



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**Facultad de Arquitectura y Urbanismo**  
**Escuela de diseño**

EL VIENTO COMO ALTERNATIVA DE SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL

**Seminario de Diseño Industrial II**  
**Seminario de procesos productivos y materiales industriales II**

INTEGRANTES:  
Daniela Paz Mundaca Mardones  
Rudy Andrés Boullosa Gocih

PROFESORES:  
John Chalmers  
Paola De La Sotta

Santiago, Chile  
2007



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>Introducción</b>	<b>6</b>
<b>Marco teórico</b>	<b>7</b>
<b>Problemática</b>	<b>8</b>
<b>Justificación</b>	<b>9</b>
<b>Discusión Bibliográfica</b>	<b>10</b>
<b>Objetivo General</b>	<b>12</b>
<b>Objetivos Específicos</b>	<b>12</b>
<b>Parte A: Antecedentes</b>	<b>13</b>
<b>Capítulo I - Energía eólica: El viento como energía</b>	<b>14</b>
I.1. Definición	
I.2. Propiedades del viento	
I.2.1 Velocidad	
I.2.2 Dirección	
I.3 Vientos globales	
I.4 Geografía influyente en el viento	
I.4.1 Montañas y laderas	
I.4.2 Valles y depresiones	
I.4.3 Borde Costero	
I.4.4 Áreas Urbanas	
<b>Capitulo II - Sustentabilidad ambiental</b>	<b>19</b>
II.1. Problemática del medio ambiente en la actualidad	
II.1.1 Calentamiento Global y Efecto Invernadero	
II.1.2 Tratado de Kyoto	
II.1.3 Sustentabilidad ambiental	
II.2. Recursos energéticos	
II.2.1 Energías no renovables	
II.2.2 Energías renovables	
II.2.3 Análisis comparativo de los distintos tipos de energía	
<b>Conclusión. Parte A</b>	<b>26</b>



<b>Parte B</b>	<b>: El viento como herramienta para el hombre</b>	<b>27</b>
	<b>Capítulo I - Comportamiento de los flujos y su relación con la forma</b>	<b>28</b>
	I.1 Entendiendo los flujos	
	I.2 Interacción entre el viento y los objetos según su forma	
	<b>Capítulo II - Ejemplificación de principios físicos del viento</b>	<b>31</b>
	II.1. Sustentación	
	<b>Capitulo III - Sistemas naturales para ventilar recintos cerrados</b>	<b>34</b>
	III.1 Ventilación cruzada o inducida	
	III.2 Succión por presión negativa	
	III.3 Aspiración estática: Efecto Venturi	
	<b>Capitulo IV - Usos de la energía eólica</b>	<b>35</b>
	IV.1. Molienda de granos	
	IV.2. Bombeo de agua	
	IV.3. Aerogeneradores	
	IV.4. Velas	
	<b>Capitulo V - Otros usos</b>	<b>37</b>
	V.1. Secado de ropa	
	V.2. Instrumentos de viento	
	<b>Conclusión. Parte B</b>	<b>38</b>
<b>Parte C: Estudio de caso</b>		<b>39</b>
	<b>Capítulo I – Aerogeneradores</b>	<b>40</b>
	I.1. El funcionamiento de los aerogeneradores	
	I.1.1 Aerogeneradores de eje vertical	
	I.1.2 Aerogeneradores de eje horizontal	
	I.1.3 Capacidad	
	I.1.4 Comentarios	
	<b>Capitulo II - Región de Magallanes y Antártica Chilena</b>	<b>43</b>
	II.1. Ubicación y administración	
	II.2. Demografía	
	II.3. Factores climáticos	



II.3.1 Temperaturas  
II.3.2 Precipitaciones  
II.3.3 Vientos

<b>Capítulo III - Abastecimiento energético regional</b>	<b>47</b>
III.1. Sector urbano	
III.2. Sector rural y aislado	
<b>Capítulo IV - Caso específico</b>	<b>48</b>
IV.1. Requerimientos	
IV.2. Observaciones y sugerencias	
<b>Conclusión. Parte C</b>	<b>50</b>
<b>Conclusión General</b>	<b>51</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>52</b>
<b>Referencias</b>	<b>53</b>



## REFERENCIAS DE IMÁGENES

- Imagen 1** Anemómetro – Wikipedia, la enciclopedia libre [ en línea ]  
<<http://es.wikipedia.org/wiki/Anem%C3%B3metro>>
- Imagen 2** Recopilación de imágenes de diferentes fuentes [ en línea ]
- Imagen 3** Recopilación de imágenes de diferentes fuentes [ en línea ]
- Imagen 4** Ciencia Natural: splas of single drop [ en línea ]  
<[http://gallery.hd.org/\\_c/natural-science/splash-of-single-drop-in-still-water-2-AJHD.jpg.html?sessionVar=spider&sessionVarLocale=es](http://gallery.hd.org/_c/natural-science/splash-of-single-drop-in-still-water-2-AJHD.jpg.html?sessionVar=spider&sessionVarLocale=es)>
- Imagen 5** Ciencia Natural: splas of single drop [ en línea ]  
<[http://gallery.hd.org/\\_c/natural-science/splash-of-single-drop-in-still-water-2-AJHD.jpg.html?sessionVar=spider&sessionVarLocale=es](http://gallery.hd.org/_c/natural-science/splash-of-single-drop-in-still-water-2-AJHD.jpg.html?sessionVar=spider&sessionVarLocale=es)>
- Imagen 6** Flora [ en línea ]  
<<http://www.astrosurf.com/tiotuyin/Flora.htm>>
- Imagen 7** Flora [ en línea ]  
<<http://www.astrosurf.com/tiotuyin/Flora.htm>>
- Imagen 8** Propia autoría, Cabo Froward, Enero 2007
- Imagen 9** Flickr: Fotos de fotosydemases [ en línea ]  
<<http://www.flickr.com/photos/fotosydemases/page2/>>
- Imagen 10** Aumento de la sustentación: Alerones – Formula 1, Thef1 [ en línea ]  
<<http://www.thef1.com/destacados/tecnica/aumento-de-la-sustentacion-alerones/>>
- Imagen 11** Flickr: Fotos de fotosydemases [ en línea ]  
<<http://www.flickr.com/photos/fotosydemases/page2/>>
- Imagen 12** DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION [ en línea ]  
<<http://www.windpower.org/en/core.html>>
- Imagen 13** my weblog >> piratas  
<<http://www.depdarder.webcindario.com/blog/index.php?cat=24>>
- Imagen 14** Flickr: Fotos de fotosydemases [ en línea ]  
<<http://www.flickr.com/photos/fotosydemases/page2/>>
- Imagen 15** Casa Damas – Tieneda de música en Sevilla – Discos [ en línea ]  
<<http://www.casadamasmusica.com/instrumentos.html>>
- Imagen 16** DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION [ en línea ]  
<<http://www.windpower.org/en/core.html>>
- Imagen 17** DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION [ en línea ]  
<<http://www.windpower.org/en/core.html>>
- Imagen 18** IL. Municipalidad de Punta Arenas, Capital de la patagonia [ en línea ]  
<<http://www.puntaarena.cl/>>



## REFERENCIAS DE ESQUEMAS

- Esquema 1** DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION [ en línea ]  
<<http://www.windpower.org/en/core.html>>
- Esquema 2** Compresión del Medio – Vientos del planeta [ en línea ]  
<<http://www.cepis.ops/oms.org>>
- Esquema 3** Compresión del Medio – Vientos del planeta [ en línea ]  
<<http://www.cepis.ops/oms.org>>
- Esquema 4** Compresión del Medio – Vientos del planeta [ en línea ]  
<<http://www.cepis.ops/oms.org>>
- Esquema 5** Compresión del Medio – Vientos del planeta [ en línea ]  
<<http://www.cepis.ops/oms.org>>
- Esquema 6** Compresión del Medio – Vientos del planeta [ en línea ]  
<<http://www.cepis.ops/oms.org>>
- Esquema 7** Asmat [ en línea ]  
<[http://www.asmat.com/frontoffice/ini.php?op\\_menu=0&op\\_submenu=2](http://www.asmat.com/frontoffice/ini.php?op_menu=0&op_submenu=2)>
- Esquema 8** Planet Almeria – Blogs almeriense [ en línea ]  
<<http://www.planetalmeria.com/node?page=19>>
- Esquema 9** Parra Perez, Daniel; “El viento como una variable de diseño en la arquitectura”; Tesis. Universidad de Chile. 2005
- Esquema 10** Parra Perez, Daniel; “El viento como una variable de diseño en la arquitectura”; Tesis. Universidad de Chile. 2005
- Esquema 11** Parra Perez, Daniel; “El viento como una variable de diseño en la arquitectura”; Tesis. Universidad de Chile. 2005
- Esquema 12** Parra Perez, Daniel; “El viento como una variable de diseño en la arquitectura”; Tesis. Universidad de Chile. 2005
- Esquema 13** Parra Perez, Daniel; “El viento como una variable de diseño en la arquitectura”; Tesis. Universidad de Chile. 2005
- Esquema 14** Corrales, Antonio; Sistema de mando de vuelo
- Esquema 15** Corrales, Antonio; Sistema de mando de vuelo
- Esquema 16** Parra Perez, Daniel; “El viento como una variable de diseño en la arquitectura”; Tesis. Universidad de Chile. 2005
- Esquema 17** Parra Perez, Daniel; “El viento como una variable de diseño en la arquitectura”; Tesis. Universidad de Chile. 2005
- Esquema 18** Cooperativa de Texas, “Extensión, sistema universitario de texas” A&M. Agosto 2004
- Esquema 19** Propia autoría en base a información recopilada
- Esquema 20** DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION [ en línea ]  
<<http://www.windpower.org/en/core.html>>
- Esquema 21** Díaz, Natalia; “Parque eólico Canela”; Práctica profesional. Universidad de Chile. Santiago. 2006
- Esquema 22** Instituto geográfico militar; “Atlas geográfico de Chile para la educación” 5ta Edición. Santiago. 2003
- Esquema 23** Instituto geográfico militar; “Atlas geográfico de Chile para la educación” 5ta Edición. Santiago. 2003



- Esquema 24** Universidad de Magallanes e Instituto de la Patagonia; “Prospección y evaluación de la energía eólica en Magallanes”. Proyecto de investigación. Punta Arenas. 2000
- Esquema 25** Universidad de Magallanes e Instituto de la Patagonia; “Prospección y evaluación de la energía eólica en Magallanes”. Proyecto de investigación. Punta Arenas. 2000
- Esquema 26** Propia autoría en base a información recopilada



## REFERENCIAS DE TABLAS Y GRÁFICOS

- Tabla 1** The Beaufort Scale [ en línea ]  
<<http://www.mountwashington.org/education/center/arcade/wind/beaufort.html>>
- Tabla 2** El Gas Natural – Gas natural y medio ambiente [ en línea ]  
<<http://www.mityc.es/Gas/Seccion/Gas/MedioAmbiente/>>
- Tabla 3** El Gas Natural – Gas natural y medio ambiente [ en línea ]  
<<http://www.mityc.es/Gas/Seccion/Gas/MedioAmbiente/>>
- Tabla 4** Universidad de Magallanes e Instituto de la Patagonia; “Prospección y evaluación de la energía eólica en Magallanes”. Proyecto de investigación. Punta Arenas. 2000
- Tabla 5** Instituto geográfico militar; “Atlas geográfico de Chile para la educación” 5ta Edición. Santiago. 2003
- Tabla 6** Gobierno de Chile, CNE: Comisión Nacional de Energía [ en línea ]  
<<http://www.cne.cl/>>
- Tabla 7** Gobierno de Chile, CNE: Comisión Nacional de Energía [ en línea ]  
<<http://www.cne.cl/>>
- Tabla 8** Universidad de Magallanes; “Estudio de factibilidad técnico económico de un proyecto de electrificación”. Proyecto de investigación. Punta Arenas. 1997





## INTRODUCCIÓN

El viento ha estado presente en la tierra desde sus orígenes, debido a que tiene una directa relación con la energía solar. Este es un recurso energético con mucho potencial y ha sido utilizado por el hombre desde hace millones de años.

Teniendo en cuenta la situación actual del medio ambiente y su inminente agravamiento, se nos hace urgente buscar soluciones. Hay muchos fenómenos que contribuyen a esta causa, siendo la emisión de gases tóxicos a la atmósfera por parte de la acción humana la mayor agravante.

Se sabe que la tierra esta pasando por un gran problema debido al calentamiento global, por esto es necesario buscar y poner en práctica estrategias que ayuden a paliar este problema que nos concierne a todos. La energía proveniente del viento o eólica se presenta como una de las alternativas viables para revertir este problema. Vivir y trabajar a la par con el medio ambiente es una tarea que todos debemos hacer en conjunto.

En este documento se desarrollará el origen de este recurso y se darán algunos ejemplos del uso que el hombre le ha dado, además de estudiar un caso específico del uso de esta energía a modo de abastecimiento eléctrico en un sector rural de la región de Magallanes y Antártica Chilena.

En una primera instancia se analizará el viento desde el punto de vista físico, desde sus propiedades hasta la influencia que tiene sobre la geografía y viceversa. Todo visto desde la perspectiva de la sustentabilidad ambiental, que nos lleva a un adecuado equilibrio entre la naturaleza y la interacción humana.

Se estudiará también el comportamiento que tienen los fluidos al incidir con los objetos, tomando en cuenta principios físicos como la adhesión y sustentación. A su



vez se verá la manera en la cual el hombre ha utilizado ésta energía, en un principio para la supervivencia y posteriormente para elevar la su calidad de vida. Queda ejemplificado por sistemas de ventilación, instrumentos musicales, molinos con distintos fines, entre otros.

Finalmente, se verá la factibilidad del uso del recurso eólico para generar energía eléctrica mediante aerogeneradores en un sector aislado de la región de Magallanes y la Antártica Chilena, tomando en cuenta que en dicha región existen muchos sectores rurales y aislados que no cuentan con energía eléctrica.

Con la óptima explotación de este recurso eólico se han visto avances notorios en la calidad de vida de los países más desarrollados. Con éste documento se pretende dar a conocer, fomentar e incentivar el uso de energías limpias como ésta, para que el país se encamine hacia una nueva etapa de desarrollo que no perjudique al medio ambiente en que vivimos y contemple la calidad de vida de las generaciones futuras.



## MARCO TEÓRICO

Los temas que se desarrollan a lo largo de esta investigación se verán determinados por el campo de la sustentabilidad ambiental, lo cual implica trabajar con las herramientas adecuadas para tener el menor o nulo impacto en el equilibrio natural de la vida del planeta.

Este campo lo hemos aplicado al diseño industrial, buscando alternativas que utilicen recursos inocuos en favor del ser humano.

Esto se demostrará con ejemplos surgidos en el último tiempo, los cuales han permitido que en algunos sectores se favorezcan por sobre métodos contaminantes y agresivos con el medio natural.

La sustentabilidad ambiental tiene como pilares a los siguientes ámbitos:

- Social – Personas
- Medio Ambiente – Planeta
- Economía – Beneficio



## PROBLEMÁTICA

El calentamiento global y la destrucción del medio ambiente son temas que se van agravando con el paso del tiempo. Habiendo en Chile una gran cantidad de recursos renovables y limpios de energía, no se toman medidas necesarias para hacer investigaciones a fondo y llevar a cabo proyectos que permitan utilizar estas energías para distintos propósitos, y así trabajar en pos del medio ambiente

Los combustibles fósiles utilizados hoy en día tienen una cuota importante de responsabilidad sobre el tema del calentamiento global y daños al medio ambiente a lo largo de todo su proceso, desde su extracción hasta su combustión. Éste no es el único problema, puesto que también se suma el eventual agotamiento de dichos recursos, lo que supondrá una crisis si es que no se vislumbran medidas necesarias.

El recurso eólico es una fuente de energía inagotable que poco se aprovecha en nuestro país. Otras naciones primer mundistas ya están trabajando con esta energía, enfocándose al abastecimiento eléctrico. A pesar de ser un gran avance, ésta energía aun tiene una mayor potencialidad de explotación que la que se le adjudica hoy.



## JUSTIFICACIÓN

En Chile existe una abundancia de recursos naturales susceptibles de ser explotados para la generación de energías renovables no convencionales, entre la cuales se encuentran la energía hidráulica, eólica, solar y mareomotriz.

La energía eólica es un recurso renovable y limpio mediante el cual sería posible abastecer de energía eléctrica a gran parte del país, incluso a localidades más aisladas en el caso de que fuera implementada rigurosamente a lo largo del país.

Además de lograr un abastecimiento total, los costos económicos se reducirían en un largo plazo, a pesar que la instalación inicial es muy costosa. Si se consideran todos los costos sociales asociados, además de reducir el impacto ambiental que significa la explotación de recursos fósiles, ya sea por su extinción y/o por el calentamiento global que conllevan, este tipo de energías se postula como gran candidato para el futuro.

El gobierno sabiendo que el calentamiento global es un problema no menor cuenta con la CONAMA (comisión nacional del medio ambiente) la cual vela por el derecho de la ciudadanía a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental.

Con la ayuda de CONICYT (comisión nacional de investigación científica y tecnológica) y FONDEF (fondo de desarrollo científico y tecnológico) es posible que las universidades aprovechen las capacidades científicas y tecnológicas para contribuir a mejorar la calidad de vida de la población. Este aprovechamiento del potencial estudiantil puede ser mayor aún, ya que el Proyecto Bicentenario recoge sueños y propuestas para el crecimiento y desarrollo de un país en armonía con el medio ambiente.



La formación de profesionales de excelencia que estén al servicio del crecimiento y desarrollo del país está a cargo de la Universidad de Chile, en donde si bien es factible la excelencia sin compromiso social, el compromiso sin excelencia es imposible.

Es en este punto donde el diseño juega un papel fundamental, ya que es uno de los factores principales en la innovación de las tecnologías, además de ser un factor crítico del intercambio cultural y económico. El diseño también procura descubrir, evaluar y organizar la mejora y protección mundial del medio ambiente.



## DISCUSIÓN BIBLIOGRÁFICA

La bibliografía referida a las energías renovables es muy extensa, sobre todo a la energía solar y eólica, por lo que ésta discusión bibliográfica está remitida a estudios y proyectos realizados específicamente sobre energía eólica en sectores aislados. Además, se hará una breve explicación de lo que implica el concepto de calidad de vida y lo que esto significa para sociedad.

El bienestar del ser humano está claramente vinculado al bienestar de los demás y de su medio ambiente, lo que se traduce en la calidad de vida, pero la definición de este concepto es muy compleja. Según **Antonio Horvath**<sup>1</sup> “Lo que más se aproxima a una definición del concepto es un indicador del bien-estar humano vinculado al grado en que sus objetivos y metas son alcanzados. Pero el bienestar a su vez es una compleja relación de condiciones físicas, biológicas, socioeconómicas, síquicas y morales”.

Tomando en cuenta la geografía de nuestro país, la calidad de vida varía según la zona donde se vive. **Antonio Horvath** añade “en lo que se refiere a calidad de vida en la zona austral del país, que es prácticamente la mitad de la superficie de Chile, la situación que hoy en día se vive es de una clara crisis, a pesar de lo cual, la calidad de vida en la región es percibida positivamente”

Al percibir esto, es necesario tomar el peso real de esta problemática y buscar posibles aristas que vayan sanando poco a poco ese déficit. Por ejemplo, la electrificación de sectores apartados es una posibilidad y un aporte a esto.

Considerando el factor económico como principal barrera para la electrificación de sectores rurales apartados, las energías renovables surgen como una gran

---

<sup>1</sup> Escritor de la revista Ambiente y Desarrollo, en el artículo “Calidad de vida en zonas australes de Chile”



alternativa, en donde **CNE**<sup>2</sup> comenta, “las energías alternativas forman parte de la estrategia de los Gobiernos de la Concertación para superar la pobreza, elevar la calidad de vida de los sectores rurales, e integrarlos al proceso de desarrollo económico y social del país”.

Por otro lado el gobierno también añade que “se están levantando los estudios de factibilidad técnica y económica y de diseño, para ejecutar proyectos basados en energía eólica que favorecerán a sectores rurales del país”.

En un sentido más crítico, el gobierno plantea que las energías renovables no convencionales son una alternativa viable para generar electricidad en sectores apartados del país. Dependiendo de la zona, es necesario saber cual es la fuente de energía limpia más factible para ser explotada.

Un ejemplo de esto es el de **Armando Brizuela y Cesar Aguirre**<sup>3</sup>, quienes desarrollaron un proyecto de energías no convencionales para escuelas rurales de la provincia de Entre Ríos, Argentina, en el cual dice que “en América Latina la energía eléctrica convencional no puede resolver las necesidades del sector rural. Hay lugares donde los costos de electrificación son muy elevados y otros donde sería conveniente incrementarla para cubrir todas las necesidades. Precisamente la carencia de servicios eléctricos en vastos sectores rurales ha impulsado a diferentes grupos de investigación a llevar a cabo estudios detallados de recursos y al desarrollote aerogeneradores de pequeño porte”.

Apoyando esto se encuentra **Juan Antezana**<sup>4</sup> “los aerogeneradores pequeños son una de las pocas alternativas, y en algunos casos la única, que pueden solucionar problemas de abastecimiento energético en zona aisladas”.

---

<sup>2</sup> Comisión Nacional de Energía, <<http://www.cne.cl>> [ en línea ]

<sup>3</sup> Docentes de la Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina

<sup>4</sup> Ingeniero electrónico de la Universidad de Chile,





Tomando en cuenta esta afirmación podemos decir que con la ayuda del viento y aerogeneradores pequeños, es posible abastecer de electricidad a sectores rurales apartados y con esto aportar al crecimiento de la calidad de vida de este sector poblacional.

Entrando ya a un tema más técnico del funcionamiento de los aerogeneradores, se encuentra **Emilio Méndez**<sup>5</sup>, quien plantea que los aerogeneradores y en general la energía proveniente del viento tienen falencias, “por un lado la disponibilidad de viento no es constante, no se puede regular la disponibilidad de viento e incluso habrá periodos de calma. De otro lado los generadores hoy mayoritariamente disponibles son de tipo asíncrono, lo que introduce una demanda adicional de energía reactiva. Por ese motivo las instalaciones aisladas basadas en energía eólica han de pensar en la posibilidad de contar con sistemas de almacenamiento de energía eléctrica, acumuladores”.

Sabiendo lo anterior se puede decir que con aerogeneradores pequeños y de bajo costo, sumado a acumuladores de energía eléctrica, es posible abastecer de energía a consumidores en zonas aisladas del país, por sobre todo en la región de Magallanes y Antártica Chilena, tomando en cuenta el potencial energético de esta zona con respecto del viento.

Esta iniciativa surge con el propósito de aprovechar el recurso eólico, práctica poco habitual considerando el potencial energético que posee Chile y las innumerables posibilidades de aplicación de energías limpias, no sólo limitándose a la eólica, sino que también la solar, mareomotriz, geotérmica, entre otras.

---

<sup>5</sup> Autor de el libro “Las energías renovables, un enfoque político ecológico”



## **OBJETIVO GENERAL**

Fomentar y dar a conocer los beneficios que tiene el uso de la energía eólica, como una alternativa de sustentabilidad ambiental.



## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Reconocer las ventajas de la energía eólica para satisfacer los requerimientos humanos
- Determinar el nivel de impacto medio ambiental del uso de este recurso
- Establecer el nivel de impacto del uso de la energía eólica en un modelo establecido



## **PARTE A\_ ANTECEDENTES**

En esta primera parte del documento se presentan datos técnicos y científicos que ayudarán a comprender la investigación.

Para entender más fácilmente el fenómeno del viento es necesario ver como se genera, la influencia que tiene en el medio ambiente y su comportamiento ante las diferentes circunstancias geográficas. En los capítulos venideros se presenta como una opción de energía limpia, que ayuda a combatir los problemas medio ambientales condicionados con la mala administración de otros tipos de energía no renovable.



## **CAPÍTULO I\_ ENERGÍA EÓLICA: EL VIENTO COMO ENERGÍA**

### **I.1. Definición de lo que es viento**

El viento es aire en movimiento, y al igual que todas las energías renovables (a excepción de la mareomotriz y geotérmica) son provenientes de la influencia del sol. Alrededor de un 1% y un 2% de la energía proveniente del sol es convertida en energía eólica.

El calentamiento desigual de la superficie de la tierra provoca zonas de alta y baja presión, lo que hace circular el aire con distintas intensidades, desde una brisa hasta un huracán.

En el hemisferio norte el viento tiende a girar en el sentido contrario al de las agujas del reloj (visto desde arriba) cuando se acerca a un área de bajas presiones. En el hemisferio sur el viento gira en el sentido de las agujas del reloj alrededor de áreas de bajas presiones.

### **I.2. Propiedades del viento**

El viento tiene una serie de condiciones que varían según los factores que lo determinan a nivel global. La naturaleza tiene un sistema perfecto de circulación de viento, haciéndolo llegar a todo el planeta en diferentes intensidades. Estos factores se detallarán a continuación.

#### **I.2.1 Velocidad**

La velocidad del viento es su característica más llamativa, influyendo en el comportamiento humano y de la naturaleza. La velocidad del viento se presenta comúnmente en ráfagas, es decir, oleadas interrumpidas por periodos de calma.



Para medir su velocidad se utilizan principalmente los anemómetros, que son pequeños molinos de cuatro aspas sobre las cuales actúa la fuerza del viento.














Una forma de simplificar los cambios de velocidad del viento es calculando la velocidad media. Para esto se toma una muestra representativa del viento, teniendo en cuenta que el viento atmosférico es afectado por las estaciones climáticas producidas durante el año.



**Imagen 1**  
Anemómetro

Desde el año 1805 la velocidad del viento y por consiguiente su fuerza, la determinaban los marinos por la escala de Beaufort, (adjuntada en la siguiente página) ideada por el admirante Inglés del mismo nombre, el cual estableció 12 grados de fuerza del viento. Actualmente, en el mar se caracterizan los grados por la altura de las olas y en tierra por los efectos en los árboles, edificios, etc.



Grado	Denominación	Velocidad m/seg	Velocidad Km/h		Impacto
0	Calma	0 - 0.5	0 - 0.9		Sin sensación de refrescamiento, espejos de agua calma, el humo sube verticalmente
1	Ventolina	0.6 - 1.5	1 - 6		Viento indicado por el humo (no por veletas), moviendo perceptible por efecto del enfriamiento
2	Brisa suave	1.6 - 3.3	3 - 11		Sensación del aire sobre la cara, movimiento de vetas y hojas
3	Brisa leve	3.4 - 5.4	12 - 19		Moviendo del pelo, se inicia el disconfort, hojas en moviendo, banderas extendidas
4	Brisa media	5.5 - 7.9	20 - 28		Disconfort. Levanta polvo y papeles. Movimiento de pequeñas ramas
5	Viento regular	8 - 10.7	20 - 28		Se sienta la fuerza del viento sobre e cuerpo, hojas de los árboles en leve moviendo
6	Viento fuerte	10.8 - 13.8	39 - 49		Ramas en movimiento, dificulta caminar y abrir paraguas. Silbar en el tendido eléctrico
7	Viento muy fuerte	13.9 - 17.1	50 - 61		Mueve árboles y es difícil caminar contra el viento. Daños en el tendido eléctrico
8	Temporal	17.2 - 20.7	62 - 74		Rompe pequeñas ramas, el movimiento contra el viento equivale a una pendiente de 1/5
9	Temporal fuerte	20.8 - 24.4	75 - 87		Desequilibrio al caminar, daño leve a edificios, arranca tejas. Ruptura de ramas gruesas
10	Temporal muy fuerte	24.5 - 28.4	88 - 102		Daños estructurales en edificios, inestabilidad total. Rara vez en zonas mediterráneas
11	Tempestad	28.5 - 32.6	103 - 117		Arrastra objetos pesados. Árboles derrumbados. Destrozos en general. Se experimenta muy rara vez
12	Huracán	32.7 o más	118 o más		Arranca árboles de cuajo, destruye construcciones de adobe o madera. Arrastra vehículos.

**Tabla 1**  
Escala Beaufort de velocidades del viento



### I.2.2 Dirección

El viento es una variable vectorial y por consiguiente, tiene magnitud y dirección. La dirección del viento se designa según la dirección geográfica desde donde provenga por medio de las veletas. Esta dirección no es exacta, sino que se toma la dirección del viento predominante, debido a que a baja altura el viento es turbulento y más inestable que a mayor altura.

### I.3 Vientos globales

Debido a la rotación del globo, cualquier movimiento en el hemisferio norte es desviado hacia la derecha y en el hemisferio sur es desviado hacia la izquierda. Esta aparente fuerza de curvatura es conocida como fuerza de Coriolis.



**Esquema 1**  
Desplazamiento de los vientos

El viento sube desde el ecuador y se desplaza hacia el norte y hacia el sur en las capas más altas de la atmósfera. Alrededor de los 30° de latitud en ambos hemisferios, la fuerza de Coriolis evita que el viento se desplace más allá. En esa latitud se encuentra un área de altas presiones, por lo que el aire empieza a descender nuevamente. Cuando el viento suba desde el ecuador habrá un área de bajas presiones cerca del nivel del suelo, atrayendo los vientos del norte y del sur. En los polos, habrá altas presiones debido al aire frío.

Los vientos globales son generados principalmente por las diferencias de temperatura y de presión y apenas son influenciados por la superficie de la tierra. Estos vientos se encuentran a una altura de 1.000 metros a partir del nivel del suelo.





## I.4 Geografía influyente en el viento

La geografía terrestre juega un papel fundamental en los vientos que no superan los 1.000 metros de altitud, denominados vientos de superficie. Son frenados por la rugosidad y por los obstáculos que la superficie de la tierra presenta, en general, cuanto más pronunciada sea la rugosidad del terreno mayor será la ralentización que experimente el viento. Por ejemplo los bosques y las grandes ciudades ralentizan mucho más el viento que las llanuras. Las superficies de agua son incluso más lisas y por tanto tienen menos influencia sobre el viento.

### I.4.1 Montañas y laderas

En zonas de montaña el viento suele verse influenciado por el relieve, de manera que a veces cambia de dirección al meterse por los valles y se puede acelerar enormemente en zonas estrechas. También podemos encontrarnos con zonas de calma dentro de los valles mientras en altura, por encima de las montañas, el viento es muy fuerte.

Cuando un viento incide más o menos perpendicularmente sobre una cordillera, se acelera tras pasar por ella. Lo lógico sería pensar que detrás de la cordillera estaríamos a resguardo del viento, sin embargo, suele ser precisamente allí donde se producen los vientos más fuertes, secos y racheados.



**Esquema 2**  
Comportamiento de la brisa de montaña



**Esquema 3**  
Circulación de brisa durante el día y la noche



Desde primeras horas de la mañana, el sol ilumina las partes altas de las laderas orientadas al este. A medida que avanza la mañana, la radiación solar va calentando estas laderas. El sol calienta rápidamente las laderas orientadas hacia él y éstas a su vez calientan la capa de aire que está en contacto con ellas. Esa capa tiene menor densidad, lo que hace que se deslice por la ladera hacia arriba, creando la llamada brisa de ladera.

Estas brisas ascendentes se producen por las mañanas en las laderas orientadas al Este. Durante las horas centrales del día en las laderas orientadas al Sur. Y por la tarde en las orientadas al Oeste, mientras que las que están orientadas al Norte, prácticamente nunca crean brisas de ladera.

#### I.4.2 Valles y depresiones

Son una consecuencia de las brisas de ladera. Cerca del medio día casi todas las laderas orientadas al este están produciendo una fuerte brisa de ladera que mueve millones de metros cúbicos de aire hacia arriba. Las laderas orientadas al sur empiezan también a producir sus propias brisas de ladera. El fondo de los valles de montaña, sobre todo las partes altas donde las laderas son más largas y abruptas, se está quedando sin aire puesto que la demanda de las brisas de ladera es enorme.



**Esquema 4**  
Comportamiento de la brisa en valles y depresiones

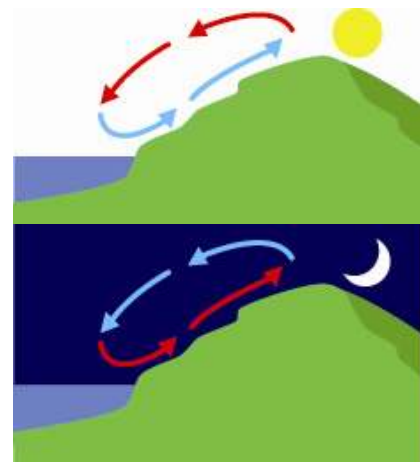


Para rellenar este vacío se genera la brisa de valle, que no es más que una fuerte corriente de aire que sube por el valle para alimentar a las voraces brisas de ladera.

La brisa de valle se produce en el fondo de los valles y afecta solo a los 200 ó 300 primeros metros de altura. Tiene su máxima intensidad cuando las laderas ya no producen brisa ascendente, sino todo lo contrario, un excedente de aire frío y pesado que se desliza ladera abajo y acaba por producir unas suaves brisas de valle descendentes que a veces perdurarán hasta la mañana siguiente.

#### 1.4.3 Borde Costero

Durante el día y por efecto del sol, la tierra se calienta más rápidamente que el mar, haciendo que el aire suba y circule hacia el mar, creando una depresión a nivel del suelo que atrae el aire frío del mar generando la brisa costera. A menudo hay un periodo de calma al anochecer, cuando las temperaturas del suelo y del mar se igualan.



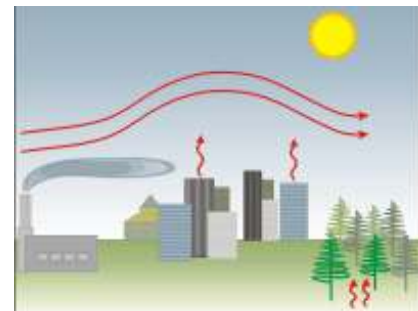
**Esquema 5**  
Brisa Costera

Durante la noche los vientos soplan en sentido contrario. Normalmente estas brisas terrestres tienen velocidades inferiores debido a que la diferencia de temperaturas entre la tierra y el mar es más pequeña.

El esquema 5 representa de manera más gráfica lo explicado

#### 1.4.4 Áreas Urbanas

La turbulencia sobre las áreas urbanas es muy parecida a la que se produce en un terreno complejo. Los edificios, separados y en conjunto,



**Esquema 6**  
Cúpula creada por el calor de la



alteran el flujo del aire. Mientras más altos sean, más aire se distribuye.

Materiales de construcción como el ladrillo y el concreto absorben y retienen el calor de manera más eficiente que el suelo y la vegetación de las áreas rurales. Cuando el sol se pone, el área urbana continúa irradiando calor desde los edificios las superficies pavimentadas. El aire que calienta el complejo urbano asciende y crea un domo sobre la ciudad. Este fenómeno se llama efecto de la isla calórica.

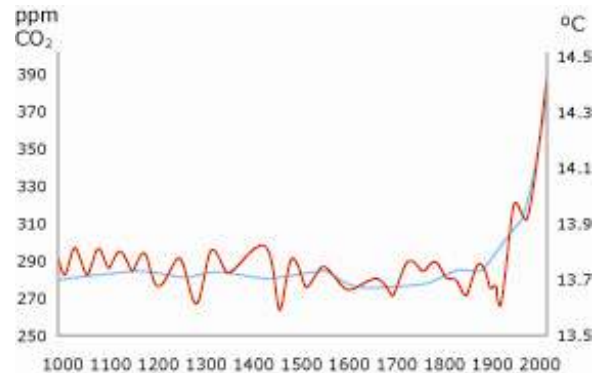
La ciudad emite calor durante toda la noche. Recién cuando el área urbana empieza a enfriarse, sale el sol y empieza a calentar el complejo urbano nuevamente.

Por lo general las áreas urbanas nunca recobran condiciones estables.



## CAPITULO II\_ SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL

La temperatura del planeta ha venido elevándose desde mediados del siglo XIX cuando finalizó la etapa conocida como la pequeña edad de hielo. Si bien es natural que a lo largo de la historia existiera habido oscilaciones térmicas que se denominan cambio climático, en el último período hemos podido apreciar que la temperatura se ha elevado por niveles sobre los normales de una manera alarmante.



**Tabla 2**  
Temperatura (rojo) emisión CO<sub>2</sub> (celeste)

Si se pone atención en las altas temperaturas registradas en los últimos 50 años se puede apreciar que sus niveles tienen una estrecha y directa relación con el aumento de las emisiones de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> en la atmósfera terrestre.

### II.1. Problemática del medio ambiente en la actualidad

El Calentamiento Global o cambio climático es el fenómeno observado en el aumento de temperaturas de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas. Este cambio suele relacionarse implícitamente a la influencia de la actividad humana. Según algunas teorías, el efecto invernadero puede ser, la causa del calentamiento global.

#### II.1.1 Calentamiento Global y Efecto Invernadero

Se llama efecto invernadero al fenómeno producido cuando la acumulación de determinados gases en una atmósfera planetaria retiene parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar. Esto se traduce en un



cambio en el clima atribuible directamente a las actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera y que se suman a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables de tiempo.

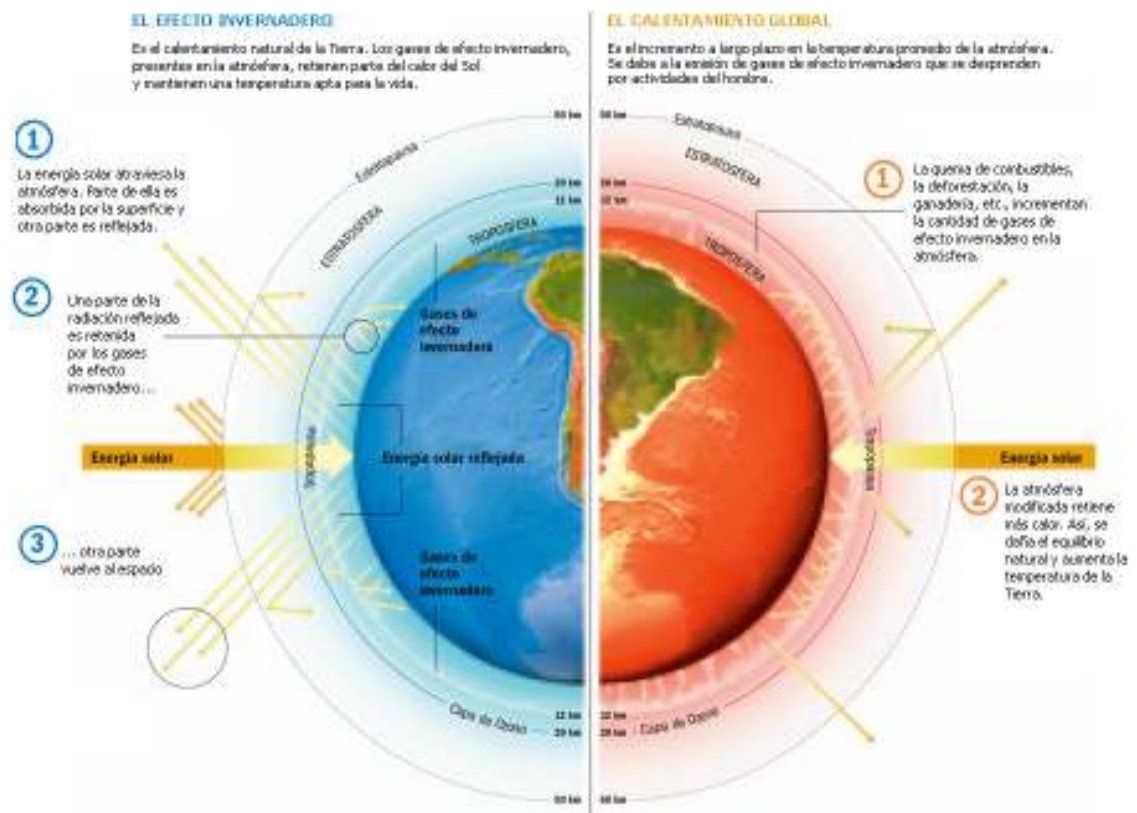
Bajo condiciones de equilibrio, la cantidad total de energía que entra en el sistema por la radiación solar se compensaría exactamente con la cantidad de energía radiada al espacio, permitiendo a la Tierra mantener una temperatura media constante en el tiempo.

Pero en la realidad, la emisión de gases tóxicos hace que la atmósfera se vuelva más densa, evitando que la energía del Sol vuelva inmediatamente al espacio, produciendo a escala planetaria un efecto similar al observado en un invernadero.

Si bien la mayoría de estos gases son naturales, desde la revolución industrial y debido principalmente al uso intensivo de los combustibles fósiles se han producido sensibles incrementos en las cantidades de óxido de nitrógeno y dióxido de carbono emitidas a la atmósfera. A esto se le suman otras actividades humanas, como la deforestación que ha limitado la capacidad regenerativa de la atmósfera para eliminar el dióxido de carbono, principal responsable del efecto invernadero.

En esta imagen se trata de explicar más claramente lo que está pasando con el planeta y su medio ambiente que ha sido prácticamente destruido por acción del hombre.





Esquema 7

Información científica reciente muestra que los impactos ambientales derivados de los patrones de producción y consumo, así como las presiones demográficas, podrían provocar transformaciones masivas en el entorno que enfrentarán las generaciones futuras. El cambio climático, sequías, deforestación, inundaciones, fusión de grandes masas de hielo que elevan el nivel del mar y destrucción de ecosistemas, reducción de la capa de ozono, lluvia ácida, incremento de los residuos municipales e industriales, contaminación del suelo y el agua por metales pesados y desechos tóxicos, desertificación, sobreexplotación de recursos hídricos y pérdida de la biodiversidad serían algunas de sus múltiples consecuencias.

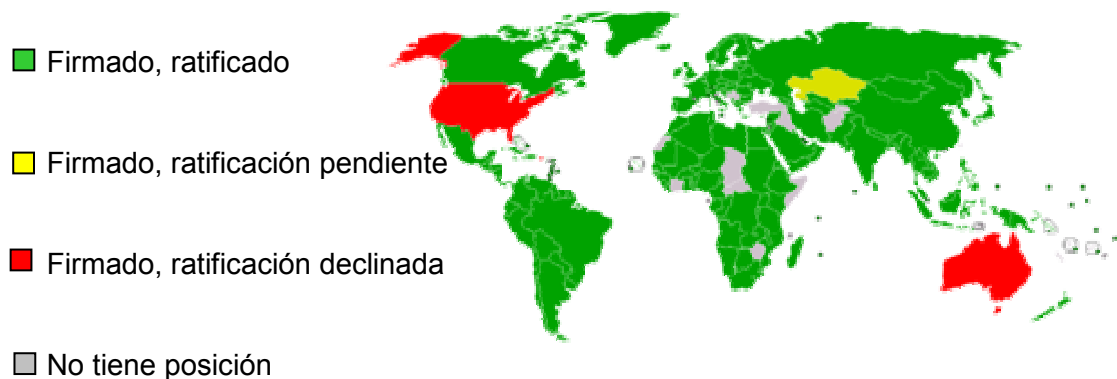
Tomando en cuenta la gravedad de este problema, las naciones más desarrolladas o industrializadas están tratando de revertir estos efectos con medidas globales.



## II.1.2 Tratado de Kyoto

El 11 de diciembre de 1997 los países industrializados se comprometieron, en la ciudad de Kyoto, a ejecutar un conjunto de medidas para reducir los gases de efecto invernadero. Los gobiernos signatarios pactaron reducir en un 5% las emisiones contaminantes entre 2008 y 2012, tomando como referencia los niveles de 1990. El acuerdo entró en vigor el 16 de febrero de 2005, después de la ratificación del pacto por parte de Rusia el 18 de noviembre de 2004.

Seis son los gases emitidos que el tratado pretende reducir : dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gas metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).



**Esquema 8**  
Adhesión al tratado de Kyoto

Las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera representan el 80% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero, de ahí su relevancia.

Durante el año 2000 se vertieron a la atmósfera 24.511 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> derivadas del uso de combustibles fósiles, y desde el año 1990 hasta el 2000, el nivel global de emisiones de CO<sub>2</sub> fósiles ha crecido un 7,6%.





### II.1.3 Sustentabilidad ambiental

**Francisco Fernández Buey**<sup>6</sup> define como sustentable a "aquel desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades".

El desarrollo sostenible expresa dos ideas muy claras: el uso racional de los recursos naturales y la protección del ecosistema mundial en las figuras de los ciudadanos (respeto al medio, cambio de hábitos), ciencia (conocimientos y soluciones) y poderes públicos (legislación y cooperación con otros países).

La sustentabilidad ambiental se refiere a la administración eficiente y racional de los recursos naturales, de manera tal que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras. Esto implica la necesidad de proteger y mantener los sistemas vivos de la tierra y los sistemas bio-físicos que permiten la normal mantención de las funciones del planeta.

Nuevos valores crean una nueva visión del mundo y un nuevo modo de pensamiento, pretendiendo lograr profundos cambios de la expansión a la conservación, de la cantidad a la calidad, de la competición a la cooperación y de la dominación y el control a la no violencia.

Este es el momento de convertir la sustentabilidad ambiental en un eje transversal de las políticas públicas. Así como muchos países, Chile está aún a tiempo de poner en práctica las medidas necesarias para que todos los proyectos, particularmente los de infraestructura y los del sector productivo, sean compatibles con la protección del ambiente. Es necesario que el desarrollo de nuevas actividades económicas en regiones rurales y semi rurales contribuya a que el ambiente se conserve en las mejores condiciones posibles

---

<sup>6</sup> Autor del libro Cuidar la Tierra: Filosofía y práctica de la sustentabilidad, España, 2003.



Para que el país transite por la senda de la sustentabilidad ambiental es indispensable que los sectores productivos y la población adopten modalidades de producción y consumo que aprovechen con responsabilidad los recursos naturales. Esto requiere de una estrecha coordinación de las políticas públicas en el mediano y largo plazo.

## II.2. Recursos energéticos

La supervivencia del hombre esta relacionada directamente con los recursos energéticos que este ha utiliza. En un principio fue el fuego el que le daba lo necesario para comer y calentarse, al igual que el sol y el agua lo ayudaba para el cultivo. Más adelante el viento lo impulsó a navegar y a expandir sus horizontes.

Posteriormente, el hombre encontró la manera de transformar y utilizar estas energías de forma masiva. De aquí se desprenden los recursos energéticos más usados en los últimos tiempos.

### II.2.1 Energías no renovables

Son fuentes de energía que se en cuentan en forma limitada en nuestro planeta y se agotan a medida que se consumen. Entre las energías no renovables podemos encontrar el carbón, petróleo, gas natural, energía geotérmica, energía nuclear.

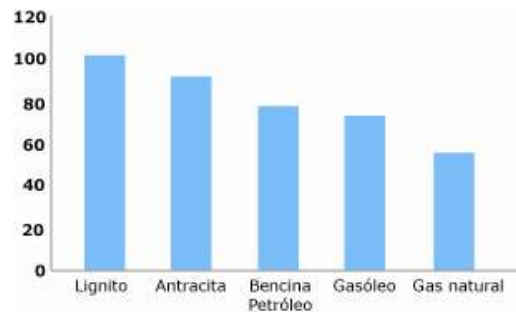


**Imagen 2**  
Extracción de recursos energéticos no renovables



La extracción y combustión de estos recursos energéticos causan muchos problemas para la salud humana y el medio ambiente. Por ejemplo en la explotación del carbón se desprenden muchos líquidos que son muy contaminantes, lo que hace que la fauna y flora del lugar esté en peligro.

Adicionalmente se contaminan las aguas del sector, se desforestan bosques y se liberan muchos gases tóxicos al momento de su combustión, produciendo lluvias ácidas, el efecto invernadero y el smog.



**Tabla 3**  
Emisión de gases según combustible

El CO<sub>2</sub> o dióxido de carbono es uno de los seis gases más contaminantes que producen el efecto invernadero. En la siguiente tabla se muestra las emisiones de este gas según el recurso fósil, dejando al gas natural como el menos contaminante de ellos.

### II.2.2 Energías renovables

Se denomina energía renovable a aquella que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales, a diferencia de los combustibles fósiles que precisan miles de años para su formación.

Entre estas fuentes de energía se encuentran la hidráulica, solar, eólica y de los océanos. Dependiendo de su explotación, también se puede catalogar como energía renovable a la bio masa y la energía geotérmica.

La gran ventaja de la utilización de estas energías es que no contaminan en ningún momento de su proceso, exceptuando la instalación.

Chile posee un gran potencial de energías renovables por su variada geografía, ya que su longitud abarca gran cantidad de meridianos.





**Imagen 3**  
Recursos energéticos limpios

### II.2.3 Análisis comparativo de los distintos tipos de energía

Con todos los datos recopilados en esta investigación es posible generar esta tabla comparativa.

Fuente	Renovable	Costo Capital	Costo Operación	Impacto Ambiental	Factor de Seguridad	Proveniencia	Impacto Visual	Emisiones y residuos
Eólica	Si	Medio	Mínimo	Mínimo	Medio	Local	Bajo	Nulo
Solar	Si	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Local	Alto	Nulo
Hidráulica	Si	Alto	Medio	Alto	Alto	Local	Alto	Bajo
Mareomotriz	Si	Alto	Bajo	Mínimo	Alto	Local	Bajo	Nulo
Geotérmica	Si	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Local	Bajo	Bajo
Biomasa	Si	Bajo	Alto	Medio	Alto	Local	Medio	Medio
Hidrógeno	Si	Bajo	Mínimo	Nulo	Alto	Local	Bajo	Bajo
Fósil	No	Bajo	Alto	Alto	Medio	Local-Importado	Medio	Alto
Nuclear	No	Alto	Bajo	Alto	Alto	Local-Importado	Medio	Alto

**Tabla 4**  
Tabla comparativa

Como se puede ver en la tabla, las energías renovables están acorde con el medio ambiente en todo momento, ya sea en su generación o utilización. A pesar que el costo inicial es alto, se contrarresta con la gratuidad del recurso. Por otro lado las energías no renovables tienen un gran impacto medio ambiental en la extracción o en el consumo, sumándosele un costo promedio entre la instalación y mantención.



La proveniencia de los recursos está ligada a la región de la cual se esté hablando. Por lo general los recursos energéticos no renovables generan dependencias con otros países, limitando nuestro abastecimiento. Un claro y grave ejemplo de esto son los cortes de suministro de gas natural proveniente de Argentina.



## CONCLUSIÓN. PARTE A

El viento es un fenómeno que se origina a través de la energía proveniente del sol, la cual calienta las superficies terrestres y hace fluir grandes masas de aire. El viento juega un rol fundamental en el planeta, transportando frío y/o calor de un lugar a otro. Las variaciones geográficas condicionan este proceso y hace variar estas masas de aire en dirección y velocidad. Por tanto, el viento es distinto en todas las regiones del planeta.

Estas grandes masas de viento, al igual que otras energías renovables, constituyen un recurso a tomar en cuenta a la hora de ver los problemas medio ambientales por los cuales estamos pasando. Estos tipos de energía limpia pueden ayudar para que no siga agravándose el problema del calentamiento global, donde mucho tiene que ver el mal uso que le ha dado el hombre a los recursos energéticos no renovables, que además de ser limitados contaminan el medio ambiente y generan el efecto invernadero.

La sustentabilidad ambiental es un tema que debería concernirle a todos los países, ya que se refiere al uso eficiente de los recursos naturales para mantener en armonía el medio ambiente y nuestra calidad de vida y de generaciones venideras.



## **PARTE B\_ EL VIENTO COMO HERRAMIENTA PARA EL HOMBRE**

Luego de entender el comportamiento del viento, aquí se presentan usos que el hombre de ha dado a la energía proveniente de él.

Esta sección del documento es la que más nos concierne, ya que aquí se presentan principios físicos y usos de la energía eólica que podrían ser útiles al momento de diseñar algún objeto.



## CAPÍTULO I\_ COMPORTAMIENTO DE LOS FLUJOS Y SU RELACIÓN CON LA FORMA

### I.1 Entendiendo los flujos

El viento se comporta como un fluido, por tanto cuenta con dirección, magnitud y además con viscosidad. Esta última propiedad es la que tiende a oponerse al flujo cuando circula por la superficie de un sólido, traduciéndose en fuerza tangencial opuesta al movimiento.

El movimiento de estos flujos se puede dividir en dos partes:

- a) Flujo o régimen laminar, donde se mantiene el concepto de línea de corriente y se considera la existencia de láminas fluidas en movimiento regular, manteniendo un cierto paralelismo entre ellas.
- b) Flujo o régimen turbulento que se caracteriza por su movimiento caótico, es decir, fluidos muy desordenados con fuerte rotación que producen múltiples circulaciones cerradas o remolinos de diferentes escalas. Por tanto, es prácticamente imposible identificar las líneas de corriente.



**Esquema 9**  
Flujo laminar y Flujo turbulento





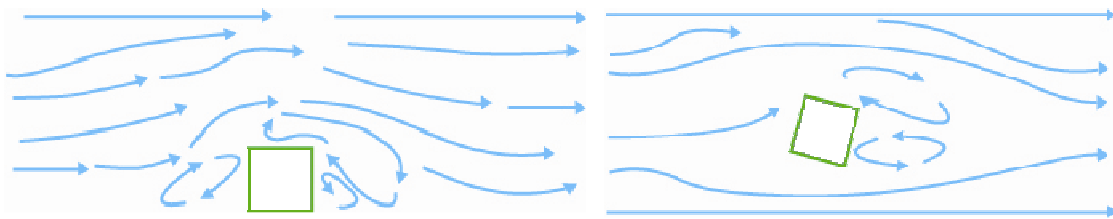
El movimiento turbulento se origina como consecuencia de la inestabilidad del régimen laminar. Cuando el flujo laminar sufre perturbaciones se produce inestabilidad de este flujo, lo que se traduce en el traspaso transitorio al flujo turbulento.

Cuando esta transformación se lleva a cabo aparece el fenómeno de la disipación, es decir, la pérdida considerable de la energía que llevaba el flujo laminar.

## I.2 Interacción entre el viento y los objetos según su forma

Obstáculos en el flujo del viento tales como edificios, árboles, formaciones rocosas, etc. pueden disminuir su velocidad de forma significativa y a menudo crean turbulencias en torno a ellos.

Como puede verse en las en la siguiente figuras una de las típicas corrientes de viento alrededor de un obstáculo. La zona de turbulencias puede extenderse hasta una altura alrededor de 3 veces superior a la altura del obstáculo. La turbulencia es más acusada detrás del obstáculo que delante de él.

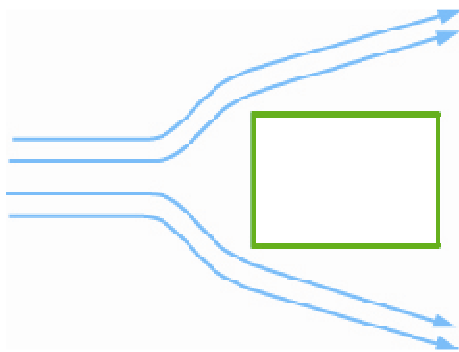


**Esquema 10**  
Vista lateral de la corriente de viento alrededor de un obstáculo

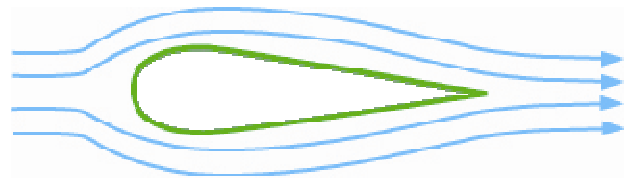
**Esquema 11**  
Vista superior de la corriente de aire alrededor de un obstáculo



Como se puede apreciar en los esquemas siguientes, cuando un flujo laminar se separa al incidir con un objeto y crea una diferencia de presión entre la cara frontal y la estela. Para poder reducir la separación del flujo sobre un cuerpo, la cara que enfrenta al flujo debe ser redondeada. Además, es muy importante darle una forma aerodinámica al cuerpo hasta la cola. Para ello la forma debe ir cerrándose levemente hasta terminar en un punto, donde se pretende que el fluido retorne al régimen laminar.



**Esquema 12**  
Cuerpo rectangular



**Esquema 13**  
Cuerpo fuselado

A estas formas o cuerpos se le llama fuseladas, la cuales por excelencia tienen el mínimo de resistencia, ya que el aire corre a través de sus paredes y no se separa.

Las formas redondeadas se adaptan de mejor forma al movimiento de los fluidos. Al menos así lo señala Simiu<sup>7</sup> al decir: “Está indicado que, que en el caso de cuerpos lisos con forma redondeadas, que el número de Reynolds<sup>8</sup> influencia la naturaleza del flujo en la zona de separación, y así, la naturaleza de todo flujo alrededor del cuerpo. En el caso de cuerpos con bordes agudos, por ejemplo, edificios de forma rectangular en planta, tanto en túnel de viento, en la realidad, el flujo es obligado a separarse en los bordes agudos”.

<sup>7</sup> Emil Simiu, (1978). Wind Effect on Structures. Part 9: The Wind Tunnel as a Design Tool. Pág 338 Bodies with sharp Edge. 1978. Estados Unidos.

<sup>8</sup> Re, Número que determina el régimen de los movimientos, laminar o turbulento, relaciona los efectos de inercia (masa y velocidad) con los efectos viscosos.



En la naturaleza existe un elemento que responde a cabalidad con este principio; el líquido. Si bien su composición molecular es redonda, al caer adopta la forma de una gota, siendo ésta redondeada en la parte inferior y haciéndose cada vez más pequeña en la parte superior hasta terminar en un punto, logrando su óptima forma aerodinámica por su mínima resistencia al viento.



**Imagen 4**  
Gota con forma natural



**Imagen 5**  
Gota cayendo



## CAPÍTULO II\_ EJEMPLIFICACIÓN DE PRINCIPIOS FÍSICOS DEL VIENTO

El viento siempre ha estado presente en la naturaleza. Diferentes especies animales y vegetales han aprendido a vivir con este recurso y utilizarlo a su favor.

Gran cantidad de plantas utiliza el viento como medio para asegurar su reproducción, diseminando sus células reproductoras. Al evolucionar, las plantas debieron buscar un medio alternativo al agua para realizar su ciclo reproductor, siendo el aire el fluido que mejor permite transportar sus células reproductoras.



**Imagen 6**

Semillas de cabeza de león impulsas por el viento



**Imagen 7**

Los granos de polen son generalmente redondeados u ovalados. Su forma está determinada por el medio de transporte, siendo ligeros aquellos destinados a ser transportados por el viento.

Hay zonas donde el viento sopla con tanta intensidad y por períodos prolongados de tiempo que dejan huellas visibles a nuestros ojos. Estas se ven representadas en su mayoría por la deformación en la vegetación, dejándolas el follaje asimétrico como se aprecia en la siguiente imagen.





**Imagen 8**  
Árboles inclinados por efecto del viento

Otro gran ejemplo del uso de esta energía en la naturaleza es el de los pájaros, que la utilizan para desplazarse en tiempos de migración y para buscar comida. Este es el ejemplo más claro que el hombre ha tratado de reproducir.

Del vuelo de las aves se obtienen principios físicos que ayudan a entender el comportamiento de los fluidos del viento. La sustentación es el principio básico para tener mayor adherencia al suelo en el caso de un auto de Formula 1, volar como un avión o simplemente avanzar como un barco a vela.



**Imagen 9**  
Cóndor en vuelo

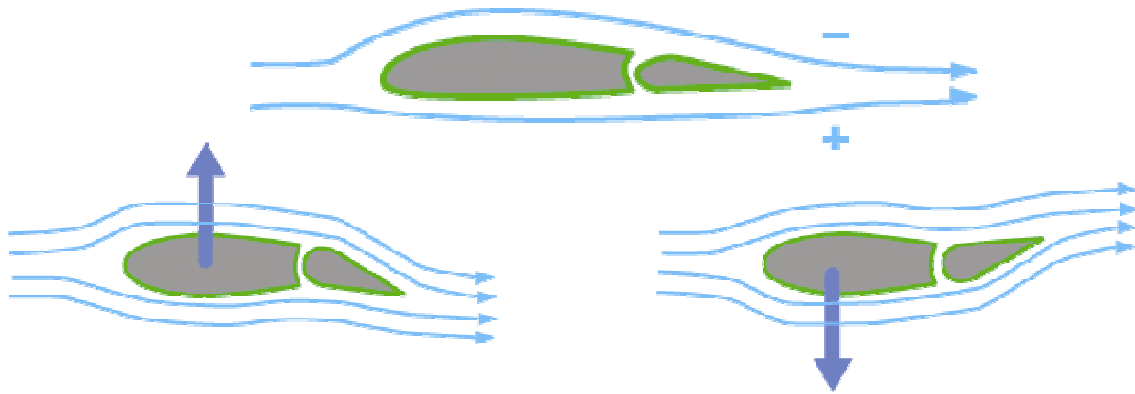
Todos alguna vez han hecho la prueba de sacar la mano por la ventana de auto cuando está movimiento, sintiendo distinta fuerza dependiendo de la posición en que se ponga. Si el viento empuja la mano hacia abajo está actuando como un alerón y si esta comienza a subir, entonces, actúa como un ala. La acción dinámica del fluido en movimiento es lo que se desarrollara a continuación.

## II.1. Sustentación

La sustentación es la fuerza que empuja a un objeto hacia arriba en contra de la dirección del peso. La fuerza de sustentación puede superar a la fuerza gravitacional haciendo que los cuerpos puedan elevarse en un medio menos denso.

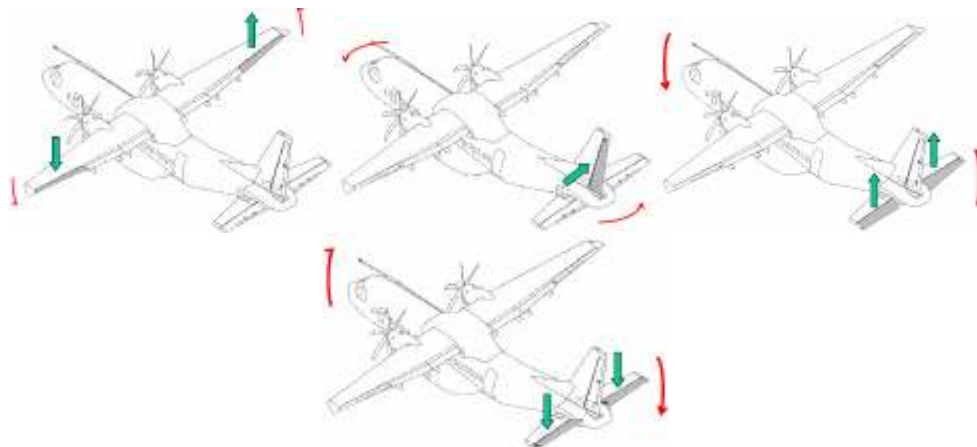


En la aerodinámica, por la forma que tiene el perfil alar, el aire se mueve con mayor velocidad por sobre él que por la parte inferior, debido a que tiene que recorrer una mayor distancia. Este aumento de rapidez hace que la presión disminuya en la parte superior y que aumente en la parte inferior. Esta diferencia de presiones ocasiona lo que se llama la fuerza de sustentación.



**Esquema 14**  
Perfil alar

Para graficar más fácilmente este principio, en la figura se presenta el funcionamiento de la sustentación en las alas de los aviones, donde al moverse los alerones, el timón de dirección y el timón de altura producen diferentes movimientos en el avión.

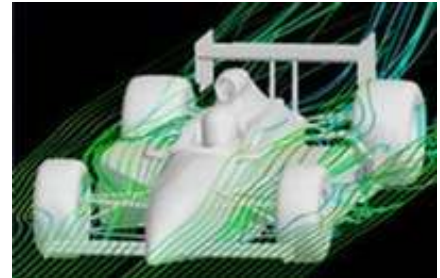


**Esquema 15**  
Funcionamiento de los alerones de un avión



Por otra parte, este principio puede utilizarse a la inversa según se posicione el perfil alar. En este caso, la fuerza de la sustentación actúa para adherir los cuerpos a la superficie donde se encuentren.

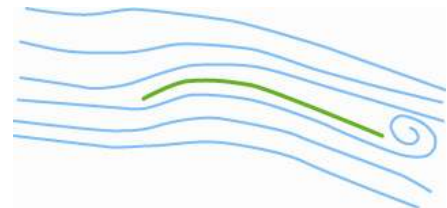
Uno de los mejores ejemplos de adhesión son los alerones de autos Formula 1 que generan alrededor del 66% de la fuerza hacia el suelo cuando el auto esta en movimiento. Lo normal es que lleven secciones de perfil aerodinámico similares a los que se despliegan en los aviones en fase de aterrizaje o despegue.



**Imagen 10**  
Comportamiento del flujo en un auto de Formula 1

En la imagen 10 se aprecia como el auto de Formula 1 corta el viento. La forma aerodinámica del auto hace que el fluido lo empuje hacia abajo además de correr a través de la superficie de este, para así reducir esfuerzo y otorgarle adherencia.

Contrario al pensamiento popular, las velas de los veleros funcionan bajo este mismo principio y no por el efecto de empuje. La diferencia básica radica en que una vela tiene una única superficie mientras que el ala de un avión tiene espesor.



**Esquema 16**  
Funcionamiento de una vela

El movimiento se da por que en la cara posterior el viento se va frenando a medida que va rozando la vela. En cambio, al otro lado se acelera el flujo, creando succión al final de ésta. La succión es la que hace avanzar el velero. En el siguiente esquema se puede observar este funcionamiento.



## CAPÍTULO III\_ SISTEMAS NATURALES PARA VENTILAR RECINTOS CERRADOS

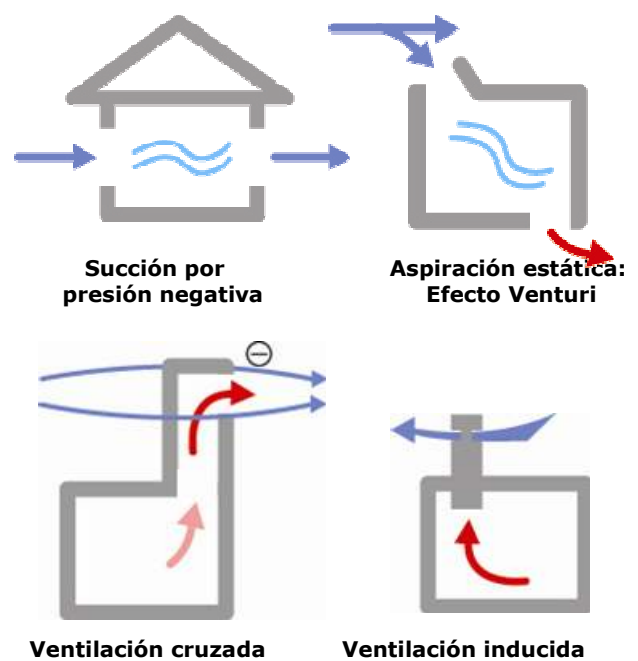
El sólo hecho de habitar un ambiente origina que el aire se vaya enrareciendo, aún cuando no se quiere enfriar un ambiente es necesario ir mudando el aire para eliminar olores, reducir riesgos de condensación y mantener condiciones habitables. Éstas se pueden lograr fácilmente abriendo ventanas para hacer entrar viento y reemplazar el aire interior en la medida que se necesite.

Dentro de la ventilación natural existen distintos tipos. Se debe elegir la ventilación adecuada dependiendo de los objetivos que se quiera alcanzar, el cual tiene una directa relación con las características del viento local.

### III.1 Ventilación cruzada o inducida

Con este sistema se puede lograr un movimiento eficaz de aire aún días de baja velocidad de viento. Es necesario contar con aberturas en fachadas opuestas, de modo que el viento cruce el recinto de una abertura a la otra.

La incorrecta ubicación de las ventanas podría impedir que el aire circule al interior de los espacios, en caso que la ventilación cruzada no se cumple, puede ser inducida por muros que dirijan en flujo de viento hacia el interior



Esquema 17





### **III.2 Succión por presión negativa**

Cuando se forman zonas de baja presión a sotavento<sup>9</sup> producto de la corriente de viento en el exterior, se produce una succión que permite ventilar el recinto.

### **III.3 Aspiración estática: Efecto Venturi**

El efecto Venturi es la aceleración de un fluido a medida que se estrecha el conducto por el cual circula, a su vez disminuyendo la presión. Esta baja de presión produce succión en el aire de un recinto. Esto se puede llevar a cabo con la orientación adecuada.

---

<sup>9</sup> A favor del viento



## CAPÍTULO IV\_ USOS DE LA ENERGÍA EÓLICA

Desde la antigüedad la energía del viento ha sido transformada y aprovechada con diferentes objetivos; para bombear agua, producir electricidad, conectar los molinos a sistemas mecánicos que aprovechen su movimiento, propulsión de navíos, y así, la fuerza del viento puede aplicarse con diferentes objetivos.

### IV.1. Molienda de granos

El molino es un artefacto mecánico cuyo fin es aprovechar la energía del viento utilizando aspas con lonas acopladas a un eje, transmitiendo dicha energía hacia unas piedras cilíndricas para transformarla en trabajo útil. Una de estas piedras está fija y sobre ella gira otra piedra, produciéndose un frotamiento entre ambas al estar superpuestas.



**Imagen 11**  
Molienda de

Para que este frotamiento se produzca se necesita una fuerza motriz, que puede ser el agua, el viento, la electricidad, u otra cualquiera. De nuestro interés, es el viento.

### IV.2. Aerogeneradores

Estos son los molinos más modernos, existen dos tipos de aerogeneradores los de eje vertical y de eje horizontal, dependiendo de las condiciones del viento y de la cantidad de electricidad que se requiere se opta por alguno.



**Imagen 12**  
Aerogenerador

Los aerogeneradores funcionan con el mismo principio que los molinos anteriores, a diferencia que han sido adaptados para generar electricidad, transformado la energía cinética del flujo del viento en energía eléctrica, la cual puede ser utilizada de inmediato o almacenada.



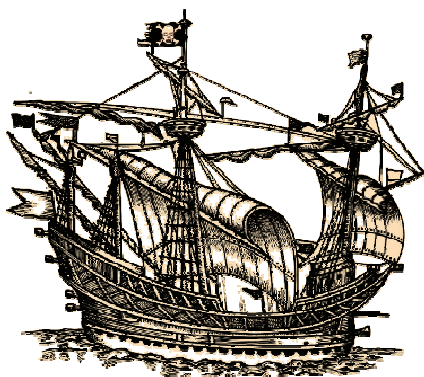
### IV.3. Bombeo de agua

La energía eólica en el bombeo de agua es generalmente aplicada a pequeña escala, y puede ser utilizada en pequeños sistemas de riego, o para abastecer de agua potable a comunidades rurales. La rueda del molino gira por acción de viento, la cual a su vez hace subir y bajar el pistón que succiona el agua.

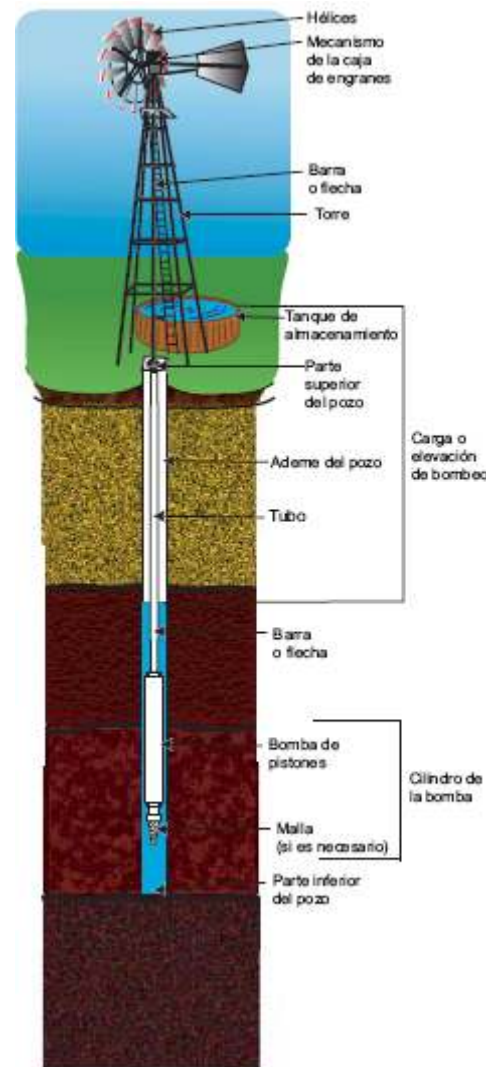
### IV.4. Velas

Son telas utilizadas para propulsar barcos mediante la acción del viento sobre ellas. A diferencia de las velas de los veleros estas hacen mover el barco mediante el empuje que el viento les proporciona.

Antiguamente este era un recurso muy utilizado por los navegantes, sin ir más lejos las carabelas de Cristóbal Colón avanzaban gracias a este tipo de propulsión, pero hoy en día prácticamente ya no se ocupan.



**Imagen 13**  
Barco con propulsión a vela



**Esquema 18**  
Bombeo de agua



## CAPÍTULO V\_ OTROS USOS

### V.1. Secado de ropa

Aunque la gente no analice el acto de secar la ropa naturalmente, esta acción es uno de los ejemplos más clásicos de la utilización del recurso eólico. Este es uno de los casos más simples que demuestra el manejo de energías limpias para el uso domestico.



**Imagen 14**  
Secado de ropa al aire libre

### V.2. Instrumentos de viento

Como instrumento de viento se entiende a cualquier instrumento musical que es capaz de producir sonido mediante la vibración de la columna de aire en su interior, sin necesidad de cuerdas o membranas y sin que el propio instrumento vibre por sí mismo.

El tono o altura de la nota se determina por la longitud del tubo, que determina la longitud de la columna de aire vibrante.



**Imagen 15**  
Instrumentos de viento



## CONCLUSIÓN. PARTE B

Desde antes de la revolución industrial el recurso eólico ya era una pieza fundamental en la vida humana, siendo de gran ayuda en la agricultura, entretenimiento, limpieza, etc.

El viento es una energía con mucho potencial que poco se utiliza en la actualidad, exceptuando los casos de los aviones o los autos de carrera por medio de la sustentación. Entendiendo el comportamiento de los flujos de viento es posible darle tantos usos como se pueda imaginar.

Últimamente se ha experimentado con el aprovechamiento eólico y se ha llegado a producir energía eléctrica, pero hay muchas otras formas de usarlo en nuestro beneficio. Es en éste punto donde el Diseño Industrial y el ingenio humano juegan un rol fundamental para el progreso, no tan solo nacional o mundial sino que también del planeta.

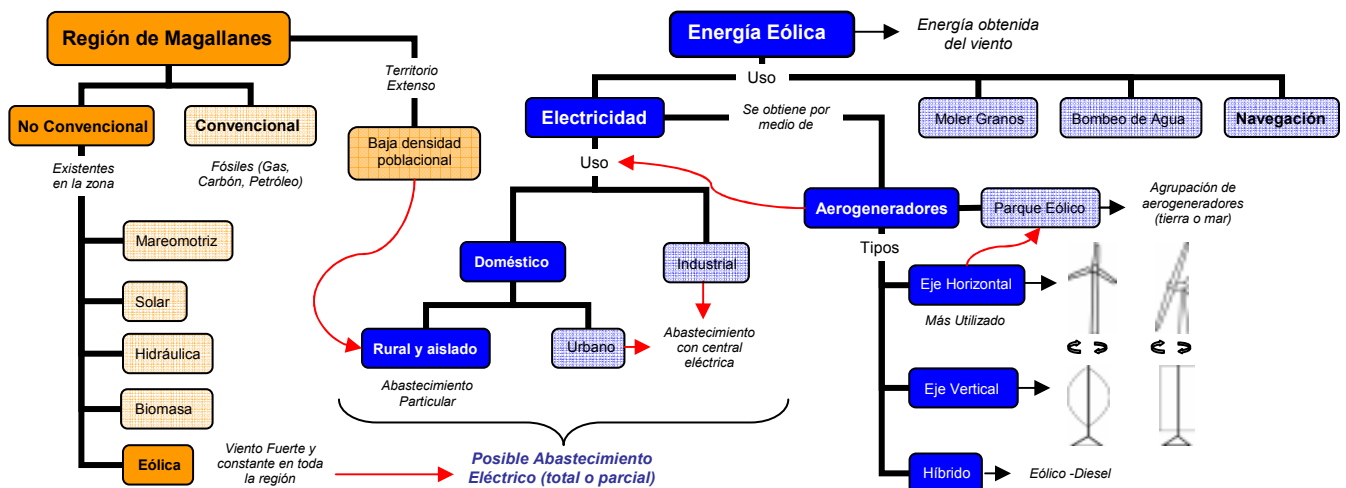


## PARTE C\_ ESTUDIO DE CASO

En esta sección del documento se presenta un caso específico en donde se ve la factibilidad de proporcionar energía eléctrica a un sector rural de la región de Magallanes y Antártica Chilena, ya que sectores rurales no cuentan con este tipo de energía o tienen que producirla por sus propios medios con generadores Diesel.

Hoy en día la electricidad tiene un rol importante en la sociedad, por esto se torna imprescindible que cada vivienda cuente con este beneficio para así tener un buen nivel de calidad de vida de sus moradores.

En una primera parte se estudiarán los tipos de aerogeneradores y sus capacidades. Además se presentará la ubicación de la región, su clima y demografía para indicar al lector específicamente en donde se está trabajando y bajo qué condiciones. Finalmente se realizará una crítica desde el punto de vista del diseño industrial en orden de plantear posibles soluciones a esta problemática.



## CAPÍTULO I\_ AEROGENERADORES

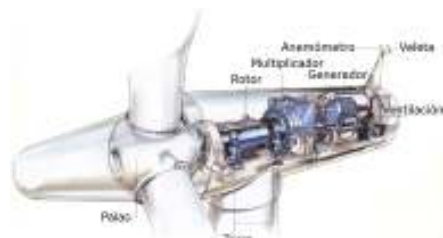
Los aerogeneradores son de gran aporte a la hora de abastecer un sector rural o aislado, obviamente dependiendo de las condiciones climáticas con que el sector cuente.

Existen dos tipos de molinos eólicos para generar electricidad, los de eje vertical y los de eje horizontal, que a su vez pueden ser ayudados por otros agentes para mejorar su rendimiento, como por ejemplo los híbridos, eólico diesel, o simplemente con maquinaria que almacene la energía generada y no se disipe si no es utilizada.

### I.1. El funcionamiento de los aerogeneradores

Como ya se mencionó anteriormente estas maquinas convierten la energía del viento en energía eléctrica, para esto cuentan con los siguientes componentes:

- a) Torre, es el pilar estructural que soporta los demás componentes de la maquina
- b) Palas del rotor, producen un movimiento rotatorio debido al viento, estas palas son las encargadas de atrapar la energía del viento
- c) Generador, es donde el movimiento mecánico producido por el giro de las palas se transforma en energía eléctrica
- d) Multiplicador, encargado de cambiar la frecuencia de giro del eje a otra menor o mayor según dependa el caso para entregarle al generador una frecuencia apropiada



**Esquema 20**  
Componentes de un aerogenerador



Además de estos componentes básicos, algunos aerogeneradores requieren de componentes adicionales para el funcionamiento eficiente y correcto, como pueden ser anemómetros, Veletas, unidades de refrigeración y controladores electrónico.

### I.1.1 Aerogeneradores de eje vertical

Los aerogeneradores de eje vertical tienen la ventaja de adaptarse a cualquier dirección de viento, por lo que no precisan de dispositivos de orientación.

Todos los elementos de transformación de energía se encuentran en el suelo. De allí sale el eje vertical que se extiende al centro de las palas curvadas que salen de la parte inferior del eje hasta su parte superior final. La forma ovalada de las palas permite hacerlo girar y producir electricidad.

El inconveniente de este tipo de turbinas es que el eje no supera mucha altura y las velocidades del viento disminuyen a medida que se acercan al suelo. De todas maneras, este convertidor se puede instalar a cierta altura si se quisiera.

### I.1.2 Aerogeneradores de eje horizontal

A diferencia de los anteriormente descritos, los aerogeneradores de eje horizontal si necesitan un sistema de orientación del viento para captarlo. Los aerogeneradores pequeños son dirigidos por una veleta, mientras que los más grandes utilizan un sensor de dirección y son orientados por un servomotor

Todos tienen su eje de rotación principal en la parte superior de la torre y aprovechan más el viento. La altura que se consigue al situar el eje que mueve el generador permite obtener vientos de mayor velocidad.



**Imagen 16**  
Aerogenerador de eje vertical Darreus



**Imagen 17**  
Aerogeneradores de eje horizontal





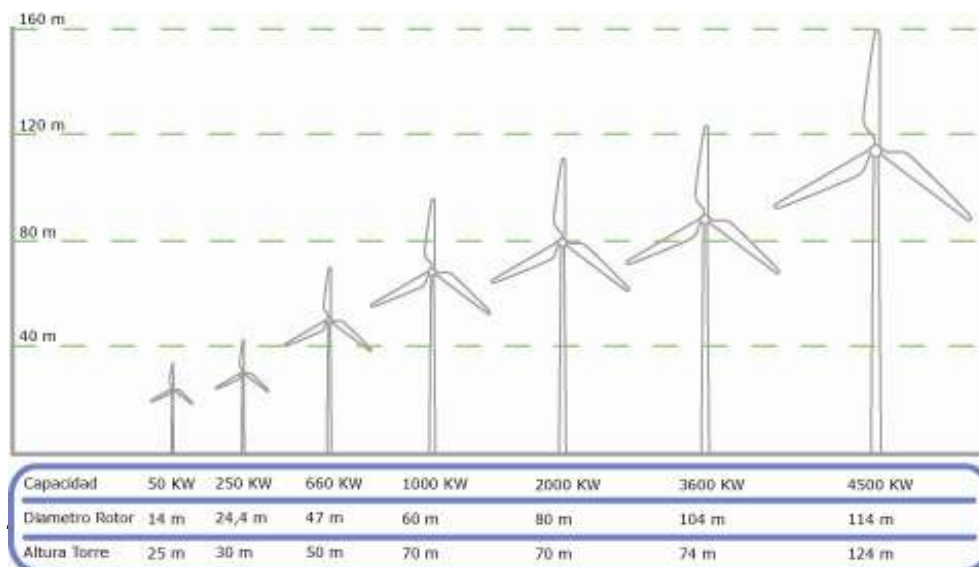
### I.1.3 Capacidad

Dentro del grupo de máquinas dirigidas a la producción de electricidad podemos clasificar los diseños en tres grupos: micro generadores, generadores de mediana potencia y grandes máquinas

En primer lugar, los micro generadores que son pequeñas máquinas con potencia que van desde pocos vatios a algunos kW. Son estructuras ligeras de poco peso, fáciles de transportar e instalar. Se aplican a instalaciones aisladas de bajo consumo, casa de campo o pequeñas granjas.

Los aerogeneradores de mediana potencia son los equipos eólicos más extendidos, han experimentado una rápida evolución a lo largo de un par de décadas. Aparecieron como máquinas de unas docenas de Kw. y hoy se dispone hasta de 700 Kw. de potencia unitaria. Son máquinas cuyo volumen y peso permite su transporte con vehículos convencionales por carretera y acceso a los emplazamientos sin especiales dificultades.

Las grandes máquinas son aquellas que tienen potencia superior a 1 MW hasta 5 MW. Con palas de 60mt y torres de 100mt, en total puede alcanzar los 160mt de altura



**Esquema 21**

Aerogeneradores de eje horizontal en relación capacidad y altura



## COMENTARIOS

La energía producida es limpia ya que no requiere combustión. Su aporte significa ahorro de combustible fósil o agua almacenada en los embalses para este mismo fin.

Su implementación permite convivir con otros usos del suelo como ganadería, agricultura, etc. así como también puede instalarse en espacios no aptos para otros fines, (zonas desérticas, próximas a la costa, laderas áridas y muy empinadas para ser cultivables).

En cuanto al impacto en la fauna, hay locaciones óptimas de instalación que coinciden con las rutas de aves migratorias, pero los niveles de mortandad son extremadamente bajos como para considerarlos una desventaja. Además, los aerogeneradores actuales son de baja velocidad de rotación lo que reduce aun más el problema de choque con las aves.

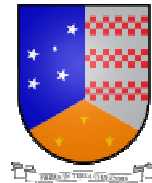
La presencia de operarios en los parques eólicos también puede afectar, ya que la presencia humana es poco frecuente en estos lugares poco transitados.

Los aerogeneradores también tienen un grado de impacto en el paisaje debido a la disposición de los elementos que lo componen. Cuando el sol está por detrás de los molinos y las sombras de las aspas se proyectan intermitentemente sobre los jardines y las ventanas se produce un efecto llamado “discoteca”. Además, los de mayor potencia pueden provocar molestias de ruido producidos por las vibraciones.



## CAPÍTULO II\_ REGIÓN DE MAGALLANES Y ANTÁRTICA CHILENA

La Región de Magallanes y de la Antártica Chilena es la más austral de las quince regiones en las que se encuentra dividido Chile y su capital es Punta Arenas. Debido a su lejanía e inhóspita geografía es la región menos poblada de Chile.



La bandera de la región da cuenta a grandes rasgos su geografía, en donde se encuentran las últimas blancas montañas de la cordillera de los Andes, extensas pampas de coirón y un imponente cielo lleno de estrellas.



**Imagen 18**  
Escudo y bandera de Magallanes

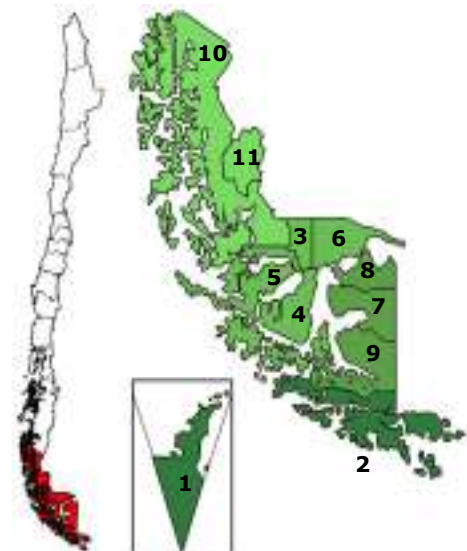
### II.1. Ubicación y administración

Esta región está ubicada en el extremo meridional del continente sudamericano, en la parte sur de la Patagonia. Al norte limita con la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, al Este con la República Argentina y al Oeste con el Océano Pacífico.

La región está compuesta por 4 provincias y 11 comunas. En la siguiente imagen se explica de manera más gráfica la ubicación y administración de Magallanes.

Provincia	Capital	Comuna
Antártica Chilena	Pto. Williams	1 Antártica
		2 Cabo de Hornos
Magallanes	Pta. Arenas	3 Laguna Blanca
		4 Pta. Arenas
		5 Río Verde
		6 San Gregorio
Tierra del Fuego	Porvenir	7 Porvenir
		8 Primavera
		9 Timaukel
Última Esperanza	Pto. Natales	11 Pto. Natales
		12 Torres del Paine

**Tabla 5**  
Provincias y comunas de Magallanes



**Esquema 22**  
Mapa de Magallanes

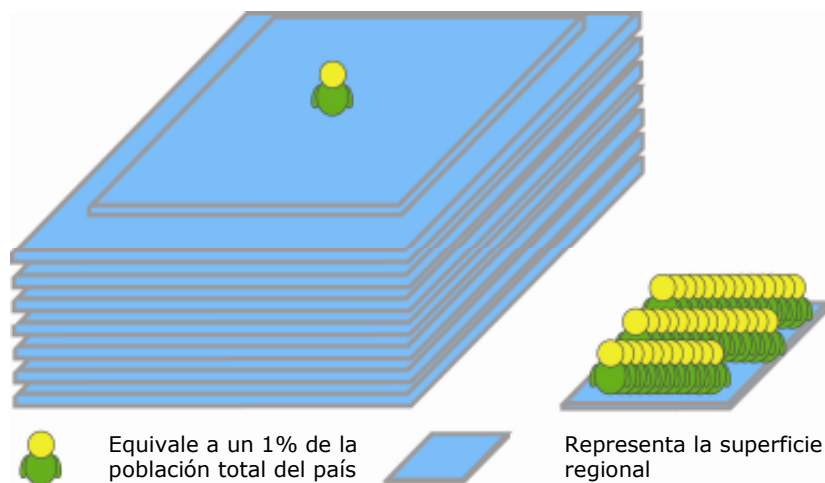


Pese a su escasa población, la región es bastante dinámica en lo económico, presentando en los últimos años una diversificación de las actividades económicas así como una consolidación de las actividades históricas.

Ciertamente toda la región ha orientado su estructura hacia la actividad ganadera, aportando con más del 50% al ganado ovino del total nacional. A su vez, la minería constituye uno de los principales recursos económicos en la región, destacándose el petróleo, gas y carbón. El petróleo consolidó toda una infraestructura, principalmente en la región estepárica norte de la provincia de Magallanes y en el norte de Tierra del Fuego, cuyas instalaciones dieron lugar a la formación de nuevos poblados como Cerro Sombrero o Posesión.

## II.2. Densidad Poblacional

Su extensa superficie de 132.033,5 Km<sup>2</sup>. equivale a un 17,7% del total nacional, teniendo la más baja población con respecto al suelo. Sus 156.502 habitantes corresponden al 0,95% del país, dejando a Magallanes como la región con menos densidad poblacional con 1,19 hab./Km<sup>2</sup>. Este fenómeno se debe a que gran parte de la superficie está situada en el continente blanco.



**Esquema 23**

Comparación entre las regiones con menor y mayor densidad, Magallanes y Antártica Chilena y Metropolitana respectivamente



En los últimos 50 años la población ha mantenido un crecimiento moderado y constante, en donde la población es mayoritariamente urbana y concentrada en la ciudad de Punta Arenas y Puerto Natales. El porcentaje restante habita en zonas rurales y aisladas, ya sea en las extensas pampas, en las innumerables islas o en la isla grande de tierra del fuego.

### **II.3. Factores climáticos**

Los factores climáticos están presentes en cualquier región de la tierra, son los que moldean la geografía presente y también generan el carácter de sus habitantes.

El norte del país es caracterizado por el calor, en esta región es todo lo contrario. El frío y el viento es el factor climático que más se da por esas latitudes, convirtiendo a este sector en uno de los más fríos e inhóspitos del país.

Las condiciones climáticas generales de la región dependen durante todo el año de la circulación atmosférica que caracteriza a esta latitud, con su acento Antártico y influenciada por las condiciones de hemisferio Sur, mayoritariamente marítimo y por la cordillera de Los Andes con su sección Patagónica y Fueguina.

El clima en la región se clasifica como templado y lluvioso mesotérmico, de lluvia irregular y de ambiente húmedo. A continuación se presentan datos de los valores que alcanzan los principales elementos climatológicos que representan el área de estudios.

#### **II.3.1 Temperaturas**

La temperatura media anual del área es de 6,5°C, con valores más frecuentes entre los 6 °C y 6,9 °C. El promedio mensual más alto lo registra Enero con 11 °C, mientras que el promedio más frío corresponde a Julio con sólo 1,2 °C.



Los valores máximos instantáneos superan los 20°C durante los meses de Enero, Febrero y Diciembre, aunque en menor frecuencia se han observado valores similares hasta Abril y a partir de Octubre. La máxima histórica alcanza los 29,9°C, registrándose el año 1900.

Las mínimas absolutas alcanzan a los 6°C en forma frecuente durante los meses de invierno, aunque la estadística histórica de último siglo muestra que una temperatura bajo cero se puede registrar en cualquier mes del año. La temperatura más baja registrada en el área de la ciudad alcanzó los -16,4°C y ocurrió en Julio de 1964.

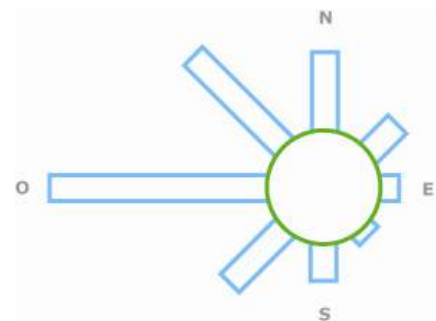
### II.3.2 Precipitaciones

La precipitación media anual alcanza los 432,2mm, con totales más frecuentes entre los 300mm y los 550mm al año. Aunque la distribución estacional es más o menos homogénea, los mayores promedios lo presenta el período comprendido entre los meses de Marzo a Mayo, siendo éste último mes el que posee el promedio más alto con 48,2mm. En los meses posteriores se produce un descenso de los promedios hasta alcanzar e mínimo en Octubre con 24,9mm.

Del total anual, alrededor de un 6% de las precipitaciones cae en forma de nieve, alcanzando el promedio de los últimos 30 años a los 27,1cms. Este tipo de precipitación se da preferentemente entre los meses de Mayo a Septiembre, aunque excepcionalmente se ha registrado en Abril y Octubre.

### II.3.3 Vientos

Junto a la temperatura y precipitación, el viento es uno de los elementos climáticos que caracterizan al área de estudio en particular.



**Esquema 24**  
Tendencia anual de vientos



Según se observa en la rosa de frecuencia de los vientos que muestra la dirección y tendencia anual, los vientos predominantes son del Oeste con un porcentaje de horas superior al 30% del total anual, seguido de los vientos del Noroeste con cerca de un 25%. En ambas direcciones se observa una significativa presencia de velocidades altas, es decir, promedios horarios superiores a los 8m/seg.

La racha máxima registrada en la región data de 1956 con 42,7 m/seg.<sup>10</sup> Sin embargo en cualquier mes se pueden registrar velocidades mayores a los 25 m/seg.

El régimen de viento parece promisorio, ya que un análisis realizado por la Universidad de Magallanes arrojó que sólo el 12,5% del total de horas la velocidad queda bajo los 2m/seg., por lo tanto, los valores alcanzados quedan dentro de los márgenes favorables para el aprovechamiento de la energía eólica durante todo el año.



**Esquema 25**  
Sectores estudiados con respecto al viento

<sup>10</sup> R. Ojeda 1966, Breve ensayo sobre el clima y dinámica de Punta Arenas, FACH



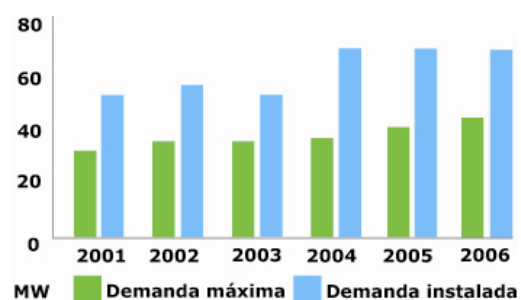
## CAPÍTULO III\_ ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO REGIONAL

Punta Arenas fue ciudad pionera en el conocimiento y uso de nuevas tecnologías e inventos que para siempre cambiarían la calidad de vida de sus habitantes, destacándose entre ellos la energía eléctrica, con la creación de una de las primeras empresas de servicio público del país en este rubro.

A pesar de estos importantes logros, un porcentaje no menor de viviendas queda al margen de este abastecimiento debido a la imposibilidad de urbanizar los sectores más aislados, teniendo ellos que abastecerse por otros métodos. A continuación se verán los sistemas de abastecimiento eléctrico para cada sector.

### III.1. Sector urbano

La empresa actualmente encargada de generar energía eléctrica para la región es EDELMAG (Empresa de Electricidad Magallanes), que cuenta con generadores propios e independientes en las ciudades de Punta Arenas, Puerto Natales, Porvenir y Puerto Williams con una potencia total instalada de 67.389 kW. Estas centrales están constituidas por unidades generadoras térmicas a gas natural y petróleo diesel.



**Tabla 6**  
Demanda máxima v/s demanda instalada

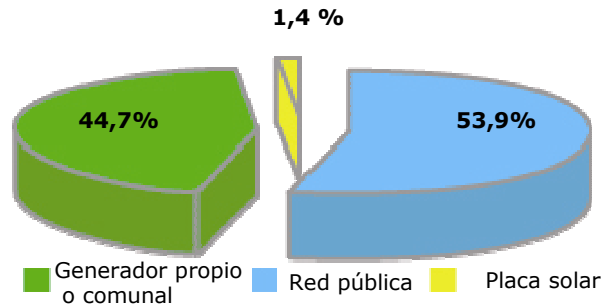
En el gráfico se pueden apreciar los márgenes de reserva disponibles instalados en las centrales con respecto a la demanda. Esto refleja que el abastecimiento en sectores urbanos está bien resuelto, no siendo así en el sector rural aislado.





### III.2. Sector rural y aislado

En este sector existen 2.481 viviendas de las cuales un 74% están electrificadas por la red pública, dejando a un 26% de la población con generadores propios o directamente sin electricidad, lo cual se traduce a 657 casas.



**Tabla 7**  
Electrificación según tipo de energía

Estas viviendas sin urbanizar obtienen electricidad mediante generadores propios o comunitarios, que funcionan a petróleo Diesel y que significan un gran gasto monetario mensual por la compra del combustible, su traslado y la mantención de las máquinas.



## CAPÍTULO IV\_ CASO ESPECÍFICO

En este capítulo se analizará puntualmente la viabilidad del uso de la energía eólica en cualquier sector rural de la región de Magallanes y Antártica chilena. Tomando en cuenta que en toda la región las condiciones del viento son óptimas.

### IV.1. Requerimientos

Para evaluar el consumo de energía, la Universidad de Magallanes realizó un estudio que contempló los dos aspectos a los que se enfrenta una vivienda residencial, esto es la cantidad de insumos para iluminación, entretención y/o electrodomésticos que se ocupan mensualmente en horarios en que no se dispone de energía eléctrica y las horas de utilización mensual y de potencia de los electrodomésticos cuando sí se dispone de energía. Este estudio se aplicó a 25 casas.

Para el sector residencial se consideró: 3 ampolletas de 50w, 1 refrigerador, 1 televisión, 1 radio, 1 plancha, y 2 electrodomésticos de bajo consumo.

Usuarios	Potencia neta unitaria KW	Requerimiento de potencia KW
25 Residencial	0,35	8,75
1 Alumbrado público	7,00	7,00
3 Almacén	1,60	4,8
1 Escuela	5,43	5,43
1 Municipalidad	1,00	1,00
1 Retén de Carabineros	1,00	1,00
1 Agua potable	1,25	1,25
Otros (*)	6,5	6,5
Total		35,73

**Tabla 8**

(\*) Salud, hospedaje y pérdida



## IV.2. Observaciones y sugerencias

Es necesario un debate social para decidir qué gama de energía queremos tener a medio y largo plazo. Debiéramos reflexionar hasta qué punto queremos depender de energías convencionales como única energía que nos garantice la potencia. La eólica es muy importante y es capaz de aportar casi tanto como la hidroeléctrica, y a pesar que en algunos sectores no es posible su implementación por la inconstancia del viento, en la región de Magallanes y Antártica Chilena el panorama es favorable en cualquier época del año, siendo posible abastecer a los sectores rurales aislados con un aerogenerador adecuado dependiendo de los requerimientos. Aun así hay soluciones a esto, pudiendo usar conexiones con un sistema de almacenamiento de energía en baterías, a fin de disponer de electricidad aunque no haya viento.



**Esquema 26**  
Proceso de electrificación de un poblado

Con los datos recopilados podemos decir que para abastecer una comunidad con 25 casas e instituciones de salud, educación, municipalidad, carabineros, central de agua potable y alumbrado público; bastaría con un solo aerogenerador de eje vertical de 40MW (baja potencia). Este estaría en condiciones de cumplir con los requerimientos necesarios; paralelamente se podría complementar con un almacenador de energía a modo de reserva.

Cabe destacar que se escoge el aerogenerador de eje vertical por que es más económico tanto en su instalación como su mantención.



## CONCLUSIÓN. PARTE C

Para ser un país desarrollado es necesario tomar en cuenta los sectores rurales e incluirlos en los planes generales del país, para nivelar hacia arriba y crecer uniformemente. Es preferible dejar de lado la centralización y enfatizar a estos sectores que muchas veces han sido subvalorados.

Con abastecimiento eléctrico durante las 24 horas se estiman los siguientes cambios a favor de mejorar las condiciones de vida y productivas en las localidades.

- Condiciones domésticas, se podrían mejorar las condiciones de iluminación, refrigeración de perecibles y de una mayor utilización de los artefactos electrodomésticos y de entretenimiento.
- Desarrollo productivo y comercial, se podría potenciar el desarrollo de la actividad turística en la localidad, un mejoramiento en los servicios de hostelería, hospedaje, almacenes, cafeterías, etc. por mayor número de horas disponible de electricidad.
- Desarrollo comunitario y sociocultural, se podrían lograr mejoras en las condiciones de seguridad debido a la incorporación de alumbrado público, además habría una optimización del funcionamiento de los servicios públicos y de una mayor actividad social.

El Diseño Industrial podría ser clave a la hora de aportar instrumentos necesarios para desarrollar nuevos proyectos que lleven a mejorar la calidad de vida en el país, tanto en innovación de tecnologías como ser un factor importante en el intercambio cultural y económico, ya que cuenta con herramientas que podrían ayudar a solucionar este tipo de problemas.

Además, el diseñador debería hacer un compromiso social que procure descubrir, evaluar y organizar la mejora y protección del medio ambiente.



## CONCLUSIÓN GENERAL

A lo largo de esta investigación se pudo observar que el mayor problema respecto a la poca implementación de energías limpias no pasa por un tema de ignorancia, puesto que a estas alturas son sabidas las múltiples ventajas que tienen por sobre las convencionales. Se piensa que el problema es la falta de conciencia por parte de los organismos encargados de manejar estas situaciones.

Gracias al aumento de la sensibilidad y a la presión de los mismos ciudadanos con relación a la degradación del entorno ambiental, se ha observado un aumento lento pero constante de acciones destinadas a mejorar la protección del medio ambiente en los países desarrollados.

Para transitar hacia la senda del desarrollo es necesario tomar en cuenta estas medidas y no sólo eso, sino también aplicarlas en la medida de lo posible para poder pensar en construir un futuro real y no un panorama donde quizás futuras generaciones no tendrán la oportunidad de disfrutar de los recursos naturales.

Para poder solucionar este problema es necesaria una buena gestión para informar y motivar a la gente respecto de los problemas mundiales que hoy existen, en orden de crear conciencia y demostrar que las energías alternativas son iguales o más eficaces que las que se aplican en la actualidad.

Con este documento no se pretende retroceder en el tiempo y dejar los lujos y beneficios de la tecnología, sino buscar maneras de trabajar tecnológicamente sin olvidar el medio ambiente. Esto nos lleva a enfrentar un cambio de valores y poner en un lado de la balanza nuestros intereses en el progreso, el medio ambiente, el futuro de nuevas generaciones y el planeta y al otro la globalización y el dinero, esperando que tenga mucho más peso la primera opción.



## BIBLIOGRAFÍA

- Universidad de Magallanes e Instituto de la Patagonia; “Prospección y evaluación de la energía eólica en Magallanes”. Proyecto de investigación. Punta Arenas. 2000.
- Universidad de Magallanes; “Estudio de factibilidad de proyecto eólico Villa Tehuelches”. Proyecto de investigación. Punta Arenas. Agosto 2003.
- Universidad de Magallanes; “Estudio de factibilidad técnico económico de un proyecto de electrificación”. Proyecto de investigación. Punta Arenas. 1997
- Méndez, Emilio; “Las energías renovables, un enfoque político ecológico”. 1997
- Casares, Marcelo; “El viento que viene y va, Propuestas de energía eólica”, BIT, N° 50. Año 13, Septiembre 2006.
- Díaz, Natalia; “Parque eólico Canela”; Práctica profesional. Universidad de Chile. Santiago. 2006.
- Gómez, Alejandro; “Diseño básico de un sistema de generación eléctrico híbrido eólico-diesel para Isla Robinson Cruzoe”; Tesis. Universidad de Chile Santiago. 2006
- Fernández, Rodrigo; “Metodología para proyectar la dotación de energía eléctrica por medio solar y eólico a viviendas rurales”; Tesis. Universidad Austral de Chile. Valdivia Chile. 2003
- Parra Perez, Daniel; “El viento como una variable de diseño en la arquitectura”; Tesis. Universidad de Chile. 2005
- Pakarati, René; “Aplicación de Energía Eólica Para Generar Energía Eléctrica en Isla de Pascua”; Tesis. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso. 2000
- Gobierno de Chile, CNE: Comisión Nacional de Energía [ en línea ] <<http://www.cne.cl/>> [consulta: 15 Agosto – 30 Octubre 2007]
- DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION [ en línea ] <<http://www.windpower.org/en/core.html>> [consulta: 15 Agosto – 25 Noviembre 2007]
- \*\*\* EDELMAG S.A. – Empresa eléctrica de Magallanes \*\*\* [ en línea ] <<http://www.edelmag.cl/>> [consulta: 11 Noviembre – 23 Noviembre 2007]

