dispersión radial orientada	173
Dispersión radial homogénea	173

El viento como agente en el diseño de envolventes Arquitectónicas.	9
Diseño de teselas móviles	174
Unidades discretas	174
Unidades discretas en retículas	176
Prototipo de exploración de envolventes dinámicas	178
Anexo 7 – Material Gráfico	186
Anexo 8 - Colofón tecnológico	187
Hardware	187
Software	187

Introducción

En el proceso de diseño de las obras de arquitectura, usualmente se tienen en consideración los factores climáticos que inciden directa o indirectamente en la habitabilidad de los espacios. Uno de ellos es el fenómeno del viento, el cual está en constante interacción con la obra, produciendo alteraciones en los niveles de temperatura, humedad y ventilación.

Para moderar estos factores, históricamente se han desarrollado estrategias que ya forman parte de una tradición proyectual, pues a través del emplazamiento, distribución o el diseño mismo, se busca desviar el flujo del viento a zonas donde se produzca una mejora en la habitabilidad de los espacios, lo cual influye directamente en las formas arquitectónicas y los elementos que la componen.

Comparativamente se ha podido revisar que la integración del viento con fines proyectuales ha sido preponderante en disciplinas afines como el urbanismo, la ingeniería o el diseño. En concordancia, entre los años 1950 y 2000 la Escuela de arquitectura y diseño de la Pontificia universidad católica de Valparaíso (en adelante e[ad]), construyó un pensamiento interdisciplinario que permitió integrar definiciones de la aeronáutica y el diseño industrial en sus proyectos de arquitectura.

Del cual surge el propósito de esta investigación, pues en dicho contexto cabe replantear las estrategias tradicionales, analizando la lógica con la cual se desarrollan para producir una mejora en la comprensión del fenómeno del viento, como un factor determinante en la relación integral entre los espacios habitables y el entorno en el cual se sitúan.

Así surge la interrogante central que da pie a la investigación para determinar ¿Cuáles son las lógicas de integración del viento que se podrían involucrar en el diseño arquitectónico de envolventes?

Se tiene entonces como supuesto, que, la comprensión de las lógicas de integración del viento conduce a un desarrollo integral de envolventes arquitectónicas que mejoran la habitabilidad y relación entre la obra y su entorno.

La investigación tiene como objetivo general descubrir y exponer los factores relevantes para el diseño arquitectónico en la lógica de la integración del viento en la forma de las envolventes, según el pensamiento construido en la Escuela de Arquitectura y Diseño entre 1950 y 2000.

Para lo cual se requerirá identificar y organizar las estrategias utilizadas para integrar el viento según los estudios, proyectos y obras desarrollados en la e[ad] en el periodo antes señalado. Lo que es sustancial para definir las variables y factores a considerar en la relación morfológica entre lo proyectado y su entorno. Así, analizar y evaluar el comportamiento del flujo eólico en los casos de estudio seleccionados. Para finalmente validar y exponer las estrategias utilizadas en el diseño de envolventes arquitectónicas.

Metodología de la investigación

La metodología tiene como inicio la proposición de un cuerpo bibliográfico, en particular según los estudios y proposiciones realizadas en la e[ad] en contraste con la tradición histórica y los artículos recientes. Para la elaboración se comienza por comprender los principios físicos elementales en Mecánica de fluidos y Aerodinámica (Ver Anexo 1) teniendo como referencia la recopilación de principios de ventilación realizada por Casanueva (1980), y actualizada a las definiciones hechas por Giancoli (2004); Luego, se analizan las estrategias de diseño arquitectónico que buscan mejorar la habitabilidad y su relación con el entorno, en el planteamiento histórico de Vitruvio, Tedeschi o Serra, y su correlación con los análisis actuales en el ámbito arquitectónico, urbanístico o estructural.

En la revisión del estado del arte se consulta “Viento en la Arquitectura” en buscadores académicos como Elsevier, SciELO y Google Scholar, en sus variantes en inglés

y en español. Se seleccionó solo información de los últimos cinco años. En la búsqueda, solo 1 de los 200 artículos revisados fue coincidente con la temática de arquitectura. Por lo que fue necesario realizar una segunda búsqueda en Google, encontrando los artículos que se señalan a continuación, algunos de los cuales dirigieron a las páginas revisadas en un comienzo.

Por otro lado, se realiza la recopilación de los proyectos y estudios realizados por la e[ad] que integraran el viento en sus fundamentos, en el periodo descrito entre los años 1958 y 2000. Con la información disponible en la Biblioteca de la e[ad], el Archivo Histórico José Vial Armstrong y la Wiki Casiopea, se elabora un repositorio y un conjunto de anexos (Anexos del 2 al 5) con material inédito para la investigación.

A partir de lo anterior se seleccionan tres casos de estudio que, a través de los fundamentos hallados en sus escritos, planimetrías y otras fuentes primarias, se establece una correlación entre las estrategias utilizadas, desde una perspectiva histórica y de desarrollo formal. Se trata del Proyecto de la Escuela Naval en 1958, la Hospedería del Errante en 1981 y la Casa de los Nombres 1992.

De cada caso se revisa y cataloga la documentación disponible y se digitaliza las planimetrías y esquemas que permitan reconstruir la propuesta tanto en sus fundamentos como en su visualización y comprensión espacial. En general, el proceso se lleva a cabo mediante fotografías en un recinto con iluminación homogénea y escáner digital.

Para el caso de la Escuela Naval, los tubos de láminas son revisados según su identificación, dada la cantidad de información se procura registrar las versiones finales. El proceso comienza por estirar cada lámina con el fin de analizar su contenido y establecer un orden de presentación, en general no fueron encontradas numeradas, entonces se asigna un número según el orden de salida. Luego se digitalizan mediante fotografías, para lo cual se estiran las láminas en una mesa, en una habitación con luz homogénea, y a una distancia de 2

metros se toman 3 fotografías por cada una, procurando encuadrar el tamaño total de la mesa, esta dimensión (1120x1570mm) se utiliza como escala para ajustar el tamaño de cada lámina (Aprox. A0 841 x1189mm) en digital. Dado el resultado de cada toma, fue necesario escalar y mejorar los niveles de blanco y negro para mejorar la legibilidad.

A considerar que el proceso de digitalización, si bien entrega la información necesaria para el objetivo de levantar modelos arquitectónicos digitales del proyecto, es perfectible con escáner especializados para láminas de dicho tamaño.

En el caso de la Hospedería del Errante la información está contenida principalmente en tres Fondecyt que describen el proceso de la obra, estos son: Fondecyt 0561 – 91,92; Fondecyt 1941189; y Fondecyt 1980307, de los cuales se seleccionan las carpetas que presentan el fundamento del proyecto, omitiendo aquellos informes duplicados, y la información que no corresponde a los dispositivos o estrategias que tuvieran relación con el viento. Se contempla escáner para las carpetas en tamaño oficio o menor, y fotografías para las carpetas que superan dicho tamaño, en un recinto con iluminación homogénea y escáner digital.

A diferencia de los casos anteriores, la proyección de la Casa de los Nombres fue pensada y concebida in-situ durante dos años por alrededor de cuatrocientas personas, por lo que, los posibles escritos y fundamentos originales en general no se encuentran disponibles. Por lo que, además de la información contenida en publicaciones y revistas, se consulta a los profesores activos de la e[ad] que según se sabe, participaron en su construcción, como lo son Jaime Reyes, Iván Ivelic, David Luza, Juan Carlos Jeldes y el ex alumno, Rodrigo Ulloa. Entre ellos no se pudo recopilar registros de primera fuente. Sin embargo, se consigue el material utilizado para la exposición de Bruselas el año 2015, fue cedido por Manuel Sanfuentes, el cual contiene la digitalización de las planimetrías originales dibujadas por Iván Ivelic.

De forma complementaria, para los tres casos se solicita a Jaime Reyes, director del Archivo Histórico José Vial, el acceso a fotografías tanto de las maquetas, esquemas, o de la construcción de las obras, que sean necesarias para aclarar la información contenida en los fundamentos. Estas están disponibles en el Flickr del archivo, siendo indexadas en los anexos correspondientes, con su nombre y dirección url.

Luego se elaboran modelos arquitectónicos o reconstrucciones digitales de los casos de estudio para entender la proposición arquitectónica de forma general. Se utilizan softwares de modelado como Sketchup, Rhinoceros y Revit según las herramientas disponibles en cada uno. Al tener información dispar de cada uno de los casos, el modelado permite reconstruirlos en un medio común para analizar relaciones que se proponen entre la edificación y su emplazamiento, la organización entre elementos, la orientación frente al flujo eólico dominante.

En un segundo proceso, los modelos se adaptan y optimizan para someterlos a simulaciones en Software de “Dinámica de fluidos computacional” (en adelante CFD por su sigla en inglés) utilizando ANSYS Student. El modelo optimizado y en baja resolución ante condiciones estandarizadas para todas las pruebas, permite generar informes y graficas para realizar una comparación cualitativa y cuantitativa de la afectación del flujo de viento ante las estrategias propuestas en cada caso.

Finalmente, se desarrolla un proceso tangente a la investigación de los casos de estudio, se trata de una exploración empírica mediante el modelado paramétrico y fabricación digital de elementos dinámicos ante la acción del viento. Realizándose en tres etapas: El trabajo con datos meteorológicos, provenientes de “Evaluación del recurso Eólico Año 2010” (Facultad de ciencias físicas y matemáticas universidad de chile, 2021) que se integran a algoritmos paramétricos mediante dos factores principales, velocidad y dirección del viento; en segundo lugar, según del diseño de telas móviles, tanto de forma física y unitaria, como

en matrices digitales; y finalmente la construcción de una envolvente dinámica a partir de la selección de una de las teselas probadas digitalmente.

Actividades de investigación

Según lo anterior, las actividades de investigación transcurren en el siguiente orden:

- Recopilación de información disponible a propósito de los proyectos y estudios realizados en la e[ad] que se relacionarán con la acción del viento.
- Catálogo y organización de los registros de estudios, proyectos y obras de arquitectura y diseño relacionados a proyectos de título, talleres, estudios informales, fondecyt entre otros.
- Selección de los casos de estudio, en particular tres proyectos representativos de un modo de comprender la acción del viento en sus estrategias de diseño.
- Registro de cada caso de estudio en particular, dado que disponen de material variado por su propia forma de desarrollarse. Se procede entonces a depositar la información en un repositorio y un anexo que da cuenta del registro. Según sea el caso, la información obtenida incluye esquemas, fotografías, planimetrías, textos, diagramas, o modelos digitales.
- Elaboración de modelos arquitectónicos digitales a partir de planimetrías o fotogrametrías, complementándose con la información contenida en textos y fotografías.
- En paralelo se construyen modelos de pruebas digitales de la parte representativa de cada propuesta, es decir en tres tipos: Slots, Planos Fuselados y Casquetes-Planos de ataque.
- Se realizan simulaciones de flujo de viento con cálculo CFD en ANSYS Student, estableciendo una configuración estandarizada para todas las pruebas.

- Elaboración de gráficos de flujo que tienen como objetivo evaluar el las estrategias de diseño aplicadas en los casos de estudio.
- Elaboración de un reporte de los hallazgos de investigación
- Desarrollo de modelos paramétricos digitales de exploración formal basados en la acción del viento.
- Fabricación digital de componentes y prototipos de experimentación de una envolvente responsiva ante el flujo del viento

Curso de la investigación

La investigación se realiza a partir de una visión teórico-práctica de las lógicas de integración del viento, en una secuencia de lectura que se ordena desde la recopilación de información cualitativa y cuantitativa que luego se utiliza como insumo para la definición de las experiencias empíricas. Es por esto que los capítulos se desarrollan en el siguiente orden.

En el Capítulo 1 trata la problemática de la integración aerodinámica en el diseño arquitectónico. Se define un marco conceptual distribuido entre entendimientos tradicionales y su contraste con la construcción de un pensamiento hallado en los estudios propuestos en la e[ad], y Finalmente un estado del arte desde disciplinas afines como el urbanismo y la ingeniería.

En el Capítulo 2 se revisan los Casos de estudio. Son tres proyectos desarrollados por la e[ad] para la investigación de sus fundamentos y propuestas, que permiten estructurar una lógica de integración a partir de tres elementos principales: Perfiles de Slot; Planos fuselados y; Envolvente en base a casquetes y planos de ataque.

En el Capítulo 3 se lleva a cabo la Construcción de modelos. Desarrollo de modelos digitales que tienen como propósito el entendimiento de dos perspectivas. En el primer ámbito, el levantamiento de modelos arquitectónicos, los cuales buscan comprender las soluciones desde la morfología en general, desde el emplazamiento, la organización de sus

partes y la relación construida entre interior y exterior. De forma complementaria la adaptación de modelos en baja resolución para comprender sus estrategias en particular, según lo ya señalado: Perfiles de Slot; Planos fuselados y; Envolvente en base a casquetes y planos de ataque. Todos los modelos definidos según los requerimientos para realizar simulaciones de CFD.

En el Capítulo 4 se realizan Simulaciones de CFD. Análisis de flujo de viento digital ante los modelos construidos, utilizando Software ANSYS Student, del cual se pudo extraer gráficos de flujo para evaluar el funcionamiento de las propuestas realizadas en los casos de estudio, lo cual permite validar su lógica de integración.

En el Capítulo 5 se realizan las Conclusiones. Finalmente, la investigación permite reunir la evidencia que confirma la hipótesis propuesta, pues se muestran estudios y recopilaciones desarrolladas en la e[ad] sobre la aerodinámica que son conducentes a la proposición de estrategias utilizadas en los tres proyectos revisados.

CAPÍTULO 1 – La integración aerodinámica en el diseño arquitectónico

La problemática de integración de los factores climáticos en el proceso de diseño ha sido revisada históricamente, se han desarrollado estrategias impulsadas principalmente por la necesidad de habitar en zonas extremas, las que con el paso de los años se implementaron en zonas climáticas templadas.

Las lógicas de integración del viento afectan directamente en las formas y la organización de los espacios desde lo urbano hasta lo doméstico, en consecuencia, son de gran relevancia para definir la relación entre la obra y el entorno.

Esta investigación busca dilucidar cómo las estrategias de diseño están relacionadas al factor climático del viento, realizando un análisis teórico-empírico de soluciones técnicas que suponen una alternativa a las lógicas de integración comúnmente utilizadas en el desarrollo de proyectos arquitectónicos.

Se realiza una conceptualización de la forma de comprender el flujo del viento en la arquitectura desde una perspectiva tradicional, centrándose en la construcción de una lógica de integración del viento desarrollada en la e[ad] entre los años 1958 y 2000. Y complementada desde el estado del arte, donde se explica los modos de comprender el flujo del viento en la actualidad, revisado desde disciplinas como la arquitectura, la ingeniería o el urbanismo.

Marco conceptual

El marco conceptual se orienta desde las dos perspectivas antes señaladas: En primer lugar, una visión tradicional reducida de los modos de integración del viento, basado en los escritos de autores tradicionales como Marco Vitruvio, Enrico Tedeschi y Rafael Serra, que permiten contextualizar la investigación; En segundo lugar, a partir de las ideas desarrolladas en la Escuela de arquitectura y diseño de la Pontificia universidad católica de Valparaíso, donde académicos como Francisco Méndez, Manuel Casanueva, Miguel Eyquem, Boris

Ivelic, Juan Baixas, entre otros, construyeron su propia lógica a través de talleres, modelos de prueba, proyectos y la construcción de obras que evidencian un modo de comprender esta integración, de los cuales se seleccionan tres casos de estudio para analizar sus consideraciones en el capítulo siguiente.

Tradición proyectual

Para comprender los modos de integración del viento en la arquitectura primero se debe volver a lo básico de nuestra existencia, y es que para desarrollarnos en plenitud requerimos de espacios arquitectónicos que nos separen de las inclemencias climáticas, en particular de los excesos de calor, frío, humedad, ráfagas de viento, lluvia, ruido, entre otros que influyen en gran medida en el modo en que habitamos.

Para proyectar dichos espacios uno de los elementos climáticos principales a considerar es el flujo del viento, para lo cual históricamente se han propuesto estrategias que lo involucran, un ejemplo clásico de aquello se encuentra en “Los diez libros de Arquitectura” en donde Vitruvio, menciona lo relevante que es comprender el flujo del viento al proponer la organización y emplazamiento de los espacios urbanos y arquitectónicos, dado que en esa época era vital para mantener la sanidad.

Ejemplos de sus proposiciones respecto al aire y el viento son los siguientes:

- “Debe ser el ayre sano: para lo qual es menester que la situación sea elevada, á fin de que esté menos expuesta á las nieblas. Tambien conviene que esté distante de pantanos y lagunas, á causa de la corrupción que puede originarse de los halitos inficionados de los animales ponzoñosos que se engendran en ellos, y hacen inhabitables los lugares vecinos”. [*sic*] (Vitruvio en Perrault, 1981)
- “Tambien debe considerarse que el ayre no puede ser sano en un Pueblo á la orilla del mar, si esta orilla está expuesta al medio dia ó poniente; pues por lo común el calor debilita los cuerpos, en vez de que el frio los robustece: y la experiencia hace

ver que á los hombres que pasan de Paises fríos á países calientes les cuesta trabajo habitar en ellos sin padecer algunas enfermedades: y al contrario, los que pasan de países calorosos ácia el Norte gozan de mas salud.” [sic] (Vitruvio en Perrault, 1981)

- “Se deben delinear ó demarcar las calles conforme al aspecto mas ventajoso del Cielo. La mejor posición será de modo que los ayres no enfilen las calles en aquellas parages én que fuesen muy fríos y extraordinariamente impetuosos” [sic] (Vitruvio en Perrault, 1981)
- “El aspecto de las Casas particulares se hace como por medio de las aberturas que de varios modos se practican en ellas para recibir el ayre y darlas luces.” [sic] (Vitruvio en Perrault, 1981)

Las propuestas señaladas se desarrollan para un contexto de levantamiento de las primeras ciudades, donde el propósito preponderante era la sanidad urbana, respecto de otros factores que la acompañan, como también la supervivencia económica respecto de los recursos naturales o la protección con fines de delimitación territorial. En el mismo texto se presentan alternativas a las otras inclemencias antes señaladas, lo que establece un precedente de las primeras estrategias desarrolladas y que resuenan aún en la actualidad.

De igual modo, Enrico Tedeschi en Teoría de la Arquitectura (Tedeschi, 1969) argumenta una visión similar respecto de los factores de integración, indicando que “Están aquellos que interesan a la relación de la obra de arquitectura con el medio físico, en el que están comprendidos la situación en el terreno, el clima al cual se debe adecuar, el paisaje al cual se vincula; aquellos que se refieren a las formas y dimensiones de los ambientes en razón del uso que les corresponde; aquellos que se expresan en el aspecto dinámico del edificio, en sus circulaciones y relaciones de locales” (Tedeschi, 1969), continúa señalando que existen

particularmente tres elementos que interesan a la arquitectura: El terreno, la vegetación y el clima.

- El terreno interesa por su constitución y su forma, por los recursos disponibles u por las condiciones morfológicas que lo vuelven único, una colina, el borde de la playa, entre otros (Tedeschi, 1969).
- “En la relación entre edificio y terreno desempeña un papel importante la vegetación, otro elemento del paisaje natural y resultado de la acción combinada del terreno y del clima” (Tedeschi, 1969).
- El estudio del clima desempeña un papel importante en la arquitectura, sin embargo, no visto desde las especialidades climatológicas, sino que, desde el campo de acción del arquitecto, más que la región interesa aún más, la comprensión de la situación microclimática del entorno (Tedeschi, 1969).

En una época de reinversión del urbanismo y el desarrollo arquitectónico a principios del siglo XX, Tedeschi propone una interpretación del entorno que se involucra solo hasta donde la disciplina le compete, es decir, el dominio y la integración con su entorno de influencia, señalando que no es necesario un manejo exhaustivo de la especialidad climatológica, sino que, cobra mayor relevancia el entendimiento cualitativo que permite tomar decisiones de diseño. A propósito, también define algunas consideraciones respecto a la comprensión del viento.

- “Los vientos son asimismo importantes para definir la situación climática en conjunto con el asoleamiento. Para ellos vale igualmente la doble situación de aprovechamiento y de defensa, de acuerdo con las condiciones del lugar” (Tedeschi, 1969).
- “A veces los vientos traen la humedad de las aguas marinas, otras veces el frío de las montañas nevadas, o las arenas cálidas y la sequedad del desierto” ...En cada

caso el arquitecto se enfrenta con problemas diferentes, que distan mucho de esa simplificación de la ventilación transversal como requisito básico, de acuerdo con las normas tradicionales (Tedeschi, 1969).

- La acción del viento en la arquitectura es un hecho nuevo, que cobra especial importancia en los edificios de gran altura, dado que afecta en gran magnitud su estabilidad. Estos efectos pueden calcularse para que mediante su forma pueda resistirlos, dado que, al contrario de los edificios de la antigüedad, son estructuras relativamente livianas, donde se puede experimentar un nuevo tema: A consideración de Kahn, formas que expresan con nitidez la resistencia y la presión del viento (Tedeschi, 1969).

Tedeschi describe un modo de comprender el viento que pone énfasis en la relación con el entorno desde la dimensión de variabilidad. Pues el emplazamiento, o lo que él señala como paisaje, tiene características propias en cada caso, las que requieren de una comprensión y una adaptación de las estrategias tradicionales, para lograr el objetivo de generar espacios confortables para la habitación humana.

Rafael Serra (1999) desarrolla una aproximación desde la comprensión del clima como elemento definitorio de las estrategias de diseño, comienza por señalar que la edificación es en primer lugar una barrera artificial, que nos separa de un entorno que en todo caso es variable, respecto a cambios de un mismo día o de estaciones anuales, por lo tanto, bajo esta interpretación, también existen variaciones de clima entre interior, exterior y sus intermedios.

Según Serra (1999), el clima está definido por “La temperatura del aire, de la radiación, de la humedad y del movimiento del aire” todas ellas se encuentran interrelacionadas en diferente preponderancia para definir la cualidad y calidad de los espacios. Además, señala que el confort percible en un espacio es complejo para definir,

incluso para especialistas, dado que estos parámetros actúan con interdependencia. La comprensión de dichos parámetros, se pueden resumir en acciones que definan esos espacios para mejorar los factores de confort.

Respecto al viento señala lo siguiente:

- “La acción del viento sobre los edificios tiene repercusiones directas e indirectas acerca de las condiciones del ambiente interior: Por una parte, el viento influye en el microclima que envuelve a las construcciones; por otra, actúa en los cerramientos de los edificios incrementando las pérdidas de calor hacia el exterior de las superficies sobre las que incide y, por último, penetrando por aberturas y rendijas, genera movimientos y renovación del aire interior: con todo, no solo cambian las condiciones del interior; sino que también afecta directamente al bienestar térmico de los ocupantes, que notaran en sus cuerpos los efectos del aire en movimiento” (Serra, 1999).
- El origen de la presencia del viento es, una vez más, la radiación solar, lo cual según las circunstancias topográficas presentes en un clima concreto, existe un régimen de vientos irregular, que hace difícil de prever las condiciones de intensidad y dirección del viento (Serra, 1999).
- Sin embargo, existen factores que informan sobre la probabilidad de que se presente un determinado tipo de viento. Un ejemplo generalizado es definir sus características por la rosa del viento que muestra frecuencias e intensidad para cada mes o estación del año. Existen también registros meteorológicos de zonas determinadas que permiten comenzar a dilucidar algunas estrategias para desarrollar en el proceso de diseño (Serra, 1999).

- Una primera acción a considerar es la de ubicar barreras naturales o artificiales en la circulación del viento, las cuales buscan desviar o limitar el flujo a zonas contiguas de la edificación (Serra, 1999).
- Una acción siguiente es analizar los efectos sobre los cerramientos del edificio, en la práctica, depresiones o sobrepresiones en las superficies que generen alteraciones en la corriente de aire, deseadas o no, desde el exterior hasta el interior de los locales. El ajuste de estas definiciones puede modificar el reparto de presiones del viento, de modo tal que se acentúen o disminuyan según sea el requerimiento (Serra, 1999).
- Se comprende de lo anterior la existencia de un flujo o recorrido del aire por el interior de la obra, el que, según sea el caso se deberá ajustar para favorecer o dificultar su paso, el cual está referido principalmente al conocimiento de la dirección de los vientos predominantes según la época del año, para actuar en consecuencia (Serra, 1999).
- El ejemplo más sencillo para generar este movimiento del aire es la ventilación cruzada, que no es más que generar aberturas opuestas en fachadas que comuniquen con el exterior de forma tal que exista un flujo natural entre ellas, en sintonía con esta estrategia es que se desprenden otros modos, como lo son la chimenea solar, aspiradores tácticos, las torres de viento y otras que se complementan con zonas con agua, como lo son las torres evaporativas o los patios con fuentes (Serra, 1999).

Se puede deducir que la definición de las estrategias no solo actuará en la forma exterior, sino que también en la disposición de las aberturas o dispositivos móviles y en último caso la organización de los espacios interiores, donde las soluciones ante el flujo del viento serán evidenciadas por la forma de integración de estas en la obra.

A modo de cierre, sobre la integración de los espacios arquitectónicos respecto de su entorno Esquirol (2011) señala a propósito de Heidegger, “El molino de viento no provoca al viento, no lo almacena, ni lo descompone, ni lo gasta, simplemente aprovecha sus corrientes y, de esta manera lo muestra. El molino está vinculado al paisaje, integrado en él. Esta es una de las diferencias con los actuales parques eólicos: ahí ya no hay integración, el –Parque- se sobrepone al paisaje”. En esta ejemplificación, se trata un modo de relacionarse con el entorno, no por superposición, o por el ocultamiento de los elementos, sino que por vinculación entre los medios naturales y los construidos mediante la comprensión de las características propias del paisaje y los sistemas naturales.

Estudios de la Escuela de Arquitectura y Diseño

De modo complementario a la visión tradicional, se revisa una serie de proyectos realizados en la e[ad] entre el año 1958 y el 2000. Al analizar las experiencias realizadas en este periodo por profesores como Francisco Méndez, Manuel Casanueva y Miguel Eyquem, se encontraron definiciones provenientes de su conocimiento en la aeronáutica y diseño, permitiéndoles desarrollar estrategias alternativas para la integración del viento en las proposiciones arquitectónicas. En el mismo periodo, también se realizaron proyectos de diseño que consideraron la acción del viento para prototipos de aviones, molinos y otros. (Ver Anexo 4)

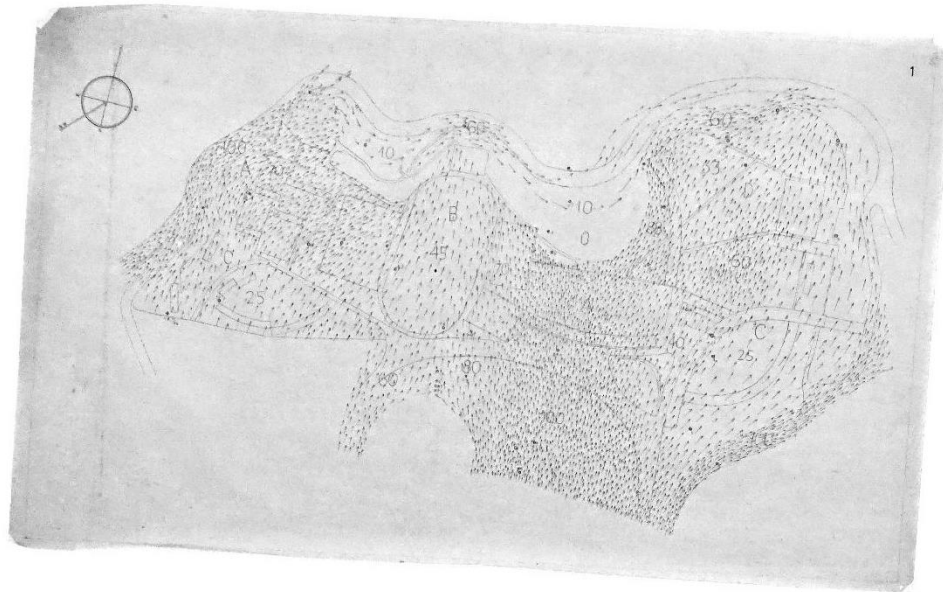
Francisco Méndez (1958) antes de liderar los estudios para el Concurso de la Escuela Naval, cursaba lo que se llamó el taller de investigaciones arquitectónicas, centrado en la planificación de conjuntos urbanos, que hasta esa época no consideraba el flujo del viento. En ese sentido “Cuantos[sic] espacios al exterior, patios, jjardines [sic], plazas, calles campos deportivos; cuidadosamente diseñados en los planos, se vuelve inutilizables o con graves problemas de aprovechamiento por el desconocimiento que tiene la arquitectura de las leyes y relaciones con que el viento se desliza a través de los espacios edificados” (Méndez, 1958a)

El estudio de la acción del viento sobre la arquitectura, se encuentra empeñado en la incorporación de los espacios planificados al exterior a la acción del viento, con un mismo grado de precisión con la que se planifican los espacios cerrados. (Méndez, 1958a)

Las acciones para el estudio de la Escuela Naval se orientan desde dos dimensiones, una observación y medición del flujo de aire en zonas restringidas y grandes áreas, estableciendo los problemas de medición y visualización planimétrica, y la segunda respecto a la comprobación cualitativa y cuantitativa de un dispositivo “Slot” considerado como un deflector estático destinado a ser colocado sobre la cubierta, para controlar y dirigir el viento. (Méndez, 1958a)

La primera acción derivó en un estudio del flujo en el sector de playa ancha Valparaíso, donde se ubicaría el proyecto de la Escuela naval, teniendo como desarrollo la observación del fenómeno de forma cualitativa, definición del trazado del viento, los que luego se definieron cuantitativamente. Se establecen las constantes y componentes, en un tramo de aplicación de 0 a 12 mts. sobre la altura del observador, y a una velocidad de 2 a 3 en la escala de Beaufort. (Méndez, 1958a)

El modo de medición consistió en cubrir las zonas de mayor afluencia con una malla de banderillas entre el 11 y 18 de julio de 1956. El estudio se extrajo, el ángulo de movimiento de las banderillas en vertical y horizontal, el giro que estas tenían en periodos de tiempo, y los cambios bruscos de intensidad y dirección. Se extrajo entonces un mapeado del flujo en el terreno (Méndez, 1958c).

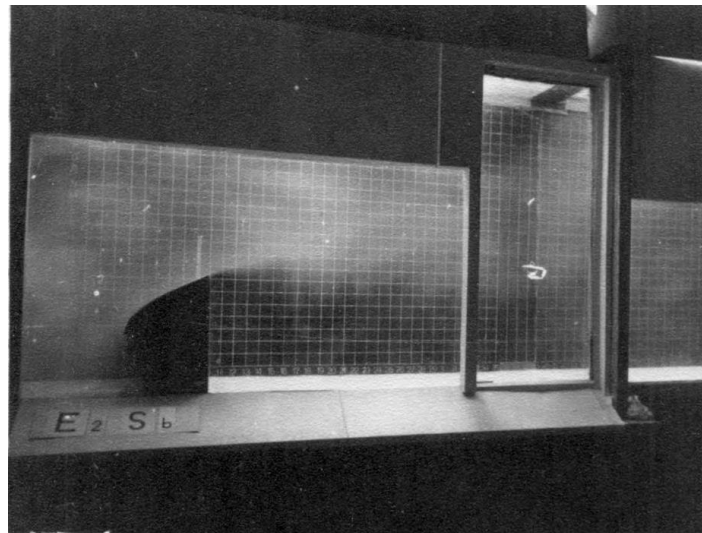
Figura 1 - Tubo 18-8B - Lámina 4

Nota. Digitalizado de "Tubo 18-8B - Lámina 4", de Francisco Méndez, 1958, Archivo Histórico José Vial.

La experiencia solo se determinó en el ámbito cualitativo, no se tomaron datos de temperatura, humedad, velocidad, intensidad, caudal, o calidad técnica de los materiales. (Méndez, 1958c)

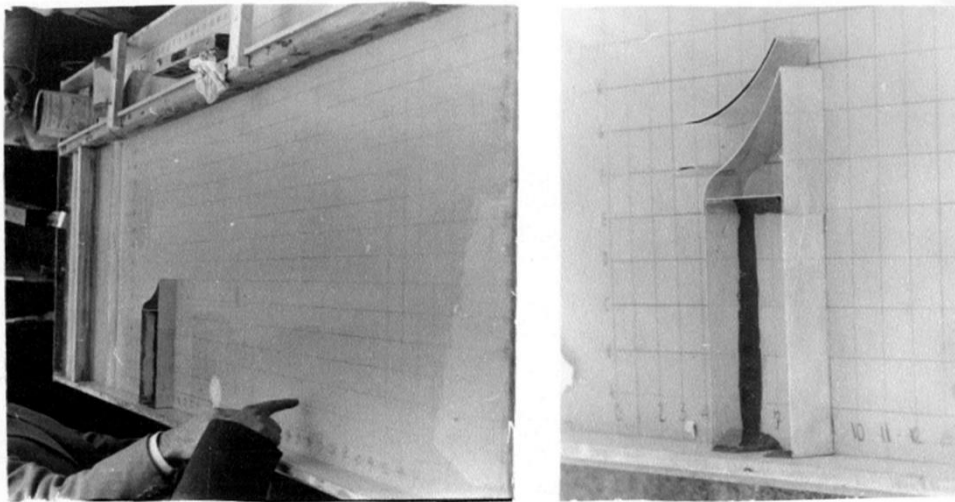
La segunda acción deriva en la proposición de los "Slot", el cual tenía como objetivo lograr una eficiencia y control del viento, en el hecho de suplir con el dispositivo, el volumen de los cuerpos que tradicionalmente se oponen al viento. El diseño fue experimentado en fases con: 1. Maquette y túnel de viento de baja velocidad, según datos meteorológicos promedio, luego; 2. Pruebas en bateas de agua por principio de similitud, con perfiles de aluminio y formas geométricas simples, que permiten visualizar el flujo de forma cualitativa y además establecer las bases para continuar con estudios cuantitativos. (Méndez, 1958c)

Figura 2 - Pruebas de Slot en túnel de viento

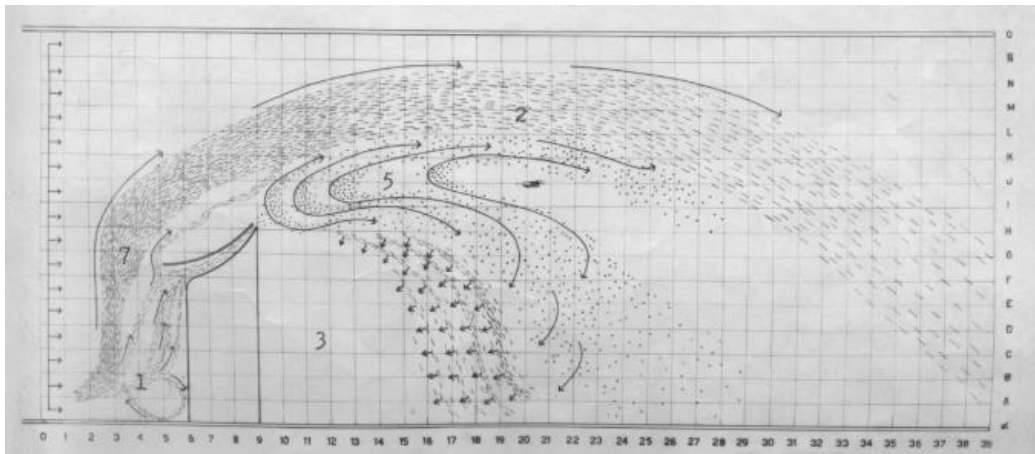


Nota. Adaptado de "E2 Sb", de Francisco Méndez, 1987, Archivo Histórico José Vial.

Figura 3 - Pruebas de Slot en batea de agua



Nota. Adaptado de Francisco Méndez, 1987, Archivo Histórico José Vial

Figura 4 - Lámina III - Prueba F

Nota. Adaptado de “Lámina III - Prueba F”, de Francisco Méndez, 1987, Archivo Histórico José Vial.

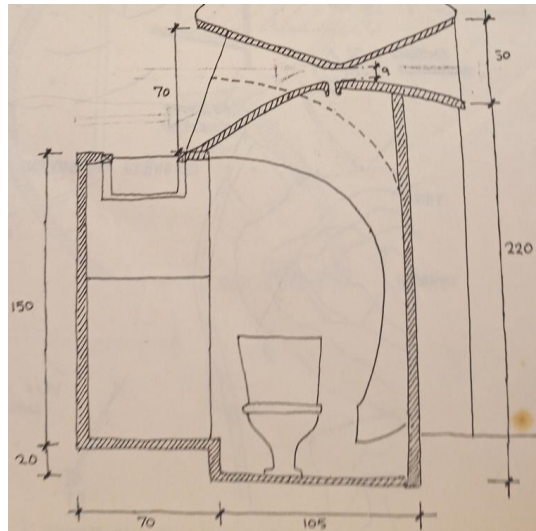
En su propio ámbito, Manuel Casanueva realiza varios compilatorios de conceptos de aerodinámica, en los que se encuentran *Recopilación de principios y comportamientos de aerodinámica* (1995) Tomo 1a 1b y 2a y “Aerodinámica Ventilación”(Casanueva, 1980), que permiten situarse dentro de las problemáticas de integración del viento, en este último señala por ejemplo que “el crecimiento de la ciudad contemporánea ha gonorado [sic] tres problemas fundamentales a resolver en el diseño de edificios desde el punto de vista de la aerodinámica” (Casanueva, 1980) estos son tres.

1. “La ubicación de los edificios en lugares abiertos”
2. “Los efectos aerodinámicos ocasionados por la altura y la relación entre los edificios en altura.”
3. “La reducción del volumen de aire en los interiores actuales en conjunto con la generación de espacios mediterráneos (baños y dependencias sin relación directa con el exterior)”

Las problemáticas señaladas están directamente relacionadas con el confort térmico, por un lado, sobre las alteraciones producto de la velocidad del viento, y por otro, sobre la composición del aire que respiramos. En todo caso se asume desde un origen “arquitectónico-

“cualitativo” que busca su cuantificación posterior mediante un especialista que verifica o rectifica el diseño de lo que (Casanueva, 1980) nombra como aparatos de cualificación aerodinámica.

Figura 5 - Arquetipo de Ventilación, Baño de servicio en Hospedería Ritoque



Nota. Adaptado de “Arquetipo de Ventilación”, de Manuel Casanueva, 1980, Aerodinámica Ventilación curso de construcción.

Bajo la misma perspectiva, en 1992 se realiza un taller que luego es parte de “La tesis del arquitecto orfebre” (Casanueva, 1992), la cual define una postura sobre la arquitectura ante la técnica y las tecnologías, señalada desde la definición arquitectónica hecha por Alberto Cruz, como “La extensión orientada que da cabida”, a la que añade “en torno a un vacío” puesto que, la obra cualifica el espacio. Bajo ese concepto, se revisa desde los pabellones como ocasión de la “Fidae”, que en su interior tuvieron que albergar los nuevos modelos de avión de la época “Harrier” y el “Avión invisible”.

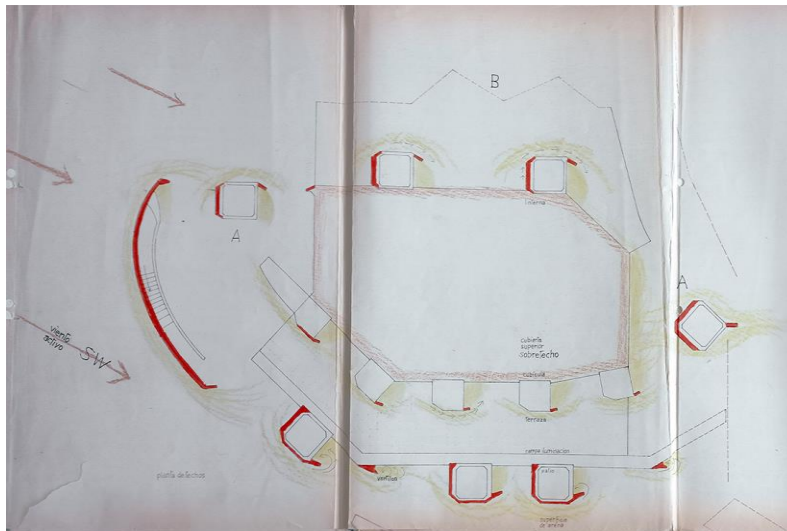
Desde aquí se consigue un cuestionamiento formal, proveniente de los fuselajes, “aquellos que median la luz, el clima y el sonido, aquellos que tienen ubicación, orientación, tamaño y genero[sic] arquitectónico” (Casanueva, 1992), entonces se indaga en lo cúbico, sobre la base de la desintegración asimétrica, cuerpos derivados Edros y Oides y de las impresiones de una malla sobre elementos cúbicos.

Finalmente, ante las proposiciones de Miguel Eyquem, se halla un estudio hasta ahora inédito, “Experiencias con el viento en la ciudad abierta” (Eyquem, 1992), en el marco de los estudios para un proyecto ubicado en la ciudad abierta, por las fechas y el motivo señalado, se puede elucubrar como un proyecto propuesto previo a la propuesta de “La casa de los nombres”. Así señala como primera condicionante la conservación del régimen natural de movimiento de la duna en la cual se pretende ubicar la obra. La duna se encuentra estabilizada de manera que se ha podido construir en ella sin alterarla, durante aproximadamente 20 años, lo cual proporciona una prolongada observación de los fenómenos del viento en el lugar (Eyquem, 1992).

Dadas estas particularidades, la proposición se sitúa bajo la duna, de donde emergen pequeños volúmenes los cuales se modifican con 3 elementos de control (Eyquem, 1992)

- A. Reborde canalizador del viento.
- B. Aletas de fuga, en el lado de salida del viento
- C. Vortilones= Aletas situadas en cambios de dirección de un muro; para frenar la velocidad del viento y así depositar la arena succionada.

La experiencia, si bien no fue construida, asume una doble estrategia de emplazamiento y elementos técnicos, que, por el modo de construir en la ciudad abierta, se señala que quienes las construyen recurren a futuras correcciones en la medida que se observa su comportamiento ante el flujo del viento. Este modo de proyectar queda validado por la experiencia empírica de más de 50 años. (Eyquem, 1992)

Figura 6 – Elementos sobresalientes que generan efectos aerodinámicos

Nota. Adaptado de “Proyecto Gran Sala en Ritoque”, de Miguel Eyquem, 1990, Experiencias con el viento en la ciudad abierta.

Los perfiles rojos dibujados en la planta son elementos aerodinámicos que conducen el flujo del viento, en los extremos se ven elementos sobresalientes al perfil, estos son llamados Vortilones (Concepto proveniente de la Aeronáutica), que en relación con los elementos revisados en el Concurso Escuela Naval (Ver Pág. 65), son perfiles aerodinámicos puestos en vertical.

Entre los proyectos realizados por Miguel Eyquem, existe un modo de comprender el viento que queda explicado en su última publicación “El proyecto de la obra: De la gravedad a la levedad”(Eyquem, 2016), resume con transversalidad su particular visión en el fundamento de la Casa en Portezuelo de Colina, o Casa Peña, (1981) el concepto definitorio para comprender las estrategias usadas, se trata de la economía material de la obra, expresándose en los siguientes principios.

- Ir a favor de la Naturaleza. Convivir con ella.
- No al hombre “rey dominador de la naturaleza, con la técnica moderna” (René Descartes).
- Invitar a los fenómenos del entorno físico a convivir la obra.

- Control del clima para una mejor comprensión de la relación científica interior-exterior.
- Alineación con el viento para modificar la temperatura interior.
- Canales de viento entre vigas paralelas. No hay vigas transversales.
- No hay cadenas ni dinteles estructurales.
- Ahorro de materia, disminución de inercia sísmica, ahorra cálculo.
- Adecuación al terreno sin rellenos ni excavaciones ni muros de contención.
- La estructura transversal la constituye una lámina conformadora de los espacios interiores, desarrollada en tres dimensiones

Figura 7- Casa en Portezuelo de Colina



Nota. Adaptado de “D peñ 81 – Casa Luis Peña – 33”, 1981, Archivo Histórico José Vial. Copyright.

Es importante destacar la indisoluble relación de la obra con su entorno a partir del viento, Eyquem (2016) concluye a propósito que “El aire es nuestro gran amigo que nos envuelve renovándose a voluntad. Igual podemos hablar del calor y el frío regulados en forma automática sin ningún mecanismo, consecuencia de haber invitado al aire a pasar en forma de viento fresco o bien de inmovilidad aislante.”

Propuestas de diseño aeronáutico

En la investigación de estudios o proyectos que integraran el viento en su diseño, se pudo encontrar prototipos de molinos y aeronaves planeadoras, de los que extraen conceptos y lógicas de integración tangentes al entorno arquitectónico. Entre ellos se encuentran:

- El molino de viento de eje vertical de Rawlins & Baixas (1978) el cual tuvo como principal elemento tres perfiles alares puestos en vertical para generar un movimiento rotatorio, que permitiera dar fuerza a una bomba de agua, en la investigación para definir los perfiles, se consideró las variaciones de empuje respecto de los ángulos de ataque y su relación con la sustentación y el arrastre.

Figura 8 - Incidencia del ángulo de ataque en la relación de sustentación y arrastre

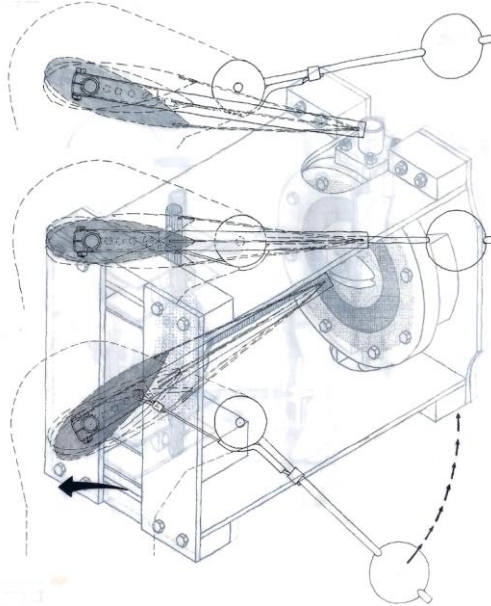


Nota. Adaptado de Incidencia del ángulo de ataque en la relación de sustentación y arrastre, de Rawlins & Baixas, 1987. Molino de eje vertical

La lógica principal de la propuesta se refiere a la adaptabilidad activa del perfil del ala a partir de un contrapeso centrífugo (Fig 9) que modifica el ángulo de ataque según la

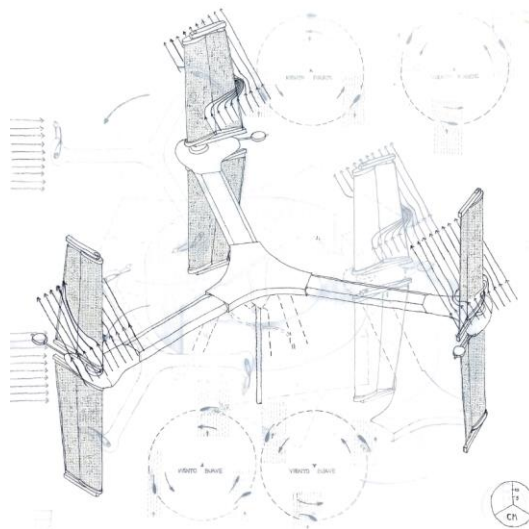
velocidad del giro, lo cual supone una mejora en la eficiencia del molino ante un flujo direccionado (Fig 10).

Figura 9 - Acumulador contrapeso centrífugo



Nota. Adaptado de “Acumulador contrapeso centrífugo”, de Rawlins & Baixas, 1987. Molino de eje vertical

Figura 10 - Transformador de tipo - Aspas

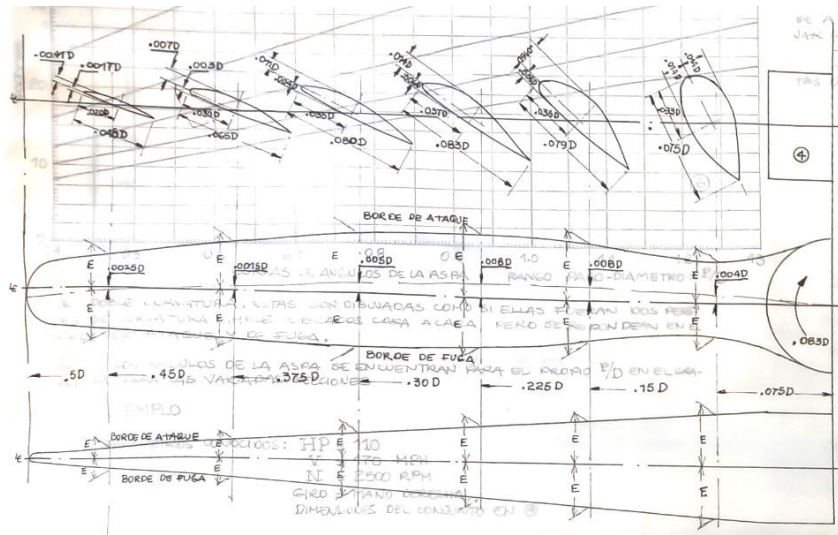


Nota. Adaptado de “Transformador de tipo - Aspas”, de Rawlins & Baixas, 1987. Molino de eje vertical

- Estudio para un avión tipo canard de Molina et al. (1980) para el cual se describieron dos componentes, en primer lugar, una hélice, lo que significa pensar

en su eficiencia formal, dado que en el diseño de esta no solo se involucra un perfil variable, sino que además señalan una rotación respecto de su ángulo de ataque para lograr un determinado avance.

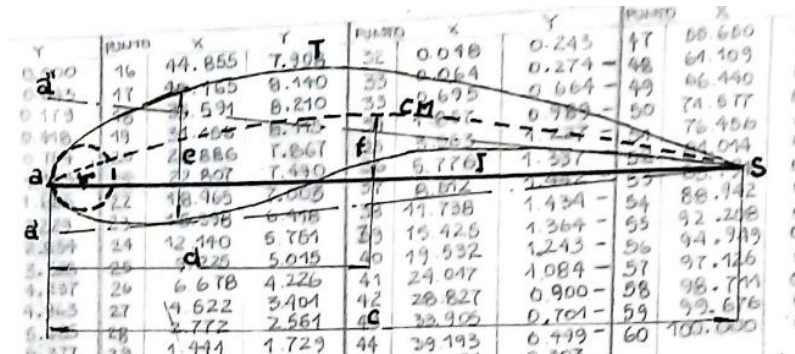
Figura 11 - Planificación del perfil de la Hélice



Nota. Adaptado de Aerodinámica de lo autoestable, Avión tipo Canard, de Molina, 1980.

Y un segundo proceso de análisis y categorización de perfiles alares que sean concordantes con la proposición de un aeroplano. La categorización se realiza a partir de conceptos como el borde de ataque (a), borde de fuga (s), extrados (a-t-s), intrados (a-i-b), radio de del borde de ataque (r), línea de curvatura media (cm), ordenada máxima (f), espesor y ángulo de ataque (e).

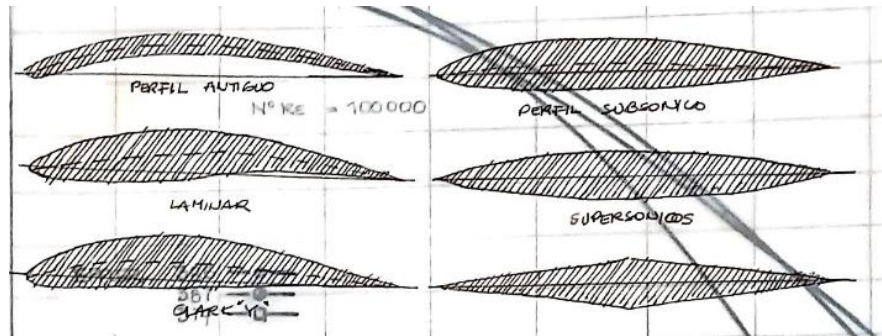
Figura 12 - Esquema de definición del perfil alar



Nota. Adaptado de Aerodinámica de lo autoestable, Avión tipo Canard, de Molina, 1980.

Teniendo en cuenta este cálculo también se definen 6 tipologías: Antiguo, Subsónico. Laminar, Supersónicos, Clark “Y” y Otros del tipo rombo sin nombrar.

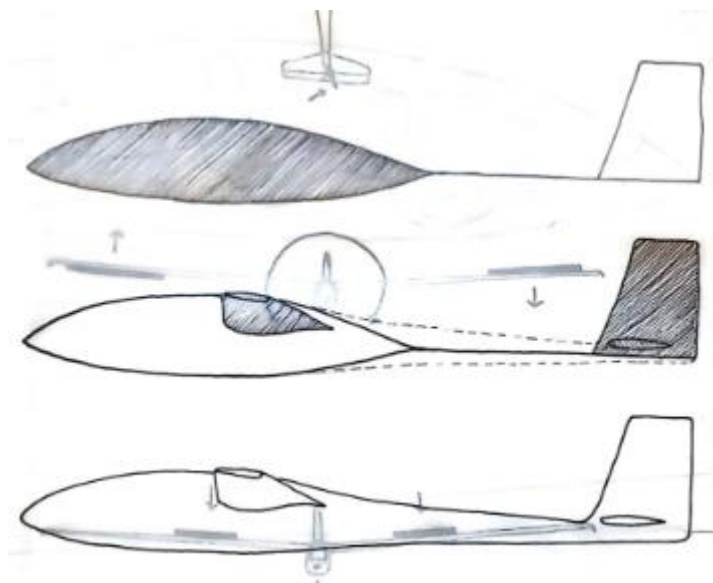
Figura 13 - Categorización de perfiles alares



Nota. Adaptado de Aerodinámica de lo autoestable, Avión tipo Canard, de Molina, 1980

- Planeador bip plaza instrucción – acrobacia de González et al. (1980), el cual analiza someramente el perfil y los componentes aerodinámicos de un planeador de instrucción, entre ellos tres tipos, Twin Astir, Eolo y Blanick. Y luego su desarrollo constructivo.

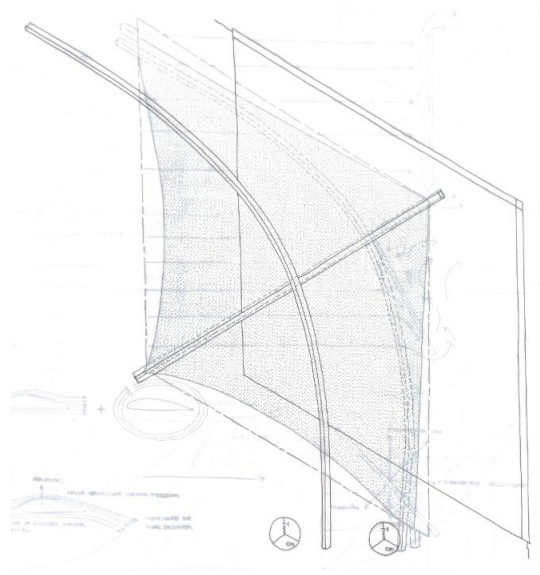
Figura 14 - Partes aerodinámicas de un aeroplano



Nota. Adaptado de “Planeador Biplaza Instrucción – Acrobacia”, de González R, 1980

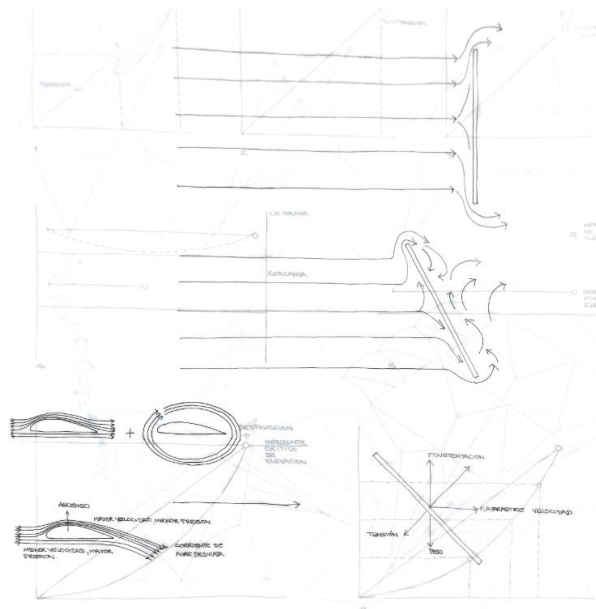
- Volantín Carp. Red de Mondaca (1985), del cual se encontraron las planimetrías del estudio y una explicación respecto de su funcionamiento por el arrastre producto de su ángulo de aplicación.

Figura 15 - Isométrica del volantín



Nota. Adaptado de "Volantín Carp. Red", de Mondaca, 1985

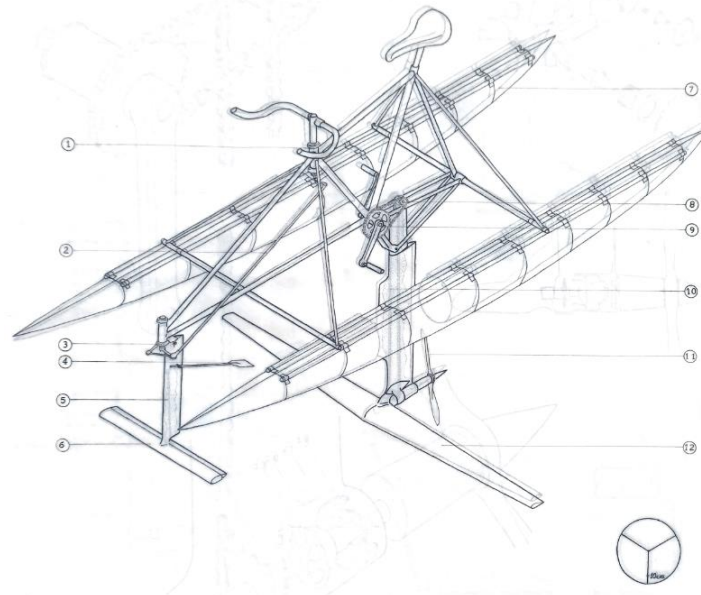
Figura 16 - Sustentación de un Volantín



Nota. Adaptado de "Volantín Carp. Red", de Mondaca, 1985

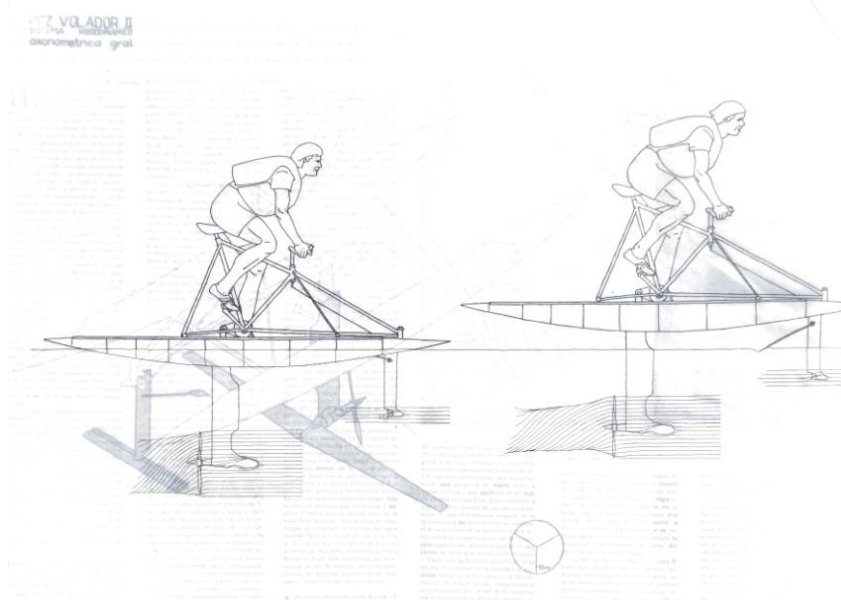
- **Pez Volador II. Hidronave Propulsión Humana** de García (1989) que si bien no está en el campo de la aerodinámica, utiliza sus conceptos para generar sustentación en un medio acuático.

Figura 17 - Pez Volador II - Axonométrica general



Nota. Adaptado de “Pez Volador II. Hidronave Propulsión Humana”, de García, 1989

Figura 18 - Pez Volador II – Funcionamiento general



Nota. Adaptado de “Pez Volador II. Hidronave Propulsión Humana”, de García, 1989

Estado del Arte

Ante la búsqueda de fuentes se pudo constatar que, actualmente los análisis de viento en general están orientados a la eficiencia energética, al flujo en dimensiones urbanas producto del cambio climático o al control estructural de grandes construcciones, especialmente rascacielos. Esto libera un espacio de investigación que no ha sido considerado en el último tiempo, que es el referido a las relaciones entre los espacios habitables de baja y mediana escala. Para lo cual se considerarán en su mérito los artículos tangentes y las referencias que permiten dilucidar estrategias o entendimientos aplicables a la investigación.

Ordenamiento urbano ante el flujo eólico

Uno de estos artículos, si bien está fuera del rango de fechas señalado anteriormente, está relacionado con una de las zonas geográficas de mayor complicación a nivel nacional. Bustamante (2014) explica “El comportamiento del viento en la morfología urbana y su incidencia en el uso estancial del espacio público. Punta Arenas, Chile”, esta ciudad tiene un viento predominante oeste que alcanza los 120km/h, sin embargo, en la planificación urbana y el desarrollo de proyectos públicos no ha sido considerada esta situación. Es evidente como la ausencia de este criterio genera incomodidad al peatón. “Los obstáculos topográficos naturales o edificados modifican el régimen laminar del viento, sobre todo en las capas más bajas” (Bustamante et al., 2014), esto puede ser usado a favor cuando se proponen estratégicamente, por ejemplo, las amplias capas de vegetación producen una superficie rugosa que genera turbulencia, pero también reduce la velocidad, mejorando el control de temperatura. Respecto al diseño, señala que como se trata de un campo nuevo de investigación, existen distintas variables que no han sido suficientemente exploradas. No se trata solo de una problemática restrictiva a lo estético, sino que debe ser considerada también desde la racionalidad científica, dado que las estrategias en una dimensión urbana son

susceptibles para modificar los patrones de conducta social, pudiendo mejorar su calidad de vida (Bustamante et al., 2014).

Simulaciones CFD en edificios de gran altura

Thordal (2019) realiza una revisión sobre la práctica de las simulaciones específicamente para la determinación de cargas en edificios de gran altura, en la cual se adentran a comparar las estrategias y el procedimiento para el cálculo desde la ingeniería. Sin embargo, previamente señalan que, desde los inicios del cálculo de flujo eólico aproximadamente en los años 50, se han definido limitaciones respecto a la capacidad de obtener resultados consistentes respecto a las pruebas. Las discusiones se han orientado a definir las variables, estudios comparativos de técnicas específicas, entre otras como la incorporación de tecnología informática, las cuales han podido mejorar las técnicas de medición. Señalando que, aún habiendo mejorado la práctica, es muy probable que, ante un mismo estudio realizado, si son aplicados a túneles de viento diferente, los resultados obtenidos sean notablemente diferentes.

Thordal (2019) coincide que el cálculo CFD, se ha validado en el campo de la ingeniería, dado que se han especializado y estandarizado los métodos con los que se realizan cálculos del flujo eólico. Por otra parte, se ha potenciado por la reducción de tiempo en su ejecución, dado que permite integrar modificaciones fácilmente a los modelos de prueba, sin embargo, a partir de Meroney (2016) señalan que “el método debe adaptarse como un enfoque híbrido ab[sic] para llevar a cabo un proyecto más eficiente”

Finalmente, Thordal (2019) señala que para la optimización y el análisis aerodinámico es conveniente el uso de CFD para realizar pruebas rápidas de diseños potenciales. Así mismo, señalan que diversos autores como Xie (2014), Tamura (1998), Bernandini et al. (2015) al realizar sucesivas pruebas para alcanzar una optimización de la forma aerodinámica, concluyeron que el reemplazo de las esquinas de los cuerpos por formas

redondeadas o achaflanadas produjeron una disminución de la respuesta ante el viento cruzado, encontrar niveles más bajos de fuerzas de arrastre y la desviación por flujo turbulento, estas pruebas, si bien no pudieron validarse dado que no cumplieron con los estándares de cálculo. Sin embargo, en otro estudio de similar característica realizado por Elshaer et al. (2016a,b), se logró definir un cuerpo de gran altura con un perfil cuadrado al cual se le aplicó una torsión respecto al eje vertical, en el que se descubrió que el ángulo de torsión óptimo era de 344° lo cual reducía un 45% las fuerzas de arrastre (Thordal et al., 2019).

De lo anterior se concluye entonces que las simulaciones CFD en el sentido de esta investigación permite realizar análisis cuantitativos especializados, como también cualitativos desde la perspectiva de la definición o comprobación de las lógicas de diseño. Lo importante, según se entiende por los autores, es definir las mismas condiciones de cálculo para todos los casos, incluyendo el procedimiento metodológico, las especificaciones de cálculo y el software con el cual se realizarán las pruebas.

Envolventes Dinámicas

Desde otra perspectiva Ding & Kareem (2020) analizan la relación de los edificios altos desde la lógica de las envolventes dinámicas. En el contexto del aumento de edificaciones en altura y la exposición que tienen a las condiciones climáticas, en particular por su contextura delgada, son susceptibles al movimiento inducido por el viento. Lo cual señala un desafío sobre la ingeniería aplicada a la seguridad estructural y la capacidad de servicio respecto a las funciones que tendrá cada edificación. Las estrategias se han encauzado desde las formas aerodinámicas y la adición de dispositivos de amortiguación. Sobre la práctica actual de adaptación de la forma implica la selección del perfil de mejor rendimiento respecto de un conjunto limitado de candidatos. Lo cual ligado a los avances

producto del cálculo CFD y el desarrollo de un marco de optimización ha permitido explorar de forma exhaustiva el diseño aerodinámico.

Una de las problemáticas señaladas en el cálculo aerodinámico de las formas de edificios, es la incurrancia de las cargas causadas por la aerodinámica urbana, o del entorno circundante lo cual implica una modificación del flujo que afecta las edificaciones y que no siempre estuvo considerado. En esa lógica Ding & Kareem (2020) sugieren que las edificaciones deberían responder activamente a las condiciones ambientales, las que actualmente son un tema de discusión sobre cómo dotar a las edificaciones de esta inteligencia de adaptabilidad. Comprender este desafío implicaría una mejora en los sistemas estructurales y de envolventes, pero además un cambio radical en la expresión de las edificaciones.

Envolventes porosas

Lo (2020) hace referencia a otra lógica de integración del viento en edificaciones, que, teniendo cierta antigüedad se les añade una envolvente para mejorar su apariencia, entre los múltiples tipos que existen han cobrado popularidad las del tipo porosas, desde esa visión, se cuestionan cómo se ven afectadas a un flujo, señalando tres variables principales, porcentaje de porosidad, distancia entre ambas fachadas y la forma de los poros.

Además, Lo (2020) señala que el desempeño no necesariamente está ligado al ámbito estructural, por ejemplo, la diferencia entre una interfaz sólida y una piel multicapa porosa, difiere en la transferencia de presión significativa lo cual se ve reflejado en las condiciones de ventilación interior, la protección del edificio y el confort interior. Los enfoques de la literatura previa se han desarrollado entorno a comprender las distribuciones de presión, análisis por dirección del flujo, coeficiente de fuerza respecto a muros, flexibilidad de los componentes, entre otras que permitieron comprobar y popularizar las estrategias utilizadas, para modificar los coeficientes aerodinámicos en las obras.

Cambio climático: Las estrategias de medio ambiente y clima

Kabosová (2020) se sitúan desde la problemática del cambio climático, en tanto los arquitectos debieran de proponer estrategias basadas en el medio ambiente y respetuosas con el clima. Sugieren una combinación de los criterios de rendimiento y los factores climáticos en la planificación arquitectónica y urbana, lo cual permitiría contribuir a la mitigación de los escenarios de cambio climático.

De lo descrito se pueden relacionar dos implicancias que coinciden con la propuesta de esta investigación, la primera se refiere a que el viento es uno de los factores meteorológicos de mayor influencia en el entorno construido, lo que significa que cuando no es incluido en el proceso de diseño, puede ocasionar zonas de viento ausente, zonas de alta velocidad o también zonas de turbulencia, lo que requiere entonces un análisis de las condiciones específicas del lugar para contribuir a un entorno sostenible y comfortable. Luego, salvo en edificaciones en altura, se ha prestado poca atención a la evaluación del viento en su creación, que, aunque las simulaciones CFD se han establecido como una herramienta útil en este campo, no forman parte de una práctica habitual (Kabosová et al., 2020).

Finalmente, Kabosová (2020) describe las áreas de desarrollo que se pudieran implicar respecto a la integración del viento:

- Ventilación Natural. Predecir el flujo natural del entorno, combinado con el diseño generativo, sería ventajoso para mejorar la ventilación hasta en un 30%, tanto en una escala urbana, como en los edificios de doble piel se podría obtener mejoras en el microclima de su entorno y su rendimiento energético
- Dispersión de contaminantes. Se puede incorporar para la dispersión de contaminación por tráfico, especialmente en grandes ciudades.

- Diseños Aerodinámicos. La optimización de formas mediante simulaciones CFD, de mayor implicancia en zonas con bajas temperaturas para reducir las cargas de viento, y, por otro lado, la mitigación de fuertes vientos o huracanes, para limitar los daños causados.
- Comodidad del viento para peatones. Tanto en espacios al aire libre, como los espacios entre edificios pueden estar afectados a corrientes de viento indeseadas, para lo cual se pueden involucrar las acciones en generar espacios de proyección en las zonas urbanas
- Cosecha energética. Sobre la captación eficaz de energía eólica, excluyendo las turbinas, se entiende sobre las estructuras ubicadas en las fachadas con posibilidad de recolectar energía, es un amplio campo de desarrollo integral.

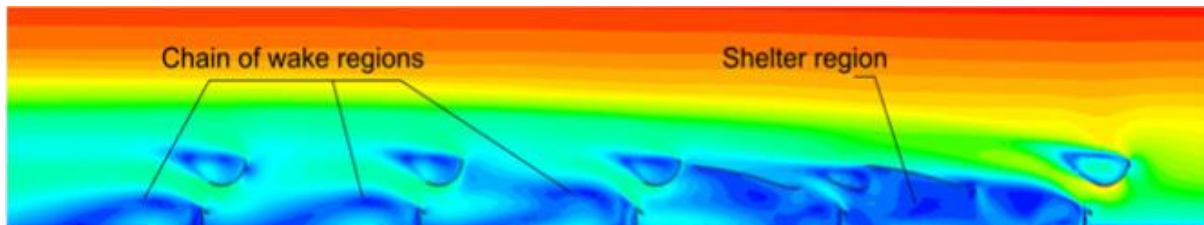
Efectos del viento en la trama urbana

Otra interpretación en el campo de lo urbano es lo señalado por (Moya, 2021), citando a (Kang et al., 2020) “la estrategia más recomendada para mitigar los efectos del viento en el espacio de las calles es el uso de árboles como cubierta protectora vegetal” (Moya, 2021) sin embargo su funcionalidad no siempre es efectiva, por su aplicabilidad o el tipo de ráfagas presentes, para lo cual señala que según sea el caso se pueden complementar con cubiertas artificiales, de manera que se cuestiona que principios de diseño se pueden aplicar para hacerlas más eficientes para la protección y confort del espacio público Moya (2021)

En el artículo se revisan tres tipos, bóvedas de viento, fuselajes y barreras quebravientos. Las dos primeras corresponden a la Escuela naval y la Casa de los Nombres, que serán revisadas en profundidad en los siguientes capítulos. Los quebravientos, por el contrario, están definidos hace bastante tiempo por Gandemer J (1979) quien señala cuáles deben ser sus características, entre ellas la porosidad, los alerones, ranuras de ventilación, burbujas aerodinámicas entre otros (Moya, 2021).

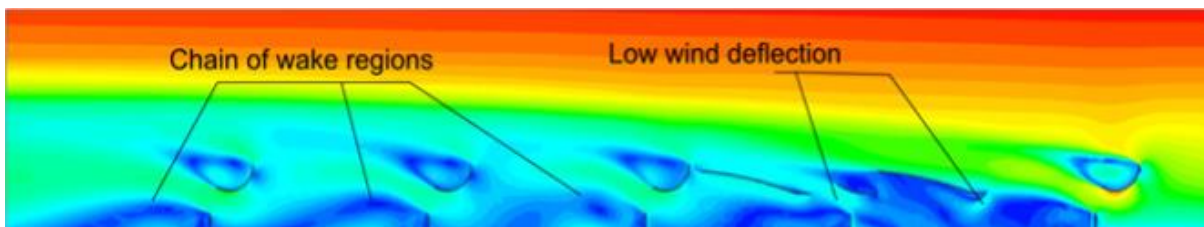
Aunando dichas estrategias es que Moya (2021) genera una propuesta arquitectónica que tiene como propósito la comprobación de estos principios utilizando un cálculo CFD para estudiar los efectos.

Figura 19 - Case 1: Screens with deflector fin



Nota. Adaptado de “Case 1: Screens with deflector fin”, de Moya, 2021.

Figura 20 - Case 2: Screens without deflector fin



Nota. Adaptado de “Case 1: Screens without deflector fin”, de Moya, 2021

Como se puede observar en las figuras, existe una importante diferencia en la dinámica del flujo al considerar deflectores. En el primer caso se produce un efecto de concatenación de los umbrales que permite extender el espacio habitable lo cual se consideró como uno de los efectos deseados.

Simulaciones CFD y confort

En concordancia con Moya, Torres & Padial (2021) relacionan los modos tradicionales de comprensión del viento para mejorar el confort de los espacios con el análisis mediante cálculo CFD. Señala que a la para definir el confort aerodinámico se requiere comprender el contexto de actividades, para lo cual actualmente se utilizan tres normativas o escalas relacionadas al confort, estas son el modelo de Davenport en 1975, el Modelo Lanson de 1978 y Las normativas neerlandesas nen 8100, las cuales sirven para fijar las frecuencias y

velocidades del flujo que están en un rango de comodidad y para realizar simulaciones desde la perspectiva del uso.

Señala por otra parte, que las simulaciones aerodinámicas digitales han alcanzado sucesivamente mayor precisión pudiendo complementar las simulaciones físicas para una verificación recíproca, desarrollándose en tres etapas (Torres & Padial, 2021)

- Tratamiento preliminar: Elaboración y adaptación de geometría reducida al mínimo de elementos necesarios, procedimiento de discreción basado en celdas de mayor o menor detalle según lo requerido.
- Resolución: Se definen los parámetros de cálculo, incluyendo las condiciones del contorno, entradas o salidas de aire, variables numéricas y temporales, las que se refieren a un número x de iteraciones.
- Tratamiento posterior: La interpretación de resultados, se deberán procesar o filtrar recurriendo a gráficos, visualizaciones aerodinámicas o bien a la transcripción a otros formatos. También suele utilizarse un caso de control para contrastar con la simulación física.

Una de las grandes complicaciones en las simulaciones por cálculo virtual se encuentra en la definición de rugosidades producto de la vegetación o elementos naturales complejos, dado que el coste computacional está relacionado con el nivel de detalle que se puede obtener, en ese sentido se busca complementar las pruebas con modelos físicos que por su proceso de construcción quedan efectivamente limitados. (Torres & Padial, 2021)

Desde la Biomimética

Otro modo de aproximación es el revisado por Sayed (2021), en desde una perspectiva de la biomimética en el diseño arquitectónico, asumiendo un enfoque sobre la funcionalidad de los sistemas en vez de la imitación morfológica, dado que, se han podido

observar variados proyectos que exitosamente han resuelto su forma basada en la naturaleza, pero que no implican necesariamente la transferencia de sus capacidades funcionales.

En la sección 3.3.3.2, Sayed (2021) analiza la ventilación natural desde la perspectiva de la calidad del aire, como una “una arquitectura que respira”, pues permite el suministro de aire fresco, la respiración saludable de los habitantes, la dispersión de contaminantes, entre otros que mejoran la calidad del aire interior. Existen diferentes patrones de ventilación provenientes de los sistemas de respiración en la naturaleza, entre ellos tegumento, branquias, pulmones y tráqueas, que se pueden mediante la abstracción funcional, conduce a un entendimiento jerárquico o direccionado de los flujos de aire que componen la ventilación.

Edificios de gran altura

Por último, uno de los enfoques más recientes en el ámbito de la integración del viento en las formas arquitectónicas, en particular para edificios súper altos >300mts, es la señalada por Ilgin (2022). Los avances en la tecnología de cálculo y diseño arquitectónico juegan un papel crucial en la forma de los edificios, especialmente cuando se ha podido dilucidar el comportamiento aerodinámico como una entrada de diseño crítica. Se han utilizado distintos métodos para satisfacer la modificación aerodinámica en rascacielos, siendo las formas cónicas uno de los métodos más utilizados, sin embargo, no se ha construido suficiente literatura que proporcione una comprensión entre la construcción y los principales criterios de planificación. (Ilgin, 2022)

Para lo cual se deben comprender principalmente dos criterios de evaluación, el rendimiento aerodinámico y la reducción a la respuesta de viento cruzado, las cuales tienen como componente común, la revisión de turbulencias producto de la forma de la envolvente. Complementariamente se deben revisar las características del viento al nivel del peatón producto del efecto Venturi. (Ilgin, 2022)

A través del análisis de 41 edificios súper altos, pudo concluir que su diseño, debe hacerse considerando las propiedades aerodinámicas de la forma del edificio, dado que las pequeñas variaciones pueden generar cambios significativos en las cargas laterales que se obtengan. De tal modo, que se ha podido comprobar cómo las formas cónicas (17 revisados) han mostrado un comportamiento efectivo, los cuales han sido complementados con modificaciones en esquinas. (Ilgin, 2022)

Retomando sobre la problemática se puede concluir entonces que el modo tradicional de comprender la acción del viento en la arquitectura recurre a grados de intervención, en primer lugar, la situación del clima y el paisaje, dado que es indisoluble del emplazamiento, se pueden extraer datos meteorológicos de mayor consistencia histórica, lo cual sirve para adoptar las soluciones generales en la obra: orientación, emplazamiento y organización de volúmenes. Sus características pueden categorizarse, por ejemplo, en zonas tropicales, desérticas, templadas, polares, y dentro de ellas situaciones del paisaje, playas, valles, montes, riberas, entre otros que determinan las particularidades a considerar; Luego, existen variaciones que pertenecen al microclima del paisaje, respecto a los valores señalados por Serra (1999) la temperatura del aire, radiación, humedad y movimiento del aire, en este ámbito es que se juega la acción del arquitecto respecto a las estrategias que pueden derivar de la comprensión de estos factores, pues se refiere a la relación de la obra con su entorno próximo. Por ejemplo, se sabe que, ubicándose en el sector costero de la región de Valparaíso, existirá un alto grado de humedad histórico (Aproximadamente un 75% según la Bcn), ráfagas de viento estacionarias desde las direcciones sur-oeste y norte, lo cual señala un requerimiento de protección y ventilación para toda la zona. Asimismo, en segundo lugar, las soluciones se conforman por barreras naturales o artificiales que se encuentren entre el entorno y la obra, ya sea por la vegetación existente o propuesta, o por elementos técnicos y arquitectónicos definitorios para la envolvente como se revisarán en esta investigación, pues

contiene una doble relación entre interior y exterior en un mismo elemento. Finalmente, se definen las estrategias de organización interior, la relación de tamaño y disposición de entradas y salidas de flujo, las cuales tienen como principal estrategia la ventilación cruzada, las chimeneas de aire y las cubiertas ventiladas.

Por otro lado, existe una lógica de integración desarrollada en la e[ad], que se formó a partir de estudios de aerodinámica con ocasión de tres proyectos emblemáticos, como lo son el Concurso Escuela Naval, al Hospedería del Errante y la Casa de los nombres. En ellos, el modo de operar consiste en comprender las condiciones del entorno y sus características, para luego mediante análisis de viento, involucrar las estrategias tradicionales de integración del viento, poniendo el énfasis en el diseño de elementos técnicos y arquitectónicos aerodinámicos. Existen también, estudios, recopilaciones y proyectos de diseño industrial, principalmente en el campo de la aeronáutica que nutren los proyectos de arquitectura de conceptos tangentes pero que elevan la discusión sobre el entendimiento del viento.

Por último, habiendo analizado la literatura actual, se puede deducir una limitada aproximación a estrategias de integración del viento en la arquitectura de baja escala. Los estudios revisados correspondiente a los últimos 5 años, han tendido a desarrollarse para mejorar las condiciones estructurales o de servicio en edificios de gran altura, y por otro lado para realizar mejoras en sistemas de orden urbano. Sin embargo, de estos estudios se pueden extraer lógicas de organización y de sistemas que mejoren la relación entre el entorno y la obra desde las formas de las envolventes, como lo son las formas curvas y tendientes a lo cónico, polígonos rotados, envolventes porosas, de carácter rígidas o dinámicas a partir de sistemas responsivos.

CAPÍTULO 2 - Estudio de Casos

Los casos de estudio que se extraen de la línea de investigación realizada sobre los proyectos y estudios realizados en la e[ad], son relevantes para comprender las lógicas y las estrategias usadas para integrar el viento, a través de elementos Técnico-Arquitectónicos que modifican el flujo del viento, para generar situaciones de temperie en los espacios habitables y su entorno. Se trata de: El Concurso para la nueva Escuela Naval (1958), La hospedería del Errante (1981 y 1992) y la Casa de los nombres (1992). Entre ellos, existen componentes de correlación para mejorar las estrategias utilizadas.

A. Concurso Escuela Naval - 1958.

Fundamento

Ante el desarrollo de una propuesta para el Concurso Escuela Naval, Méndez (1958) asume una iniciativa no solo arquitectónica, sino que, predominantemente académica, ya que él mismo señala a que, “El proponerse el control del viento mediante las formas arquitectónicas, no ha sido, sino un primer paso, de pasar francamente a estudiar la arquitectura del viento”. Lo cual constituye ciertamente un punto de partida para los estudios que se realizarían posteriormente en la e[ad], pues en su fundamento se plantean premisas que se repetirán en los siguientes casos de estudios. Según el fundamento (Méndez, 1958c):

- A.1 Esta debía nacer del conocimiento del “como[sic] actúa el viento en un determinado lugar, y de las características propias de su acción. (Baja de temperatura, límites de la sensación de molestia), en cuanto actúa sobre las personas)”
- A.2 De establecer la problemática de sensaciones del viento; espacios en que se siente y recoge el viento controladamente como sensación, espacios sin viento, espacios que por necesidades de orden material requieren vientos determinados. (Ventilación, humos)

- B.1 De establecer las constantes que deben tener las formas arquitectónicas, en edificios aislados, para regular y controlar la acción del viento.
- B.2 Establecer las constantes que debe tener la planificación de conjuntos de edificios, regularizar y controlar la acción del viento.

Se trata entonces de una búsqueda por comprender la acción del viento según las condiciones del emplazamiento. El sector costero del cerro Playa Ancha en Valparaíso donde se ubica el proyecto, se encuentra expuesto al flujo de corrientes de viento provenientes del Sur-Oeste y Norte cuando se producen condiciones de precipitación, en ráfagas constantes de entre 5 y 10 m/s, según el rango utilizado en las pruebas de túnel de viento (Méndez, 1987). Además, por la propia morfología del paisaje que contiene acantilados y amplias zonas de vegetación, que desvían estos flujos predominantes, las formas arquitectónicas se deben planificar en concordancia para regular y controlar la acción del viento.

Figura 21 - EN aer 57 - Aéreas Escuela Naval (I) - 56



Nota. Adaptado de "EN aer 57 - Aéreas Escuela Naval (I) - 56", 1957, Archivo Histórico José Vial. Copyright

Figura 22 - EN aer 57 - Aéreas Escuela Naval (IV) – 18



Nota. Adaptado de “EN aer 57 - Aéreas Escuela Naval (IV) – 18”, 1957, Archivo Histórico José Vial. Copyright

Figura 23 - EN aer 57 - Aéreas Escuela Naval (II) - 26



Nota. Adaptado de “EN aer 57 - Aéreas Escuela Naval (II) - 26”, 1957, Archivo Histórico José Vial. Copyright

Como se señaló anteriormente, en los estudios previos, se realizó un mapa del flujo del viento de todo el sector donde se ubicaría el proyecto, lo que es necesario para entender su comportamiento y así plantear los objetivos a resolver con la propuesta.

- Disposición de los edificios del conjunto de una manera de crear zonas de dispensación del viento lo cual fue logrado adoptando formas de cierta curvatura.

(Méndez, 1958c)

- Proponiendo un dispositivo arquitectónico, destinado a regularizar el viento. Este dispositivo recibió el nombre de Slot por analogía del dispositivo de los aviones cuyo régimen de trabajo se inspiraba. Este dispositivo creado para el proyecto de la EN no tiene ningún candidato. (Méndez, 1958c)
- A. El viento al llegar a los edificios, primero según sea la forma que estos oponen al viento; lo conducen, determinando 2 condiciones: A. Cambio de Dirección; B. Cambio de velocidad. (Méndez, 1958c)
- B. Determinar la forma de un dispositivo arquitectónico que colocado en la cubierta de los edificios: A. Ordene las masas de viento en movimiento suprimiendo las turbulencias; B. Las conduzca creando una bóveda, que, cubriendo una zona, la libre de los efectos del viento; C. Consiguiendo y mejorando los efectos que se conseguirían si el edificio tuviera varios pisos más. (Méndez, 1958c)

En el fundamento se explican dos perspectivas, en primer lugar, una estrategia de configuración del total del conjunto, los edificios con una forma curva y sistemas aerodinámicos en sus envolventes, como los Vortilones, se ordenan de tal forma que conducen el viento dispersándolo entre los patios que quedan entre ellos. Y, en segundo lugar, la proposición de un dispositivo aerodinámico llamado Slot que se ubica en el coronamiento de las construcciones que rodean el patio central, que ordenan y aceleran el flujo del viento para construir una bóveda de viento de aproximadamente 60 metros en que no interfiere con la habitabilidad de ese espacio.

Proposición de organización general

Un segundo proceso consistió en la reconstrucción de la forma del proyecto a partir de las láminas registradas, se tiene como referencia la lámina “Tubo 18/1 N°1” que contiene la organización general de la propuesta desde una vista superior. Luego se organizan las láminas

para reconstruir el primer nivel para utilizarlo como referencia para continuar con los siguientes.

Figura 24 - Tubo 18/1 N°1



Nota. Adaptado de "Tubo 18/1 N°1", de Francisco Méndez, 1958, Archivo Histórico José Vial.

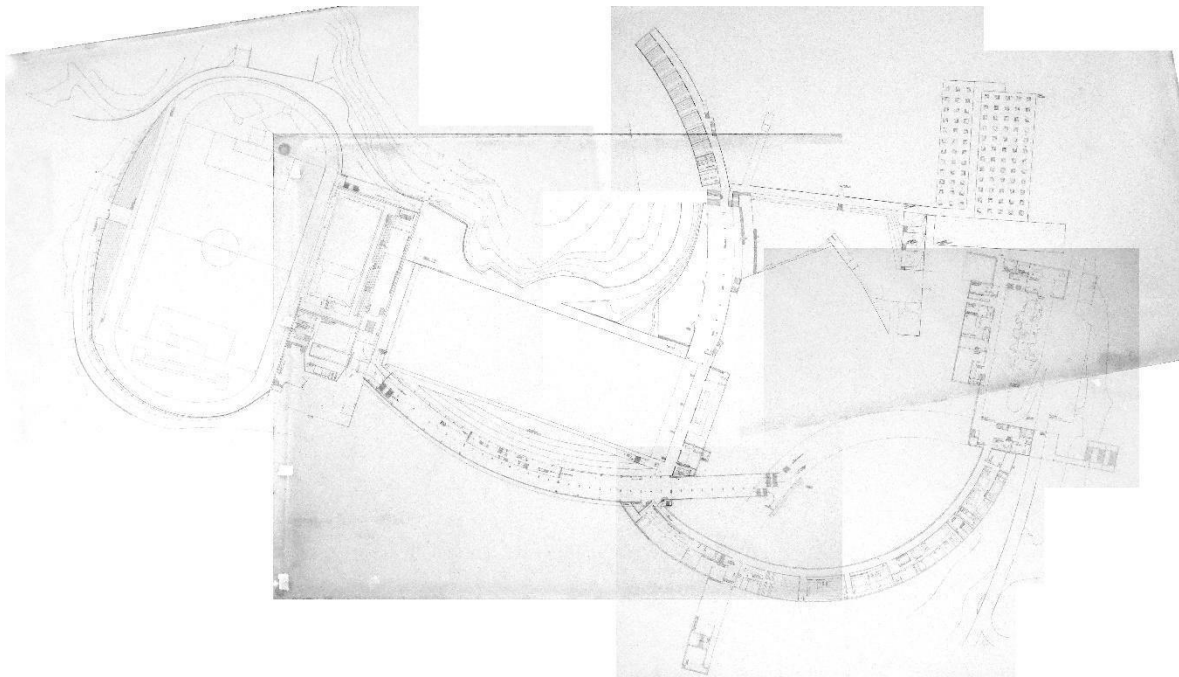
Al superponer el conjunto de láminas que corresponden a dicho nivel, es decir, del Tubo 18/1, láminas 6, 12, 19 y 21 y su contraste con niveles superiores o inferiores, se puede deducir que, dada la magnitud del proyecto, fue dibujado a mano por sectores (confirmado por Figura 255), lo cual genera imprecisiones que se repiten en distintas zonas del conjunto. Un ejemplo de aquello es observable en el sector derecho de la figura donde es claro como los dos elementos no se alinean.

Figura 25 - EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (construcción) - 019



Nota. Adaptado de "EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (construcción) - 019", 1957, Archivo Histórico José Vial. Copyright

Figura 26 - Tubo 18/1 N°25 – Piso 1



Nota. Elaboración propia en base a "Tubo 18/1", de Francisco Méndez, 1958, Archivo Histórico José Vial.

Por lo cual se recurre a una revisión complementaria en base a fotografías de maquetas que son necesarias para confirmar el ordenamiento del conjunto. Estas

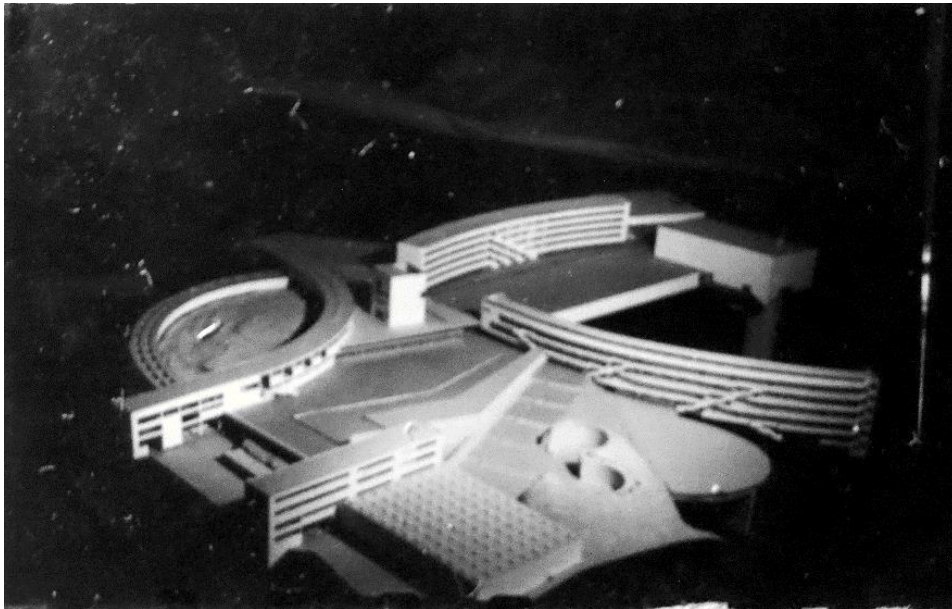
corresponden a la primera versión presentada en el concurso, por lo tanto, solo se utilizan para comprender las dimensiones generales del concurso.

Figura 27 - Labor Instituto Arquitectura Valparaíso N°1



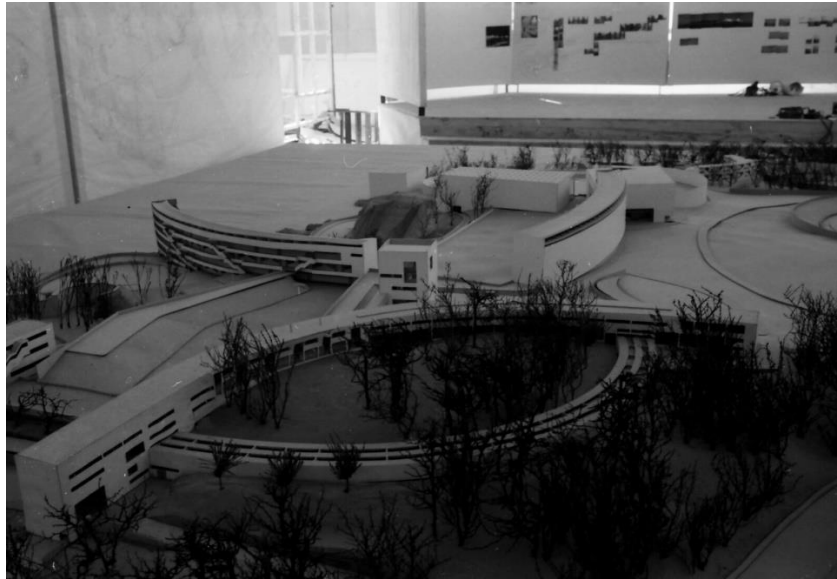
Nota. Recuperado de "Labor Instituto Arquitectura Valparaíso N°1", de Francisco Méndez. En Archivo Histórico José Vial

Figura 28 - Labor Instituto Arquitectura Valparaíso N°11



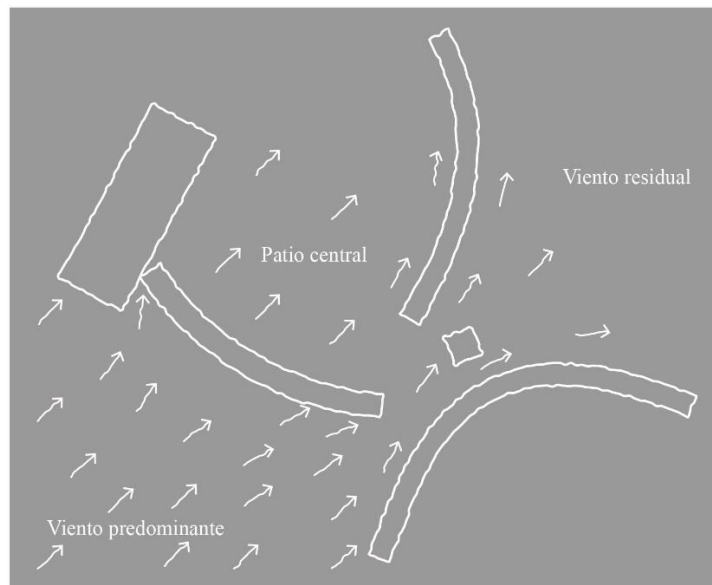
Nota. Recuperado de "Labor Instituto Arquitectura Valparaíso N°11", de Francisco Méndez. En Archivo Histórico José Vial

Figura 29 - EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Arte del desarme - Presentación obras de Stand de exposición) - 13



Nota. Recuperado de “EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Arte del desarme - Presentación obras de Stand de exposición) – 13”, de Francisco Méndez. En Archivo Histórico José Vial. Copyright Fotografía espejada.

Figura 30 - Desviación del flujo de viento

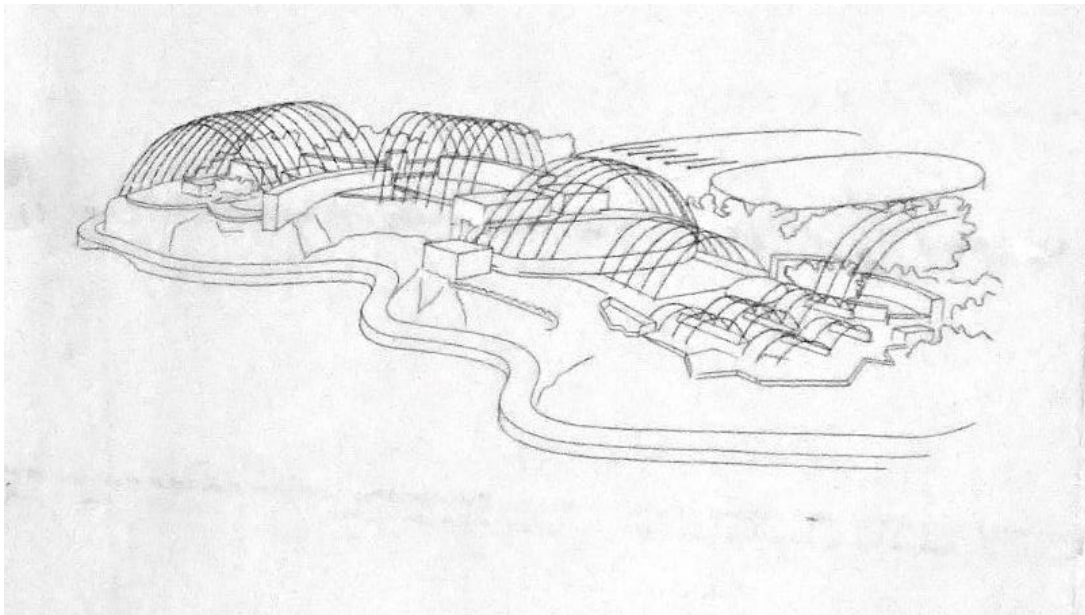


Nota. Elaboración propia

En las figuras se puede observar como el conjunto de la escuela naval en su parte céntrica se organiza a través de tres edificios curvos, dispuestos de forma divergente entre ellos para dispersar el flujo, que según el estudio de viento previo (Méndez, 1958c) proviene

del suroeste. Ante este flujo, el edificio principal se orienta en perpendicular, en directa relación con la aplicación de los slots, dado que de esta manera se genera la mayor zona de contacto que si estuviera orientado en paralelo. Esta desviación mediante su organización, en conjunto con los slots tiene como objetivo, lo propuesto en la siguiente figura.

Figura 31 - Tubo 18/8B N°3



Nota. Digitalizado de "Tubo 18/8B N°3", de Francisco Méndez, 1958, Archivo Histórico José Vial.

Proposición del slot

Según la experiencia de Méndez y Eyquem en el estudio de la aerodinámica, se propone experimentar con dispositivo aerodinámico en el coronamiento de los edificios propuestos, el cual fue llamado Slot, señalando como hipótesis que, con dicho elemento, existe la posibilidad de acelerar el flujo del viento ampliando la zona de Eddy (zona en que el viento se torna turbulento producto del cruce con las corrientes de retorno), generando espacios exteriores habitables.

Para la proposición de Slot, se realizan estudios en batea de agua y túnel de viento para definir perfiles candidatos, según se referencia en "Estudio del viento concurso escuela naval 1987" (Méndez, 1987) . El diseño está compuesto por un perfil aerodinámico que,

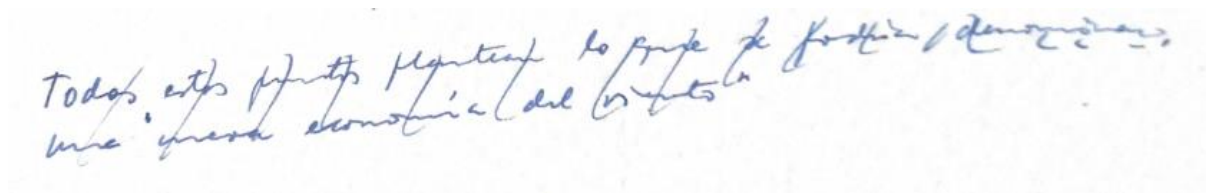
dependiendo de la ubicación, la forma del edificio y la zona que requieren cubrir, están compuestos de una o más partes.

Para su diseño existen tres consideraciones (Méndez, 1958c):

1. “Ordene las masas de viento en movimiento suprimiendo las turbulencias”
2. “Las conduzca creando una bóveda, que cubriendo una zona, la libre de los efectos del viento”
3. “Consiguiendo y mejorando los efectos que se conseguirían si el edificio tuviera varios pisos más. ~~Una nueva economía del viento.~~”

Obs. Queda tachado “Una nueva economía del viento”, lo que según lo recogido de Eyquem (2016) sobre la economía materia, cabe preguntarse si acaso ¿existe alguna relación de causalidad? ¿Se hablaba ya de una economía del viento, preexistente a los estudios para el Concurso de la Escuela Naval? Pues, continúa señalando que “Todos estos puntos plantean lo que de forma aerodinámica ... nueva economía del viento” (Méndez, 1958c)

Figura 32- Una nueva economía del viento



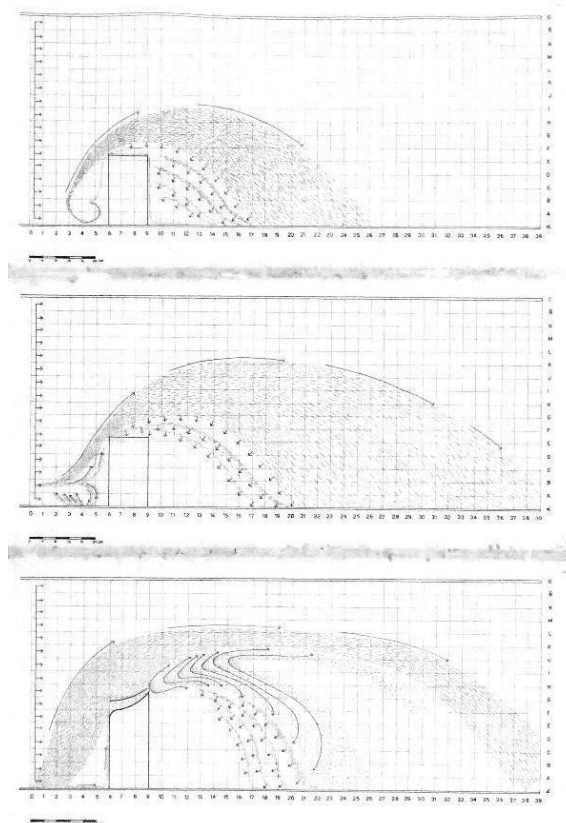
Nota. Adaptado de “Informe sobre la marcha de los vientos”, de Méndez, 1958. En Archivo histórico José Vial.

Luego, Méndez (1958b) señala una diferencia clave en la lógica de integración propuesta. “Estas condiciones se pueden lograr con cierto grado de eficiencia, sin el Slot, mediante la disposición del conjunto de edificios o muros, mediante el volúmen[sic] de los cuerpos edificados que se oponen al viento”. Luego, “Con el Slot se pretende por una parte obtener una eficiencia y control total del viento, y por otra, suplir con el dispositivo, el volúmen[sic] de los cuerpos que se oponen al viento”.

Bajo esta lógica se desarrollan el estudio que permite definir la forma de los perfiles, a partir de “Maquette” de los slots, realizando pruebas de tanteo con formas simples en túnel de viento y batea de agua, a baja velocidad, según las siguientes variaciones (Méndez, 1958b):

1. “Altura de la forma a contar de la línea de base, en su parte anterior, en su parte media, en su parte posterior, en relación a la dirección en que se opone a la corriente.”
2. “Variación de la inclinación del ángulo superior, desde el ángulo de 0° en relación a la horizontal, hasta el de 90° (vertical).”
3. “Variación de la relación, en diámetros de entrada y salida, en la forma de tipo de tubo de Venturi”.

Figura 33 - Tubo 18/8B N°1

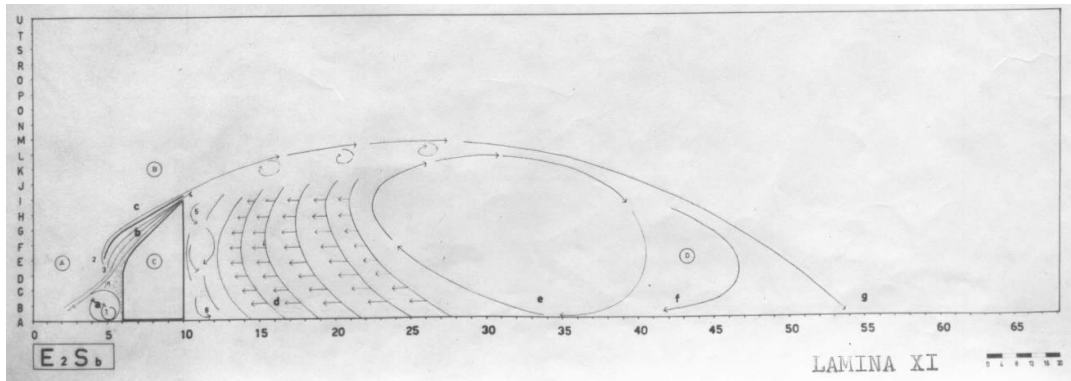


Nota. Digitalizado de “Tubo 18/8B N°3”, de Francisco Méndez, 1958, Archivo Histórico José Vial.

En la figura se observan tres transcripciones de lo observado en el túnel de agua, donde se analiza el flujo y su desviación producto del slot. Se muestra una variación del flujo en el espacio posterior el edificio según el tipo de perfil utilizado y por otro lado una variación al incorporar un canal tipo Venturi en la prueba, lo cual cualitativamente permite validar el funcionamiento de la estrategia, en cuanto se vio mejorado el flujo al disminuir las

turbulencias de salida del flujo principal, siendo el más óptimo el caso “E2Sb” como se muestra en la figura , cuyo ángulo de inclinación respecto a la normal es de 29° (Méndez, 1987).

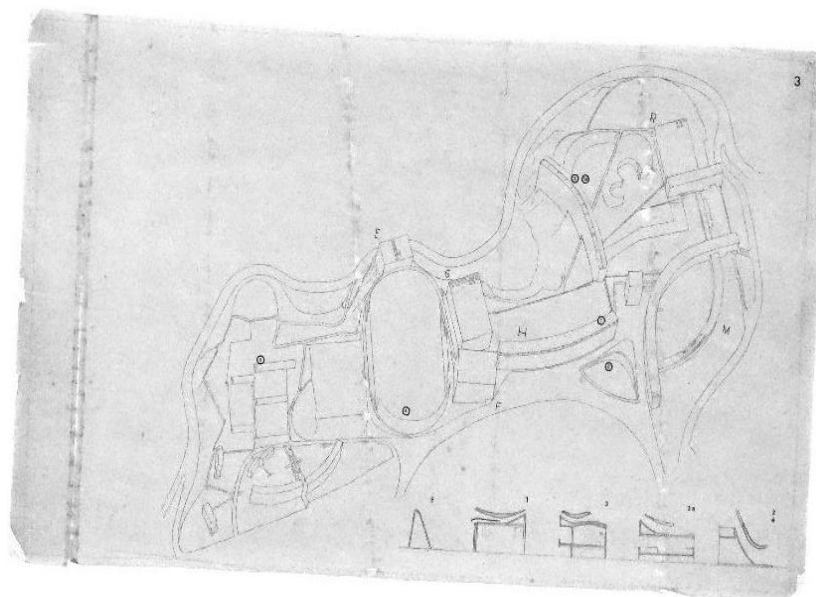
Figura 34 - Prueba de Slot con Venturi - E2Sb



Nota. Adaptado de “Estudio del viento concurso Escuela Naval 1987”, de Francisco Méndez, 1987, Archivo Histórico José Vial.

Si bien Méndez señala que no hay perfiles candidatos definidos para cada caso, en el tubo 18/8B se encuentra la lámina 5 (Figura 35) donde se muestran 5 perfiles que se presentan asignados a cada sector del conjunto de edificios.

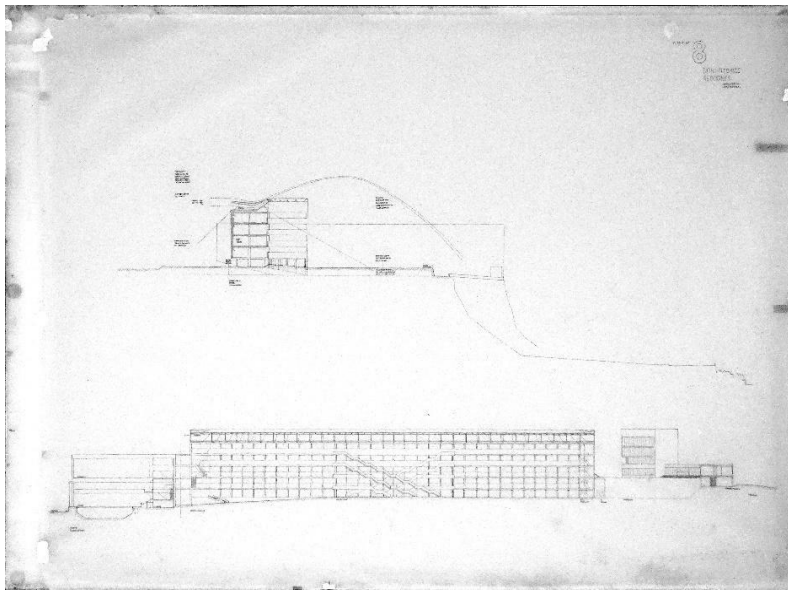
Figura 35 - Tubo 18-8B - Lámina 5



Nota. Digitalizado de “Tubo 18-8B - Lámina 5”, de Francisco Méndez, 1958, Archivo Histórico José Vial.

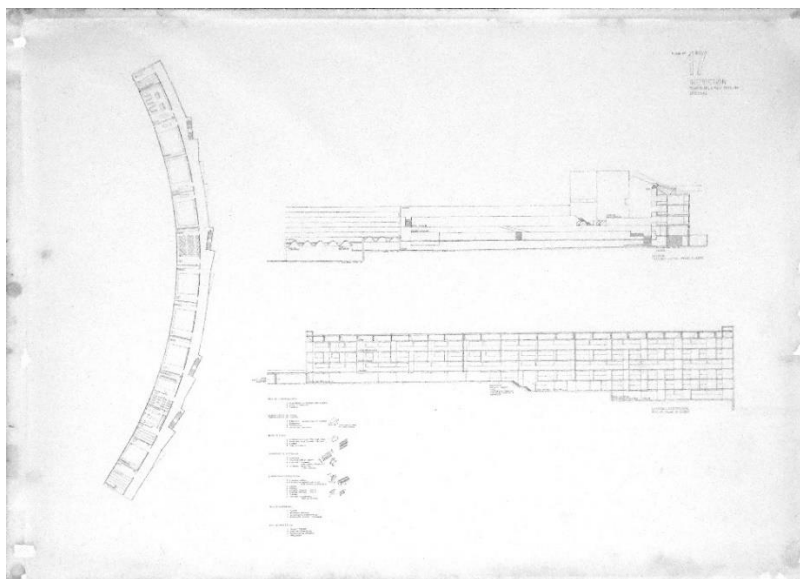
La “Lámina 5” se tiene como referencia para validar los perfiles candidatos, entendidos como representativos de la propuesta, complementariamente, durante la investigación se encuentra un set inédito, que contiene la siguiente lámina donde a lo menos dos perfiles son validados: Slot 1 y Slot 3a. Por consiguiente, los otros tres perfiles se recogen como tal.

Figura 36 - Tubo 18/1 N°8 - Slot 1



Nota. Adaptado de “Tubo 18/1 N°8”, de Francisco Méndez, 1958, Archivo Histórico José Vial

Figura 37 - Tubo 18/1 N°17 - Slot 3a

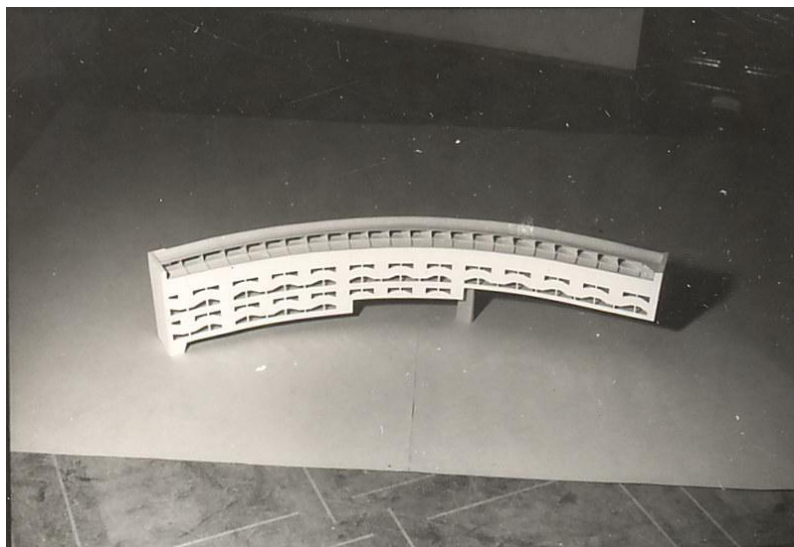


Nota. Adaptado de “Tubo 18/1 N°17”, de Francisco Méndez, 1958, Archivo Histórico José Vial

Además, se presenta una sección longitudinal del edificio principal, que contiene información relevante sobre la aplicación del slot superior, pues, según el trazado del viento en la (Figura 31) se tenía por supuesto que el dispositivo slot se orientaba según a la dirección predominante del viento, siendo las nervaduras interiores paralelas entre sí, por el contrario, la extrusión del perfil es continuo al desarrollo de la curva, y la disposición de nervaduras en forma radial, lo cual, no necesariamente conduce el viento de forma direccionada, sino que, produce efecto de abanico que dispersa el flujo del viento.

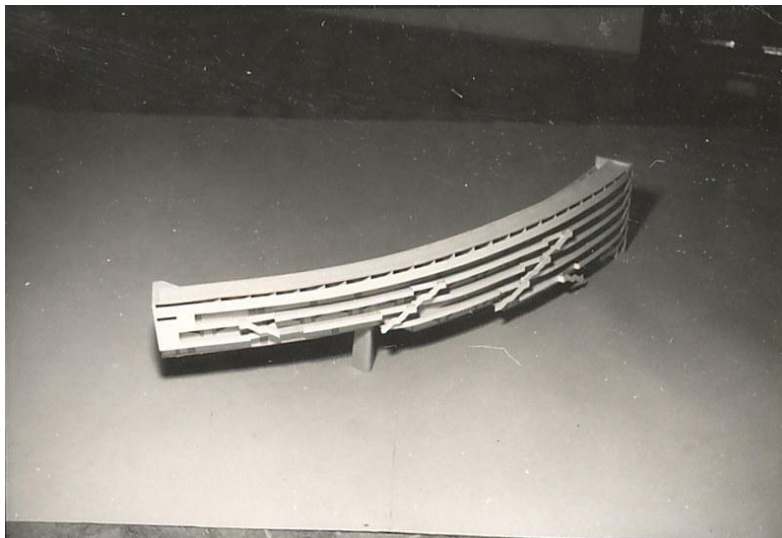
De la misma forma, existe una segunda confirmación de esta estrategia encontrada en las fotografías de las maquetas desarrolladas para el concurso, como se presenta a continuación.

Figura 38 - EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Despiezado N°2) – 28



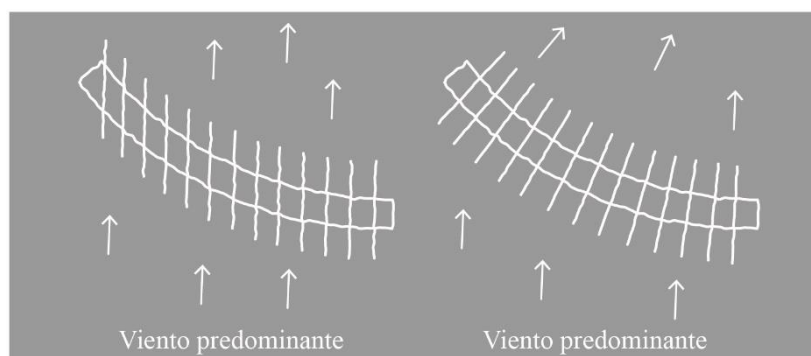
Nota. Recuperado de “EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Despiezado N°2) – 28”, de Francisco Méndez. En Archivo Histórico José Vial. Copyright

Figura 39 - EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Despiezado N°2) – 29



Nota. Recuperado de “EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Despiezado N°2) – 29”, de Francisco Méndez. En Archivo Histórico José Vial. Copyright

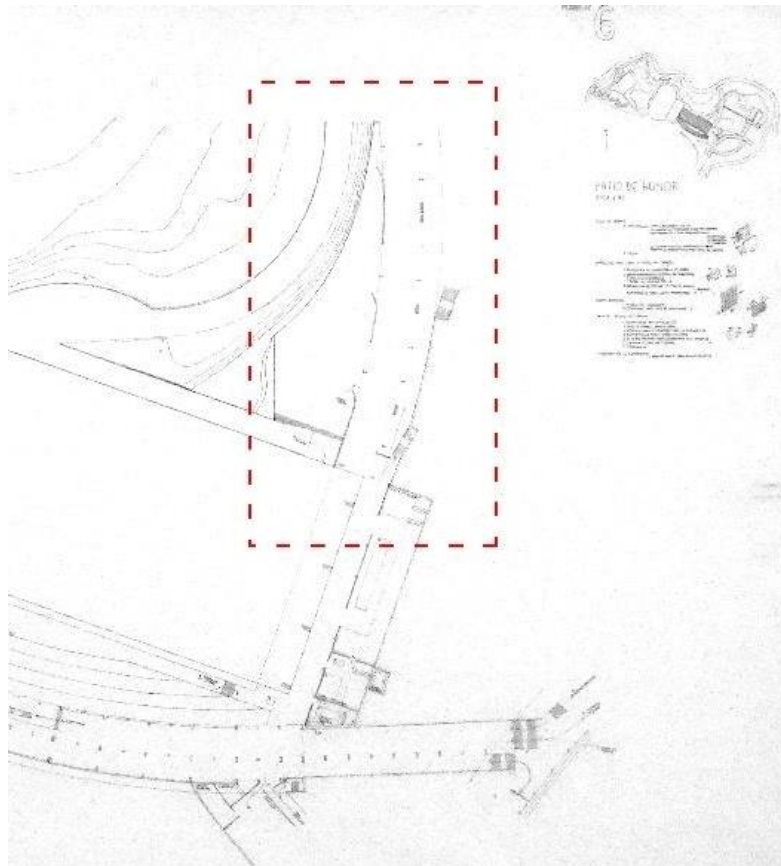
Figura 40 - Comparación de orientación de nervaduras



Nota. Elaboración propia. Nervaduras paralelas, nervaduras radiales.

Por último, en la Lámina 6 del Tubo 18-1 (Figura 41) se encontró un conjunto de tres dispositivos aerodinámicos no identificados dentro del fundamento del Concurso Escuela Naval, se trata de 3 muros en el primer nivel del conjunto, con una curvatura similar a lo propuesto en los slots, esta vez dispuestos en vertical, lo que permite conducir el flujo del viento hacia el patio central, protegiendo la zona de circulación abierta del edificio.

Figura 41 - Tubo 18-1 N°6 (Modificada)



Nota. Elaboración propia en base a “Tubo 18-1 N°6”, de Francisco Méndez, 1978. En Archivo histórico José Vial.

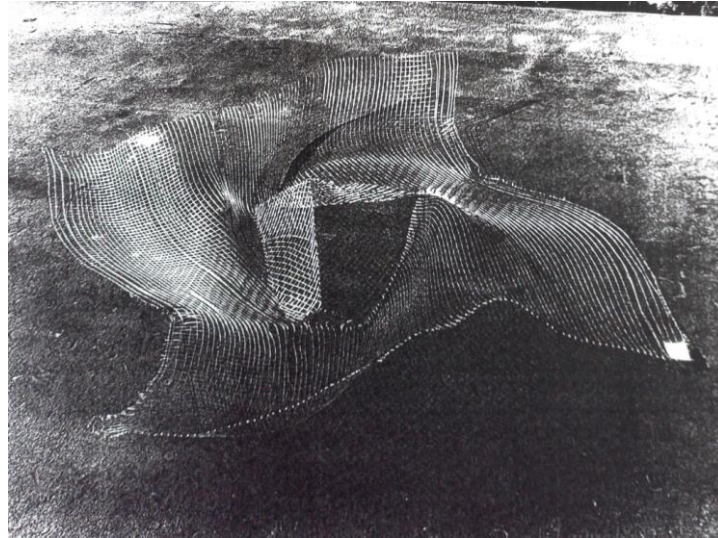
Lo cual se puede entender como un precedente de lo expuesto por Miguel Eyquem en “Experiencias con el viento en la ciudad abierta” (Eyquem, 1992) en el cual entre las estrategias utilizadas, existe un elemento similar llamado Vortilón.

B. Hospedería del Errante – 1981

Fundamento

Como se señaló anteriormente (Pág. 29), la propuesta de la Hospedería del Errante tiene como antecedente un taller llevado a cabo por Manuel Casanueva el año 1992, en el cual se realizan las exploraciones formales que luego se recogen en “La tesis del arquitecto orfebre” (Casanueva, 1992). En síntesis, se exploran los cuerpos fuselados como formas particularmente aerodinámicas, que median la relación de la obra con el entorno a través de sus condiciones como la luz o el viento. Este último entendido como agente de corrosión, y como la “energía aerodinámica apta para el barrido de la radiación de muros y techumbre” (Casanueva et al., 1995).

La exploración tiene como propósito indagar en formas provenientes de “Lo cúbico”, más allá de las interpretaciones históricas como el cubismo, “se avanza sobre una doble hermenéutica del desarrollo cúbico: la cinética de su desarrollo sobre la base de una des-integración asimétrica” (Casanueva, 1992). Se tiene entonces formas que desde su generatriz se pliegan o despliegan para multiplicar su extensión en el espacio. Y, por otro lado, la impresión cúbica sobre una matriz, de la cual se extrae una por deformación homeomórfica por el impacto y otra, por el vacío al retirarse el cuerpo cúbico. (Casanueva, 1995a)

Figura 42 - Malla de alambre de 1 cm, impactada por un cubo de 30cms

Adaptado de “Tomo III – Elementos Tobera-Galería y Deflector”, de Manuel Casanueva, 1995

Con esta lógica se comienza con el primer Fondecyt “1941189” que nomina el caso de estudio como el “Desarrollo en el espacio constructivo de elementos técnico-arquitectónicos que gradúan las energías de la intemperie” (Casanueva, 1995a).

En esta primera etapa, se definen cuatro elementos que luego se proyectan al resto de la obra, se trata de: Deflector aerodinámico, Techumbre, Tobera Pórtico y Celosía de regulación de luz interior. Entre ellos, el elemento representativo ante el flujo del viento es el deflector aerodinámico.

Planos fuselados – Deflector Aerodinámico

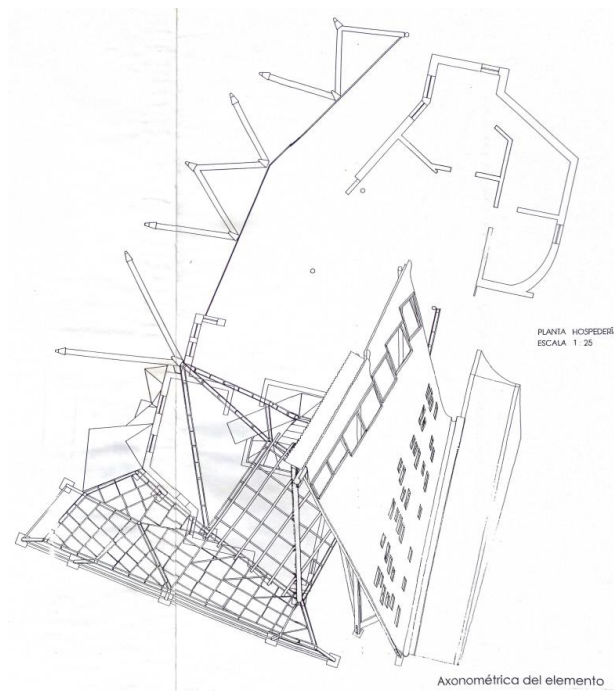
Teniendo como antecedente los fundamentos construidos en la “Tesis del Arquitecto Orfebre”(Casanueva, 1992), los trabajos realizados en los campos de abstracción a partir de los impactos cúbicos y “El control de los vientos en la aerodinámica es a través de cuerpos fusiformes, fuselados, y superficies tendientes a lo curvo.” (Casanueva et al., 1995).

Según la definición de Casanueva (1995c), la proposición se trata de un cuerpo doble “Dos transformaciones cinéticas opuestas, que reordenan las energías y proponen un sentido de aproximación y una continuidad próxima del paso”.

Así, el deflector aerodinámico está compuesto por cuatro superficies fuseladas que tienen como propósito desviar el flujo del viento por sobre la obra, teniendo en cuenta las siguientes condiciones a generar:

- a. Zonas de baja presión
- b. Efecto rampa
- c. Encajonamiento
- d. Ángulos cuchilla

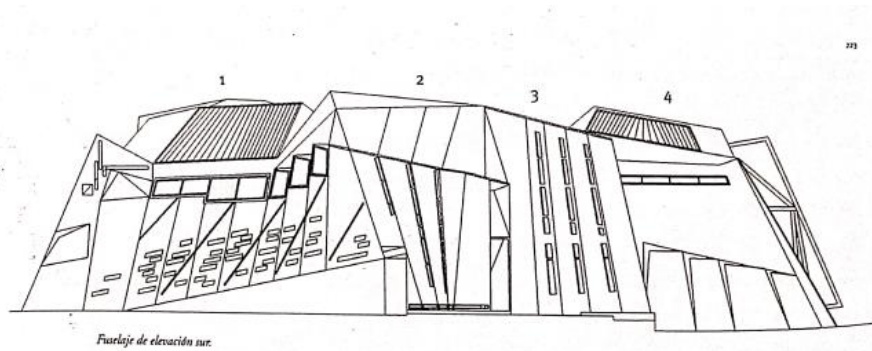
Figura 43 - Axonométrica del deflector Aerodinámico



Nota. Adaptado de "Axonométrica del deflector Aerodinámico", en Estudio Aerodinámica hospedería del Errante, de Manuel Casanueva, 1995.

El conjunto de planos se orienta evitando las perpendiculares respecto al flujo del viento. En estos se ubican una serie de ventanas no practicables, lo que evita el paso del viento desde la dirección predominante al interior de la obra, lo que en la actualidad produce un aumento de la temperatura, que por experiencia de sus habitantes genera sensación de incomodidad.

Figura 44 - Composición del deflector Aerodinámico



Nota. Adaptado de "Fuselaje de elevación sur", De los campos de Abstracción y los elementos para una arquitectura experimental", de Manuel Casanueva, 2003

Figura 45- CAO err 02 - 014 - Hospedería del Errante (construcción varios)



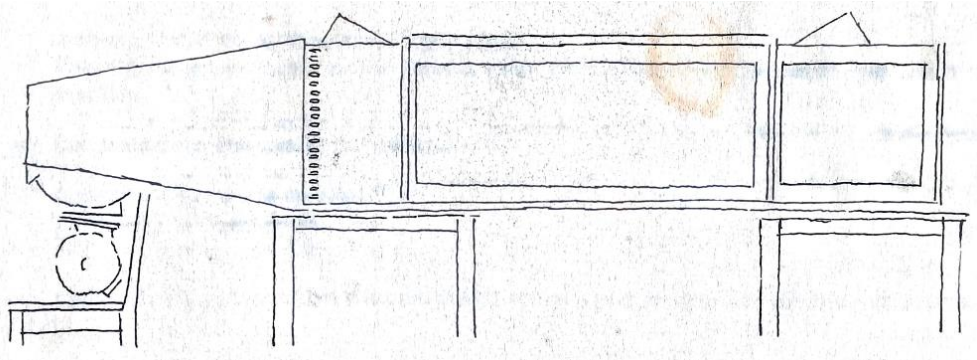
Nota. Adaptado de "CAO err 02 - 014 - Hospedería del Errante (construcción varios)", 2002, Archivo Histórico José Vial. Copyright

Pruebas en túnel de viento

Se tiene registro de un "Estudio de la aerodinámica de la Hospedería del Errante"(Casanueva et al., 1995) realizado por los estudiantes de Manuel Casanueva, en el cual se realizan observación del flujo del viento ante el diseño de la sección oeste de la envolvente. Teniendo como objetivo la visualización de las zonas de Eddy o de turbulencias y una distinción de las presiones habidas por la corriente de aire en la forma.

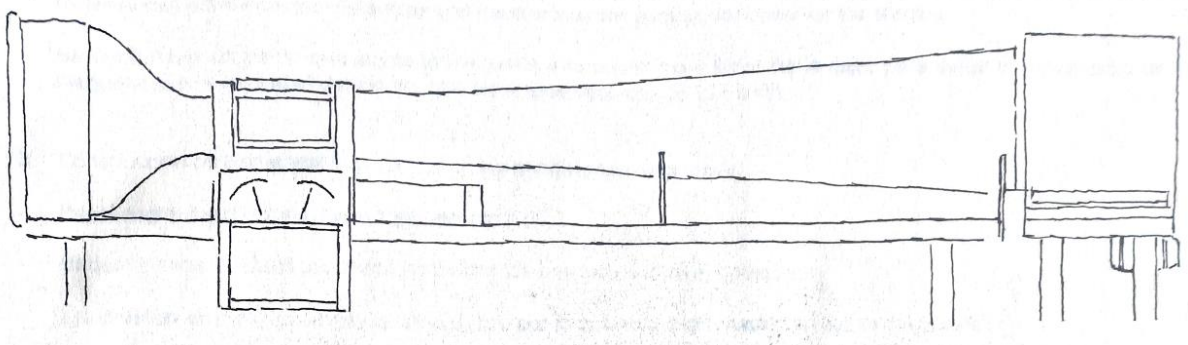
Se tiene entonces como instrumento de medición un túnel de viento construido por el taller, y de forma complementaria la utilización del túnel de viento construido en la Universidad Técnica Federico Santa María.

Figura 46 - Túnel de viento de estudiantes e[ad]



Nota. Adaptado de "Estudio de la aerodinámica de la hospedería del Errante" de Manuel Casanueva, 1995

Figura 47 - Túnel de viento UTFSM



Nota. Adaptado de "Estudio de la aerodinámica de la hospedería del Errante" de Manuel Casanueva, 1995

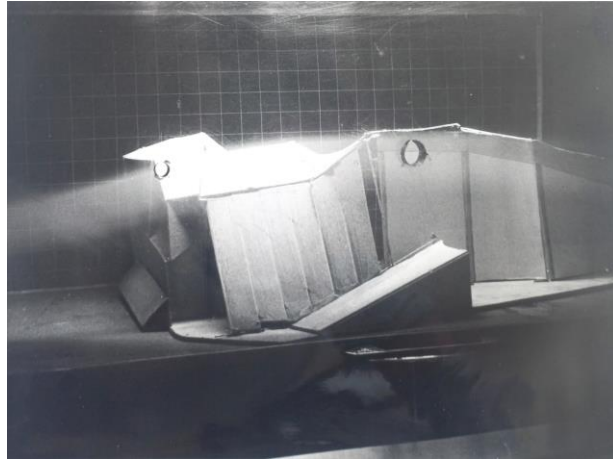
Las pruebas se realizan de izquierda a derecha de las "Figura 46" y "Figura 47" a una velocidad de entre 10 y 40 m/s, desde las tres direcciones predominantes: Norte, Sur y Oeste.

Las observaciones que se desprenden del funcionamiento de las partes ante el flujo del viento, son entorno a: 1 Producto de la inercia del movimiento, el viento tiende a curvarse en la cubierta donde existen zonas de baja presión, generando turbulencias en la zona de salida; 2 Ante un flujo oeste, en la zona de la tobera, se genera una zona de baja presión

producto del cambio de dirección anti aerodinámico de los planos, lo que genera turbulencias;

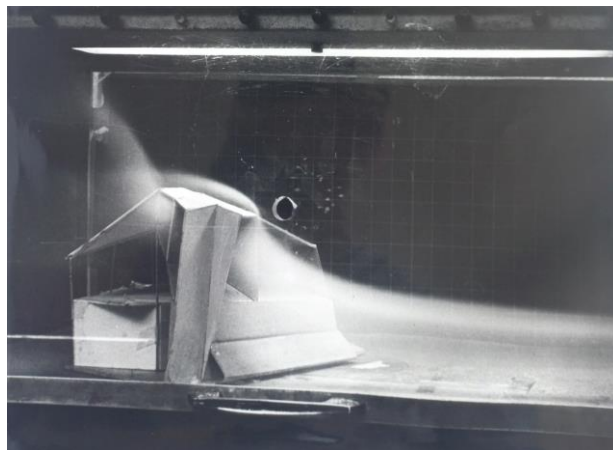
3. Ante el mismo flujo, en la base de la fachada oeste, se propone un plano inclinado que hace un efecto rampa que elimina las turbulencias en esa zona. (Casanueva et al., 1995)

Figura 48 - Flujo Oeste desde fachada sur



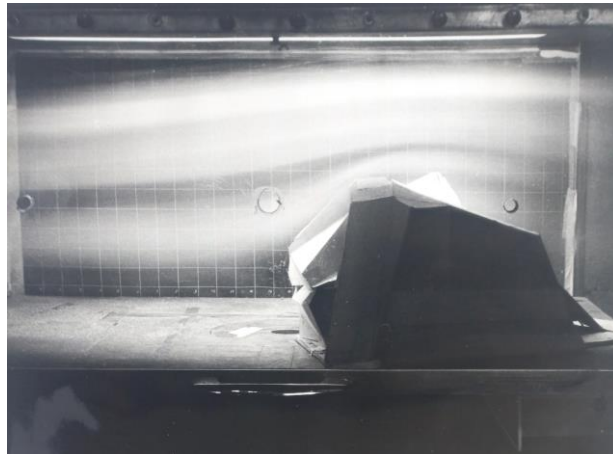
Nota. Adaptado de "Estudio de la aerodinámica de la hospedería del Errante" de Manuel Casanueva, 1995

Figura 49 - Flujo oeste desde fachada noroeste



Nota. Adaptado de "Estudio de la aerodinámica de la hospedería del Errante" de Manuel Casanueva, 1995

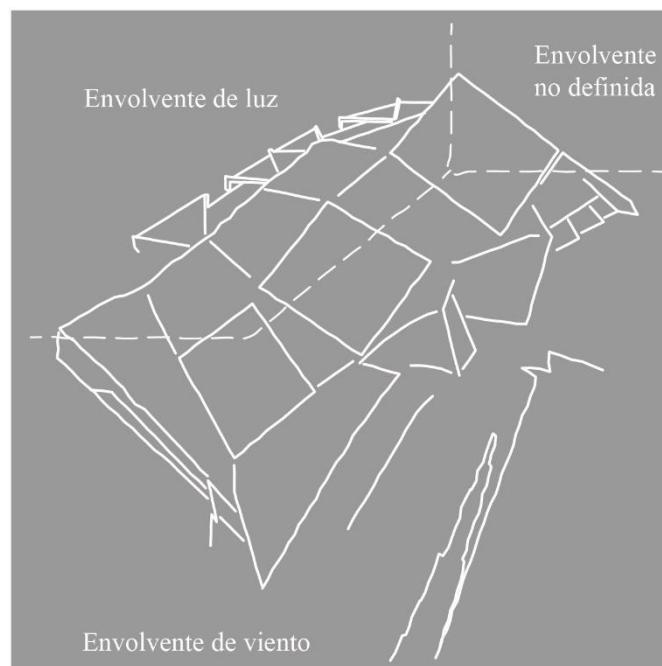
Figura 50 - Viento Norte desde fachada oeste



Nota. Adaptado de “Estudio de la aerodinámica de la hospedería del Errante” de Manuel Casanueva, 1995

Como cierre de lo revisado, el proyecto se puede comprender como dos envolventes que median la relación de la obra con la luz y el viento, hacia el norte una celosía que media la luz hacia el interior, y al sur, una envolvente compuesta por planos fuselados que son una continuidad del terreno, y que se antepone al flujo del viento para desviarlo por sobre la obra.

Figura 51 - Sectorizado de envolventes



Nota. Elaboración propia. Envolvente de viento en Sur – Oeste, Envolvente de luz en Norte y Envolvente no definida en Este

C. Casa de los Nombres – 1992

Fundamento

Se proyecta y construye un pabellón como ocasión de la celebración de los 40 años de la refundación de la e[ad], se emplaza en un terreno de dunas vivas en la Ciudad abierta de Ritoque, “Es pues un terreno de características particulares, ya que los vientos constantemente mantienen en movimiento la arena, haciendo que la duna cambie de forma a medida que pasa el tiempo”(Moya, 2005).

Figura 52 - EX ina 92 - Expo 40 años (inauguración) - 031



Nota. Recuperado de “EX ina 92 - Expo 40 años (inauguración) – 031”, 1992, Archivo Histórico José Vial, Copyright

“La arena comparece aquí en pleno protagonismo, sea porque configura la topografía dominante, sea porque, junto con el viento, desafía la estabilidad de cualquier construcción, sea porque su luminosidad implacable y dura exige actitudes precisas de proyecto, sea porque, en cuanto obstáculo al tránsito de las personas, constituye una improbable base para una obra de arquitectura... Enfrentados a la aparente contradicción de encarar la duna a la vez como acontecimiento arquitectónico y como obstáculo, se optó por acogerse a las

geometrías dibujadas por el viento, es decir, a aquellas ondulaciones reconocibles en la topografía natural como -oleaje natural de las arenas-”(Pérez de Arce & Pérez, 2003)

La obra se concibe en directa relación con su entorno, la duna es condicionante de la forma dado que tiene características propias, por ejemplo, cualquier cuerpo que no considere su dinámica, genera turbulencias o desviaciones del flujo de viento, por lo tanto, puede modificar la topografía circundante, descubriendo incluso sus fundaciones.

Proposición de la envolvente

La cubierta envolvente es la mayor parte de la obra, le da continuidad a la morfología de las dunas, sustituyendo con vacío toda el área de intervención. “Ella trata de ser una prolongación con la duna y pretende que el viento la envuelva y la sobrepase. Que fluya sobre sí, de forma de no interrumpir su continuidad. (Moya, 2005)

Figura 53 - TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 089

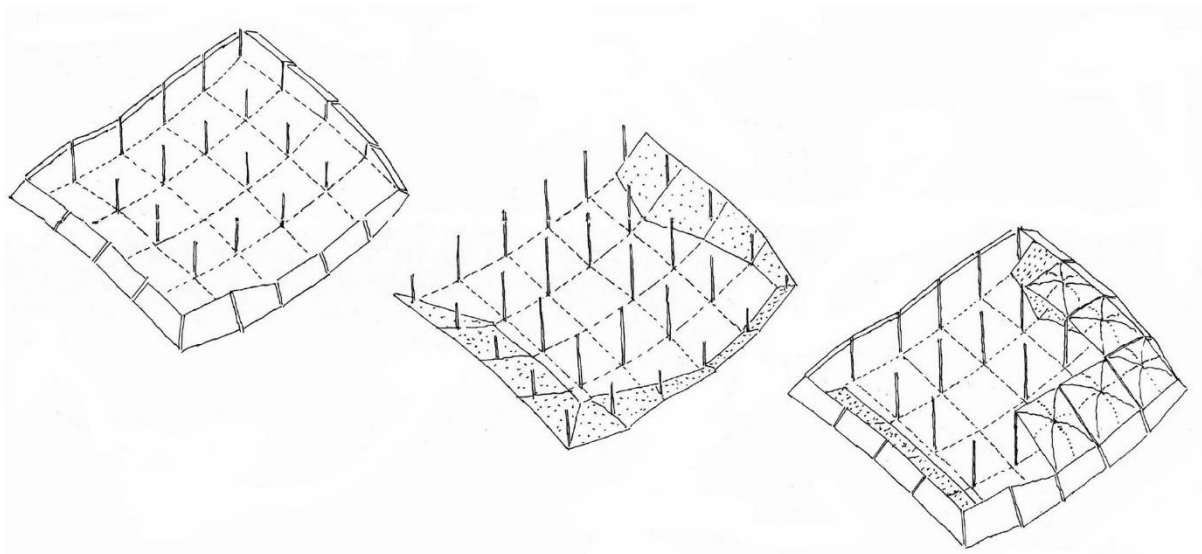


Nota. Recuperado de “TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 089”, 1992, Archivo Histórico José Vial, Copyright

Figura 54 - TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 092

Nota. Recuperado de "TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 092", 1992, Archivo Histórico José Vial, Copyright

Se propone entonces un manto cuyo perfil aerodinámico es una continuidad de las dunas, para lo cual primero se genera una retícula rectangular que se deforma entre 90° y 63° (Pérez de Arce & Pérez, 2003). En cada vértice de la retícula se ubican columnas de hormigón hexagonales de 20cm de diámetro, las cuales sostienen la envolvente.

Figura 55 - TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 006

Nota. Recuperado de "TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 006", 1992, Archivo Histórico José Vial, Copyright

Teniendo hincados los postes en la arena, se procede a la excavación del terreno para generar un espacio cóncavo, uno de los pilares fue retirado para hacer posible la circulación de la retroexcavadora (Pendleton-Jullian et al., 1996).

Figura 56 - TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 034



Nota. Recuperado de “TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 034”, 1992, Archivo Histórico José Vial, Copyright

Mientras los pilares copian el perfil de la duna existente, la cubierta reformula los fenómenos formales de la duna (Pendleton-Jullian et al., 1996), así la envolvente está compuesta por veinte casquetes los cuales “se realizaron en malla negra y una membrana de polietileno. Unidos entre ellos por canales para aguas de lluvia en plástico traslúcido, construyen una cubierta de luz negra y nervios luminosos” (Pérez de Arce & Pérez, 2003).

Figura 57 - TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 059



Nota. Recuperado de “TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 059”, 1992, Archivo Histórico José Vial, Copyright

Figura 58 - TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 060



Nota. Recuperado de "TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 060", 1992, Archivo Histórico José Vial, Copyright

Figura 59 - TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 084



Nota. Recuperado de "TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 084", 1992, Archivo Histórico José Vial, Copyright

Entre la cubierta y el anillo perimetral definido por los taludes que rodean el suelo construido de la obra, se construyen planos de ataque por todo el contorno a excepción de la fachada principal. Estos planos de ataque compuestos de madera se fundaron en la arena

natural, en un ángulo de 33° con respecto a la horizontal, este ángulo de incidencia no altera el flujo del viento, evitando el descubrimiento de los cimientos (De Carlo, 1997).

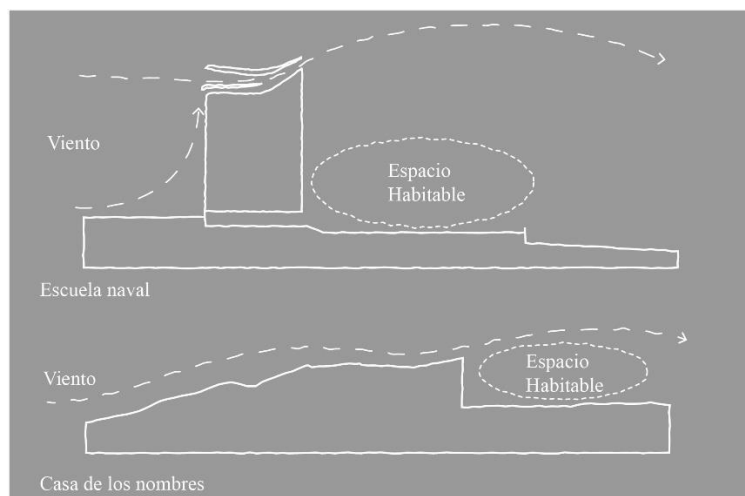
La fachada se ubica de espaldas al borde costero, evitando así el flujo de viento norte, y parte del viento oeste, en esta, se ubica el acceso, que a diferencia del resto de la obra está compuesta por un plano completamente vertical, antecedido por un atrio, o explanada la cual, según el flujo de viento predominante y continuando con la misma lógica de los slots de la escuela naval, debiera generar una bóveda con menor flujo de viento.

Figura 60 - TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 048



Nota. Recuperado de "TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 048", 1992, Archivo Histórico José Vial, Copyright

Figura 61 - Similitud de bóvedas de viento



Nota. Elaboración propia. Similitud de bóvedas de viento entre Escuela naval y Casa de los nombres

Cierre del análisis de fundamentos

Retomando entonces, en las tres propuestas señaladas se pueden acordar las siguientes lógicas de integración:

En primer lugar, la Escuela Naval permite establecer un primer hito sobre la integración del viento, y si bien ordena el conjunto de edificaciones en relación con la dispersión del flujo del viento, su principal estrategia se centra en la proposición de un elemento proveniente de la aeronáutica en su coronamiento, se trata de un perfil aerodinámico que se extruye a lo largo de la curvatura del edificio, que no se constituye como envolvente, pero sin embargo, es válido para producir bóvedas de viento que permiten generar espacios exteriores habitables. En consideración, el dispositivo tiene una sola dimensión aerodinámica: Su perfil. Respecto a la relación con el exterior, la bóveda de viento permite generar habitabilidades en los patios exteriores, sin embargo, todo esto es posible dado que la zona de Eddy, o de retorno de turbulencias se produce teóricamente en una zona del borde costero o incluso en el mar. Por lo que los efectos producidos en esa zona no fueron considerados.

En segundo lugar, la Hospedería del Errante tiene una proposición aerodinámica basada en cuatro planos fuselados, como un elemento plano de dos dimensiones que se pliega de tal forma que logra desviar y disipar el flujo del viento. El propósito no es ordenar el flujo del viento, sino disminuir la afectación sobre la envolvente al diversificar su flujo. Las consideraciones respecto al entorno, son claras en cuanto a lo formal, el conjunto de planos fuselados se inclina de tal forma que producen una continuidad respecto a la superficie natural.

Finalmente, un proyecto que se construye como una envolvente completa, considerada en tres dimensiones, pues no solo considera la cubierta y sus cerramientos, sino que además se ubica verticalmente respecto al emplazamiento, se inserta bajo la misma

morfología del campo dunar que lo constituye como una única superficie con el entorno. Y en ese contexto y decisión de insertarse dentro del campo dunar, requiere establecerse en su misma lógica, comprender que el entorno tiene propiedades dinámicas y de flujo continuo.

Dicho de esta manera, se debe verificar comparativamente si las estrategias propuestas cumplen con el propósito aerodinámico señalado en su fundamento, revisar si las formas son apropiadas para la conducción del viento en una continuidad entre el contexto y la obra.

CAPÍTULO 3 – Construcción de Modelos

En este capítulo se construyen los modelos de acuerdo a los objetivos señalados, para comprender las variables de integración en el entorno, la organización de las partes en la obra y la adaptación de dichos modelos para realizar cálculos de flujo CFD. A partir de la información registrada en el Estudio de casos, se comienza por generar un modelo arquitectónico que permita comprender de manera general las estrategias utilizadas para definir la relación de la obra con su entorno. Para luego, en un segundo proceso, generar modelos optimizados de las partes representativas del proyecto, aptas para el cálculo CFD.

A continuación, se presenta el desarrollo de cada uno y sus particularidades.

Escuela Naval

Los modelos se construyen en Revit y Sketchup a partir las planimetrías digitalizadas en el estudio de casos, dado que se localizaron, a falta de una (Tubo 18-1 N°23) la totalidad de láminas finales, se reconstruyen y organizan las plantas arquitectónicas.

Sin embargo, también se tiene en cuenta los descalces propios de las láminas. Las cuales adaptan, teniendo como referencia las maquetas, que, aunque se desconoce el modo en que fueron construidas, permite tener una aproximación sobre la organización de los elementos y las decisiones formales.

Cabe señalar que, con la información disponible, es posible reconstruir completamente una versión de anteproyecto, lo cual puede ser valioso para futuras investigaciones.

Modelo arquitectónico

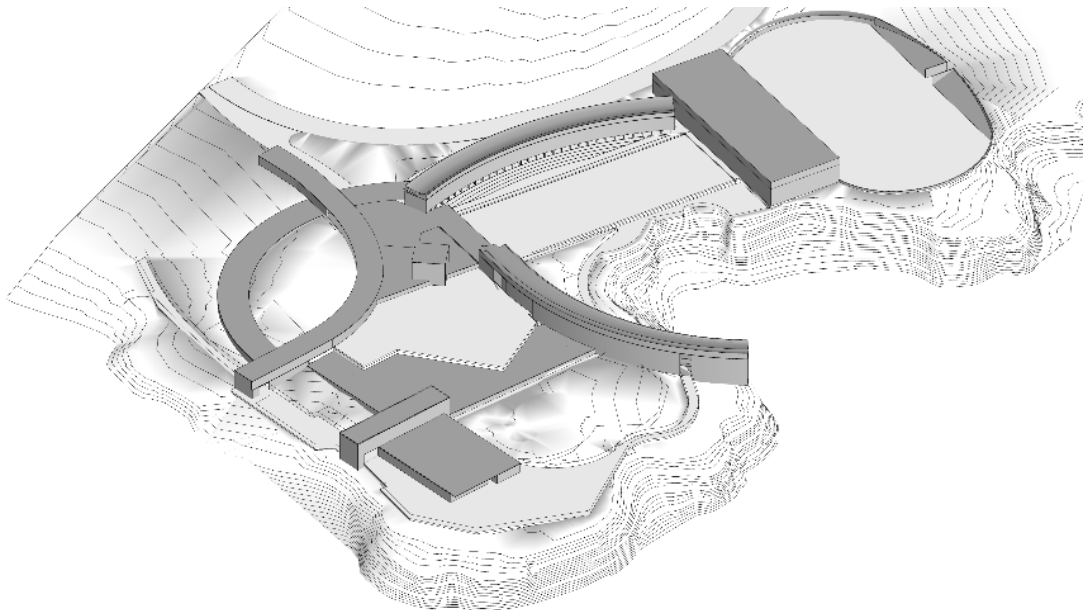
Se construye el modelo en baja resolución con el fin de comprender las estrategias de emplazamiento, organización y morfología en general. Como se puede observar a continuación, los modelos permiten recorrer el proyecto con un punto de vista

complementario a las maquetas físicas. De la misma manera, durante el levantamiento se comprendiendo las premisas señaladas en su fundamento.

El modelo se realiza en Revit a partir de las imágenes de las plantas realizadas en el registro, estas se organizan por nivel para levantar los volúmenes exteriores de la obra, como el objetivo apunta a comprender la organización de los elementos en el conjunto, los elementos interiores no cumplen un papel relevante en esta etapa. Luego, el modelo se refina en Sketchup para eliminar geometrías basura, superposición de elementos, teniendo como posibilidad realizar un recorrido por el modelo.

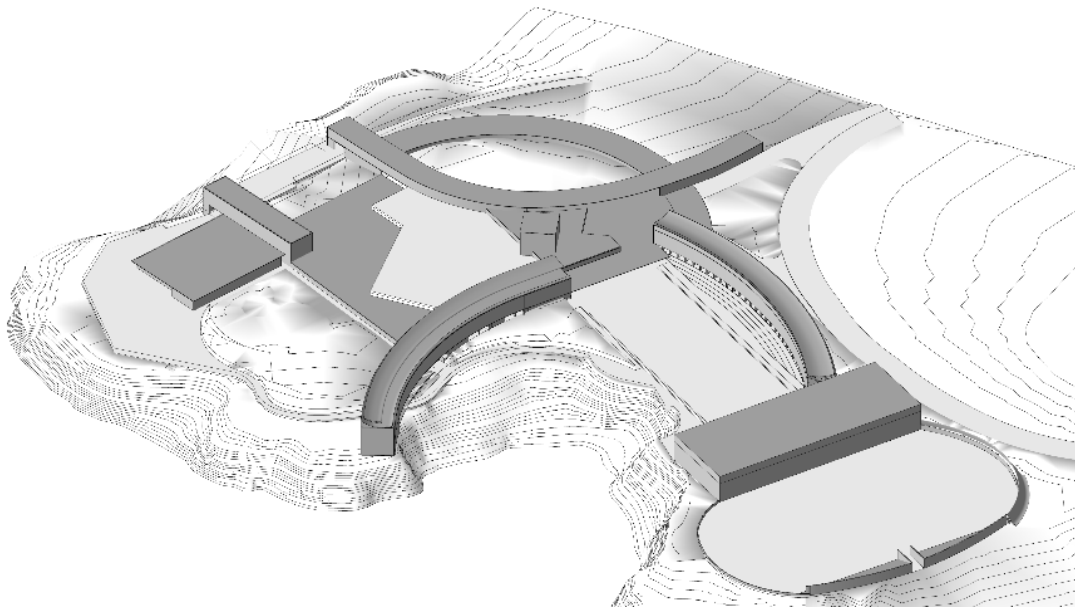
La construcción del modelo constituye un aporte al entendimiento de la lógica de organización, ya que la complejidad del proyecto se ve reflejada en la interconexión de plantas que no son visibles en las fotografías de las maquetas.

Figura 62 - Maqueta Arquitectónica EN – Isométrica 1



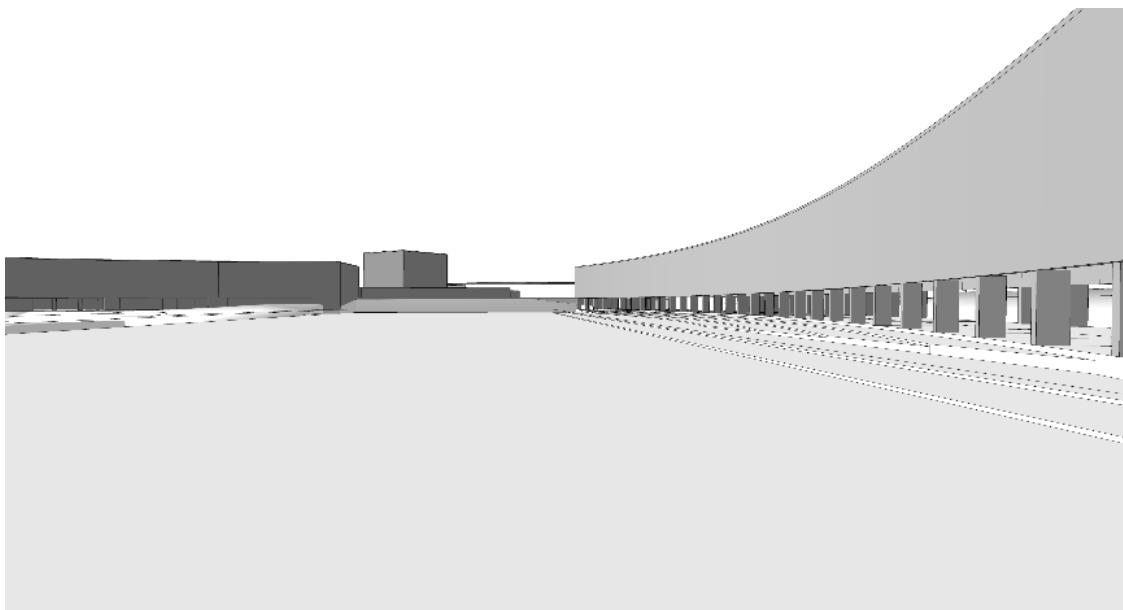
Nota. Elaboración propia en Revit + Sketchup

Figura 63 - Maqueta Arquitectónica EN – Isométrica 2



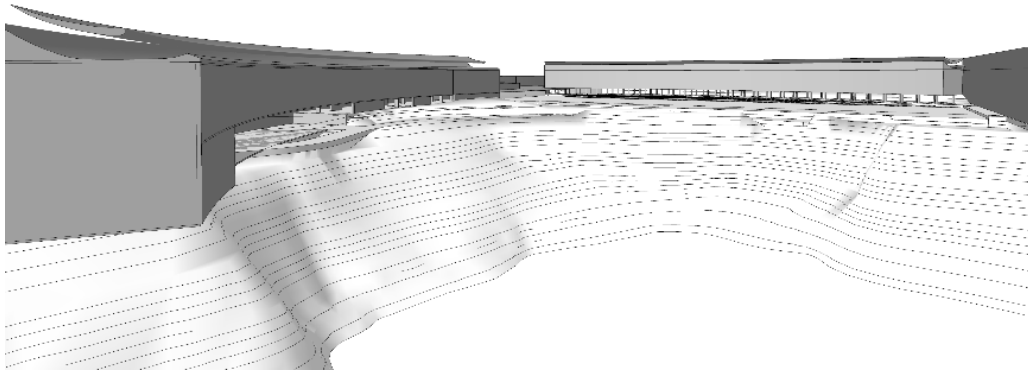
Nota. Elaboración propia en Revit + Sketchup

Figura 64 - Maqueta Arquitectónica EN – Vista patio central 1



Nota. Elaboración propia en Revit + Sketchup

Figura 65 - Maqueta Arquitectónica EN – Vista patio central 2



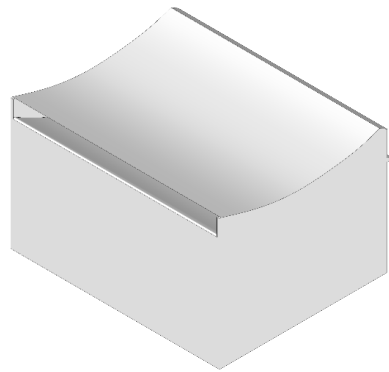
Nota. Elaboración propia en Revit + Sketchup

Modelo para cálculo CFD

Paralelamente se construyen modelos para realizar cálculos de flujo de viento, se seleccionan los perfiles de la “Figura 35 - Tubo 18-8B - Lámina 5”, señalada anteriormente en el estudio de casos, estos adjuntan y escalan a tamaño real en Sketchup y se los extruye 10 metros para visualizar el modelo, donde se procuran dos condicionantes.

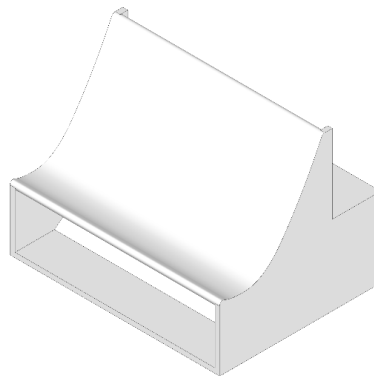
1. Debe ser unitario, es decir, los perfiles compuestos por más de un elemento son unidos por una lámina a sus costados de 10 cm de espesor.
2. Debe ser un sólido, considerando las características propias de un sólido en Sketchup, cuerpo cerrado, sin caras o aristas duplicadas, entre otros.

Figura 66 - Perfiles Slot – Modelo 1



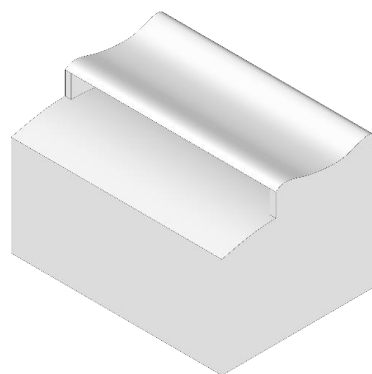
Nota. Elaboración propia en Sketchup

Figura 67 - Perfiles Slot – Modelo 2 4



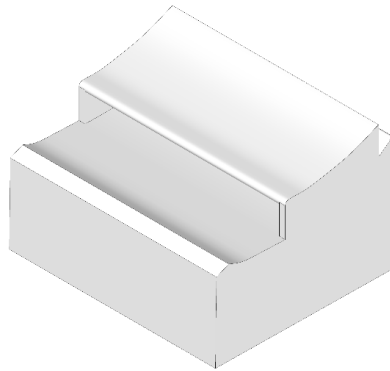
Nota. Elaboración propia en Sketchup

Figura 68 - Perfiles Slot – Modelo 3



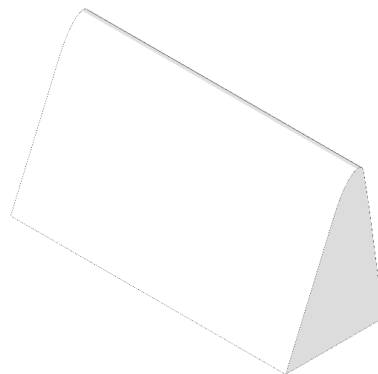
Nota. Elaboración propia en Sketchup

Figura 69 - Perfiles Slot – Modelo 3a



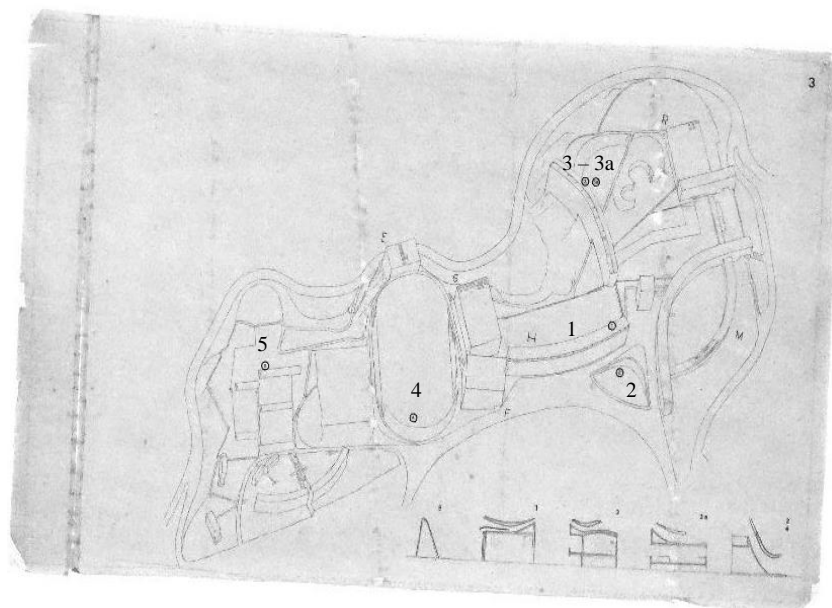
Nota. Elaboración propia en Sketchup

Figura 70 - Perfiles Slot – Modelo 5



Nota. Elaboración propia en Sketchup

Figura 71 - Tubo 18-8B - Lámina 5

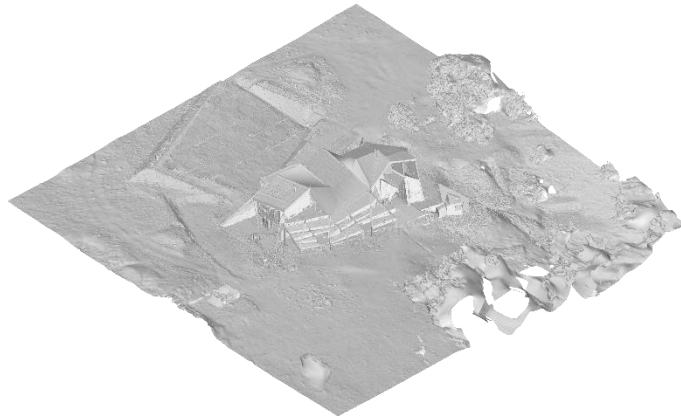


Nota. Digitalizado de "Tubo 18-8B - Lámina 5", de Francisco Méndez, 1958, Archivo Histórico José Vial.

Hospedería el Errante

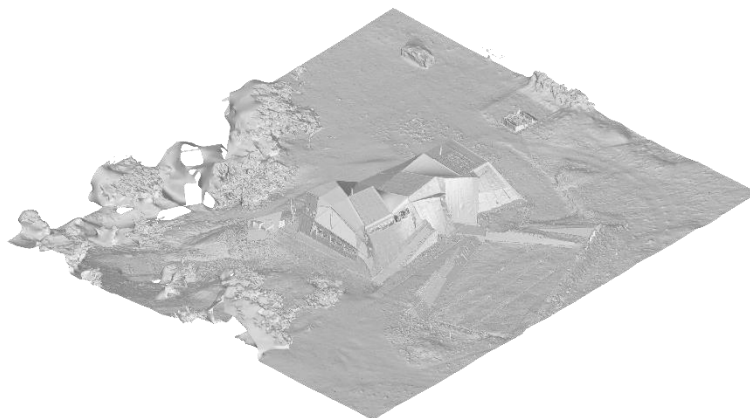
Los modelos se construyen en Rhinoceros y Sketchup a partir de un estudio de fotogrametría cedido por José Lemus, Gonzalo Rodríguez y Jorge Ferrada, el cual es habitante de la Hospedería. Dada la complejidad de la obra, existen diferencias formales entre lo proyectado en los Fondecyt (0561 -91,92; 1941189; 1980307) respecto de lo construido finalmente. Por esto, tener un registro fotogramétrico de alto nivel de detalle (11287676 polígonos), permite adquirir la magnitud real de las partes de la obra.

Figura 72 - Isométrica HE - Fotogrametría NW



Nota. Elaboración propia en base a fotogrametría, de José Lemus, Gonzalo Rodríguez y Jorge Ferrada

Figura 73 - Isométrica HE - Fotogrametría SE



Nota. Elaboración propia en base a fotogrametría, de José Lemus, Gonzalo Rodríguez y Jorge Ferrada

A diferencia de los otros casos de estudio, que en la actualidad no están erigidos como tal, para comprender las estrategias utilizadas no es necesario reconstruir el modelo, por el contrario, se realiza una visita para reconocer empíricamente el modo en que se relaciona la forma con el entorno.

Se observó las estrategias utilizadas para definir la envolvente como una contraposición de dos lados, una envolvente encargada de atender las inclemencias del viento ocupando la fachada sur y la fachada oeste, la cual se constituye como señala el fundamento por cuatro fuselajes que desvían el viento por sobre la obra. En el lado contrario, una envolvente de doble propósito, su destino principal es ajustar la intensidad de asoleamiento para lo cual se dispone de una celosía coloreada, pero también tiene un propósito con el viento de lluvia, que proviene de la misma dirección norte.

Figura 74 - Fachada Norte HE _ Envolverte de Luz



Nota. Elaboración Propia

Figura 75 - Fachada Sur _ Envoltente de Viento

Nota. Elaboración Propia

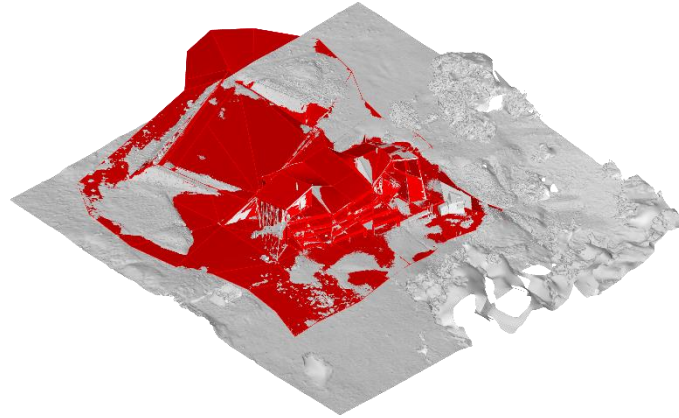
Empíricamente se logró percibir que existe un aumento de la temperatura interior debido a un deficiente control de la ventilación, dado que, si bien se anula el viento predominante a partir de los fuselajes ubicados en la fachada sur, los accesos de viento son controlados por un set de puertas y ventanas ubicados a cada lado de la obra, es decir, este y oeste, que tienen como dificultad la graduación de apertura para permear el flujo del viento al interior, lo cual genera ráfagas indeseadas o el total cerramiento, por lo tanto, en esta dicotomía se genera una incomodidad en el habitar.

Teniendo en cuenta la observación empírica y un modelo fotogramétrico, se adapta de la siguiente manera.

- El modelo fotogramétrico tiene la dificultad de un exceso de detalle que no lo hace apto para la investigación, es una malla que se compone por 11287676 polígonos, los cuales ralentizan el procesamiento para un estudio que no lo requiere. Por esto, se reduce un 50% la malla, reduciendo las deformaciones, quedando en 5643838 polígonos.
- Luego comienza a superponer geometrías planas de doble curvatura copiando la forma de la malla, con el propósito de generar un modelo de baja resolución apto

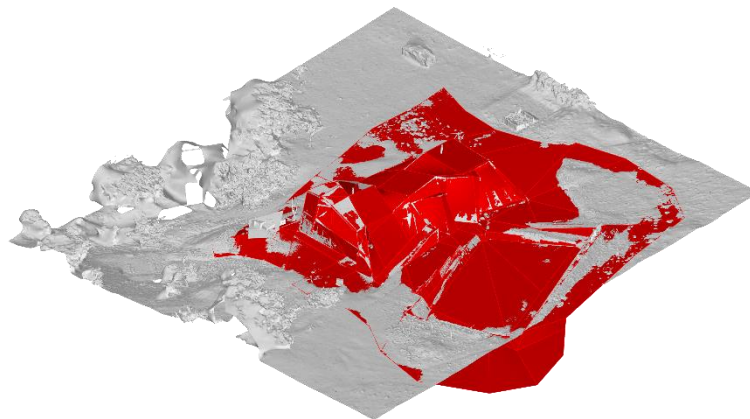
para el cálculo CFD. La superposición se realiza a criterio propio, optimizando la forma sin perder el volumen general de obra.

Figura 76 - Superposición Baja Resolución HE- Fotogrametría NW



Nota. Elaboración Propia

Figura 77 - Superposición Baja Resolución HE - Fotogrametría SE



Nota. Elaboración Propia

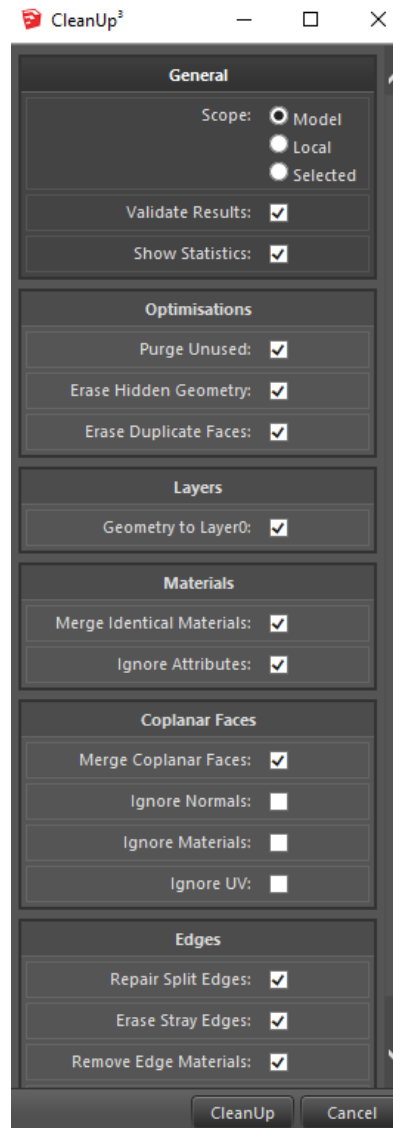
Modelo para cálculo CFD

Se adapta el modelo de Superposición en Baja Resolución para realizar cálculos de flujo de viento, adjuntándolo en Sketchup para cumplir con las anteriores condicionantes.

1. Debe ser unitario, es decir, cualquier forma anexada o suspendida por el propio modo en que fue copiada la forma, se debe conectar en un único elemento.
2. Debe ser un sólido, considerando las características propias de un sólido en Sketchup, cuerpo cerrado, sin caras o aristas duplicadas, entre otros.

3. Por la diferencia de precisión en la que trabaja ANSYS, se requiere mejorar las tolerancias con las cual se revisa el modelo, para esto se utiliza Solid Inspector y Clean Up, en al menos 5 procesos, hasta que el software no muestre geometría conflictiva, utilizando la siguiente configuración:

Figura 78 - Panel Clean Up3

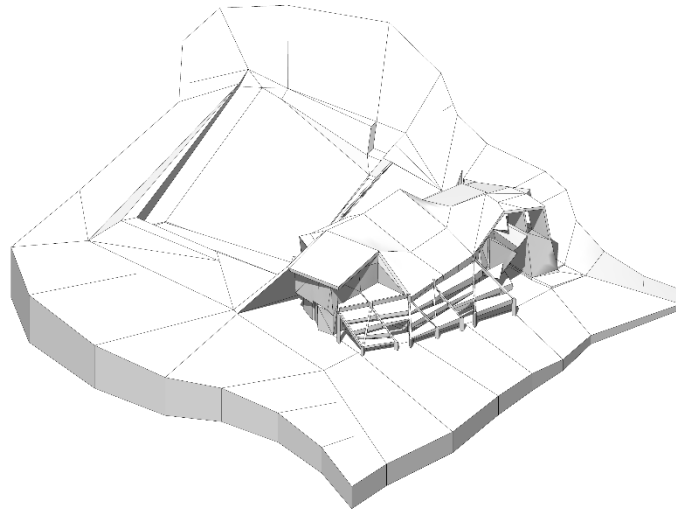


Nota. Elaboración propia en base a Panel Clean Up3

4. La comprobación realizada con Solid Inspector y Clean Up, es complementada con el apartado de modelos del software que se utilizará para el cálculo CFD, ANSYS, para así identificar las geometrías problemáticas. Pudiendo definir las siguientes categorías: Alineación y superposición de superficies, intersecciones

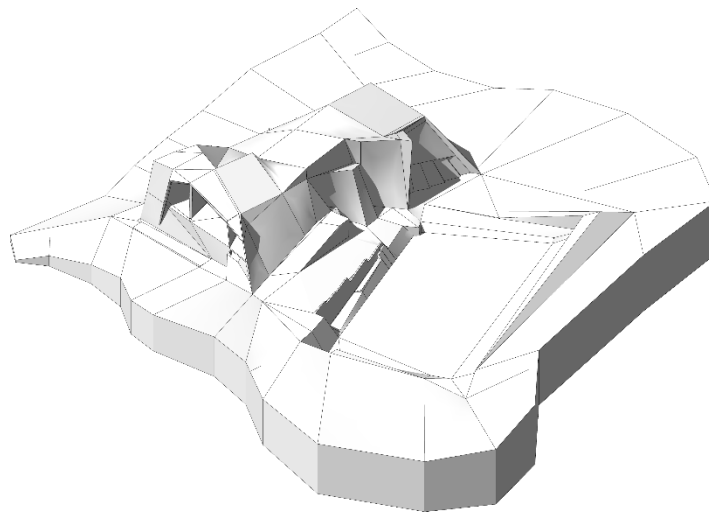
involuntarias, aristas duplicadas, aristas demasiado pequeñas (según la tolerancia de ANSYS), agujeros, entre otros.

Figura 79 - Isométrica HE - Baja Resolución Fachada Norte



Nota. Elaboración propia

Figura 80 - Isométrica HE - Baja Resolución Fachada Sur



Nota. Elaboración propia

Casa de los Nombres

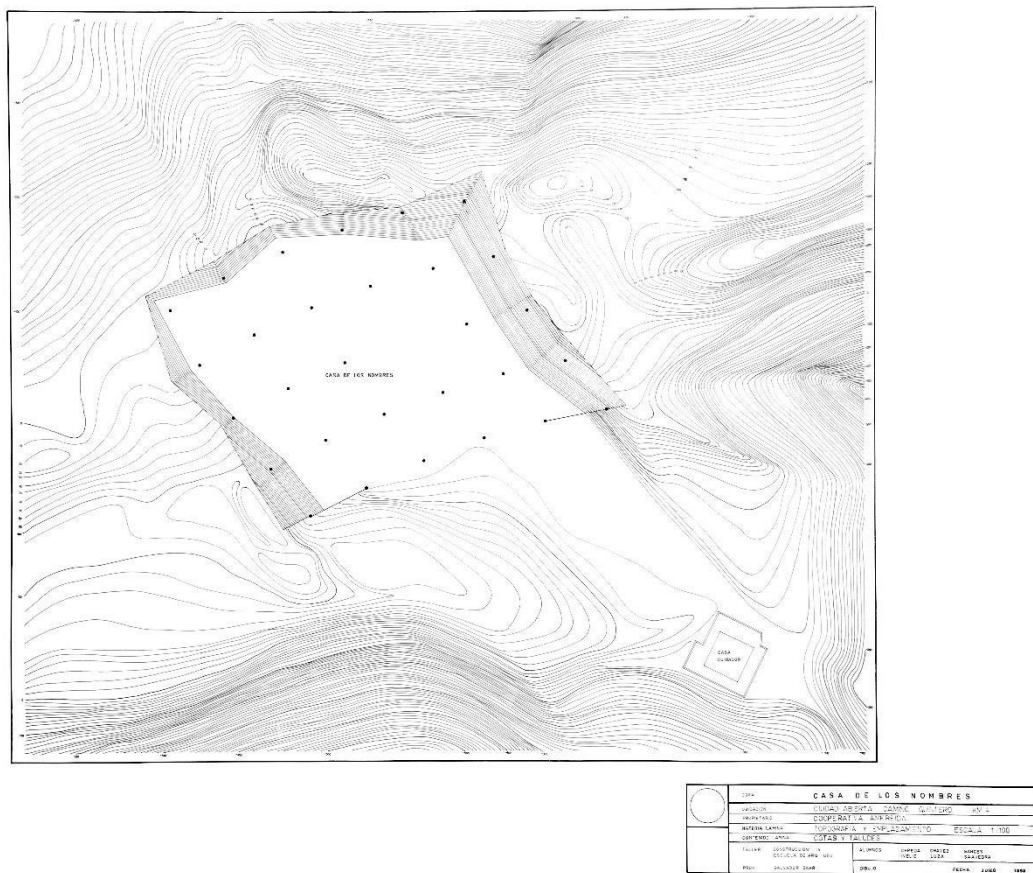
Los modelos se construyen en Revit, Rhinoceros y Sketchup a partir de las planimetrías digitalizadas de Iván Ivelic, siendo complementado por las fotografías y textos disponibles que permiten la precisión en cuanto a la definición cualitativa.

Se pudo reconstruir el proyecto de forma general, dividiendo los procesos según las herramientas disponibles en cada software utilizado.

Modelo Arquitectónico

Se comienza por elevar el terreno a partir del plano de emplazamiento señalado a continuación en la Figura 81. Este proceso se realiza con la herramienta maza y emplazamiento de Revit, lo cual permite definir mediante puntos la morfología de las dunas.

Figura 81 - Cotas y Taludes CN



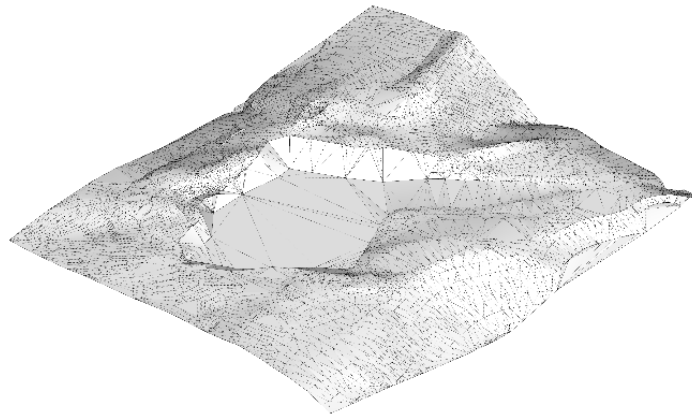
Nota. Recuperado de "Planimetrías Casa de los Nombres", de Iván Ivelic, 1993

Al extraer el modelo se pueden observar errores de geometría por polígonos invertidos y superpuestos, por lo cual se refina el modelo en Sketchup, convirtiéndolo además en un sólido. De forma paralela se comienza por construir el modelo en Rhinoceros como se explicará a continuación, en primer lugar, definir el talud interior para poder ajustar el modelo del terreno, donde produce un descalce entre ambos elementos.

Se deduce entonces que, para la realización del dibujo planimétrico, se adaptó el terreno existente con la propuesta, a partir de calcar o dibujar un sistema de curvas de elevación correspondiente al terreno en su estado natural, y luego superponer el levantamiento o desplante de taludes y suelos propuestos, lo que no necesariamente corresponde a la apariencia final de la obra. Dado que en su construcción se realizan movimientos de tierra que en ocasiones se depositan a los costados o en zonas circundantes.

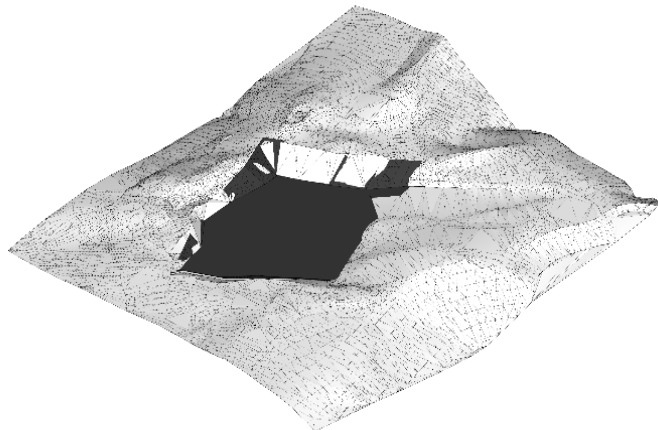
Por esto es que se realiza un ajuste respetando la apariencia de los taludes, modificando una franja de aproximadamente dos metros por el perímetro de la obra de la siguiente manera:

Figura 82 - ISO Modelo Base CN - Exportado de Revit



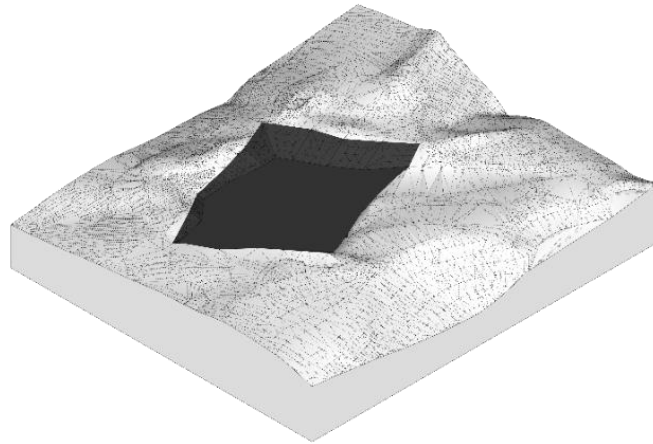
Nota. Elaboración propia

Figura 83 - ISO Modelo Base CN - Superposición Talud



Nota. Elaboración propia

Figura 84 - ISO Modelo Adaptado a Talud b



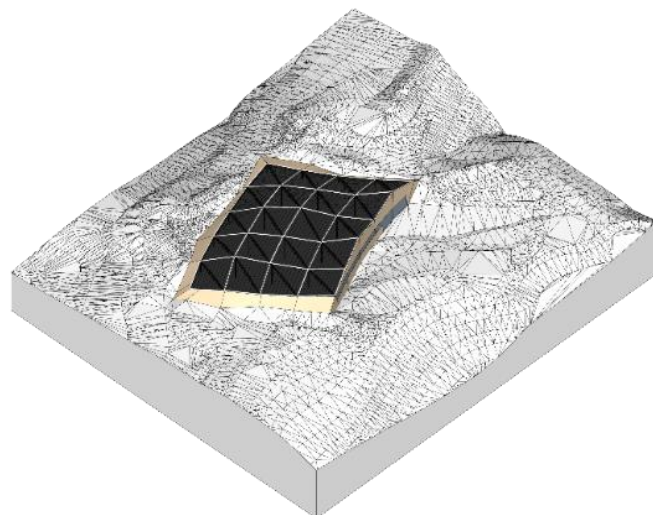
Nota. Elaboración propia

Luego, se comienza a construir el modelo de la obra como tal, a partir de las planimetrías y principalmente las secciones de Iván Ivelic, dado que existen secciones de cada eje en ambas direcciones, en sus intersecciones se ubican los puntos de la matriz que ordena toda la obra. El modelo arquitectónico se define a partir de cada grupo de elementos, es decir, pilares, cerchas, casquetes, planos de ataque y fachada, las cuales se resuelven paramétricamente, teniendo en cuenta la siguiente estructura:

- Primero se seleccionan los puntos relevantes de la grilla propuesta, tanto en emplazamiento como en elevación, los cuales deben estar matemáticamente ordenados y referenciados en el plano horizontal para no presentar errores.
- Desde estos puntos hacia a el suelo se trazan líneas verticales por las cuales se extruyen los hexágonos de 20cm que definen los pilares.
- Luego, se unen los dichos puntos entre sí, conformando una retícula de cuadriláteros que permiten definir en sus aristas las canales de fibra semicirculares.

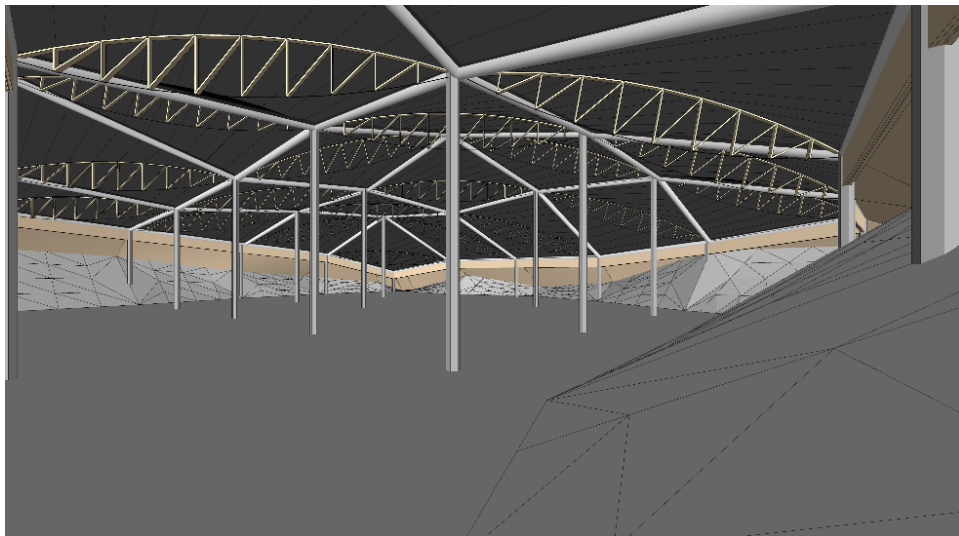
- En las diagonales de la retícula se definen las cerchas, que se construyen con dos arcos con H=50cm, según las imágenes compuestas por listones de madera y un perfil inferior de acero.
- A partir del borde superior de las cerchas y la retícula cuadrada de las canaletas, se define una superficie curvada en similitud con el comportamiento original de la obra, sin considerar la caída de la tela producto de su comportamiento material.
- En el perímetro de la retícula se ubican las vigas de cajón de 15x50cm, uniéndose en su arista superior con los planos de ataque.
- El plano de ataque es un “loft” de dos perfiles, uno superior compartido con las vigas señaladas, y otro inferior definido por el borde de los taludes. No se considera la profundidad de fundación de estos planos respecto a la duna.
- Finalmente, se define la fachada a partir de la planimetría de elevación, que permite extraer el patrón utilizado, este se proyecta de forma curva como lo señala la planimetría de planta.

Figura 85 - ISO - Modelo Arquitectónico CN



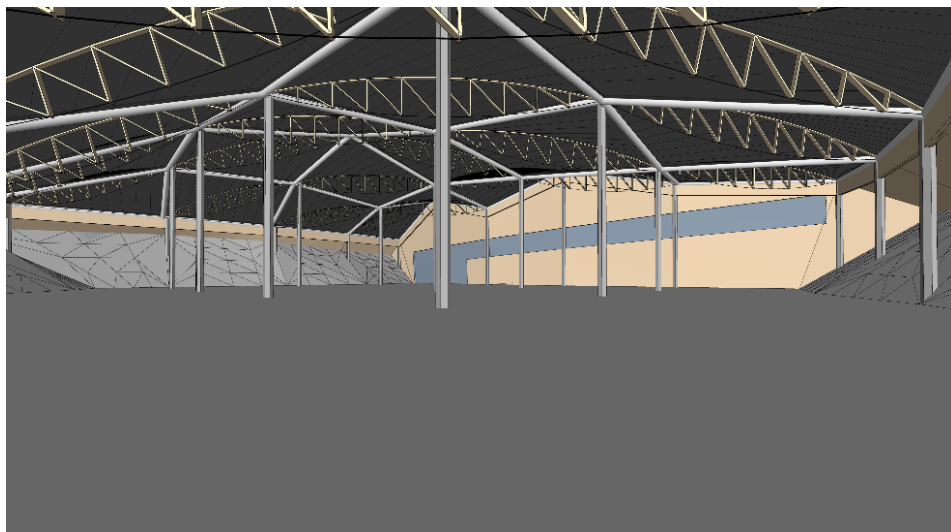
Nota. Elaboración propia

Figura 86 - Vista Interior 1 CN



Nota. Elaboración propia

Figura 87 - Vista interior 2 CN



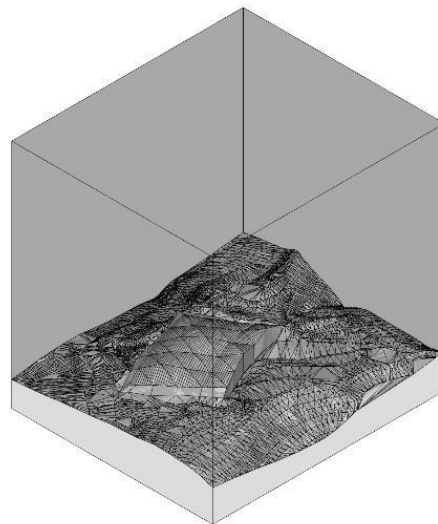
Nota. Elaboración propia

Modelo para cálculo CFD

Se adapta el modelo arquitectónico a Baja Resolución para realizar cálculos de flujo de viento, en primer lugar, en Rhinoceros, dado que se tiene toda la composición de elementos en dicho software, realizándolo de la siguiente manera:

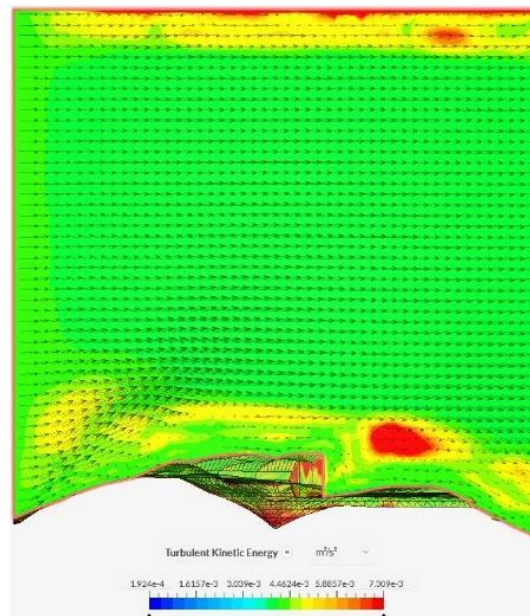
- Se seleccionan todas las superficies exteriores del modelado, dado que el modelo no presenta superficies inferiores, en las caras externas del modelo, el proceso se resume en la extrusión vertical de cada superficie.
- La extrusión genera sólidos aptos para unirlos con operaciones booleanas, dado que el modelo fue construido por partes, existen descalces entre las superficies que se solucionaron adaptando los encuentros de superficies para desarrollar un sólido final.
- Este sólido compuesto por unidades intersecadas, se recorta en sus bordes con una forma cuadrada para evitar desviaciones en el flujo por geometría imprecisa.
- Teniendo en cuenta que anterior a la definición del software ANSYS se trabajó con SimScale, se define un modelo en positivo y un modelo en negativo como se señala a continuación.

Figura 88 - Modelo Esquemático CN para SimScale



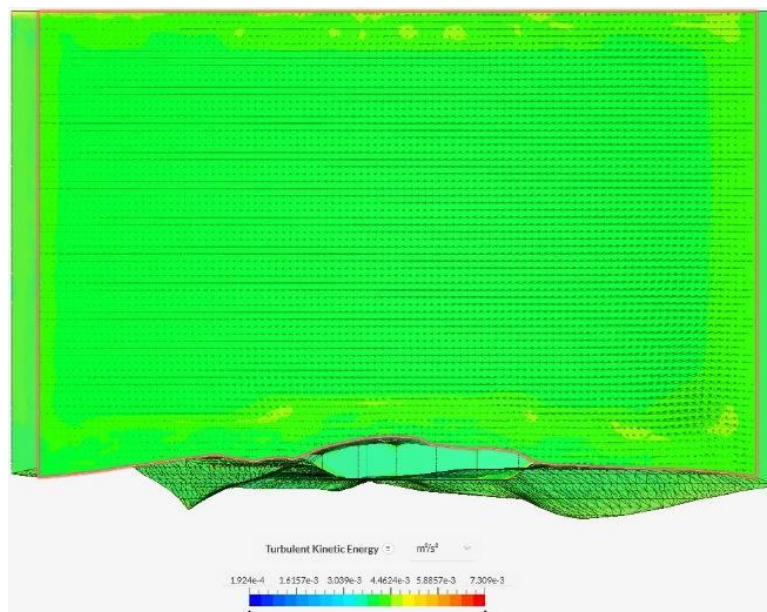
Nota. Elaboración propia

Figura 89 - SimScale - Viento norte CN



Nota. Elaboración propia en Simscale

Figura 90 - SimScale - Viento suroeste CN



Nota. Elaboración propia en SimScale

En segundo lugar, se adapta el modelo en positivo adjuntándolo en Sketchup para cumplir con las anteriores condicionantes para el cálculo en ANSYS.

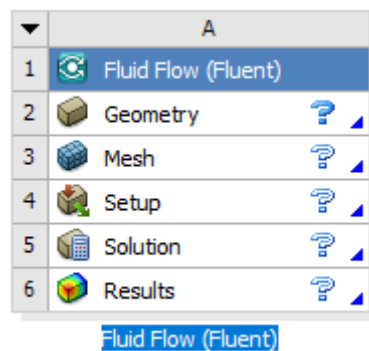
1. Dado que en Rhinoceros ya fue definido como unitario, solo se realizaron ajustes de simplificación de la forma y geometrías generadas de manera involuntaria.
2. Debe ser un sólido, considerando por las características propias de un sólido en Sketchup, cuerpo cerrado, sin caras o aristas duplicadas, entre otros.
3. No fue necesario una revisión del modelo con Solid Inspector y Clean Up, dado que la importación en Ansys no obtuvo errores de geometría.

CAPÍTULO 4 – Simulaciones CFD

Para concluir y comprobar el efecto del viento en los casos de estudio en su relación con las estrategias desarrolladas se realiza un cálculo CFD, los modelos desarrollados para esta evaluación se exponen a un flujo digital de viento en ANSYS Student. El software permite realizar comprobaciones físicas en una amplia gama de especialidades de ingeniería, entre ellas el flujo de fluidos, para el caso específico del cálculo realizado, se utilizó “Fluent” el cual simula un túnel de viento.

El proceso se divide en cinco pasos, en donde los últimos tres: Setup, Solution y Results, convergen en un mismo módulo de simulación.

Figura 91 - Módulo Fluid Flow (Fluent)



Nota. Elaboración propia

1. Se importa el modelo creado para la simulación, el cual como ya fue mencionado, debe ser una geometría sólida y unitaria, en el mismo módulo se realiza una primera evaluación, señalando en primer lugar el tamaño del contenedor o túnel de viento, el cual tiene como medida mínima el campo virtual del modelo, para el caso de los perfiles Slot, se define una distancia previa de 20 metros, y una posterior de 80 metros, para este y todos los modelos realizados se agregan 15 metros en la dimensión vertical. Luego, se extrae la geometría importada del contenedor, para obtener un modelo en negativo completamente cerrado, esta sustracción se realiza por una operación booleana, y este es uno de los principales motivos del porque debe ser una geometría sólida y unitaria, dado que matemáticamente el software no puede ignorar esas fallas. Como último paso, se designan la entrada, salida y muros del contenedor.

2. El siguiente paso consiste en la definición de una malla, que permite realizar un cálculo desde las normales de cada polígono que la constituye, en este paso se establecen dos condicionantes necesarias para el cálculo, en primer lugar, la tolerancia con la cual se definen las aristas de menor valor en el modelo importado, para esta simulación en particular, las aristas más pequeñas importadas son $>50\text{mm}$. En segundo lugar, la resolución con la cual se pretende resolver la malla respecto de las superficies utilizadas, dado que cada una, por muy pequeña que sea, será dividida según el mismo factor. Para los análisis se configuró un suavizado medio y sin tamaño adaptativo.

3. A continuación, habiendo sorteado los pasos respectivos al modelado y definición geométrica, se realiza configuran las condicionantes físicas y digitales con

las cuales se llevarán a cabo las simulaciones, como se señala en los reportes adjuntos en el Anexo, se define particularmente lo siguiente.

a. El medio en que se realiza la prueba es Aire de Viscosidad Laminar a 1.7894×10^{-5} [km/m s)] y Densidad de 1.225 [Kg/m³]

b. El flujo tiene una velocidad de entrada promedio a 15 [m/s] lo cual según la escala de Beaufort se encuentra en un grado 7, para condiciones de viento molesto para el confort de los espacios.

c. Se define una velocidad de salida en consonancia con los vectores de dirección predominante, lo que permite mantener una continuidad del flujo post geometría y prevenir un flujo revertido.

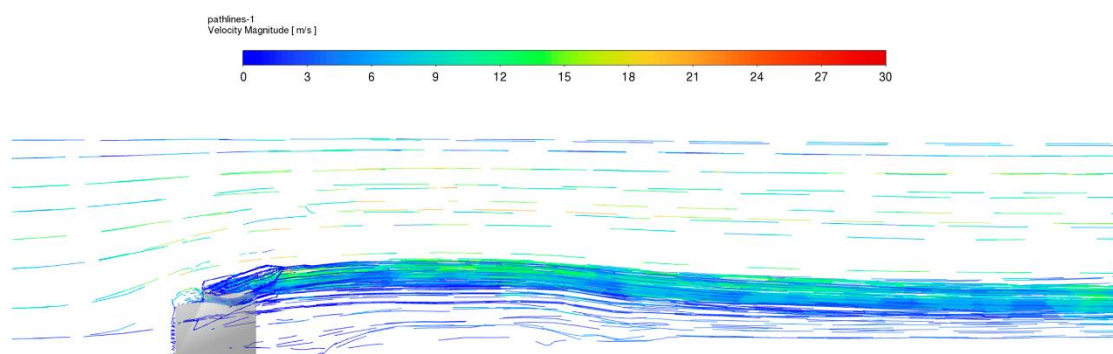
d. La inicialización, en conceptos del cálculo, comienza desde la entrada de flujo, manteniendo los valores iniciales

e. Según sea el caso se realizan a lo menos 100 iteraciones de cálculo, lo que posibilita ajustar el las soluciones a una precisión que permita evaluar correctamente el flujo generado. Como media se realizaron 250 Iteraciones.

4. Finalmente se extraen las gráficas de las soluciones, para observar la dinámica de desplazamiento del viento según las definiciones realizadas anteriormente. Se opta por observar dos tipos de soluciones, una implica las líneas de trayectoria del flujo, la cual además se le asigna una escala de color según la velocidad de desplazamiento de las partículas; y la segunda solución, si bien con una precisión menor, se trata del cálculo respecto de la magnitud de turbulencias según el número de Reynolds.

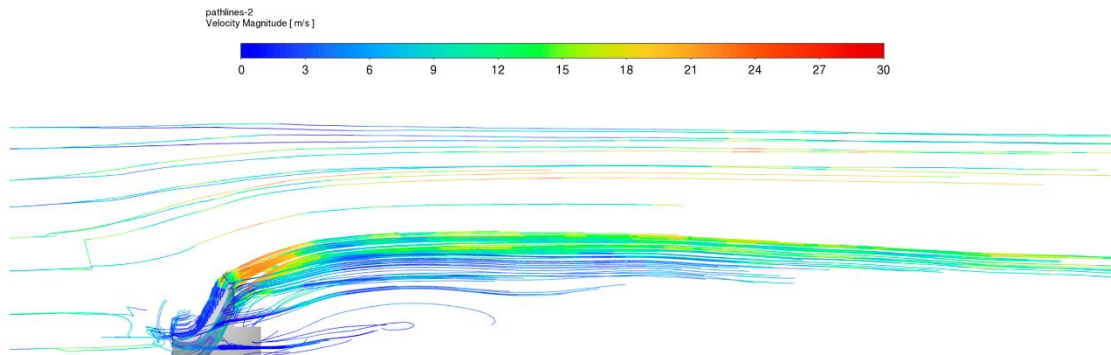
Simulación del flujo en slot

Figura 92 - Escuela naval – Cálculo CFD - ANSYS Slot 1



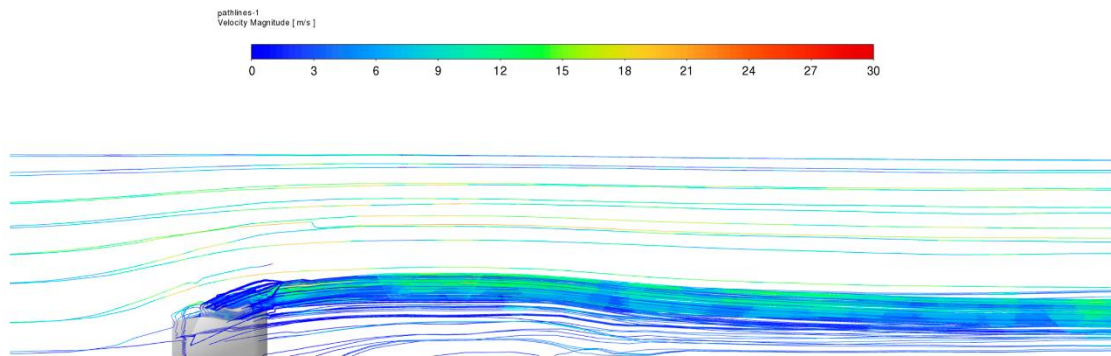
Nota. Elaboración propia en Ansys Student

Figura 93 - Escuela naval – Cálculo CFD - ANSYS Slot 2 4



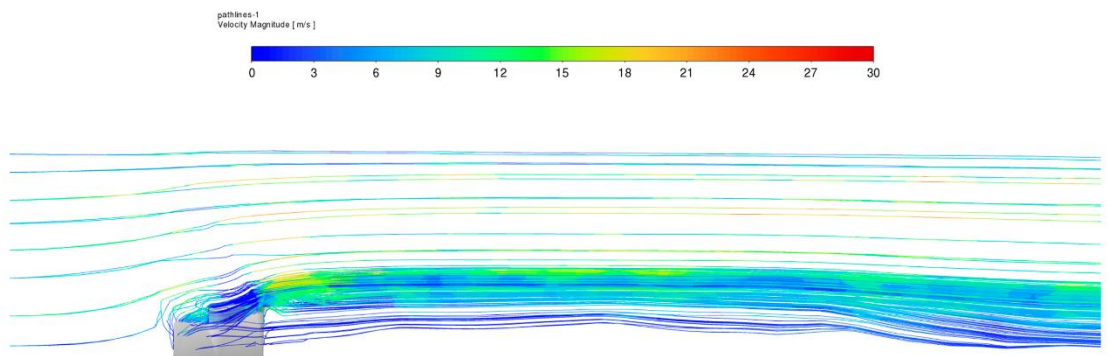
Nota. Elaboración propia en Ansys Student

Figura 94 - Escuela naval – Cálculo CFD - ANSYS Slot 3



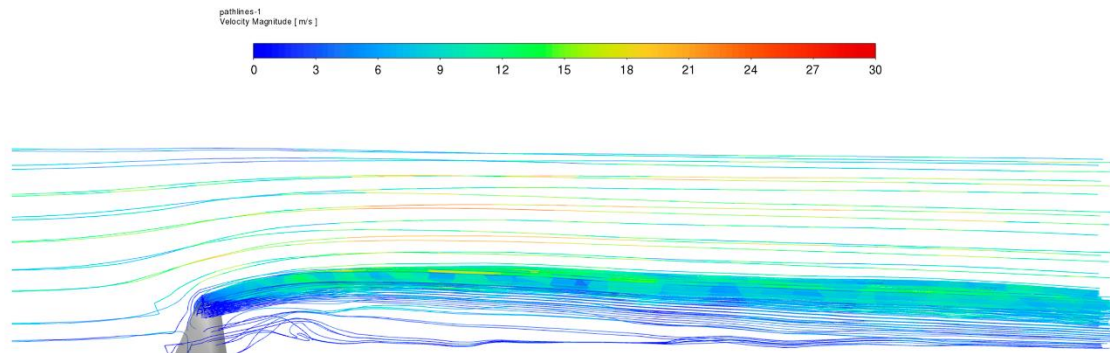
Nota. Elaboración propia en Ansys Student

Figura 95 - Escuela naval – Cálculo CFD - ANSYS Slot 3a



Nota. Elaboración propia en Ansys Student

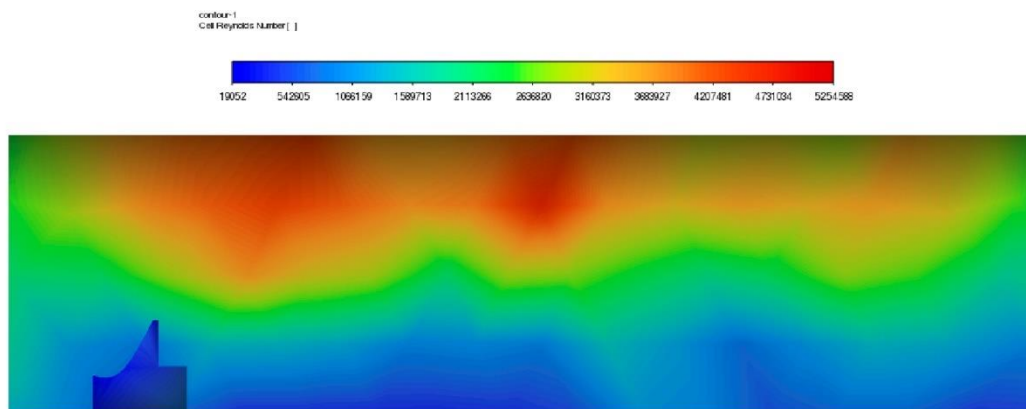
Figura 96 - Escuela naval – Cálculo CFD - ANSYS Slot 5



Nota. Elaboración propia en Ansys Student

En cuanto a la gráfica de turbulencias no existen particularidades en el flujo, dado que el diseño de los slots busca mantener el flujo laminar y extenderlo como se puede observar en las gráficas de trazado, un ejemplo de lo señalado es el siguiente:

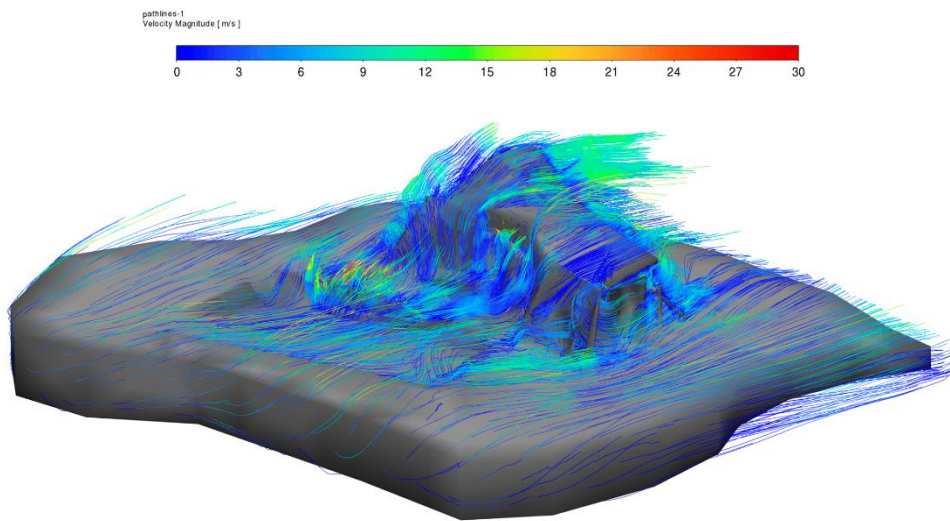
Figura 97 - Escuela naval – Cálculo CFD - ANSYS Slot 2 4 Turbulencias



Nota. Adaptado de “ANSYS_Fluent_Simulation_Report- Slot 2-4 – Contour 1”, Elaboración propia

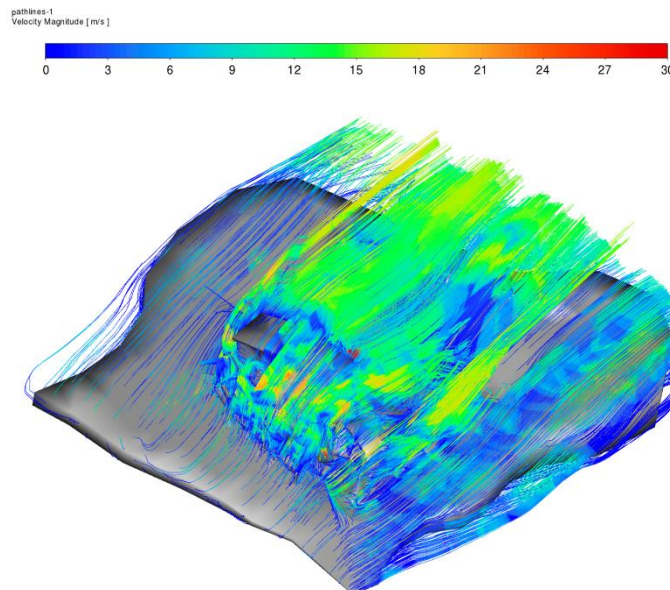
Simulación del flujo en planos fuselados

Figura 98 - Hospedería del Errante – Cálculo CFD – Viento Sur



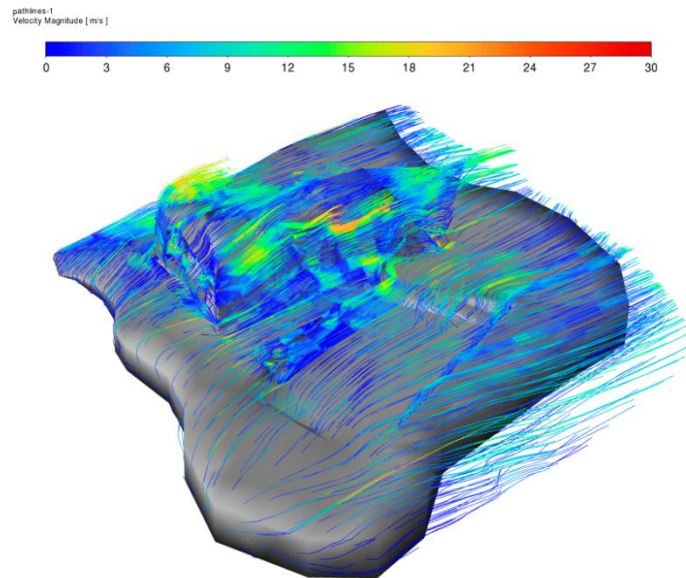
Nota. Elaboración propia en Ansys Student

Figura 99 - Hospedería del Errante – Cálculo CFD – Viento Norte



Nota. Elaboración propia en Ansys Student

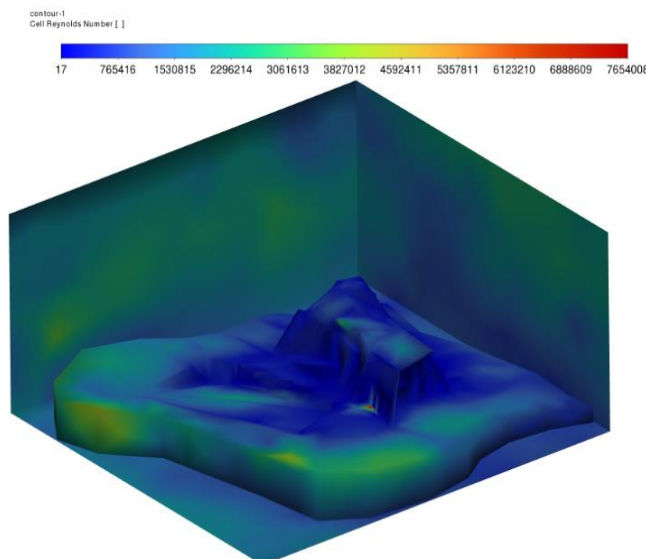
Figura 100 - Hospedería del Errante – Cálculo CFD – Viento Oeste



Nota. Elaboración propia en Ansys Student

Luego en el cálculo de turbulencias se observó una inconsistencia en los resultados respecto de zonas que empírica y vivencialmente son zonas de alto nivel de turbulencia. El gráfico y los resultados no son representativos del flujo que se muestra en el gráfico de trazado, por lo cual quedan descartados de todas las simulaciones para generar conclusiones, a continuación, un ejemplo de la problemática:

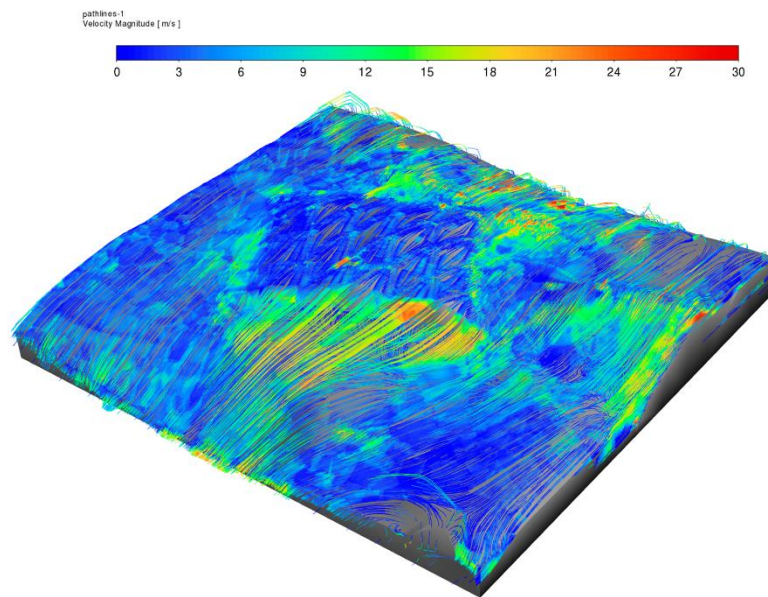
Figura 101 - Hospedería del Errante – Cálculo CFD – Viento Sur



Nota. Adaptado de "ANSYS_Fluent_Simulation_Report- Sur – Contour 1", Elaboración propia

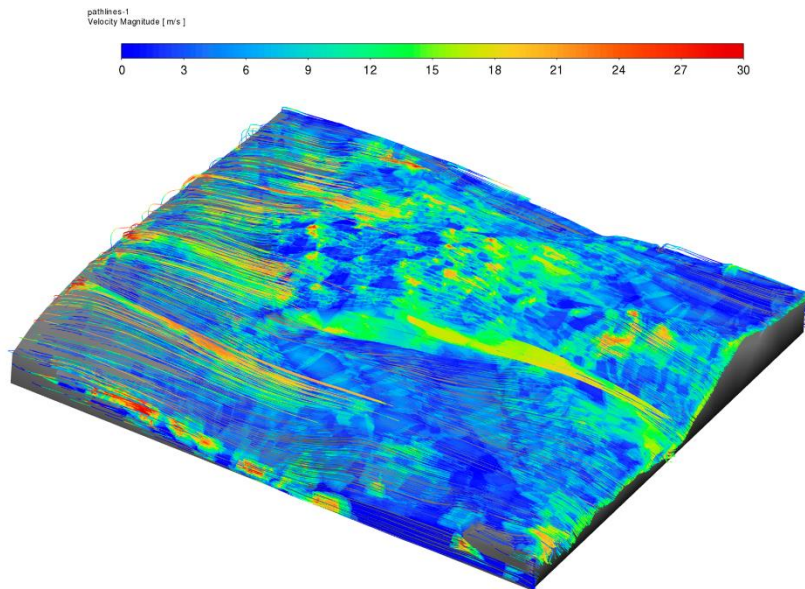
Simulación de flujo en envolvente continua

Figura 102 - Casa de los Nombres – Cálculo CFD – Viento Norte



Nota. Elaboración propia en Ansys Student

Figura 103 - Casa de los Nombres – Cálculo CFD – Viento Oeste



Nota. Elaboración propia en Ansys Student

Reporte del cálculo CFD

Las actividades de simulación del flujo eólico de los casos de estudio se desarrollaron con interdependencia, los modelos que en un primer momento se construyeron, se debieron ajustar a los requerimientos del software Ansys que se utilizó para el cálculo CFD. Existieron acontecimientos de la investigación que son relevantes para comprender el proceso:

- Se realizaron 7 modelos específicamente para el cálculo, en primer lugar, por la selección de 5 slot que por sí mismos son una abstracción de la propuesta de la escuela naval, en segundo lugar, los modelos de la Hospedería del errante y la Casa de los Nombres que por la complejidad de sus partes y por la continuidad de las formas respecto de su entorno, la extracción de secciones o partes de la envolvente generarían un error crítico al desligarlos de su contexto.
- Los ajustes entre el modelo y los requerimientos del software representaron la mayor complejidad, dado que, entre ambos softwares, Sketchup y ANSYS trabajan con criterios diferentes, siendo particularmente relevante las tolerancias con las cuales se definen las superficies, aristas, vértices y colisiones en la geometría. Esto se identificó dado que Sketchup tiene un sistema para validar la geometría dentro de la plataforma llamados grupos sólidos. Si bien se exportaron los modelos aparentemente validados por en Sketchup, al adjuntarlos en ANSYS surgieron errores en superficies solapadas, aristas duplicadas o demasiado pequeñas, las cuales se pudieron identificar en ANSYS, pero no en Sketchup, para lo cual fue necesario instalar complementos como Solid Inspector² y Clean up³ que permitieran identificar con mayor exactitud la geometría conflictiva.
- Se probaron múltiples softwares antes de utilizar ANSYS para realizar el cálculo, entre ellos están: Autodesk CFD 2015 2019 y 2022, Ecotec, Simscale, Paraview, Vasari, Rhino Flow-RT, Rhino CFD, Lady Bug, Firefly, entre otros que, no

presentaban acceso para estudiantes, desde la plataforma o desde sus precios.

Finalmente se confirma que ANSYS en su versión para estudiante cumple a cabalidad con los requerimientos de la simulación, que no es más que determinar el comportamiento de un flujo de viento respecto de una geometría.

- Existieron dos situaciones de inconsistencia en las simulaciones que no se pudo determinar su causa, en primer lugar, la temperatura en la cual se desarrollaron las pruebas, se determinó una condición inicial de 22°C, como valor promedio de confort térmico, por el contrario, al extraer el reporte de cada elemento los valores superaron los 290°C, lo cual hace dudar si este valor influye o no en el cálculo del flujo. La segunda se refiere a la extracción del gráfico de turbulencias producto del cálculo del número de Reynolds, en los reportes se mostraron resultados inconsistentes, respecto de los valores, por ejemplo: en el slot 1, 9041Re para el mínimo y 4254632Re para el valor máximo. Lo cual no es representativo de las pruebas realizadas dado que, según estudios de aerodinámica (Osma, 2020) las turbulencias comienzan a presentarse desde los 2300Re. Lo dicho invalida ese tipo de reporte como insumo para validar las estrategias utilizadas en el ámbito del cálculo de turbulencias.

Respecto a la extracción de datos provenientes de la simulación, se pudo observar lo siguiente:

- El análisis de los slot, presenta un flujo continuo de viento entre las condiciones de entrada y las condiciones de salida, producto de la interferencia de los perfiles aerodinámicos se observa una zona con una longitud de hasta 5 veces la altura del modelo en su parte posterior, donde se presentó una disminución de la velocidad y trayectoria del flujo, ya que en la zona de colisión tiende a elevarse producto del perfil, y sumarse al flujo que transita por la parte superior aumentando su

velocidad en aproximadamente 3m/s respecto de los 15m/s iniciales. Teniendo en cuenta el propósito de la estrategia que busca aumentar la zona de habitabilidad atrás de los edificios propuestos por el proyecto de la escuela naval, se puede validar la estrategia en ese contexto en particular.

- La hospedería del errante, requirió una modificación de la estrategia por el fundamento que se desarrolla, la obra al estar compuesta por dos envolventes laterales y con una propuesta aerodinámica diferenciada, fue necesario hacer pruebas desde tres direcciones predominantes: Sur, Norte y Oeste.

En la primera, de dirección sur, se observó que el flujo anterior a la obra fue modificado por la plaza atrio que se encuentra en su frente, sobre todo en la esquina de mayor profundidad, donde se presenta un alzamiento del flujo, desviando las tramas que tienen continuidad, generando turbulencias. El flujo se ve favorecido por los planos fuselados, los cuales conducen el viento hacia la parte superior donde aumenta la velocidad inicial de 15m/s a 18m/s en la zona central.

En la dirección norte, se encuentra una fachada que está afecta al flujo del viento en temporada de precipitaciones, pero que no fue diseñada con ese propósito, se pudo observar que en la parte externa se generaron turbulencias que en conjunto con la forma de la envolvente en base a planos perforados aumentó la velocidad respecto del flujo sur, llevando a alcanzar 24m/s en el flujo de salida. Por otra parte, el flujo lateral no sufrió modificaciones producto de la envolvente lo cual es favorable respecto a la integración en el entorno.

Finalmente, desde la dirección oeste se tuvo el mejor desempeño respecto a la continuidad del flujo, en la fachada de ataque se pudo observar una desviación del flujo en las cavidades de la tobera hacia los laterales: En el lateral sur se puede

observar un flujo continuo por la superficie de los fuselajes, de forma longitudinal, lo cual es indicio de una integración exitosa; En la parte superior del lateral Norte se puede observar un flujo ascendente que se curva por su interacción con el flujo de entrada, generando una zona de menor flujo, en la parte baja de la fachada, donde existen espacios de habitabilidad intermedia producto de la envolvente perforada norte. En general se pueden observar continuidades del flujo con aumentos y disminuciones de velocidad por los cambios de rasante de los fuselajes, lo cual señala un campo de acción para mejorar la envolvente, que desde el punto de vista del flujo predominante sur-oeste, se cumple la función propuesta y, por tanto, se puede validar como estrategia.

- El análisis de la casa de los nombres, se realiza desde dos direcciones predominantes que resumen las particularidades del fundamento, en primer lugar desde la dirección norte, en la cual se observa la continuidad del flujo por sobre la envolvente, sin modificaciones en la dirección ni la velocidad, excepto en el borde superior de la fachada de acceso en donde se genera un punto de inflexión en el flujo por el cambio de presión, en este borde la velocidad se ve aumentada en aproximadamente 12m/s y generando redirección del flujo respecto a la hondonada posterior, lo cual valida una de las tesis particulares de la proposición, que señalaba la posibilidad de un espacio de aire calmo similar a las bóvedas de aire propuestas en la escuela naval, lo que señala que el espacio interior ante ese flujo permitía estar completamente a cubierto.

Desde el segundo flujo predominante, oeste, se ratifica finalmente una lógica de integración efectiva respecto a la disminución al mínimo de las modificaciones del entorno, en un emplazamiento tan revelador de los agentes externos como lo es la duna, pues mediante el gráfico se puede observar una continuidad del flujo sin

variaciones en la velocidad y dirección, salvo en el borde de la fachada antes señalada, lo que hace suponer que con la propuesta no se modifican las condiciones existentes en el entorno.

CAPÍTULO 5 – Conclusiones

En este documento se ha explicado desde diferentes perspectivas, cómo en la práctica del diseño arquitectónico, existe la necesidad de comprender los factores climáticos del entorno, particularmente desde el viento. Ya que al igual que el asoleamiento, afecta directamente las condiciones de temperatura, humedad y ventilación de los espacios habitables.

Las características que conforman el clima, se categorizan por su rango de influencia. En primer lugar, las zonas climáticas como las tropicales, polares, mediterráneas, desérticas, permiten definir características de mayor constancia histórica, siendo reconocibles a nivel mundial. Luego, en un segundo rango definido por la relación bilateral con la obra, están los factores del paisaje y el emplazamiento: Por ejemplo, al situarse en el borde costero, bosques, valles, campos dunares u otros, existen características que son propias de estos contextos, ya sea por la morfología o composición del terreno, la disponibilidad de vegetación o el grado de urbanización. Luego está el clima de la obra, que en el caso del flujo del viento está definido la presión, velocidad, dirección y las ráfagas que inciden en la envolvente de la obra, de modo tradicional se disponen aberturas practicables que permiten el paso del viento por el interior, el cual se conduce para generar mejoras las condiciones de habitabilidad.

Los estudios del viento revisados en esta investigación se ordenan en dos aristas: habitabilidad e integración con el entorno. En el caso de la habitabilidad, se refieren tanto para espacios interiores como en exteriores, las estrategias tradicionalmente han tenido en cuenta la percepción del flujo del viento a lo cual se le han asociado diversas escalas de medición, las que se encargan de relacionar las intensidades del flujo del viento con el nivel de confort, siendo la Escala de Beaufort la más utilizada.

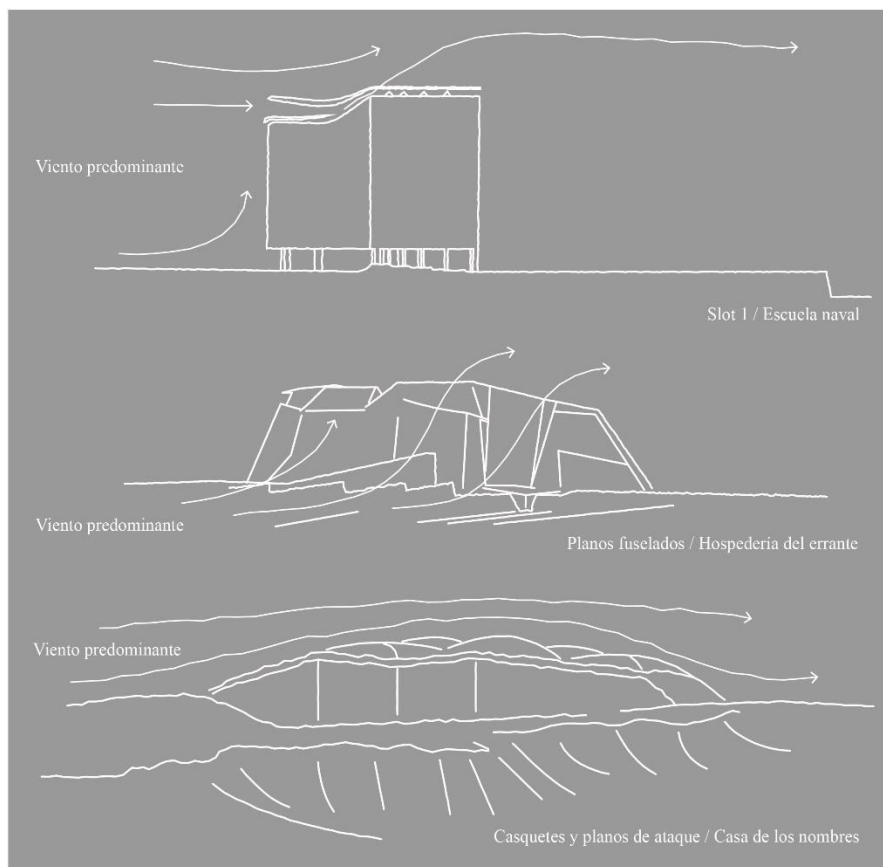
Francisco Méndez (1958a) ya señalaba esta problemática, en una época donde se generaban proyectos urbanos que podían resultar atractivos por su organización, morfología o

expresión, pero que resultaban inhabitables por no considerar la intensidad del viento en las zonas proyectadas. Bustamante et al. (2014) ve replicada esta misma situación en la actualidad, en el caso de ciudades con alto régimen de vientos como Punta Arenas, en donde observó que el diseño de la trama urbana no contempla este criterio en la organización de las áreas públicas de la ciudad. Concluyendo que, en el diseño del espacio público, la disposición de edificaciones y las barreras vegetales, requiere de una racionalidad científica, dado que estas modificaciones pueden cambiar los patrones de conducta, afectando en la calidad de vida de los peatones.

En segundo lugar, están los estudios orientados al desarrollo de una arquitectura integrada a las lógicas de la naturaleza y el entorno, en lo que se ha llamado biomimética (Sayed, 2021), no solo por la similitud o imitación de las formas provenientes de la naturaleza, sino que, también por la comprensión de la organización de los sistemas, el comportamiento y las propiedades que se recogen de los entornos naturales.

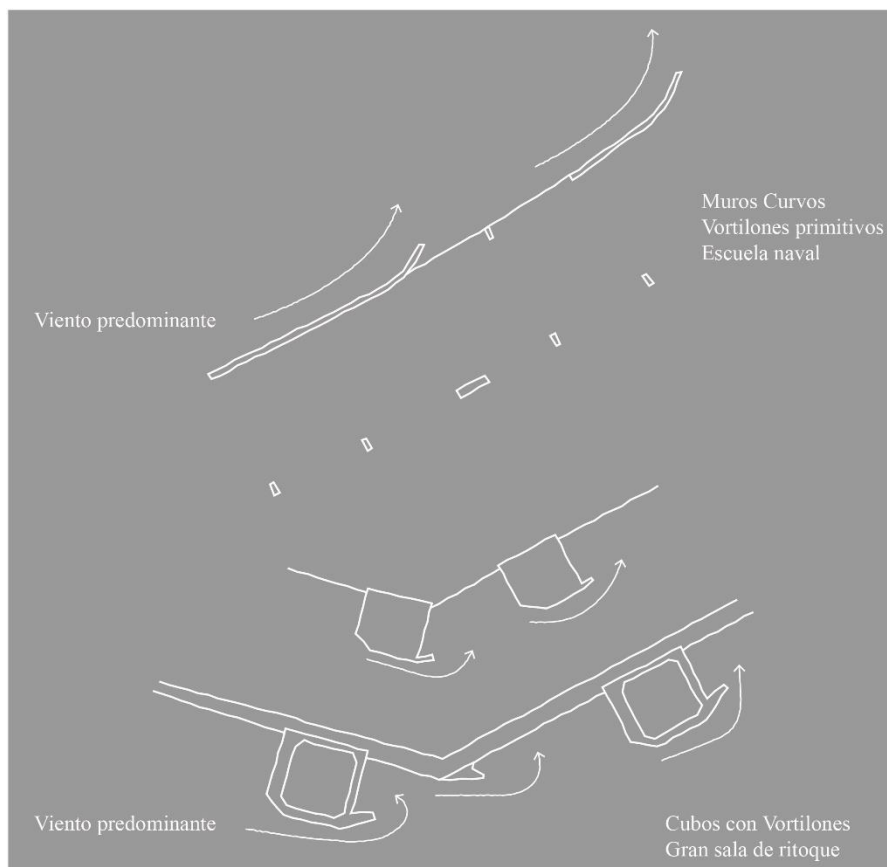
Desde ambas lógicas es que se entiende la elección de los tres casos de estudio, realizados en la e[ad] entre 1958 y el 2000, pues mediante el orden propuesto para la investigación, se permite dilucidar la construcción de un pensamiento interdisciplinar, entre la arquitectura, el diseño industrial y la aeronáutica. Los estudios realizados como ocasión del Concurso de la Escuela Naval, permiten establecer un primer intento por integrar el flujo del viento en el fundamento de diseño, teniendo como base lo anteriormente señalado por Méndez (1958a) sobre la problemática de los espacios públicos, por lo tanto el fundamento contempla dos estrategias principales, primero el ordenamiento del conjunto a través de edificios curvos que tenían como propósito desviar y dispersar el flujo de aire, y luego la proposición de un dispositivo aerodinámico llamado slot sobre la cubierta, que tenía como objetivo ampliar la zona de habitabilidad posterior a los edificios, mediante bóvedas de viento. Se puede considerar como un elemento externo al volumen de la obra, pues como se

observó en el desarrollo de modelos, se pudo abstraer del proyecto en general. Por el contrario, en el caso de la Hospedería del Errante, se observó un avance sobre la integración de elementos aerodinámicos en su forma, pues las envolventes, comprendidas en dos lateralidades sur y norte, son una continuidad del entorno en el que se emplaza la obra. La definición formal fue resuelta a partir de la aplicación sistemática de planos fuselados, plegados de tal forma que conducen el viento por sobre la obra, pero con una dispersión del flujo que genera turbulencias de salida, pudiendo ser un factor de atención por posibles alteraciones del entorno, las que pueden ser revisadas en futuras investigaciones. La proposición se genera a partir de comprender la lógica formal de la aerodinámica aeronáutica, por lo tanto, se genera desde el entendimiento del flujo del viento en cuerpos destinados a su conducción, como lo son los fuselajes aeronáuticos. Finalmente, la Casa de los Nombres resuelve esta dificultad al integrarse en un campo dunar, que por su consistencia fluida requiere de una lógica de integración aerodinámica que disminuya los efectos de la obra sobre el entorno dunario; socavamiento, acumulación, traslado de arena. Para esto, se propone en primer lugar una biomimética morfológica de las dunas, en el sentido de generar una continuidad del perfil existente, el que, al ser excavado constituye una segunda estrategia, resolverse en un interior envuelto por planos de ataque, con un ángulo de 33° definido de forma empírica para ese tipo de arena, que evita el socavamiento, y, por otro lado, la disposición de una membrana compuesta de casquetes de tela que conducen el flujo del viento entre sus canales.

Figura 104 - Comparaciones de flujo

Nota. Elaboración propia. Slot Escuela naval, Fuselajes Hospedería del Errante y Casquetes Casa de los nombres.

Se observó una correlación entre los estudios realizados en la e[ad], pues según la evidencia, los académicos complementaron sus estrategias para la integración del viento, un ejemplo de aquello, es que Miguel Eyquem si bien, no fue el autor principal de ninguno de los casos estudiados, estuvo en constante colaboración con los proyectos. Esto se puede ver en el proyecto de la Escuela Naval donde existen evidencias de su participación, no solo por su nombramiento expreso, sino que, se pueden trazar relaciones en las estrategias formales, como lo es en la aplicación de Vortilones, que, aún siendo aplicados en el proyecto, aparecen nombrados por primera vez 34 años más tarde en “Experiencias del viento en la ciudad abierta” (Eyquem, 1992).

Figura 105 - Similitudes de Vortilones

Nota. Elaboración propia. Vortilones de Escuela naval y Gran sala ciudad abierta

Con este estudio se puede trazar una segunda correlación, pues Eyquem hace alusión a un pabellón como ocasión de una exposición, el cual estaría inserto dentro de las dunas, con cubículos sobresalientes en la superficie, los cuales fueron complementados con elementos aerodinámicos, como los ya denominados Vortilones. Por ende, en consideración de la evidencia temporal y del fundamento arquitectónico, el estudio se puede considerar como precedente para la Casa de los Nombres, que, variando formalmente en la propuesta, se define bajo la misma lógica de integración.

Entendiendo la lógica de como se proponen y desarrollan formalmente estas propuestas, se requiere realizar comprobaciones cualitativas y cuantitativas para su validación. Por lo tanto, se revisa la literatura actual sobre esta temática, en la que se descubrió un amplio desarrollo tecnológico de modelado digital y cálculo CFD, aplicado a

disciplinas afines como el urbanismo, la ingeniería o casos de edificación de gran altura, no así, en el desarrollo arquitectónico de edificaciones de baja escala o habitación, según los rangos señalados por la OGUC. Encontrándose lógicas de desarrollo formal teniendo como herramienta el cálculo CFD.

Dado que el cálculo CFD se encuentra validado como un medio para mejorar las estrategias formales, se evalúa bajo qué paradigmas se puede utilizar el fenómeno del viento para propiciar un cambio en las formas. Por ejemplo, Lo et al. (2020) analiza el caso de las envolventes porosas, que tienen como lógica ser una segunda envolvente en un contexto de remodelación de fachadas, en donde se limita la presión ejercida por el viento en la envolvente principal, por ende, hay un cambio formal por cómo se considera el poro. Cabe cuestionarse entonces si el poro es un agujero que permite que el flujo ingrese a ese espacio intermedio o si es un saliente como los casquetes de la Casa de los Nombres. En ambos casos conduce a una alternativa de la fachada estereotómica lisa que es recurrente en la arquitectura contemporánea nacional. Otra estrategia surge con el diseño para los edificios altos (>300m) en la descripción realizada por Thordal et al. (2019), en un campo que busca la eficiencia estructural propiciada por el potencial del cálculo CFD para realizar pruebas rápidas para mejorar las formas, en general se busca disminuir las cargas laterales ejercidas por las ráfagas de viento, que aumentan su intensidad con la altitud. Se concluye sobre formas con esquinas redondeadas, polígonos rotados en el eje vertical y tendientes a lo cónico (Ilgin, 2022). Además, Ding & Kareem (2020) añaden que este tipo de edificios altos debieran considerar una respuesta activa al flujo del viento, principalmente a través de envolventes dinámicas, que complementen los actuales péndulos o dispositivos de amortiguación.

Teniendo en cuenta la literatura existente, se realizan simulaciones con Cálculo CFD de los casos de estudio seleccionados, en las cuales se pudieron evaluar y comprobar las lógicas propuestas en su fundamento y proposición, realizándose en tres pasos: 1. la

definición de modelos arquitectónicos, en la cual se pudo concluir que en el caso del Concurso Escuela Naval, el elemento aerodinámico representativo de la obra se pudo desligar de la obra sin alterar la efectividad de la estrategia, lo que en el caso de la Hospedería del Errante y la Casa de los nombres, no fue posible, lo que es concluyente de la integración formal respecto del entorno, en el primer caso como un dispositivo por adición, en comparación con la integración exitosa de los otros casos de estudio; 2 La definición de modelos para cálculo. el cual fue un desarrollo principalmente operativo, en el cual se pudo dilucidar algunas condicionantes para realizar el cálculo, por ejemplo, la definición de sólidos para realizar operaciones booleanas, las diferencias de tolerancias de software, compatibilidad, entre otros; 3 El cálculo mediante simulaciones CFD, en el cual se pudieron evaluar y comprobar las estrategias utilizadas, bajo las proposiciones halladas en su fundamento, como también los supuestos propios de la investigación. Entre ellos se pudo consolidar que:

1. La proposición del dispositivo llamado Slot, cumple con los objetivos de conducir el viento limitando las turbulencias para generar bóvedas exteriores libres de flujo.
2. La aplicación sistemática de planos fuselados, según la lógica propuesta de generar, zonas de baja presión, efecto rampa, encajonamiento y ángulos cuchilla, queda validado solo respecto a la obra, pues las simulaciones realizadas arrojaron una dispersión del flujo que requieren de un segundo análisis de su implicancia en el entorno.
3. Se valida la lógica de integración en base a una envolvente continua realizada en la Casa de los Nombres, particularmente respecto del flujo oeste, en el cual se observa un flujo sin alteraciones entre el inicio y final de la prueba.

4. En el mismo caso, respecto al flujo norte, se pudo comprobar el supuesto que se tenía respecto a la fachada principal orientada al sur, en el cual se esperaba generar un espacio, tipo bóveda, bajo el mismo principio utilizado en el Concurso Escuela Naval. El cual se validó.

Comprendiendo lo anterior, se confirma la hipótesis propuesta, que señala que “La comprensión de las lógicas de integración del viento conduce al desarrollo integral de envolventes arquitectónicas que mejoran la habitabilidad y relación entre la obra y su entorno” pues, con la investigación realizada, se pudo dilucidar la construcción de una lógica de integración del viento, a través de tres proyectos desarrollados en la e[ad] entre 1958 y el año 2000, en cuanto la evidencia presentada demuestra que el desarrollo de estudios sobre la aerodinámica, se presentaron como insumos conducentes para la proposición de estrategias provenientes de la aerodinámica en las obras analizadas en esta investigación.

Los objetivos planteados para la investigación se cumplieron según lo previsto en un inicio, en general con la revisión de perspectivas tradicionales, la revisión de proyectos de la e[ad], el estado del arte y los casos de estudio en particular, se descubrieron y expusieron los factores relevantes para el diseño arquitectónico en la lógica de la interacción del viento en las formas de las envolventes. Se organizaron las estrategias planteadas en la e[ad], señalando las variables a considerar en la relación morfológica entre lo proyectado y el entorno para generar espacios de habitabilidad interior y exterior, se analizó el comportamiento del flujo del viento en los casos seleccionados realizando simulaciones digitales de cálculo CFD y se validaron las estrategias del campo de la aerodinámica aplicada a los casos seleccionados.

Las actividades desarrolladas permitieron explorar un campo tangente de la investigación: la elaboración de modelos tanto arquitectónicos digitales y otros con características paramétricas de carácter explorativo, que cuales fueron conducentes a para construir un prototipo. El modelado de los casos permitió reconstruir la información existente

de cada obra, y generar información inédita como conclusión. Cada uno tuvo su particularidad al momento de definir el modelo, por ejemplo: en la Escuela Naval existe un amplio registro de la obra, pero sin un orden claro, por lo cual se consideró solo la información que fuera nominada como la “final” (Tubo 18-1), lo cual requirió de un análisis por comparación entre cada una de las plantas y las fotografías de maquetas, de manera tal se adquiere mayor profundidad para entender la lógica de distribución del conjunto. En la Hospedería del Errante se requirió adaptar un modelo fotogramétrico, pasar de 11287676 polígonos a un modelo simplificado, donde fue crítico definir las tolerancias y la exactitud para ser evaluado como sólido. Y finalmente el modelo de la Casa de los Nombres se generó en una mezcla entre el modelado tradicional y el paramétrico, este último para definir toda la envolvente, lo cual fue posible solo entendiendo el sistema completo de su elaboración, ya que cada elemento constructivo está ligado a otro, por ejemplo: la membrana exterior adaptada a la curva de las cerchas.

En el ámbito explorativo del modelado, se realizó el análisis de datos meteorológicos del viento, para reconocer sus componentes de forma abstracta y así definirlos a través de datos y algoritmos que hicieran posible una visualización. Este ajuste entre el elemento natural y su imagen digital es un proceso interesante como campo de investigación, dado que se involucra el criterio propio del arquitecto o diseñador que lo realiza. El proceso es similar a lo desarrollado en las investigaciones actuales que utilizan el diseño paramétrico para afinar los modelos con condiciones de entrada (las componentes del flujo del viento) y formas ajustadas de salida (por ejemplo, el ángulo de rotación de un edificio altos). Entonces, el prototipo desarrollado se propone en esta lógica, es una interpretación de las variables del viento y las lógicas estudiadas en el estado del arte. Los patrones de teselas dinámicas se adaptan para su construcción, siendo posible solo por el entendimiento del sistema constructivo elaborado en digital, pero teniendo en cuenta la física real.

En vista de lo anterior finalmente, se pueden establecer algunas recomendaciones y observaciones para ser abordadas por la disciplina arquitectónica, como también para futuras investigaciones. Es aconsejable la evaluación del flujo del viento en el proceso de diseño de obras de mediana y pequeña envergadura según lo señalado en la OGUC, ya que la comprensión de las condiciones del entorno permite aplicar estrategias formales de acuerdo con cada caso.

Luego, para las investigaciones que tengan como contexto los estudios y obras realizadas en la e[ad], es recomendable analizar las relaciones que existen entre ellas, ya que, como se pudo observar en “Experiencias del viento en la ciudad abierta” (Eyquem, 1992) existen estudios intermedios que permiten establecer relaciones en la construcción de un pensamiento interdisciplinar y que para el caso de los Vortilones, hay un periodo de 34 años entre la primera aplicación y su primer nombramiento como tal, en el que se podrían encontrar más aplicaciones o versiones. En el mismo caso, la propuesta de la “Gran sala de Ritoque” como antecedente de la Casa de los nombres, no es mas que una de las posibles versiones presentadas, lo que puede ser un paso, para descubrir otros proyectos que tributaran a la proposición finalmente construida.

En otro ámbito, se podría desarrollar un análisis del viento residual posterior a la obra, entendiendo que, el flujo del viento ante las estrategias propuestas no desaparece, y producto de ellas puede mejorar o empeorar las condiciones externas a la obra. Así, en la Escuela Naval, se prevé que el flujo posterior a los slots tiene su efecto en el mar, sin embargo, no se sabe qué tipo de variación produciría. Lo mismo sobre la disposición de las nervaduras presentadas en esta investigación, ya que en un caso son del tipo convergente y en otros del tipo divergente, lo que, en vista de la experiencia empírica, producirían efectos distintos para cada caso. En la Hospedería del Errante, dado que aún se sigue construyendo, es plausible realizar estudios que impliquen una mejora del flujo según lo observado en esta investigación

desde dos dimensiones, revisar si es posible ordenar el flujo del viento en la misma obra para conducirlo a una zona en específico, y determinar las implicancias de posibles alteraciones del entorno por el flujo existente actualmente, señalar rangos de influencia pre y post obra, efectos del entorno vegetal, verificar si las obras aledañas interfieren en el flujo según la distancia. Finalmente, para la Casa de los Nombres, reconstruir un modelo con los elementos constructivos, como una estructura flexible ante el flujo del viento, analizar la acumulación de arena en las canales entre casquetes, generar un estudio de la composición de las arenas para saber bajo que velocidades o presiones, se movilizan, ya que, con esta información se pueden definir rangos de velocidad objetivo para la proposición de las estrategias.

La evidencia presentada en esta investigación demuestra que el desarrollo de los estudios sobre la aerodinámica, se presentaron como insumos conducentes para la proposición de estrategias de integración del viento en las obras, en el contexto descrito, se indica que es posible adoptar el viento como un agente para el diseño arquitectónico

Bibliografía

- Baixas, J., Eyquem, M., & Carrasco, R. (1980). *Aeronave de vuelo a gran altura*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Baixas, J., Eyquem, M., & Vidal, A. (1983). *Planeador American Eaglet*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Bustamante, C., Jans, M., & Higuera, E. (2014). El comportamiento del viento en la morfología urbana y su incidencia en el uso estancial del espacio público, Punta Arenas, Chile. *Revista Aus*, 15, 28–33.
- Casanueva, M. (1980). *Aerodinámica - Ventilación - Curso de Construcción III*.
- Casanueva, M. (1987). CA 48 Experiencias docentes. *Revista oficial del colegio de arquitectos de Chile*, 48(ISSN 0716-3622), 75.
- Casanueva, M. (1992). *Tesis del Arquitecto orfebre*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Recopilación de principios y comportamientos de aerodinámica, (1995).
- Casanueva, M. (1995a). Tomo I Campos de abstracción faenas iniciales tijerales desarrollo de maquetas. En *Proyecto Fondecyt N°1941189*.
- Casanueva, M. (1995b). Tomo III Elementos tobera-galería y deflector. En *Proyecto Fondecyt N°1941189*.
- Casanueva, M., Linay, A., Loyola, F., Moya, R., & Saavedra, R. (1995). *Estudio de la aerodinámica de la hospedería del errante*.
- De Carlo, G. (1997). Spazio e società - Space&society 80. *Rivista internazionale di architettura*, 80, 112.
- Ding, F., & Kareem, A. (2020). Tall Buildings with Dynamic Facade Under Winds. *Elsevier Engineering*.
- Esquirol, J. M. (2011). *Los filósofos contemporáneos y la técnica: De Ortega a Sloterdijk*.

- GEDISA. <https://books.google.cl/books?id=Ei8IBQAAQBAJ>
- Eyquem, M. (1992). *Experiencias con el viento en la ciudad abierta*.
- Eyquem, M. (2016). *El proyecto de la Obra de la Gravedad a la levedad*.
- Facultad de ciencias físicas y matemáticas universidad de chile, G. (2021). *Evaluación del recurso eólico*.
- García, M. (1989). *Pez Volador II. Hidronave Propulsión Humana*.
- Giancoli, D. G. (2004). *Physics: principles with applications*.
- Gonzalez, R., Baixas, J., & Eyquem, M. (1980). *Planeador Biplaza Instrucción Acrobacias*. Pontificia universidad Católica de Valparaíso.
- Ilgin, H. (2022). Use of aerodynamically favorable tapered form in contemporary supertall buildings. *Journal of design for resilience in architecture and planning*, 3(2), 183–196. <https://doi.org/10.47818/DRArch.2022.v3i2052>
- Kabosová, L., Kutunský, D., & Kmet, S. (2020). Wind-Based Parametric Design in the Changing Climate. *Applied Sciences*.
- Lo, Y.-L., Wu, Y.-T., Fu, C.-L., & Yu, Y.-C. (2020). Wind load reduction effects on inner buildings by exterior porous façades. *Elsevier Building and Environment*, 183.
- Méndez, F. (1958a). *Acción del viento sobre la arquitectura 31/16b*.
- Méndez, F. (1958b). *Escritos manuscritos del estudio del viento y cuaderno original de Francisco Méndez 31/16a*.
- Méndez, F. (1958c). *Informe sobre la marcha de los estudios del viento 31/15B*.
- Méndez, F. (1987). *Estudio del viento - Concurso Escuela Naval 1987*.
- Millán, P. (2019). De la poesía a la experimentación: La Hospedería del Errante en Ciudad Abierta (Quintero, Chile). *Revista proyecto progreso Arquitectura*, 20, 106–119. <https://revistascientificas.us.es/index.php/ppa/article/view/6209/7963>
- Molina, F., Baixas, J., & Eyquem, M. (1980). *Motovelero de carcasa rígida*. Pontificia

Universidad Católica de Valparaíso.

Mondaca, B. (1985). *Volantin Carp Red*.

Moya, R. (2005). *La casa de los nombres. Una obra en ronda*. Bitácora virtual de arquitectura y tecnología. <https://www.bitacoravirtual.cl/2005/03/05/la-casa-de-los-nombres-una-obra-en-ronda/%0A>

Moya, R. (2021). *Umbrales aerodinámicos como estrategia de diseño para mitigación de efectos del viento en el espacio público*. Universidad de Concepcion.

Osma, F. (2020). *¿Qué es el número de Reynolds?*

<https://www.aerodinamicaf1.com/2020/10/que-es-el-numero-de-reynolds/>

Pendleton-Jullian, A. M., Rykwert, J., De Carlo, G., & Conover, R. (1996). *The Road that is Not a Road and the Open City, Ritoque, Chile*. Graham Foundation for Advanced Study in the Fine Arts.

Pérez de Arce, R., & Pérez, F. (2003). *Escuela de Valparaíso Grupo Ciudad Abierta* (R. Rispa (ed.); Tanais Edi).

Perrault, C. (1981). *Compendio De Los Diez Libros De Arquitectura De Vitruvio*.

Rawlins, C., & Baixas, J. (1978). *Molino de viento - Bomba de Agua*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Sayed, H. (2021). *Bio-Form Mimicry in Architectural Design (The Influence of Biomimicry on Building Behaviour)*. Benha University.

Serra, R. (1999). *Arquitectura y climas*. Gustavo Gili.

<https://books.google.cl/books?id=p4MsQgAACAAJ>

Tedeschi, E. (1969). *Teoria de la Arquitectura*.

The Beaufort Wind Scale. (s. f.). RMetS. Recuperado 11 de octubre de 2022, de <https://www.rmets.org/metmatters/beaufort-wind-scale>

Thordal, M., Bennetsen, J., & Koss, H. (2019). Review for practical application of CFD for

the determination of wind load on high-rise buildings. *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics*, 186, 155–168.

Torres, F. J., & Padial, J. F. (2021). *Simulaciones Aerodinámicas en el espacio público*.

Universidad Politecnica de Madrid.

Índice de figuras

FIGURA 1 - TUBO 18-8B - LÁMINA 4.....	27
FIGURA 2 - PRUEBAS DE SLOT EN TÚNEL DE VIENTO	28
FIGURA 3 - PRUEBAS DE SLOT EN BATEA DE AGUA.....	28
FIGURA 4 - LÁMINA III - PRUEBA F	29
FIGURA 5 - ARQUETIPO DE VENTILACIÓN, BAÑO DE SERVICIO EN HOSPEDERÍA RITOQUE.....	30
FIGURA 6 – ELEMENTOS SOBRESALIENTES QUE GENERAN EFECTOS AERODINÁMICOS	32
FIGURA 7- CASA EN PORTEZUELO DE COLINA	33
FIGURA 8 - INCIDENCIA DEL ÁNGULO DE ATAQUE EN LA RELACIÓN DE SUSTENTACIÓN Y ARRASTRE	34
FIGURA 9 - ACUMULADOR CONTRAPESO CENTRÍFUGO	35
FIGURA 10 - TRANSFORMADOR DE TIPO - ASPAS	35
FIGURA 11 - PLANIFICACIÓN DEL PERFIL DE LA HÉLICE	36
FIGURA 12 - ESQUEMA DE DEFINICIÓN DEL PERFIL ALAR.....	36
FIGURA 13 - CATEGORIZACIÓN DE PERFILES ALARES	37
FIGURA 14 - PARTES AERODINÁMICAS DE UN AEROPLANO	37
FIGURA 15 - ISOMÉTRICA DEL VOLANTÍN	38
FIGURA 16 - SUSTENTACIÓN DE UN VOLANTÍN.....	38
FIGURA 17 - PEZ VOLADOR II - AXONOMÉTRICA GENERAL.....	39
FIGURA 18 - PEZ VOLADOR II – FUNCIONAMIENTO GENERAL	39
FIGURA 19 - CASE 1: SCREENS WITH DEFLECTOR FIN	46
FIGURA 20 - CASE 2: SCREENS WITHOUT DEFLECTOR FIN.....	46
FIGURA 21 - EN AER 57 - AÉREAS ESCUELA NAVAL (I) - 56.....	52
FIGURA 22 - EN AER 57 - AÉREAS ESCUELA NAVAL (IV) – 18.....	53
FIGURA 23 - EN AER 57 - AÉREAS ESCUELA NAVAL (II) - 26	53
FIGURA 24 - TUBO 18/1 N°1	55
FIGURA 25 - EN MAQ 57 - MAQUETTE ESCUELA NAVAL (CONSTRUCCIÓN) - 019.....	56
FIGURA 26 - TUBO 18/1 N°25 – PISO 1	56
FIGURA 27 - LABOR INSTITUTO ARQUITECTURA VALPARAÍSO N°1.....	57
FIGURA 28 - LABOR INSTITUTO ARQUITECTURA VALPARAÍSO N°11.....	57

FIGURA 29 - EN MAQ 57 - MAQUETTE ESCUELA NAVAL (ARTE DEL DESARME - PRESENTACIÓN OBRAS DE STAND DE EXPOSICIÓN) - 13	58
FIGURA 30 - DESVIACIÓN DEL FLUJO DE VIENTO	58
FIGURA 31 - TUBO 18/8B N°3	59
FIGURA 32- UNA NUEVA ECONOMÍA DEL VIENTO	60
FIGURA 33 - TUBO 18/8B N°1	61
FIGURA 34 - PRUEBA DE SLOT CON VENTURI - E2SB.....	62
FIGURA 35 - TUBO 18-8B - LÁMINA 5.....	62
FIGURA 36 - TUBO 18/1 N°8 - SLOT 1	63
FIGURA 37 - TUBO 18/1 N°17 - SLOT 3A.....	63
FIGURA 38 - EN MAQ 57 - MAQUETTE ESCUELA NAVAL (DESPIEZADO N°2) – 28	64
FIGURA 39 - EN MAQ 57 - MAQUETTE ESCUELA NAVAL (DESPIEZADO N°2) – 29	65
FIGURA 40 - COMPARACIÓN DE ORIENTACIÓN DE NERVADURAS	65
FIGURA 41 - TUBO 18-1 N°6 (MODIFICADA)	66
FIGURA 42 - MALLA DE ALAMBRE DE 1 CM, IMPACTADA POR UN CUBO DE 30CMS	68
FIGURA 43 - AXONOMÉTRICA DEL DEFLECTOR AERODINÁMICO.....	69
FIGURA 44 - COMPOSICIÓN DEL DEFLECTOR AERODINÁMICO	70
FIGURA 45- CAO ERR 02 - 014 - HOSPEDERÍA DEL ERRANTE (CONSTRUCCIÓN VARIOS)	70
FIGURA 46 - TÚNEL DE VIENTO DE ESTUDIANTES E[AD]	71
FIGURA 47 - TÚNEL DE VIENTO UTFSM.....	71
FIGURA 48 - FLUJO OESTE DESDE FACHADA SUR.....	72
FIGURA 49 - FLUJO OESTE DESDE FACHADA NOROESTE	72
FIGURA 50 - VIENTO NORTE DESDE FACHADA OESTE	73
FIGURA 51 - SECTORIZADO DE ENVOLVENTES	73
FIGURA 52 - EX INA 92 - EXPO 40 AÑOS (INAUGURACIÓN) - 031	74
FIGURA 53 - TRA NOM 92 - CASA DE LOS NOMBRES - 089	75
FIGURA 54 - TRA NOM 92 - CASA DE LOS NOMBRES - 092.....	76
FIGURA 55 - TRA NOM 92 - CASA DE LOS NOMBRES - 006.....	76
FIGURA 56 - TRA NOM 92 - CASA DE LOS NOMBRES - 034.....	77
FIGURA 57 - TRA NOM 92 - CASA DE LOS NOMBRES - 059	77

FIGURA 58 - TRA NOM 92 - CASA DE LOS NOMBRES - 060.....	78
FIGURA 59 - TRA NOM 92 - CASA DE LOS NOMBRES - 084.....	78
FIGURA 60 - TRA NOM 92 - CASA DE LOS NOMBRES - 048.....	79
FIGURA 61 - SIMILITUD DE BÓVEDAS DE VIENTO	79
FIGURA 62 - MAQUETA ARQUITECTÓNICA EN – ISOMÉTRICA 1	83
FIGURA 63 - MAQUETA ARQUITECTÓNICA EN – ISOMÉTRICA 2	84
FIGURA 64 - MAQUETA ARQUITECTÓNICA EN – VISTA PATIO CENTRAL 1	84
FIGURA 65 - MAQUETA ARQUITECTÓNICA EN – VISTA PATIO CENTRAL 2	85
FIGURA 66 - PERFILES SLOT – MODELO 1.....	86
FIGURA 67 - PERFILES SLOT – MODELO 2 4.....	86
FIGURA 68 - PERFILES SLOT – MODELO 3.....	86
FIGURA 69 - PERFILES SLOT – MODELO 3A	87
FIGURA 70 - PERFILES SLOT – MODELO 5.....	87
FIGURA 71 - TUBO 18-8B - LÁMINA 5.....	87
FIGURA 72 - ISOMÉTRICA HE - FOTOGRAMETRÍA NW.....	88
FIGURA 73 - ISOMÉTRICA HE - FOTOGRAMETRÍA SE.....	88
FIGURA 74 - FACHADA NORTE HE _ ENVOLVENTE DE LUZ.....	89
FIGURA 75 - FACHADA SUR _ ENVOLVENTE DE VIENTO.....	90
FIGURA 76 - SUPERPOSICIÓN BAJA RESOLUCIÓN HE- FOTOGRAMETRÍA NW	91
FIGURA 77 - SUPERPOSICIÓN BAJA RESOLUCIÓN HE - FOTOGRAMETRÍA SE.....	91
FIGURA 78 - PANEL CLEAN UP3	92
FIGURA 79 - ISOMÉTRICA HE - BAJA RESOLUCIÓN FACHADA NORTE	93
FIGURA 80 - ISOMÉTRICA HE - BAJA RESOLUCIÓN FACHADA SUR.....	93
FIGURA 81 - COTAS Y TALUDES CN	94
FIGURA 82 - ISO MODELO BASE CN - EXPORTADO DE REVIT.....	95
FIGURA 83 - ISO MODELO BASE CN - SUPERPOSICIÓN TALUD	95
FIGURA 84 - ISO MODELO ADAPTADO A TALUD B.....	96
FIGURA 85 - ISO - MODELO ARQUITECTÓNICO CN.....	97
FIGURA 86 - VISTA INTERIOR 1 CN	98
FIGURA 87 - VISTA INTERIOR 2 CN.....	98

FIGURA 88 - MODELO ESQUEMÁTICO CN PARA SIMSCALE	99
FIGURA 89 - SIMSCALE - VIENTO NORTE CN.....	100
FIGURA 90 - SIMSCALE - VIENTO SUROESTE CN	100
FIGURA 91 - MÓDULO FLUID FLOW (FLUENT).....	102
FIGURA 92 - ESCUELA NAVAL – CÁLCULO CFD - ANSYS SLOT 1	103
FIGURA 93 - ESCUELA NAVAL – CÁLCULO CFD - ANSYS SLOT 2 4.....	104
FIGURA 94 - ESCUELA NAVAL – CÁLCULO CFD - ANSYS SLOT 3	104
FIGURA 95 - ESCUELA NAVAL – CÁLCULO CFD - ANSYS SLOT 3A.....	104
FIGURA 96 - ESCUELA NAVAL – CÁLCULO CFD - ANSYS SLOT 5	105
FIGURA 97 - ESCUELA NAVAL – CÁLCULO CFD - ANSYS SLOT 2 4 TURBULENCIAS.....	105
FIGURA 98 - HOSPEDERÍA DEL ERRANTE – CÁLCULO CFD – VIENTO SUR	106
FIGURA 99 - HOSPEDERÍA DEL ERRANTE – CÁLCULO CFD – VIENTO NORTE.....	106
FIGURA 100 - HOSPEDERÍA DEL ERRANTE – CÁLCULO CFD – VIENTO OESTE	107
FIGURA 101 - HOSPEDERÍA DEL ERRANTE – CÁLCULO CFD – VIENTO SUR	107
FIGURA 102 - CASA DE LOS NOMBRES – CÁLCULO CFD – VIENTO NORTE	108
FIGURA 103 - CASA DE LOS NOMBRES – CÁLCULO CFD – VIENTO OESTE.....	108
FIGURA 104 - COMPARACIONES DE FLUJO	117
FIGURA 105 - SIMILITUDES DE VORTILONES.....	118
FIGURA 106 - FLUJO DE UN FLUIDO: PARA DEDUCIR LA ECUACIÓN DE BERNOULLI.....	135
FIGURA 107 - SUSTENTACIÓN EN UN ALA DE AVIÓN	136
FIGURA 108 – FLUJO LAMINAR Y FLUJO TURBULENTO.....	137
FIGURA 109 - ESCALA DE BEAUFORT	138
FIGURA 110 - EXPRESIÓN VELOCIDAD DE VIENTO POR HORA ANUAL CUADRADOS.....	172
FIGURA 111 - EXPRESIÓN VELOCIDAD DE VIENTO POR HORA ANUAL CÍRCULOS ROTADOS CONCÉNTRICO	173
FIGURA 112 - EXPRESIÓN VELOCIDAD DE VIENTO POR HORA ANUAL CÍRCULOS ROTADOS.....	174
FIGURA 113 - DOBLE ROMBO.....	175
FIGURA 114 - ROMBO CURVADO.....	175
FIGURA 115 - ONDULADO DOBLE	176
FIGURA 116 - HEXÁGONO.....	176
FIGURA 117 - RETÍCULA CON DOBLE ROMBO.....	177

FIGURA 118 - RETÍCULA ROMBO CURVADO	177
FIGURA 119 - RETÍCULA ONDULADO DOBLE.....	177
FIGURA 120 - RETÍCULA HEXAGONAL	178
FIGURA 121 - MALLA DE TRIÁNGULO ROTADO A	179
FIGURA 122 - MALLA DE TRIÁNGULO ROTADO B	179
FIGURA 123 - RETÍCULA SUPERFICIE CURVA.....	180
FIGURA 124 - RETÍCULA ONDULADO DOBLE EN SUPERFICIE CURVA.....	180
FIGURA 125 - RETÍCULA ROMBO CURVADO EN SUPERFICIE CURVA	181
FIGURA 126 - MODELO DIGITAL - RETÍCULA DE ROMBOS	182
FIGURA 127 - SOPORTE 3	182
FIGURA 128 - UNIONES PERFIL TUBULAR.....	183
FIGURA 129 - ARANDELA	183
FIGURA 130 - MODALIDAD DE CORTE TESELAS.....	183
FIGURA 131 - VISTA DEL FRAGMENTO CONSTRUIDO.....	184
FIGURA 132 - VISTA DE LOS DETALLES CONSTRUCTIVOS.....	184
FIGURA 133 - VISTA DE LA PROYECCIÓN DE SOMBRA	185
FIGURA 134 - LÍNEA DE TIEMPO DE PROYECTOS E[AD]	186

Anexo 1 – Conceptos de la Mecánica de Fluidos

La definición de conceptos en esta sección, se sitúa entendiendo que el estudio del flujo del viento corresponde a la aerodinámica, que es una rama de la mecánica de fluidos estudiada por la física. En el desarrollo de la investigación estos conceptos son nombrados, para lo cual se definen los principios básicos que importan para el entendimiento de las estrategias utilizadas. La selección se realiza teniendo en cuenta una recopilación de principios de ventilación realizada por Casanueva (1980) definiéndolas a partir de publicaciones contemporáneas como las realizadas por Giancoli (2004)

Presión

“La presión se define como fuerza por unidad de área, donde la fuerza F se entiende como la magnitud de la fuerza que actúa de forma perpendicular al área de la superficie A:” (Giancoli, 2004)

$$Presión = P = \frac{F}{A}$$

“La presión es particularmente útil para tratar con fluidos. Es una observación experimental que un fluido puede ejercer una presión en cualquier dirección” (Giancoli, 2004)

Presión Atmosférica

“La presión de la atmósfera de la Tierra, como en cualquier fluido, cambia con la profundidad. Pero la atmósfera de la Tierra es un poco complicada: la densidad del aire varía enormemente con la altitud” (Giancoli, 2004). Para lo cual comúnmente se utiliza.

$$1 \text{ atm} = 1.013 \cdot 10^5 \text{ Nm}^2 = 101.3 \text{ kPa}$$

Principio de Pascal

“El principio de Pascal afirma que, si se aplica una presión externa a un fluido confinado, la presión en todo punto dentro del fluido aumenta por dicha cantidad.” (Giancoli, 2004)

Principio de Bernoulli

“En esencia, el principio de Bernoulli afirma que donde la velocidad de un fluido es alta, la presión es baja, y donde la velocidad es baja, la presión es alta” (Giancoli, 2004)

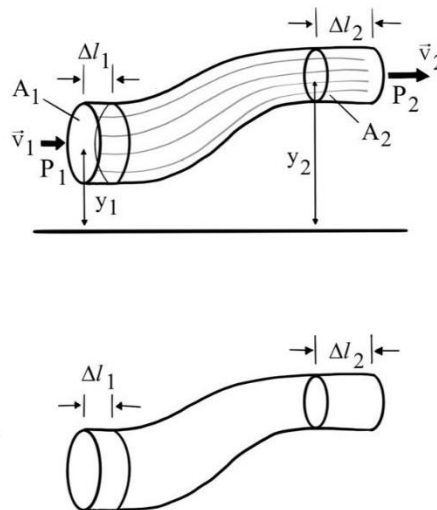
Suponiendo un flujo estacionario y laminar, de un fluido incompresible y de viscosidad despreciable, el cual fluye por un tubo de sección y altitud variable, se calcula el trabajo necesario para moverlo como se muestra en la figura A – B (Giancoli, 2004)

$$W1 = F1 \Delta l1 = P1A1\Delta l1$$

En el punto 2, el trabajo realizado corresponde a

$$W2 = - P2A2\Delta l2$$

Figura 106 - Flujo de un fluido: para deducir la ecuación de Bernoulli



Nota. Elaboración propia en base a “Flujo de un fluido: para deducir la ecuación de Bernoulli”, de Giancoli, 2004, Copyright.

Sustentación

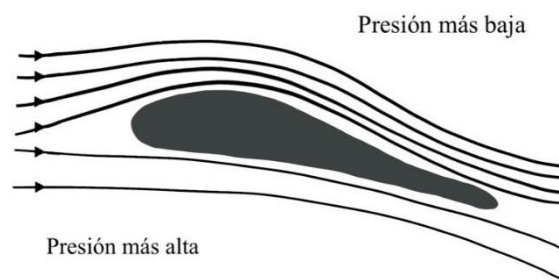
Un ejemplo que recurrente en esta investigación es el concepto de sustentación respecto a un ala de avión, slot o fuselajes, que según la explicación de (Giancoli, 2004) ocurre lo siguiente:

La sustentación a partir de un perfil alar ocurre cuando este se desplaza con una rapidez bastante mayor en relación con el aire y además se encuentra inclinada hacia arriba con un ángulo

de ataque no mayor a 15% (ángulo que evita las turbulencias) y con una forma tendiente a lo curvo, provoca que las líneas de corriente se desplacen por sobre el ala generando una diferencia de flujo. (Giancoli, 2004)

“El área para el flujo de aire entre dos líneas cualesquiera de corriente se reduce conforme las líneas de corriente se juntan, así que, a partir de la ecuación de continuidad ($A_1v_1 = A_2v_2$) la rapidez del aire aumenta sobre el ala donde las líneas de corriente están más juntas” (Giancoli, 2004) y “Puesto que la rapidez del aire es mayor sobre el ala que debajo de ella, la presión sobre el ala es menor que la presión debajo de ésta (principio de Bernoulli). De esta forma, existe una fuerza ascendente neta sobre el ala llamada sustentación dinámica. (Giancoli, 2004)

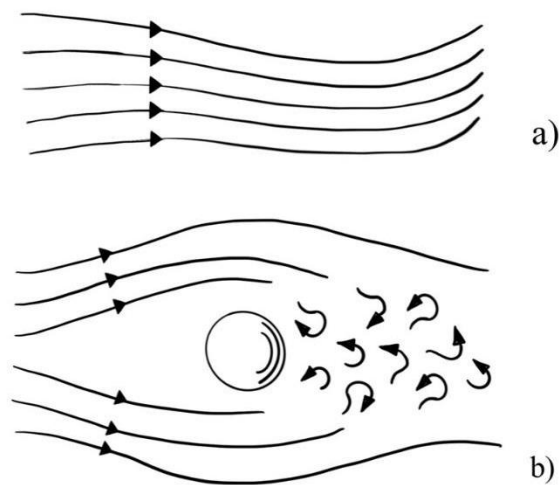
Figura 107 - Sustentación en un ala de avión



Nota. Elaboración propia en base a “Sustentación en un ala de avión. El marco de referencia está en el ala, desde donde se ve pasar el flujo de air”, de Giancoli, 2004, Copyright.

Dinámica de Fluidos

Figura 108 – Flujo laminar y flujo turbulento



Nota. Elaboración propia en base a “A. Flujo aerodinámico, o laminar; B. Flujo turbulento”, de Giancoli, 2004, Copyright.

Flujo laminar

“Si el flujo es suave, como el de las capas vecinas del fluido que se deslizan suavemente una sobre otra, se dice que el flujo es aerodinámico o laminar. En el flujo aerodinámico, cada partícula del fluido sigue una trayectoria suave, llamada línea de corriente, y dichas trayectorias no se cruzan entre sí” (Giancoli, 2004).

Flujo turbulento

“Más allá de cierta rapidez, el flujo se vuelve turbulento. El flujo turbulento está caracterizado por círculos erráticos, pequeños, en forma de torbellino llamados remolinos. Los remolinos absorben una gran cantidad de energía, y aunque cierta cantidad de fricción interna llamada viscosidad está presente incluso durante el flujo aerodinámico, es mucho mayor cuando el flujo es turbulento” (Giancoli, 2004).

Número de Reynolds

“Este número indica la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas de un fluido” (Osma, 2020). “Las fuerzas de inercia son aquellas que tiene cualquier cuerpo que

sufre una aceleración o una deceleración ...se puede expresar como $F_i = \rho \cdot v^2 \cdot L^2$, donde ρ es la densidad, v es la velocidad del fluido y L es una longitud” (Osma, 2020); “Las fuerzas viscosas son aquellas que se oponen al movimiento libre del fluido por el rozamiento interno de sus partículas ...Se puede expresar como $F_v = \mu \cdot L \cdot v$, donde μ es la viscosidad dinámica del fluido.” (Osma, 2020)

$$Re = \frac{F_i}{F_v} = \frac{\rho \cdot v^2 \cdot L^2}{\mu \cdot L \cdot v} \qquad Re = \frac{\rho \cdot v \cdot L}{\mu}$$

Simplificando la solución, si Re es mayor a 2300 se tratará de un flujo turbulento, lo cual indica que las fuerzas de inercia son tan grandes que la fuerza viscosa no logra mantener las partículas unidas y ordenadas como ocurre cuando el flujo es laminar.

Confort y Escala de Beaufort

“La escala de Beaufort es una medida empírica que relaciona la velocidad del viento con las condiciones observadas en el mar o en tierra. Su nombre completo es la escala de fuerza del viento de Beaufort” (*The Beaufort Wind Scale*, s. f.). Las mediciones se realizan con instrumentos meteorológicos a 10 metros por sobre el 0 de observación, por lo tanto, es usual considerar alrededor del 50% de la velocidad señalada en la tabla. La escala permite definir un rango de velocidades, para realizar simulaciones adaptadas a las condiciones de habitabilidad de cada nivel en la escala de Beaufort.

Figura 109 - Escala de Beaufort

Wind Force	Description	Wind Speed Km/H	Specification
0	Calm	<1	Smoke rises vertically. Sea like a mirror
1	Light Air	1-5	Direction shown by smoke drift but not by wind vanes. Sea rippled
2	Light Breeze	6-11	Wind felt on face; leaves rustle; wind vane moved by wind. Small wavelets on sea
3	Gentle Breexe	12-19	Leaves and small twigs in constant motion; light flags extended. Large wavelets on sea

4	Moderate Breeze	20-28	Raises dust and loose paper; small branches moved. Small waves, fairly frequent white horses
5	Fresh Breeze	29-38	Small trees in leaf begin to sway; crested wavelets form on inland waters. Moderate waves, many white horses
6	Strong Breeze	39-49	Large branches in motion; whistling heard in telegraph wires; umbrellas used with difficulty. Large waves, extensive foam crests
7	Near Gale	50-61	Whole trees in motion; inconvenience felt when walking against the wind. Foam blown in streaks across the sea
8	Gale	62-74	Twigs break off trees; generally impedes progress. Wave crests begin to break into spindrift
9	Strong Gale	75-88	Slight structural damage (chimney pots and slates removed). Wave crests topple over, and spray affects visibility
10	Storm	89-102	Seldom experienced inland; trees uprooted; considerable structural damage. Sea surface is largely white
11	Violent Storm	103-117	Very rarely experienced, accompanied by widespread damage. Medium-sized ships lost to view behind waves. Sea covered in white foam, visibility seriously affected
12	Hurricane	118+	Devastation. Air filled with foam and spray, very poor visibility

Nota. Adaptado de "The Beaufort Wind Scale", de www.rmets.org

Anexo 2 – Recopilatorio Concurso Escuela Naval

En este anexo se da cuenta del material revisado en la investigación, se trata de aproximadamente 22 tubos con láminas de dibujos, esquemas, planimetrías y estudios del desarrollo del proyecto. Toda la información encontrada se mantiene disponible en el Archivo histórico José Vial. Todos los derechos son reservados, reproducidos con permiso del director del archivo Jaime Reyes.

Se presentan a continuación los índices de contenido algunos de los cuales se encuentran contenidos en el repositorio.

Tubos con Láminas del Proyecto			
	Año	Código	Contenido
1	1955-56	18/1	Escuela Naval
2	1955-56	18/2	13 copias
3	1955-56	18/3	Antecedentes Técnicos (Vacío) (Encontrado en tubo sin nombre)
4	1955-56	18/4	Estudio según nuevas Bases
5	1955-56	18/5A	Antecedentes estudios
6	1955-56	18/5B	Sin nombre
7	1955-56	18/6B	Circulaciones
8	1955-56	18/7	Escuela Naval
9	1955-56	18/8A	Estudios en la escuela Arq
10	1955-56	18/10	Estudios de programa y dimensión de dependencias (Vacío)
11	1955-56	18/12	Cultura, Religión, Perspectivas Matemáticas
12	1973	18/13	Caminos Peatonales
13	1955-56	18/14	Sin nombre
14	1955-56	18/15	Sin nombre

15	1955-56	18/16	Planos Primera Presentación
16	1955-56	18/16	Escuela Naval
17	1955-56	18/17	Planos Originales
18	1955-56	18/18	10 Láminas Diamante
19	1955-56	18/19	Perspectivas Aéreas
20	-		3 Código 5 N5
21	-	2/8	V
22	-		Código 5

Nota. Elaboración propia

Imágenes y Fotografías en Flickr

	Nombre	Link
1	EN aer 57 - Aéreas Escuela Naval (I) - 55	https://flic.kr/p/NNYd4b
2	EN aer 57 - Aéreas Escuela Naval (I) - 56	https://flic.kr/p/2aSfgQW
3	EN aer 57 - Aéreas Escuela Naval (II) - 26	https://flic.kr/p/MbDMPt
4	EN aer 57 - Aéreas Escuela Naval (IV) - 11	https://flic.kr/p/2aWFMdZ
5	EN aer 57 - Aéreas Escuela Naval (IV) - 18	https://flic.kr/p/2aWFS6e
6	EN maq 57 - maquette - 02	https://flic.kr/p/5w7p2R
7	EN maq 57 - maquette - 05	https://flic.kr/p/5w7pav
8	EN maq 57 - maquette - 13	https://flic.kr/p/5w7pq8
9	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Arte del desarme - Presentación obras de Stand de exposición) - 03	https://flic.kr/p/fgJDMh
10	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Arte del desarme - Presentación obras de Stand de exposición) - 04	https://flic.kr/p/fguotT
11	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Arte del desarme - Presentación obras de Stand de exposición) - 05	https://flic.kr/p/fguoJ2

12	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Arte del desarme - Presentación obras de Stand de exposición) - 06	https://flic.kr/p/fgup26
13	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Arte del desarme - Presentación obras de Stand de exposición) - 08	https://flic.kr/p/fgJEsm
14	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Arte del desarme - Presentación obras de Stand de exposición) - 09	https://flic.kr/p/fgJEJo
15	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Arte del desarme - Presentación obras de Stand de exposición) - 10	https://flic.kr/p/fgupXP
16	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Arte del desarme - Presentación obras de Stand de exposición) - 11	https://flic.kr/p/fguqfv
17	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Arte del desarme - Presentación obras de Stand de exposición) - 13	https://flic.kr/p/fgJFEQ
18	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Arte del desarme - Presentación obras de Stand de exposición) - 16	https://flic.kr/p/fguqXP
19	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Arte del desarme - Presentación obras de Stand de exposición) - 20	https://flic.kr/p/fgJGuN
20	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Arte del desarme - Presentación obras de Stand de exposición) - 21	https://flic.kr/p/fgJGTq
21	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Arte del desarme - Presentación obras de Stand de exposición) - 23	https://flic.kr/p/fgJHfj
22	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Arte del desarme - Presentación obras de Stand de exposición) - 25	https://flic.kr/p/fgJHAG
23	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Arte del desarme - Presentación obras de Stand de exposición) - 29	https://flic.kr/p/fgusVr
24	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Arte del desarme - Presentación obras de Stand de exposición) - 34	https://flic.kr/p/fgusVr
25	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (construcción) - 019	https://flic.kr/p/ePupAd
26	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Despiezado N°2) - 05	https://flic.kr/p/feWo3y
27	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Despiezado N°2) - 15	https://flic.kr/p/feWpWh
28	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Despiezado N°2) - 16	https://flic.kr/p/feWqe7

29	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Despiezado N°2) - 28	https://flic.kr/p/feWrB7
30	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Despiezado N°2) - 29	https://flic.kr/p/feG9Vn
31	EN maq 57 - Maquette Escuela Naval (Despiezado N°2) - 33	https://flic.kr/p/feWsL5

Nota. Elaboración propia

Extractos de lectura

1958 Méndez F– Gráficos de experiencias con Agua 31/14

1958 Méndez F– Informe sobre la marcha de los estudios del viento 31/15b. (3)

- Se realizó durante el Taller de Investigaciones Arquitectónicas de la Escuela de Arquitectura. (Méndez, 1958c)
- Dos condiciones determinantes en el estudio de la forma.

“Una: el régimen de vientos existente en Playa Ancha lugar de ubicación del nuevo edificio

La otra: la necesidad de albergar actividades propuestas por el régimen de vida de la Escuela” (Méndez, 1958c)

- El terreno donde se ubicó el nuevo edificio presenta características de estar sometido a un régimen de viento casi constante, mayormente en Agosto, Septiembre y Octubre, proveniente del Sur y Sur-Oeste, presentándose en rachas intermitentes a ras de suelo, lo que resulta en un descenso de la temperatura. Lo cual para los requerimientos de uso de la obra es parte importante en la planificación. (Méndez, 1958c)
- “El proponerse el control del viento mediante las formas arquitectónicas, no ha sido, sino un primer paso, de pasar francamente a estudiar la arquitectura del viento” (Méndez, 1958c)

- A.1 Esta debía nacer del conocimiento del “como actúa el viento en un determinado lugar, y de las características propias de su acción. (Baja de temperatura, límites de la sensación de molestia), en cuanto actúa sobre las personas)” (Méndez, 1958c)
- “A.2 De establecer la problemática de sensaciones del viento; espacios en que se siente y recoge el viento controladamente como sensación, espacios sin viento, espacios que por necesidades de orden material requieren vientos determinados. (Ventilación, humos)” (Méndez, 1958c)
- “B.1 De establecer las constantes que deben tener las formas arquitectónicas, en edificios aislados, para regular y controlar la acción del viento”. (Méndez, 1958c)
- “B.2 Establecer las constantes que debe tener la planificación de conjuntos de edificios, regularizar y controlar la acción del viento”. (Méndez, 1958c)
“Disposición de los edificios del conjunto de una manera de crear zonas de dispensación del viento lo cual fue logrado adoptando formas de cierta curvatura”. (Méndez, 1958c)
- “Proponiendo un dispositivo arquitectónico, destinado a regularizar el viento. Este dispositivo recibió el nombre de Slot por analogía del dispositivo de los aviones cuyo régimen de trabajo se inspiraba. Este dispositivo creado para el proyecto de la EN no tiene ningún candidato”. (Méndez, 1958c)
- A. El viento al llegar a los edificios, primero según sea la forma que estos oponen al viento; lo conducen, determinando 2 condiciones: A. Cambio de Dirección; B. Cambio de velocidad. (Méndez, 1958c)
- B. Determinar la forma de un dispositivo arquitectónico que colocado en la cubierta de los edificios: A. Ordene las masas de viento en movimiento suprimiendo las turbulencias; B. Las conduzca creando una bóveda, que cubriendo

una zona, la libre de los efectos del viento; C. Consiguiendo y mejorando los efectos que se conseguirían si el edificio tuviera varios pisos más. (Méndez, 1958c)

Como Antecedentes se tuvo

- Experiencias de la aviación de los profesores Miguel Eyquem y Fabio Cruz. (Méndez, 1958c)
- Experiencias respecto a “cortavientos” utilizados en puentes de mando en buques. (Méndez, 1958c)
- Información del Technological Research Institute de Texas, publicadas en la revista Architectural Forum, Sept. 57(Méndez, 1958c)
- Normas respecto a la acción del viento sobre un terreno, consultadas al meteorólogo Sr Karl Schanz y diversas obras sobre la materia. (Méndez, 1958c)
- También fueron consultadas obras que se referían a las experiencias, túneles de viento, cámaras de humo. (Méndez, 1958c)
- Datos meteorológicos de la zona, según observaciones visuales y del Depto. meteorológico del belloto. (Méndez, 1958c)

Dos proposiciones

1. “Estudio sobre el comportamiento del viento al exterior, sobre diversos accidentes topográficos.” (Méndez, 1958c)
 2. “Estudio sobre el comportamiento del viento como fluido, sobre formas determinadas.” (Méndez, 1958c)
- “Se trata de observar cómo se desliza el viento sobre un terreno, los cambios de intensidad y dirección que sufren las masas de aire al encontrarse con los diversos accidentes topográficos con que se encuentren en el camino.” (Méndez, 1958c)

- Se analiza el cómo se ve, su trazado de forma cualitativa y cuantitativa, con el fin de establecer constantes y elementos que componen el fenómeno, interesando especialmente lo ocurrido entre el nivel +-0 y +12 sobre la altura en que se sitúa el observador. (Méndez, 1958c)
- La velocidad del viento que interesa se encuentra entre los grados 2 y 3 de Beaufort, lo que descarga los métodos e instrumentos tradicionales de medición meteorológica (Méndez, 1958c)
- Primero, se realizaron observaciones del paso del viento a pequeña escala con maquetas orográficas. (Méndez, 1958c)
- Segundo, se dispuso en el terreno una serie de varillas de alambre de 1 metro a la cual se le colgó una cinta de 20cm de largo en su extremo superior, lo cual permitió visualizar el efecto del viento en zonas determinadas. (Méndez, 1958c)
- Tercero, Se construyó una segunda maqueta que permitió determinar las zonas donde se ubicarían dichas banderillas. (Méndez, 1958c)
- Cuarto, se redujo las zonas de observación a zonas que estuvieran expuestas a todos los vientos dominantes. (Méndez, 1958c)
- Quinto, las observaciones fueron visuales y luego traducidas a gráficos. Se observó la dirección del viento y sus cambios, distinción de zonas incluyendo intensidad y turbulencias, sus rachas, ángulo con respecto a la horizontal, cambios bruscos. (Méndez, 1958c)
- Sexto, se observa el total de las banderillas para analizar el comportamiento de algunas rachas determinadas. (Méndez, 1958c)
- Séptimo, Se realizó una representación gráfica en dos ejes, lo cual fue expresado en planta y sección, y finalmente en perspectivas. (Méndez, 1958c)

- Del estudio de gráficos se pudo establecer zonas características con vientos ascendentes, zonas de calma producto de la vegetación, zonas de retorno hacia el mar. (Méndez, 1958c)
- Se ha establecido, una serie de planos con anotaciones de dirección del viento. (Méndez, 1958c)
- Surge la necesidad de simplificar la observación del número de banderillas y el empleo de la fotografía para la representación gráfica. (Méndez, 1958c)
- En el estudio no se tomaron datos de temperatura, materiales, ni humedad relativa, caudales de aire, ni velocidad. (Méndez, 1958c)
- El siguiente paso sería la verificación de los componentes que conforman la estructura. (Méndez, 1958c)

Estudio del Slot

- Se denomina “Slot” a el dispositivo destinado a controlar el viento, el cual opera de dos maneras: Ordena las masas de aire suprimiendo las turbulencias y Creando bóvedas libres de la acción del viento. (Méndez, 1958c)
- Esto busca obtener algún grado de eficiencia, al reemplazar con el elemento un aumento innecesario de construcciones que se opongan al viento para lograr el mismo resultado.
- Por otro lado, “está destinado a conseguir el mismo efecto que si el edificio o cuerpo tuviera una mayor altura total” (Méndez, 1958c)
- Se prueba el slot, proyectándolo en conjunto con pruebas de corrientes de aire y humo, para lo cual se construyen maquetas, y un túnel de viento en donde se prueban a distintas velocidades. Por otra parte, también se realizan pruebas en bateas de experimentación con agua, dado que según las leyes de los fluidos el

aire y el agua se comportan de forma similar a bajas velocidades. (Méndez, 1958c)

- Se construyen formas geométricas simples en aluminio y luego los perfiles que reproducían las formas de slot las cuales se observan para comprender las zonas de afectación del fluido de agua o humo. (Méndez, 1958c)
- La representación gráfica, se realiza de la misma dimensión de la Batea y el túnel de viento, en una grilla idéntica, allí se trazaron las formas observadas. (Méndez, 1958c)
- Para la prueba cuantitativa se debe agregar la medición de la velocidad de escurrimiento del agua, caudal y temperatura, en el caso del humo, velocidad del aire, caudal y temperatura interior de la cámara. (Méndez, 1958c)
- Respecto a las formas, la altura del elemento en su parte anterior, central y posterior, la variación de inclinación de la parte superior, la variación del tubo Venturi y la verificación de una forma “ideal” (Méndez, 1958c)
- Como conclusiones se ha revisado el hecho de que desde las pruebas cualitativas se puede avanzar a pruebas cuantitativas. Se ha avanzado en el diseño de formas, que permiten trazar un panorama de problemas y nuevas experiencias a realizarse y por tanto que las hipótesis propuestas se puedan comprobar. (Méndez, 1958c)

1958 Méndez F– Escritos manuscritos del estudio del viento y cuaderno original de Francisco Méndez 31/16a.

1. Experiencias en el túnel de viento y en la batea con agua

- Como experiencia mínima se experimenta primero con elementos verticales rectangulares en tres medidas, con dichos datos se crea un gráfico que muestra la proyección de la curva según el alto del edificio. (Méndez, 1958b)

- En un segundo paso, se agrega el slot variando la curvatura de mayor a menor, del cual se observa en el fluido cual es la magnitud y forma que adquiere el viento. (Méndez, 1958b)
- De acuerdo con la curva del slot, el máximo se encuentra cuando el viento se lanza de forma vertical, y el mínimo cuando se lanza de forma horizontal. Las posibilidades son corregidas por la experiencia. (Méndez, 1958b)
- El slot presenta dificultades en dos ocasiones, cuando hay mucho y poco viento, cuando se trata de exceso se forman turbulencias tan grandes que no permiten el acceso al Venturi, y cuando no es suficiente, el viento toma la vertical del edificio también obstruyendo el Venturi. (Méndez, 1958b)
- Se toma como solución la colocación de una pestaña de succión que sobresalga del plano para los vientos de pequeña intensidad. (Méndez, 1958b)
- Como tercera variación se cambia la relación de diámetro de entrada y salida, manteniendo constante la curvatura, con esto también varía la velocidad interna del flujo. (Méndez, 1958b)

1958 Méndez F– Acción del viento sobre la arquitectura 31/16b.

- “Hasta el momento se han efectuado en diversas partes del mundo, estudios parciales que tocan o están incluidos en esta investigación. Por ejemplo, el problema del humo arrastrado por el viento, se ha estudiado en diversas ciudades (Paris, Londres, Pittsburgh). Se ha hecho estudios de deflectores estáticos para usos industriales. Se está realizando en Texas una investigación sobre la influencia que ejercen sobre el flujo laminar, volúmenes edificados. Pero nunca se ha encarado el estudio del viento como un factor importante de la planificación arquitectónica”(Méndez, 1958a)

- El estudio pretende contribuir a remediar dicha situación, sobre los espacios planificados al exterior y sometidos por la acción del viento. Incorporando el viento en la planificación urbana tanto como acción climática, como en su aspecto de una nueva especialidad arquitectónica. (Méndez, 1958a)
- Los estudios se han desarrollado en dos líneas:
 1. La primera investigando el comportamiento del viento a ras de suelo sometido a los accidentes topográficos y volúmenes edificados. Se busca “establecer las leyes y normas de comportamiento del viento a través de espacios edificados, establecer –planos de viento- en zonas urbanas. (Méndez, 1958a)
 2. La segunda trata la comprobación cualitativa y cuantitativa de las características de un dispositivo arquitectónico (slot) destinado a ser colocado sobre la cubierta de los edificios, con el fin de controlar y dirigir el viento para producir zonas de calma al exterior. (Méndez, 1958a)
- El estudio se desarrolló con instrumentos construidos por el taller, túnel de viento y batea de experimentación hidráulica. La falta de un laboratorio y especialistas impide seguir adelante con la comprobación cuantitativa. (Méndez, 1958a)
- El laboratorio de “Mecanique experimentale des Fluides” dependiente del “Institut Henri Poincaré Cyr-l’scole” y el “Institut d’Aerotechniques” de (Saint Cyr-l ‘Ecole) cuentan con lo necesario para continuar con dichos estudios. Por otro lado “Establissements de’Etudes et Recherches Meteorologiques (l.quai Branly)” y el “Institut de Geographie” con su “Centre de Documentation Cartographique (191, rue St. Jacques)” son los institutos que pueden confrontar nuestros estudios con similares europeos y con nuestras proposiciones al respecto. (Méndez, 1958a)

2007 Ureta – Carpeta de tesis: El proyecto de la escuela naval del instituto de Arquitectura de Valparaíso.

- Acta Concurso
- Rollo 1805 Ucv
- Rollo 1820 y Fotomaquetas
- Apuntes viento
- Carpeta viento
- Audios
- Revista What is a Design

Anexo 3 – Recopilatorio Hospedería del Errante

Carpetas de proyecto				
	Año	Código	Título	Colaboradores
1	1992		Tesis del Arquitecto orfebre “Teoría”	Taller 5 Año
2	1995-96-98-99	Fondecyt 1980307	Hospedería del Errante Tomo 1 y 2	
3	1995	Fondecyt 1941189	Tomo 1: Campos de abstracción, faenas iniciales, tijerales, desarrollo de maquetas	
4	1995	Fondecyt 1941189	Tomo 2: Elementos techumbre y vitral	
5	1995	Fondecyt 1941189	Tomo 3: Elementos Tobera-Galería y Deflector	
6	1995	Fondecyt 1941189	Tomo 4: Lugares rincón de estudio, escalera y atelier	
7	1996	Fondecyt 1941189	Tomo 5: Campos de abstracción, elemento vitral, lucarna norte y techumbre, celosía, rincón de estudio y conector norte, rincón de estar	
8	1996	Fondecyt 1941189	Tomo 6: Conector S-W, Ventilación y puerta de servicio, puerta-pórtico, celosía de cierre vacío central, elemento cornisa, sistema de aguas lluvia, fenestración tobera	
9	1997		Hospedería del Errante, Obra experimental en la ciudad abierta Tomo 1 y 2, Carpeta registro proyecto DGI	Bruno Barla
10	1998-99	Fondecyt 1980307	Cierre de lo inconcluso de la Hospedería del Errante, Informe final proyecto Fondecyt	Manuel Martin Juan C Jeldes
11	1995-96		Estudio aerodinámica de la hospedería del errante	
12	1998	Fondecyt 1980307	Carpeta registro N1 y N3 Proyecto hospedería del errante	

Nota. Elaboración propia

Imágenes y Fotografías en Flickr

	Nombre	Link
1	CAO err 02 - 005 - Hospedería del Errante (construcción varios)	https://flic.kr/p/26RANr3
2	CAO err 02 - 011 - Hospedería del Errante (construcción varios)	https://flic.kr/p/24aRwSm
3	CAO err 02 - 014 - Hospedería del Errante (construcción varios)	https://flic.kr/p/HgzPzH
4	CAO err 02 - 021 - Hospedería del Errante (construcción varios)	https://flic.kr/p/25y4Gdg
5	CAO err 02 - 038 - Hospedería del Errante (construcción varios)	https://flic.kr/p/26RAF7o

6	CAO err 02 - 056 - Hospedería del Errante (construcción varios)	https://flic.kr/p/24aRr9Y
7	CAO err 02 - 072 - Hospedería del Errante (construcción varios)	https://flic.kr/p/JMMZnh
8	CAO err 02 - 092 - Hospedería del Errante (construcción varios)	https://flic.kr/p/25Q2Rk1
9	CAO err 02 - 149 - Hospedería del Errante (esquemas viento y croquis)	https://flic.kr/p/279mSjm
10	CAO err 02 - 150 - Hospedería del Errante (esquemas viento y croquis)	https://flic.kr/p/JzQVci
11	CAO err 02 - 151 - Hospedería del Errante (esquemas viento y croquis)	https://flic.kr/p/279mSgL
12	CAO err 02 - 152 - Hospedería del Errante (esquemas viento y croquis)	https://flic.kr/p/JzQV8k
13	CAO err 02 - 154 - Hospedería del Errante (esquemas viento y croquis)	https://flic.kr/p/JzQV4H
14	CAO err 02 - 155 - Hospedería del Errante (esquemas viento y croquis)	https://flic.kr/p/279mSad
15	CAO err 02 - 156 - Hospedería del Errante (esquemas viento y croquis)	https://flic.kr/p/JzQV3a
16	CAO err 02 - 157 - Hospedería del Errante (esquemas viento y croquis)	https://flic.kr/p/279mS8E
17	CAO err 02 - 158 - Hospedería del Errante (esquemas viento y croquis)	https://flic.kr/p/26S9oxv
18	CAO err 02 - 159 - Hospedería del Errante (esquemas viento y croquis)	https://flic.kr/p/JzQV16
19	CAO err 02 - 160 - Hospedería del Errante (esquemas viento y croquis)	https://flic.kr/p/26S9otH
20	CAO err 02 - 161 - Hospedería del Errante (esquemas viento y croquis)	https://flic.kr/p/28eMeFR
21	CAO err 02 - 162 - Hospedería del Errante (esquemas viento y croquis)	https://flic.kr/p/279mS4b
22	CAO err 02 - 163 - Hospedería del Errante (esquemas viento y croquis)	https://flic.kr/p/L6QUts
23	CAO err 02 - 164 - Hospedería del Errante (esquemas viento y croquis)	https://flic.kr/p/JzQUWZ
24	CAO err 04 - Hospedería del Errante - 048	https://flic.kr/p/5GovBM
25	CAO err 04 - Hospedería del Errante - 052	https://flic.kr/p/5GovLg
26	CAO err 04 - Hospedería del Errante - 055	https://flic.kr/p/5GsNyu

Nota. Elaboración propia

Extractos de lectura

1981 – Primer comienzo

1987 Casanueva M – Revista CA 48: Torneos (Pag 58-61).

Este fragmento es señalado en la tesis del arquitecto orfebre.

- “La aparición de “terribilita” corpórea hoy reside en investimentas de velocidad. Una vez resuelta la solidez del aire: los bólidos (despojados de una plástica mecanicista) surgen bajo resplandecientes fuselajes. Esas máquinas elogian la conquista del número de Reynolds y son la suprema expresión de la orfebrería moderna.” (Casanueva, 1987)
- “Los artefactos terrestres que postulan a la velocidad han entrado en simbiosis con los bólidos aéreos” (Casanueva, 1987)
- Hay una similitud en el proceso evolutivo de este artefacto con el de la aviación y contiene un abismo conceptual equivalente: la liviandad (zepelines = bicicletas de titanio) y la sustentación que construye ir a través del aire (sustentación alar= penetración de la bicicleta de Moser) (Casanueva, 1987)
- El teorema de Bernoulli es así “un romance molecular”. Lo cierto es que lo contemporáneo revela cada vez más un eros de apaciguamiento molecular. Estos fuselajes brillantes tratan el aire como lo ha hecho en la naturaleza la pluma, conformadora del matrimonio de los cuerpos con el aire. (Casanueva, 1987)
- “Pues la belleza de los productos de la técnica, precisamente por la producción, es efímera y estará siempre a un tris de ser relegada a colecciones de curiosidades por un producto de mejor rendimiento (y así sucesivamente). Sin embargo[sic] el signo de hoy es el aire, donde la arquitectura podrá encontrar la trascendencia que encontró en la luz.” (Casanueva, 1987)

1992 Casanueva M– Tesis del arquitecto orfebre.

- “La tesis toca de paso el tema controversial de la postura arquitectura ante la Técnica y las Tecnologías. Un aspecto e la controversia se debe al debate entre los materiales privilegiados y “el cualquier material” lo cual puede graficarse como la “postura tipo Van Der Rohe” y la “postura abierta”. (Casanueva, 1992)
- La ubicuidad del tecnólogo procede por mimetismo: junto al concierto técnico-científico de la ingeniería mayor mencionada se lo desenmascara por su poco trato con la masa; el observador descubre la sordidez de la forma en dimensiones que quisieran postular a la esbeltez. (Casanueva, 1992)
- El requerimiento de especialización en lo tecnológico es la antítesis de “Dar Cabida” por lo que el espacio tecnológico es un no-interior, al proliferar en divergencia es pura expansión, la que genera sus propias leyes de ubicuidad. (Casanueva, 1992)
- “La Arquitectura entendida como “ARJE-TECNE”, es la técnica originaria o bien el origen de la Técnica, luego ella, (la técnica) requiere un origen para serlo y tener sentido, precisamente por ser un medio y no un fin (*)” (Casanueva, 1992)
- “La “Tecné” intermedia la idea de mundo y su materialización (sentido)” (Casanueva, 1992)
- “El “Arjé” es entonces esa idea, que en la condición del hombre significa cada vez; la Arjé-Tecné es el ejercicio de la renovación del mundo o POIESIS. (Casanueva, 1992)
- La tecnología no es otra cosa que la producción de herramientas y materiales y en consecuencia se supedita a la técnica. Un fenómeno contemporáneo es que la tecnología se ha vuelto cabeza de serie y supedita al arte y la ciencia (T. Molinar) (Casanueva, 1992)

- El caso arquitectónico que se tiene como referencia para la tesis es el pabellón de exposición para un evento anual de la Fidae, se hace mención a que este también tendría relación con el “Pabellón Phillips” y la “Casa Olivetti” (Casanueva, 1992)
- “Estos pabellones de la “Fidae” serán distantes de “la muestra”, lo propiamente técnico de la innovación será la concepción de una envolvente, como en las referencias anteriores. Esta envolvente tratará la relación con lo sólido y lo fluido” (Casanueva, 1992)
- “El elemento de la Tecné serán los Fuselajes, otros, aquellos que median la luz, el clima y el sonido, aquellos que tienen ubicación, orientación, tamaño y género arquitectónico” (Casanueva, 1992)
- Luego se refiere a lo fuselado, en cuanto pareciera que al observar las formas que tienen los aviones y autos deportivos, se concluye que sus diseños han “aproximado la materia de la luz u del aire, lo que se traduce al ojo en nuevas materialidades corpóreas, por ejemplo: El material luminoso aéreo” (Casanueva, 1992)
- “Se trata de los fuselajes: elementos de la Tecné que pueden tener diversos propósitos o roles, como la unidad de separación de la materia en una gota de agua, una burbuja o en una pluma. Estos elementos se hacen extensivos a los artefactos hasta la perfección, como en el caso del violín de Steiner, o bien dan cuenta de una teoría de la forma, como el caso del pasamanos barroco en el mármol de la Pinacoteca Ambrosiana (*) (y su terminal en voluta)” (Casanueva, 1992)
- “El arquitecto orfebre no tiene un proceder artesanal ni supra-artesanal, sino teórico-fáctico, es decir que abarca el rango desde la concepción (mental) hasta la materialización física de la forma que da lugar al espacio.” (Casanueva, 1992)

- “El arquitecto orfebre es un constructor de fuselajes en torno a un vacío en los que se debate fundamentalmente tres condiciones de modernidad”: (Casanueva, 1992)
 - a. La condición de “Dar Cabida”, el gobierno del aire en los cuerpos fusiformes y sus inversos, debate de “Edros y Oides”
 - b. La condición del “Cubo” y lo cubico como arquetipo formal e histórico
 - c. El modelo de movilidad “ir-estando”, “estar yendo”, Extender el dar cabida”

1994 Casanueva M– Estudio de la aerodinámica de la hospedería del errante

- “Es en este requerimiento del oficio que exige un trato de la envolvente con su entorno fluido, para cualificar el vacío de la obra que se aborda. El estudio de un fluido que es el viento, el cual dada la ubicación de la obra en los terrenos de la ciudad abierta es por una parte, agente provocador de corrosión y por otra, aporta la energía aerodinámica apta para el barrido de la radiación de muros y techumbre”. (Casanueva et al., 1995)
- El estudio se basa en los conceptos básicos de la aerodinámica, sobre los flujos laminares y turbulentos, las capas de aire, rugosidad de la superficie entre otros. Se aplican también los teoremas de Bernoulli, Venturi, Número de Reynolds, Zona de Eddy y los efectos de la circulación. (Casanueva et al., 1995)

1995 Casanueva M– Desarrollo en el espacio constructivo de elementos técnico-arquitectónicos que gradúan las energías de la intemperie. Fondecyt N 1941189

Tomo 1: Campos de abstracción - Faenas iniciales - Tijerales - Desarrollo de Maquetas

- “Las celosías mencionadas en el proyecto de configuran para un control de la luz y los fuselajes para el control de la energía del aerodinámica en un lugar extenso y abierto como son los terrenos de la Ciudad Abierta” (Casanueva, 1995a)

- “Para este proyecto los fuselajes deberán expresarse en los parámetros de la envolvente y la techumbre. (Casanueva, 1995a)
- La extensión actual de ciudades-región, la extensión en altura y la ocupación de lugares abiertos, requieren del arquitecto un trato de las envolventes solidas con el entorno fluido – vientos, lluvia – porque también el Dar cabida es DAR TEMPERIE” (Casanueva, 1995a)
- Se señalan los cuatro elementos que conforman la envolvente exterior: Deflector Aerodinámico, Techumbre, Tobera Pórtico y Vitral.
- El proceso comienza con los campos de Abstracción, luego la concepción de elementos en modelos y luego verificándolos de forma cuantitativa según su comportamiento aerodinámico y solar. (Casanueva, 1995a)

Tomo 3: Elementos Tobera-Galería y Deflector

- Se busca proyectar un elemento arquitectónico que permita manejar los vientos predominantes, moldeándolo según áreas de alta y baja presión, para generar zonas templadas. (Casanueva, 1995b)
- Para esto se proponen distintos deflectores e incluida una tobera que permita generar un barrido térmico en la techumbre, este último quedó obsoleto dado que la techumbre no se concibió con un ducto que permitiera el flujo interno. (Casanueva, 1995b)
- El control aerodinámico se realizó a través de cuerpos “fusiformes” o formas tendientes a lo curvo con cuatro elementos de aproximación: Zona de baja presión; Efecto rampa; Encajonamiento; Ángulos cuchilla. (Casanueva, 1995b)
- “El estudio se origina a partir de la identificación de dos tipos de cuerpos, debate que plantea la tesis del A.O., los llamados cuerpos francos, buenos para habitar

malos para una relación con el aire y los cupos fusiformes, cuerpos buenos para su relación con el aire y malos para habitar.” (Casanueva, 1995b)

- “La cara sur junto con la sur-oeste de la hospedería son las fachadas que se oponen al roce del viento predominante” (Casanueva, 1995b)
- Se realiza una experiencia con una malla de 1cm de retícula impactada contra un cubo que la deforma, de la cual se extrae un fragmento de manto que permite deflechar la corriente.

2019 Millán – De la poesía a la experimentación: La Hospedería del errante en Ciudad Abierta

- “Todas las soluciones adoptadas en la obra fueron en primer lugar verificadas experimentalmente, desarrollando maquetas a escala 1:25 y 1:10 para ser analizadas en el túnel de viento o aplicando nuevos materiales que serían sometidos a procesos de profunda erosión” (Millán, 2019)
- “En la zona superior de la tobera existe una zona de baja presión, debido al cambio de dirección brusco de las superficies de la estructura. Las aristas y las caras en ángulo son anti-aerodinámicas. Esto implica que en esa zona hayan entrado turbulencias que se repetirán a lo largo de todo el techo. Es probable la necesidad de un perfil alar en todo el borde superior de la tobera. (Millán, 2019)
- “La fachada sur la componen cuatro deflectores. Cada uno de ellos responde a un requerimiento interior y exterior, teniendo como constante el ángulo de deflección el cual es simultáneamente ángulo de arriostamiento. Un fuselaje se constituye como tal cuando el trato con la trama molecular del aire no es violentada. Inversamente, es cada vez más considerado un trato molecular aerodinámico ordenador, idea más avanzada que el número de Reynolds. La diferencia que

puede haber de esta obra respecto de otras es que trata la aerodinámica en forma explícita o bien en forma expresiva” (Casanueva en Millán, 2019)

- Los cerramientos exteriores fueron entendidos como el fuselaje de un avión y como tales se desarrollaron muy diferentes los que estaban orientados a un lado de los que lo estaban al otro. Todo el frente norte del edificio se cerró con ferro cemento (hormigón armado), dejando unas mínimas aperturas, geométricamente estudiadas, para la entrada de luz sin que se alterara la capacidad disipadora de este cerramiento. La fachada sur fue la antítesis de la fachada norte. Así, si en la cara más azotada por el viento se hablaba de fuselaje, en la orientada al sur se hablaba de celosía para hacer lo propio con el sol. (Millán, 2019)

Anexo 4 – Recopilatorio Casa de los nombres**Imágenes y Fotografías en Flickr**

	Nombre	Link
1	EX ina 92 - Expo 40 años (inauguración) - 031	https://flic.kr/p/bB9p7u
2	TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 006	https://flic.kr/p/73K1AW
3	TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 034	https://flic.kr/p/73F5LT
4	TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 047	https://flic.kr/p/73F7AT
5	TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 048	https://flic.kr/p/73K5XW
6	TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 053	https://flic.kr/p/73K6pJ
7	TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 055	https://flic.kr/p/73F8ri
8	TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 056	https://flic.kr/p/73K6TU
9	TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 059	https://flic.kr/p/73F9jp
10	TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 060	https://flic.kr/p/73F9yH
11	TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 072	https://flic.kr/p/73Fbri
12	TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 084	https://flic.kr/p/73Kbq5
13	TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 089	https://flic.kr/p/73FdMt
14	TRA nom 92 - Casa de los Nombres - 092	https://flic.kr/p/73Kciu

Nota. Elaboración propia

Extractos de Lectura

1993 Ivelic – Set Planimétrico Casa de los Nombres

1996 Rykwert – The Road that is Not a Road and the Open City, Ritoque, Chile

- “Este es el sitio de la Casa de los Nombres, que es el único edificio, hasta la fecha, construido en la arena cruda completamente abierto a las fuerzas de los vientos, el consiguiente movimiento de las arenas, el paso sin sombras del sol y la claridad del cielo nocturno. Se trata de una sala construida bajo la superficie de la duna para albergar a cuatrocientas personas como espacio de reunión y exposición.

Discutido, elaborado y planificado logísticamente durante dos años, se construyó en ocho semanas en las que cuatrocientas personas trabajaron de forma continua.” (Pendleton-Jullian et al., 1996)

- “Para crear la habitación, primero se cartografió su área sobre la superficie de la duna no mediante postes y cuerdas, sino mediante la colocación de cuerpos dentro del sitio: veintinueve personas, veintinueve nombres. Luego, una cuadrícula de veintinueve pilares de hormigón, de siete metros y medio de altura, se clavó en la arena en cada lugar hasta que la parte superior quedó al nivel de la superficie convexa de la duna. La arena fue excavada para crear un cuenco cóncavo para el volumen de la habitación. Se tuvo que quitar un pilar para dejar un pequeño espacio para la retroexcavadora en el que maniobrar.” (Pendleton-Jullian et al., 1996)
- “El pilar nunca fue reemplazado, y su ausencia permanece en el espacio. Una vez que se santificó la sala y se estabilizaron los pilares, se colocaron las vigas de madera y cables, y se colocó una cubierta de tela industrial de fibra de vidrio sobre la estructura. La habitación debajo de la cubierta es espaciosa y llena de luz, y se abre hacia el lado de sotavento.” (Pendleton-Jullian et al., 1996)
- “Mientras que los pilares mapean físicamente la superficie de la duna tal como era en el momento de su excavación, ya que las dunas siempre están en movimiento, el techo recrea, representa, reformula los fenómenos formales y físicos de la duna.” (Pendleton-Jullian et al., 1996)
- “Al mismo tiempo, se trata de la luz, opaca o translúcida, del reflejo y la refracción, del agua de lluvia que se canaliza a lo largo de las vigas, de la arena, su calor y luz, del viento y su voz, de la congregación y sus voces, del movimiento nómada de la gente por las dunas, por estar bajo la duna, por el cielo nocturno desde una

posición privilegiada en la playa. Y, sin quererlo, de la imprevisibilidad de los vientos que hacen lo que menos esperas, cuando menos lo esperas: la sala se orientó de acuerdo con la dirección prominente de los vientos costeros para que la entrada quedara despejada y protegida de la migración de la arena.” (Pendleton-Jullian et al., 1996)

- “Sin embargo, después de ser construida, se descubrió que los vientos no siempre son lo que parecen, y por lo tanto la arena, con voluntad propia, ingresa a la habitación en lugares peculiares.” (Pendleton-Jullian et al., 1996)

2000 Alfieri – La ciudad Abierta

2003 Pérez de Arce– Escuela de Valparaíso grupo ciudad abierta

- La arena comparece aquí en pleno protagonismo, sea porque configura la topografía dominante, sea porque, junto con el viento, desafía la estabilidad de cualquier construcción, sea porque su luminosidad implacable y dura exige actitudes precisas de proyecto, sea porque, en cuanto obstáculo al tránsito de las personas, constituye una improbable base para una obra de arquitectura...
Enfrentados a la aparente contradicción de encarar la duna a la vez como acontecimiento arquitectónico y como obstáculo, se optó por acogerse a las geometrías dibujadas por el viento, es decir, a aquellas ondulaciones reconocibles en la topografía natural como “oleaje natural de las arenas” (Pérez de Arce & Pérez, 2003)
- La obra se implantó sobre una leve depresión del terreno. Una vez reconocida su posible coronación se definió un manto superior consistente en un sistema de cubiertas compuesto por casquetes de planta cuadrangular: ese criterio permitió trazar y construir desde la coronación hacia la base. El trazado se realizó mediante una retícula transportable de cáñamo plástico. (Pérez de Arce & Pérez, 2003)

- Trama cuyos nudos de encuentro varían entre ángulos de 90° y 63°. Montados sobre pilares los 20 casquetes indeformables cubrieron la superficie cuyos suelos mantuvieron sus niveles naturales, excepto en el anillo perimetral, en el cual se instalaron losetas prefabricadas de hormigón afianzando la corona de borde según una pendiente aerodinámica establecida de manera empírica. (Pérez de Arce & Pérez, 2003)
- Los casquetes se realizaron en malla negra y una membrana de polietileno. Unidos entre ellos por canales para aguas de lluvia en plástico traslucido, construyen una cubierta de luz negra y nervios luminosos. Entre la cubierta y el anillo opaco perimetral se construyó un faldón entablado que recorre tres caras de la planta. La cuarta cara, su plano de acceso, fue erigida de espaldas al mar, mediante paneles verticales de madera provistos de membranas traslucidas. Una vez lograda la protección del viento se excavo la arena hasta obtener los niveles definitivos. Como resultado, desde fuera la obra se presenta opaca y compacta – excepto bajo la luz artificial y las luces rasantes- Y en continuidad con las lomas de arena. El vacío interior se ofrece en cambio, como un despliegue de figuras lineales, columnas, nervios estructurales, tramas y líneas de luz bajo la cubierta negra, traslucida, densa como una nube de temporal. (Pérez de Arce & Pérez, 2003)

2005 Moya – La Casa de los Nombres. Una Obra en Ronda

- Es pues un terreno de características particulares, ya que los vientos constantemente mantienen en movimiento la arena, haciendo que la duna cambie de forma a medida que pasa el tiempo. (Moya, 2005)
- La cubierta envolvente es la mayor parte de la obra, le da continuidad a la morfología de las dunas, sustituyendo con vacío toda el área de intervención.

“Ella trata de ser una prolongación con la duna y pretende que el viento la envuelva y la sobrepase. Que fluya sobre si, de forma de no interrumpir su continuidad. (Moya, 2005)

2015 e[ad] – Carpeta Exposición Bruselas

1997 De Carlo- Spazio e società - Space&society 80

- Desde donde el viento dominante del suroeste las arrastra hacia el interior, configurando un relieve de dunas. (De Carlo, 1997)
- Una cubierta exterior envolvente como protección contra el viento (De Carlo, 1997)
- El perímetro poligonal de la planta está excavado en la arena: su forma es generada por la intersección de la planta inclinada a 33° que conecta los bordes del revestimiento con la superficie natural de la duna. Este ángulo de incidencia no altera el flujo del viento, evitando así que los cimientos queden desnudos. (De Carlo, 1997)
- Pensamos en crear una especie de membrana o manto exterior cuyo perfil fuera el aerodinámico y así evitar modificar la geometría de las dunas o producir consecuencias inesperadas. (De Carlo, 1997)
- “Levantar un edificio en la arena con el problema adicional de fuertes ráfagas de viento no es fácil. Cualquier cuerpo sólido, por pequeño que sea, genera vórtices y turbulencias que modifican la topografía circundante y acaban por descubrir los cimientos.” (De Carlo, 1997)

Anexo 5 – Estudios de la e[ad]

1978 Juan Baixas – Cristian Rawlins– Molino de viento - Bomba de Agua

- El molino construido por taller de diseño industrial 1794, se trata de una versión con eje vertical el cual basa su movimiento en la resistencia generada ante el viento, muy similar a los anemómetros de media esfera. (Rawlins & Baixas, 1978)
- Se menciona la forma currentilinia como aquella que, siendo un cuerpo opuesto al viento, permite su flujo por sus laterales de forma aerodinámica, similar a la forma de una gota, esta, sin embargo, no permite la sustentación, para lo cual se arquea para generar una diferencia de presión entre un lado y otro de la forma, el ángulo en que se realiza la curva debe ser estudiado ya que genera turbulencias en la cola del perfil. (Rawlins & Baixas, 1978)

- Ángulo de ataque en la relación de sustentación y en el arrastre:

El ángulo de ataque está formado por la cuerda que une el borde de fuga y el punto más bajo del ángulo de ataque con la línea de dirección del viento. (Rawlins & Baixas, 1978)

- Este ángulo determina para una misma velocidad del fluido, cual es la magnitud y ubicación de las presiones. (Rawlins & Baixas, 1978)

- Molinos de eje vertical “Sandia” Dep Energía Estados Unidos

- Molino vertical Albuquerque New México

- Sail Wing – Ala Vela

- Volantín Rogallo

- Geometría de circulaciones M4

- Gráfico de ángulos de ataque
- Perfil aerodinámico de geometría variable
- Geometría de una veleta tipo del M4

1980 Baixas Juan, Eyquem Miguel, Carrasco Ricardo – Aeronave de vuelo a gran altura

- Avión no tripulado de reconocimiento Atmosférico, basado en el modelo Mini-Sniffer.
- *El proyecto se desarrolló en torno a la construcción del modelo, más que en su estudio aerodinámico. (Baixas et al., 1980)

1980 Baixas Juan, Eyquem Miguel, Molina Francisco – Motovelero de carcasa rígida.

- Según Canard 2FL
- Aerodinámica de lo Autosustentable
- Se realiza un estudio sobre la construcción de una Hélice, la cual considera principalmente el “paso” para su construcción, de este se puede resolver el ángulo de ataque que se asigna a cada sección alar de la Hélice, este “paso” está determinado por el Coeficiente de Performance según el empuje requerido. (Molina et al., 1980)
- Se consideran varios perfiles alares de los cuales se selecciona uno con un coeficiente de resistencia menor. Entre ellos:

Perfil Antiguo

Perfil Subsónico

Laminar

Supersónicos

Clark Y

Otro tipo Rombo (Sin título)

1980 Baixas Juan, Eyquem Miguel, Gonzales Ricardo – Planeador Biplaza

Instrucción Acrobacias

- Se considera para el proyecto una altura de fuselaje determinada por la posición de visibilidad del segundo piloto. (Gonzalez et al., 1980)
- Proposición de una forma Ahusada, mínima resistencia al flujo. (Gonzalez et al., 1980)
- Ancho máximo determinado por la movilidad interior, acceso y resistencia al aire (Drag). (Gonzalez et al., 1980)
- El Empenaje se determinó para conseguir estabilidad, empleando planos aerodinámicos ya estudiados, para dirección y profundidad. (Gonzalez et al., 1980)
- El Ala, la ejecución de una baja velocidad de stall, sin flaps. (Gonzalez et al., 1980)
- El perfil del ala se basó en uno con poco Drag y buena sustentación, además se le dio flecha, de manera de disminuir el fuselaje. (Gonzalez et al., 1980)
- En comparativa el modelo se encuentra entre un planeador Twin Astir y un Blanik de instrucción. (Gonzalez et al., 1980)
- Se consideran Timón, Timón de Dirección, Alerones, Spoilers. (Gonzalez et al., 1980)

1983 Baixas Juan, Eyquem Miguel, Vidal Alejandro – Planeador American Eaglet

- El estudio se basa en todo el proceso constructivo del modelo Eaglet en el cual se introducen modificaciones funcionales. (Baixas et al., 1983)

1980 Casanueva M– Aerodinámica - Ventilación Curso de construcción II

1981 Casanueva M– Efectos Aerodinámicos del viento en los edificios

1992 Eyquem M– Experiencias con el viento en ciudad abierta.

- “En esta experiencia esta propuesto como condición N° 1 la conservación de la “vida” de la duna, vale decir, no alterar su régimen natural de vaivén que la mantiene viva, en continuo movimiento” (Eyquem, 1992)
- “Para el caso de Ritoque nos encontramos con una duna ya bastante estabilizada en su lugar, seguramente debido a que el fenómeno aerológico desde su origen en la plata próxima hasta el lugar de emplazamiento de la duna no se ha perturbado.” (Eyquem, 1992)
- “Esta estabilidad natural ha permitido pensar que se puede edificar junto a la duna sin alterarla realmente cumpliendo con ciertos requisitos. Esta afirmación esta avalada por más de 20 años de experiencia constructiva en el lugar, la cual nos proporciona una prolongada observación de los fenómenos del viento con la arena alrededor de las construcciones.” (Eyquem, 1992)
- “El proyecto donde se debe aplicar esta experiencia se ha situado bajo el domo de una duna. Su volumen principal está sumergido bajo la duna para conservar su superficie y su forma exterior intocada. Sin embargo, es necesario hacer aflorar sobre la superficie algunos pequeños volúmenes. En estas afloraciones aparece el problema que se debe conjurar.” (Eyquem, 1992)

“Elementos propuestos para el control:

1. Reborde superior canalizador del viento.
2. Aletas de fuga, en lado de salida del viento
3. Vortilones = Aletas situadas en cambios de dirección de un muro; para frenar la velocidad del viento y así depositar la arena succionada.” (Eyquem, 1992)

- “De estos elementos se tiene experiencias a lo largo de estos 20 años de construcciones junto a la duna” (Eyquem, 1992)
- “Pero esta experiencia aquí propuesta se mide con la observación del comportamiento en este proyecto al cabo de un cierto tiempo. La experiencia se completa introduciendo correcciones en estos elementos según el resultado observado” (Eyquem, 1992)

2016 Eyquem M– El proyecto de la obra: De la gravedad a la levedad.

Sobre la Economía Material de la Obra

- En la economía que nos enseña el universo:
 - Ir a favor de la Naturaleza. Convivir con ella.
 - No al hombre “rey dominador de la naturaleza, con la técnica moderna” (René Descartes).
 - Invitar a los fenómenos del entorno físico a convivir la obra.
 - Control del clima por una mejor comprensión de la relación científica interior-exterior.
 - Alineación con el viento para modificar la temperatura interior.
 - Canales de viento entre vigas paralelas. No hay vigas transversales.
 - No hay cadenas ni dinteles estructurales.
 - Ahorro de materia, disminución inercia sísmica, ahorra cálculo.
 - Adecuación al terreno sin rellenos ni excavaciones ni muros de contención.
 - La estructura transversal la constituye una lámina conformadora de los espacios interiores, desarrollada en tres dimensiones.
- Interacción entre lámina-membrana y vigas rigidiza el conjunto de vigas paralelas. Esto no requiere muros. No hay riostras. No hay inercia suficiente. No requiere

cálculo. Una real economía de tiempo, energía y materia. Entrecruzar vigas con membrana adquiere momentos de inercia equivalentes a las vigas, por su propia forma. Es una invención. Esta definición del edificio muestra un pensar “sustentable”. Para nuestra cultura humanística lo expuesto nos aproxima Síntesis: En la economía que nos enseña el Universo al espíritu franciscano: invitemos al hermano viento; al hermano sol que vengan por el centro del interior. La hermana gravedad nos mostrará los espesores mínimos y las masas soportadas sin comprometerse con el suelo. Éste, tratado con cariño, no exige nada. (Eyquem, 2016)

- El aire es nuestro gran amigo que nos envuelve renovándose a voluntad. Igual podemos hablar del calor y el frío regulados en forma automática sin ningún mecanismo, consecuencia de haber invitado al aire a pasar en forma de viento fresco o bien de inmovilidad aislante. (Eyquem, 2016)
- Siendo un edificio que debe destacarse por su finalidad, sin embargo, no ofende al cerro. Al contrario, es completamente connatural con él por su materia, hormigón (piedra reconstituida). (Eyquem, 2016)
- Una edificación que reconoce a San Francisco al haber sido ejecutada siguiendo la profunda economía sustentable del Universo ilimitado. Todas las fuerzas en equilibrio. Tensadas en paz. (Eyquem, 2016)
- Estos afinamientos armónicos en su convivencia integrada con la naturaleza, en su propia sintonía, en el ritmo de su tiempo. Vale decir: no hay gasto de tiempo. El sistema tiende a confundirse con el tiempo natural, lo sigue, va con él; no existe gasto, como si fuéramos idealmente a la velocidad de la luz. Solo el Amor reina. (Eyquem, 2016)

Anexo 6 – Experimentación empírica

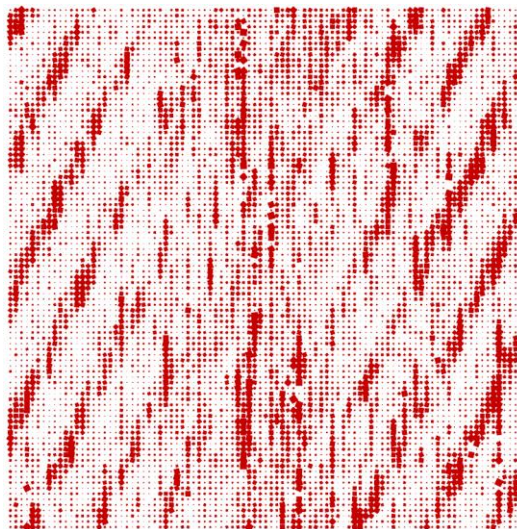
De forma tangente al desarrollo de simulaciones CFD de los casos de estudio, se realiza una experimentación formal que tiene como objetivo comprender las lógicas de integración del viento en el proceso proyectual. Para lo cual se realizan tres líneas de estudio, en primer lugar, la visualización de datos meteorológicos, en segundo lugar, la proposición de unidades discretas móviles, y finalmente la fabricación digital de una envolvente dinámica.

Trabajo en base a datos meteorológicos

Se realiza un proceso de diseño paramétrico experimental en base a datos meteorológicos del viento extraído de “Datos_WRF_2010” Modificado para ser utilizado en el modelado, el cual es anexo de “Evaluación del recurso Eólico Año 2010” (Facultad de ciencias físicas y matemáticas universidad de chile, 2021), correspondiente al centro del borde costero de la provincia de Valparaíso, utilizando 2 factores, velocidad y dirección del viento. Se busca generar la visualización libre y directa desde el viento, para lo cual se presentan 3 tipologías

Grilla por Hora

Figura 110 - Expresión Velocidad de viento por hora anual cuadrados

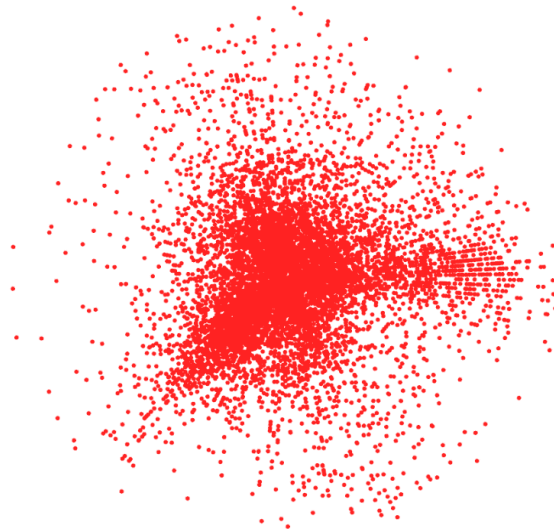


Nota. Elaboración propia en Rhinoceros - Grasshopper

Se construye una grilla de 8760 puntos, el equivalente a un dato por hora de todo un año, en cada punto se ubica un cuadrado, el cual se escala según la velocidad y se gira según la dirección del viento, de esta forma es posible visualizar un patrón respecto de la variación de intensidad a lo largo de un año.

Dispersión radial orientada

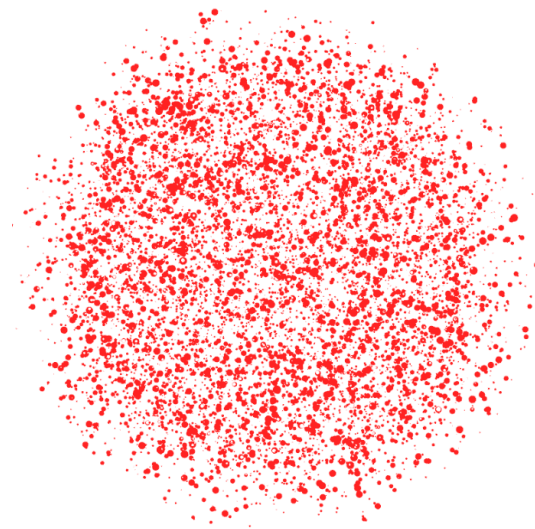
Figura 111 - Expresión Velocidad de viento por hora anual círculos rotados concéntrico



Nota. Elaboración propia en Rhinoceros - Grasshopper

Se construye una retícula radial de 360 aristas entendidas como grados de inclinación, a esta dimensión se le asignan los valores de dirección, en ellos se ubican los 8760 círculos a una distancia equivalente a su velocidad, lo cual permite poner en valor las direcciones predominantes.

Dispersión radial homogénea

Figura 112 - Expresión Velocidad de viento por hora anual círculos rotados

Nota. Elaboración propia en Rhinoceros - Grasshopper

Se ubican 8760 círculos, uno por cada dato, los cuales se dispersan por velocidad de viento y luego se rotan según su factor de dirección predominante, para finalmente asignar un radio que reitera la magnitud de velocidad.

Estas experiencias son un primer contacto en la utilización del diseño paramétrico para explorar organizaciones y formas a partir de datos, en particular meteorológicos. Es un paso necesario para las experiencias de modelado, dado que permite comprender el procedimiento para generar formas paramétricas.

Diseño de teselas móviles

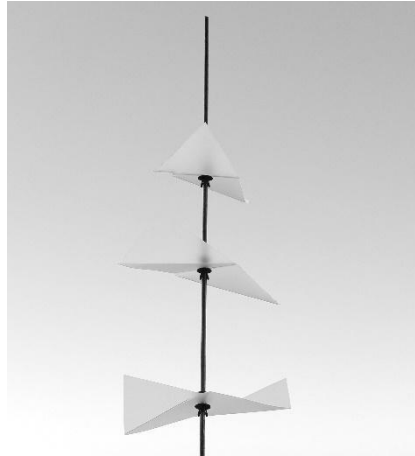
Se tiene como objetivo analizar la respuesta de formas sencillas ante la acción del viento, primero mediante unidades discretas fabricadas en plástico transparente pintado blanco, cada unidad tiene un tamaño aproximado de 15cm, luego se introducen las formas en Rhinoceros + Grasshopper para probarlas en una grilla rectangular, lo cual permite previsualizar su funcionamiento en conjunto.

Unidades discretas

Las propuestas se realizan de 4 formas, Doble Rombo, Rombo Curvado, Ondulado Doble y Hexágono, estas se soportan en un eje vertical de acero de 5mm, dejándolas girar

libremente, se observa que giran a velocidades distintas entre ellos, lo cual hace preguntarse sobre qué ocurriría en tramas mayores.

Figura 113 - Doble rombo



Nota. Elaboración propia en Rhinoceros - Grasshopper

Figura 114 - Rombo curvado



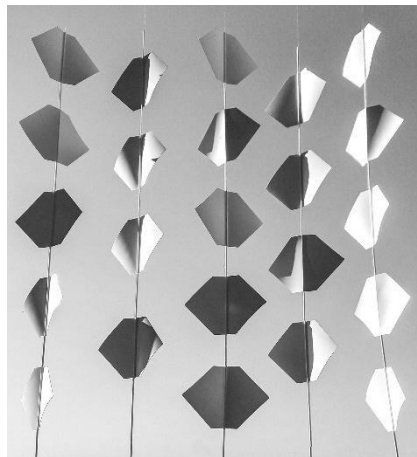
Nota. Elaboración propia en Rhinoceros - Grasshopper

Figura 115 - Ondulado doble



Nota. Elaboración propia en Rhinoceros - Grasshopper

Figura 116 - Hexágono

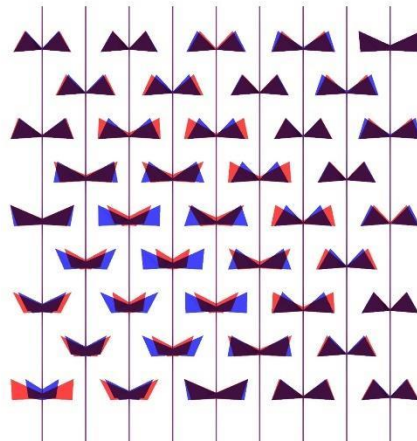


Nota. Elaboración propia en Rhinoceros - Grasshopper

Unidades discretas en retículas

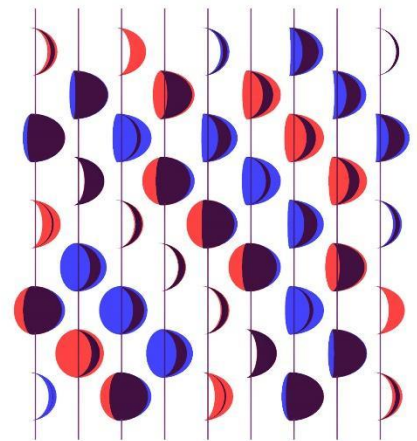
Se observó como la agrupación de un conjunto unidades discretas en una retícula, permitía visualizar un movimiento con una autonomía entre cada unidad, sin embargo, también una continuidad de los patrones de movimiento. En el mismo sentido de exploración, se decide construir un modelo paramétrico con el fin de visualizar cada modelo en grupos de 25 unidades aproximadamente.

Figura 117 - Retícula con doble rombo



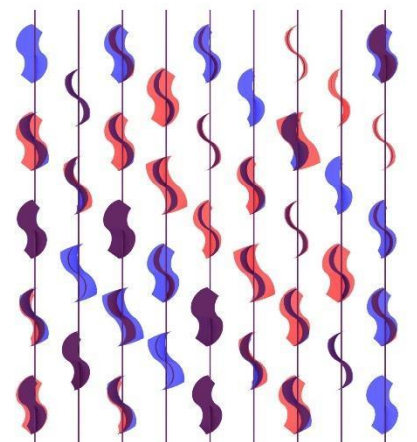
Nota. Elaboración propia en Rhinoceros - Grasshopper

Figura 118 - Retícula rombo curvado

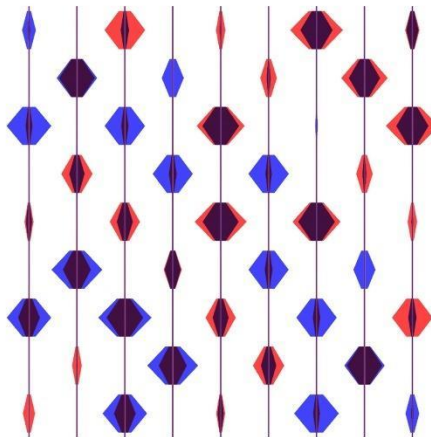


Nota. Elaboración propia en Rhinoceros - Grasshopper

Figura 119 - Retícula ondulado doble



Nota. Elaboración propia en Rhinoceros - Grasshopper

Figura 120 - Retícula hexagonal

Nota. Elaboración propia en Rhinoceros - Grasshopper

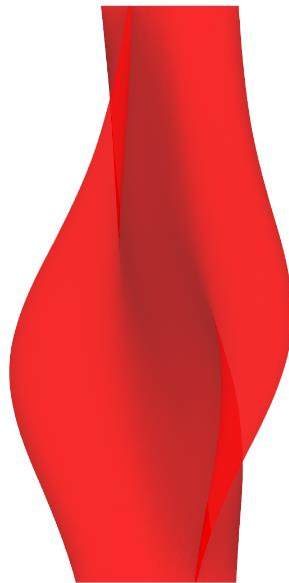
Las figuras 110 a 113 se construyen a partir de dos fotogramas extraídos del movimiento de las teselas, lo cual hace visible los patrones aleatorios que simula la acción del viento en un grado de similitud con la realidad, lo cual conduce a construir un fragmento de envolvente a mayor detalle que las experimentaciones digitales.

Prototipo de exploración de envolventes dinámicas

Teniendo como precedente los modelos digitales de conformación de las retículas y las unidades discretas que las componen, se avanza al diseño de un prototipo de envolvente accionada por el viento, a través de los siguientes pasos:

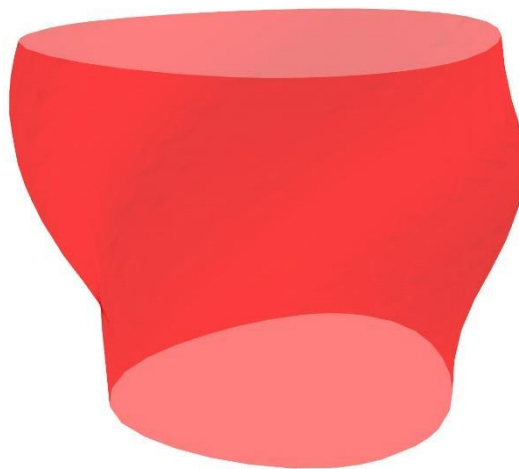
- Se define una forma general inicial de tres rasgos aerodinámicos considerados en la actualidad: Forma Cónica (Ilgin, 2022), Torsión respecto al eje vertical (Thordal et al., 2019), Formas redondeadas (Xie, 2014) (Tamura et al., 1998) (Bernardini et al., 2015). La proposición se realiza a partir de una definición paramétrica, para ajustar las medidas o proporciones, pues esta se define a partir de un cilindro deformado por tres puntos que tienen a lo triangular, luego según su dimensión vertical se cambia el radio y rotación como se muestra en la Figura 121 y Fig 122.

Figura 121 - Malla de triángulo rotado A



Nota. Elaboración propia en Rhinoceros - Grasshopper

Figura 122 - Malla de triángulo rotado B

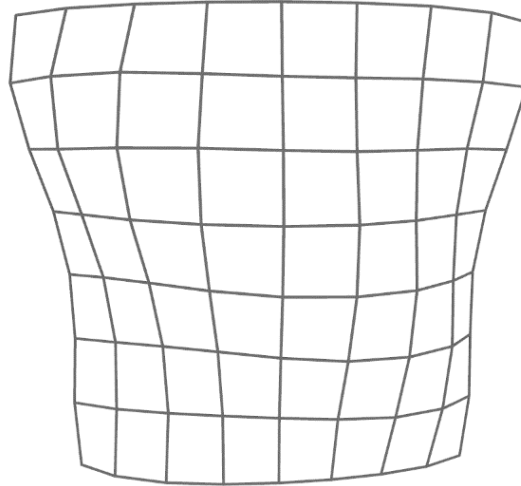


Nota. Elaboración propia en Rhinoceros - Grasshopper

- Al definir paramétricamente la superficie de la forma general, los demás componentes como la retícula o las unidades discretas se adaptan copiando la propuesta, lo cual permite evaluarlas para definir qué propuesta se construirá.
- Teniendo en cuenta que la experimentación tiene como objetivo la construcción de un prototipo, se selecciona un fragmento de la superficie en general y se le

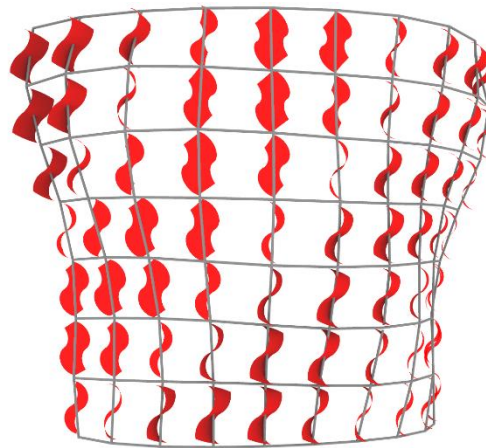
asigna un tamaño de celda de aproximadamente 30cm, dimensión que varía por la propia forma de la superficie

Figura 123 - Retícula superficie curva



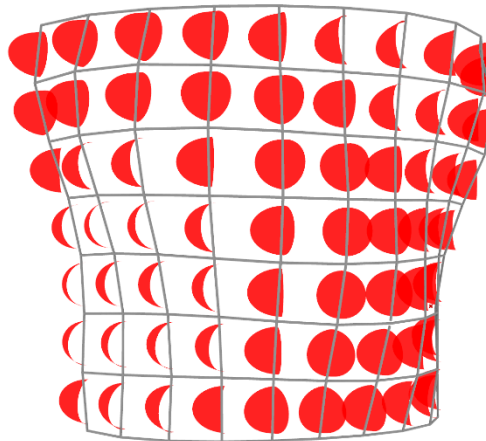
Nota. Elaboración propia en Rhinoceros - Grasshopper

Figura 124 - Retícula Ondulado doble en superficie curva



Nota. Elaboración propia en Rhinoceros - Grasshopper

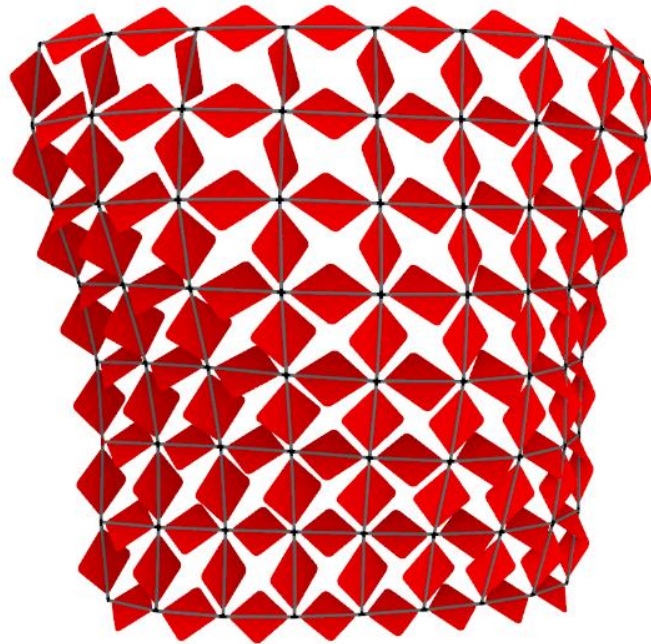
Figura 125 - Retícula Rombo curvado en superficie curva



Nota. Elaboración propia en Rhinoceros - Grasshopper

- Al realizar las primeras dos adaptaciones a la superficie curva, y analizando su movimiento, se descubre que, según su forma, las unidades discretas con doble eje de simetría o similares a un molino, tuvieron una mayor continuidad en su movimiento yendo en desmedro de sostener una direccionalidad como lo haría una veleta, o en este caso las unidades discretas con una bilateralidad orientada. Es por esto que se selecciona el formato de rombos ubicándolos en dos ejes de acción como se señala en la siguiente figura.

Figura 126 - Modelo digital - Retícula de rombos



Nota. Elaboración propia en Rhinoceros - Grasshopper

- A continuación, se avanza el modelo definiendo las partes constructivas, entre ellas los soportes de láminas, articuladores, conectores y largos de tubo, los cuales permiten según la necesidad adquirir la información necesaria para la su construcción. Entre ellos, existen partes de impresión 3d en filamento PLA de 1.75mm negro, y láminas de plástico transparente de 1mm con corte laser.

Figura 127 - Soporte 3



Nota. Elaboración propia en Rhinoceros - Grasshopper

Figura 128 - Uniones perfil tubular



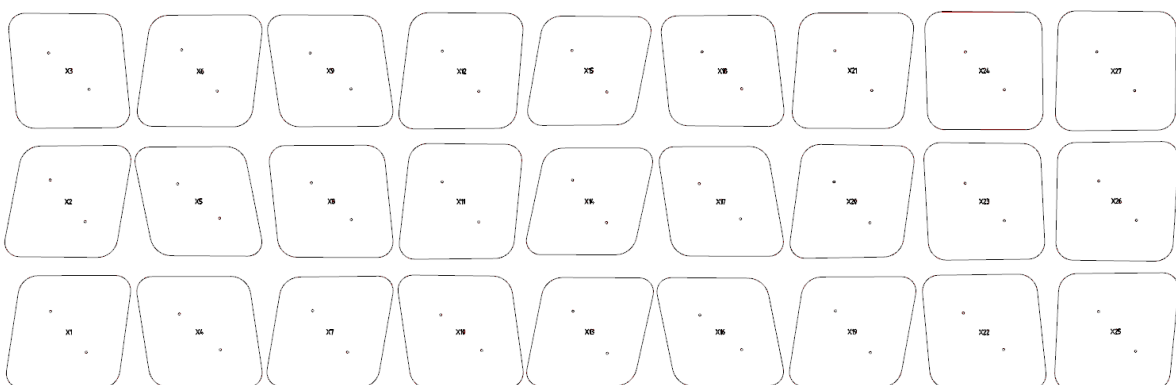
Nota. Elaboración propia en Rhinoceros - Grasshopper

Figura 129 - Arandela



Nota. Elaboración propia en Rhinoceros - Grasshopper

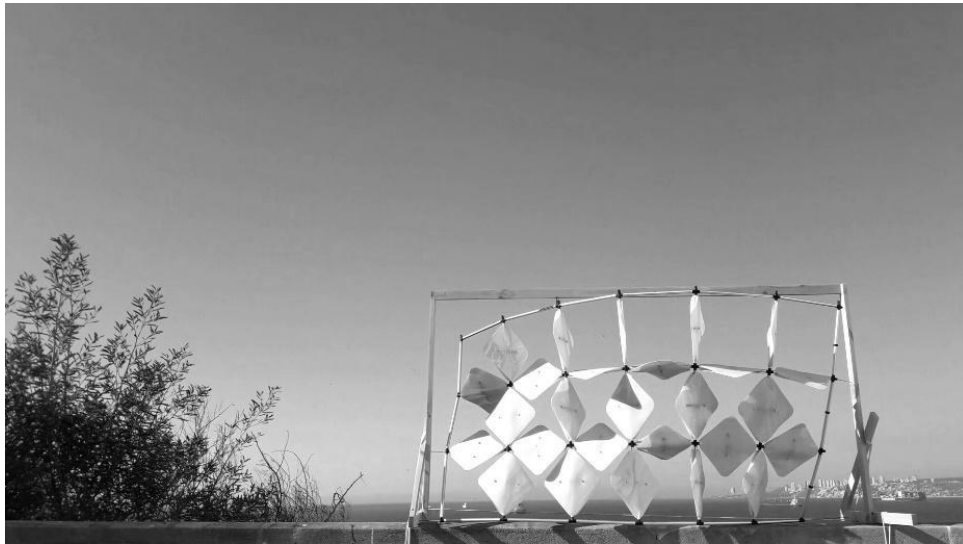
Figura 130 - Modalidad de Corte teselas



Nota. Elaboración propia en Rhinoceros - Grasshopper

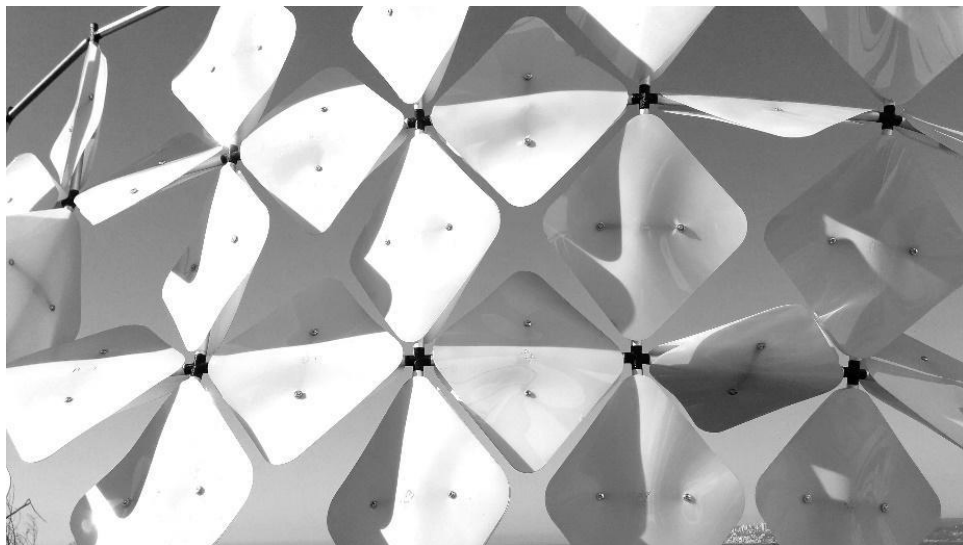
- Habiendo fabricado cada parte desde el modelo paramétrico, se extrae la información respectiva de cada pieza, para realizar un armado, que traduce exactamente lo propuesto en el modelado. Obteniéndose el siguiente prototipo de una sección de lo propuesto en digital.

Figura 131 - Vista del fragmento construido



Nota. Elaboración propia

Figura 132 - Vista de los detalles constructivos



Nota. Elaboración propia

Figura 133 - Vista de la proyección de sombra

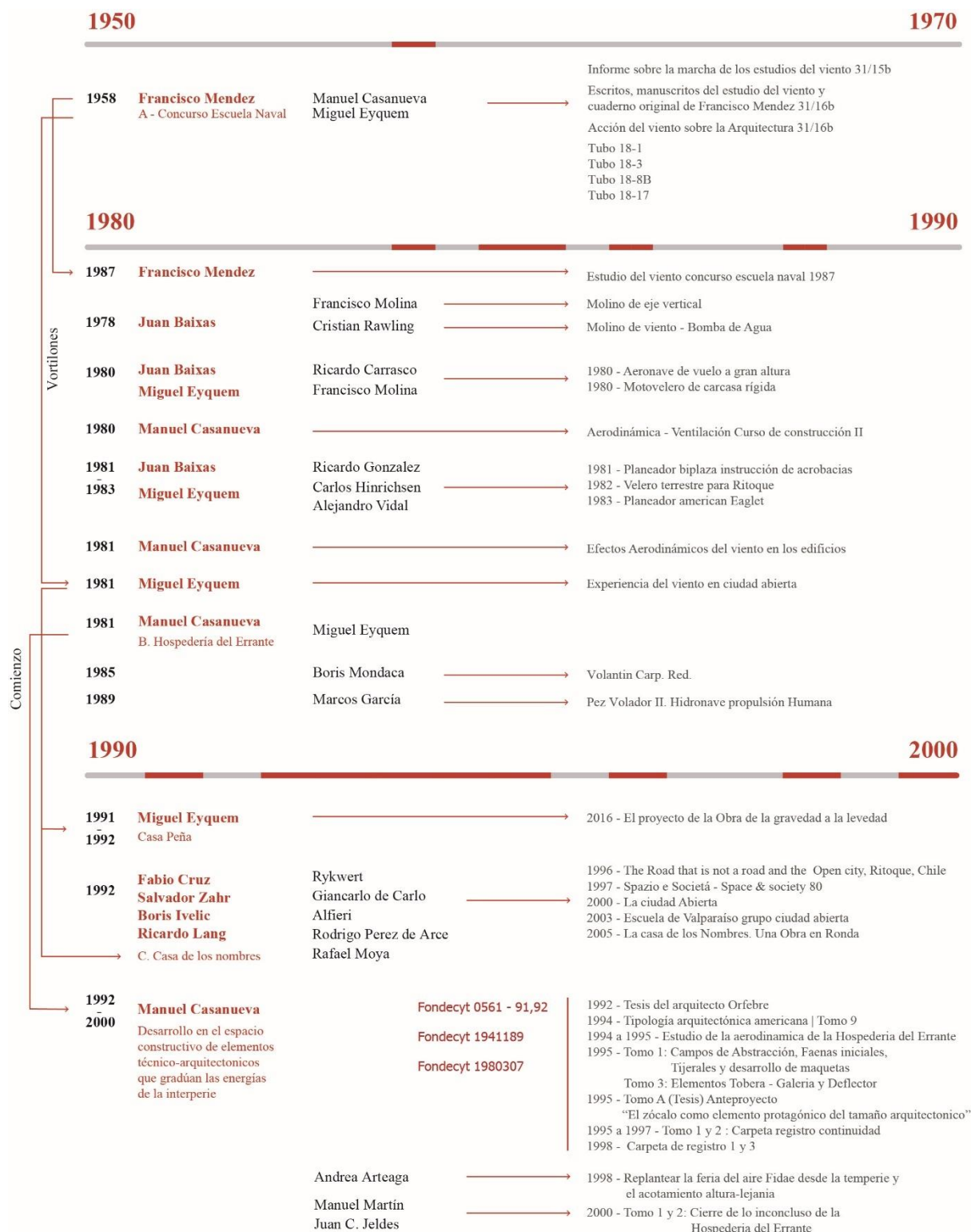
Nota. Elaboración propia

- Habiendo construido el prototipo, se pudo observar la dinámica del movimiento por acción del viento, permitiendo comprobar por medio de una actividad de exploración un camino tangente a la investigación realizada, pues se invierte la tendencia sobre las envolventes aerodinámicas que tienden a ser planos sólidos o como se revisó anteriormente, fuselajes inmóviles. Entonces, esta estrategia contraria, tiene como propósito recoger el dinamismo del flujo del viento en envolventes constituidas por unidades discretas que permiten una visualización del fenómeno.

La experimentación no se conduce por un sentido meramente estético, se inserta en la discusión conceptual sobre las lógicas de integración del viento en los proyectos de arquitectura, por ejemplo, sobre el valor asignado a la vegetación descrita por Tedeschi en la página 20, la cual tiene como contraparte la factibilidad de implementación en zonas urbanas, que no necesariamente cuentan con el espacio requerido. En este entendimiento no es banal situar un camino por el cual generar nuevas proposiciones de envolventes, en el que habiendo considerado estas lógicas de integración se pudieran atender situaciones intermedias como la presentada.

Anexo 7 – Material Gráfico

Figura 134 - Línea de tiempo de proyectos e[ad]



Nota. Elaboración propia

Anexo 8 - Colofón tecnológico

Hardware

Procesador: AMD Ryzen 9 3900X 12-Core Processor 3.80 GHz

Ram: 2x16 gb DDR4 Vengeance Lpx 3600Mhz

Unidad de estado sólido: Western Digital Black Sn 750 M2 NVMe 1Tb

Disco Duro: 1x2.0 Tb Toshiba + 1x500Gb Toshiba

Tarjeta Gráfica: MSI GeForce RTX 3060 Ventus 3x 12GB OC

Refrigeración: Refrigeración líquida Corsair ICUE H100i Pro XT

Sistema operativo: Windows 10 Pro

Software

1. Sketchup pro 2020

Solid Inspector²

Clean up³

2. Rhinoceros 7.18.22

Grasshopper

3. Revit 2020

4. Ansys Student 2022 R2

5. Mendeley Desktop