



Universidad Nacional de Ingeniería  
Recinto Universitario Simón Bolívar  
Facultad de electrotecnia y computacion

**Trabajo monográfico.**

**Título:**

“Estudio de viabilidad para un centro de carga a base de generación eólica para zonas de difícil acceso en la región Atlántica de Nicaragua.”

**Autor:** Adiat Axel Díaz Altamirano 2006-23689.

**Tutor:** Msc. Cedrick DallaTorre Parrales.

Abril 2013

## INDICE

Introducción-----	3
Objetivos-----	7
<b>I CAPITULO Generalidades-----</b>	<b>8</b>
Ubicación del proyecto-----	8
Tabla 1.1.1 -----	9
Mapas-----	10
Fotografía satelital-----	11
El Viento-----	11
Imagen 1.2.1: Movimiento de los vientos-----	12
Funciones y Componentes de una planta eólica-----	13
Imagen 1.3.1 Partes de un generador -----	13
Imagen 1.3.2 Partes del rotor-----	14
Imagen 1.3.3 Bobinas-----	14
Imagen 1.3.4 Rotor frontal y trasero-----	15
Torre-----	16
Imagen 1.4.1 Ejemplo de torre-----	16
Fase 1 Ubicación-----	16
Imagen 1.4.2 Ubicación ideal-----	17
Fase 2 Elección de torre-----	18
Fase 3 Preparación del área de montaje-----	19
Imagen 1.4.3 Anclajes-----	19
Imagen 1.4.4 Diferencias de anclajes-----	20
Fase 4 montaje-----	21
Fase 5 Preparación de la base-----	21
Imagen 1.4.5 Ejemplo de soporte-----	21
Fase 6 Puesta en pie-----	22
Imagen 1.4.6 Instalación de torre-----	22
Imagen 1.4.7 Líneas de fuerza-----	23
Imagen 1.4.8 Ejemplo de grúa-----	23
Detalle de canalización-----	24
Dibujo elaborado en Paint, idean de canalización -----	25
Imagen 1.5.1-----	26
Imagen 1.5.2 Gabinete ENEMA-----	27
Imagen 1.5.3 Accesorios de tubería Conduit-----	28
Imagen 1.5.4 Uniones y terminales-----	29
Imagen 1.5.5 Uniones de 90º-----	30
Imagen 1.5.6 Doblaje de tubería Conduit-----	31
Imagen 1.5.7 Tubo Felx-----	32
Imagen 1.5.8 Registros-----	33
Imagen 1.5.9 Tapas de registros-----	34
Imagen 1.5.10 Diametro de conductores-----	35
Gráfico del modelo de inversor-----	36
Conexión-----	37
Imagen 1.6.1 Diagrama de conexiones-----	37
Formula del viento en función de viento-----	37
Impactos ambientales de la turbina eólica-----	38

## II CAPITULO Estudio Técnico-----42

Tabla 2.1 Comparación de parques eólicos-----	42
Imagen 2.1 Potencial de recursos energéticos-----	43
Imagen 2.2 Mapa eólico de Nicaragua-----	45
Imagen 2.3 Potencial eólico por zonas-----	46
Tabla 2.2 comparación del clima por departamentos-----	47
Grafico climático por región-----	48
Imagen 2.4 Mediación de condensación del aire VS humedad relativa del aire-----	50
Gráficos de frecuencia de rapidez de los vientos en función de su orientación geográfica (año 2012)-----	51-56
Tabla 2.3 Tipos de viento en función de su velocidad-----	57
Tabla 2.4 Comparación entre Bilwi y Bluefileds-----	57
Imagen 2.5 Líneas de transmisión de alta tensión-----	61
Generadores-----	63
Savoia Generators-----	64
Energía alternativa de México-----	65
Merkasol-----	66

## III CAPITULO Estudio económico y diseño-----69

Concepto de potencia y energía-----	70
Tabla 3.1 inventario de materiales-----	71
Inversión inicial-----	72
Depreciación-----	73
Tabla 3.2 Presupuesto de costo de producción-----	74
Tabla 3.3 Activo diferido-----	75
Tabla 3.4 tabla de consumo promedio de energía en un hogar--	76
Tabla 3.5 Inventario para segunda opción de instalación-----	78
Tabla 3.6 Tabla de recuperación de inversión-----	79
Conclusiones-----	80
Bibliografía-----	82
Referencias de imágenes-----	83
Anexos-----	84



## Introducción

La energía Eólica es la que podemos obtener de la fuerza del viento. La utilización del viento como una fuente de energía ha sido tema de interés en todo el mundo en la última década. En el pasado el viento ha sido una importante fuente de energía, que se ha aprovechado en los molinos de viento, y en el bombeo de agua. El mayor interés que existe actualmente es la producción de electricidad a partir del viento con el fin de sustituir los costosos combustibles fósiles.

Las primeras aplicaciones de la energía eólica fueron la impulsión de navíos, la molienda de granos y el bombeo de agua, y sólo hasta finales del siglo pasado la generación de energía eléctrica. Actualmente las turbinas eólicas convierten la energía cinética del viento en electricidad por medio de aspas o hélices que hacen girar un eje central conectado, a través de una serie de engranajes (la transmisión) a un generador eléctrico.

“La determinación de la magnitud del recurso energético eólico de un país, en términos de reservas probadas y probables, como capacidad instalable en MW y generación posible en GWh, se realiza siguiendo una metodología semejante a la evaluación del potencial hidroeléctrico de un país.

El desarrollo de la energía eólica en América Central ha estado limitado, no por la disponibilidad del recurso “viento” en la región, sino por una serie de obstáculos o barreras externas que se pueden considerar comunes en todos los países. Estos se pueden resumir en las siguientes categorías”:<sup>1</sup>

- a. Barreras de información.
- b. Barreras financieras.
- c. Barreras tecnológicas.
- d. Barreras de mercado.

---

<sup>1</sup> Manuales sobre energía renovable: Eólica/ Biomass Users Network (BUN-CA). -1 ed. -San José, C.R. Biomass Users Network (BUN-CA), 2002 pág. 19



“Nicaragua es el país de América Central que posee la generación de electricidad más baja, así como el porcentaje más bajo de población con acceso a la electricidad. El proceso de desagregación y privatización de la década de los 90 no alcanzó los objetivos esperados, lo que resultó en muy poca capacidad de generación agregada al sistema. Esto, junto a su gran dependencia del petróleo para la generación de electricidad (la más alta de la región), provocó una crisis energética en 2006 de la cual el país todavía no se ha recuperado por completo.

El sistema de electricidad abarca el Sistema Interconectado Nacional (SIN), que cubre más del 90% del territorio donde vive la población del país (las zonas del Pacífico, del centro y del norte completas). Las restantes regiones están cubiertas por sistemas de generación aislados. El proyecto SIEPAC (Sistema de Interconexión Eléctrica para América Central) integrará la red eléctrica del país con el resto de los países de América Central y se espera que mejore la confiabilidad en el abastecimiento y reduzca los costos.

Existe un amplio consenso en la sociedad sobre el alto grado de compatibilidad entre las instalaciones eólicas y la capacidad de carga de los ecosistemas naturales. En comparación con las fuentes de energía convencionales, los impactos ambientales de la energía eólica son locales y, por lo tanto, se pueden monitorear y mitigar con relativa facilidad”.<sup>2</sup>

La energía eólica no causa emisiones al ambiente o al agua, y no produce ningún tipo de desperdicio tóxico. Aún más, la energía eólica no hace uso de fuentes naturales y no daña al medio ambiente en su extracción, teniendo muchas facetas ambientales positivas. Es limpia, renovable y un medio de generación sustentable por eso más y más energía eólica se debe de usar para combatir al cambio climático.

---

<sup>2</sup> Camera di Industria e Commercio Italo Nicaraguense CCIN, C/o Embajada de Italia, Rotonda el Gueguense 1 cuadra al lago 10 varas abajo, Tel.: 2268 3898, Fax.: 2254 5062, E-mail.: infoccin@camitanica.org.ni , Web.: www.camitanica.org.ni



La energía eólica se está utilizando como una herramienta para luchar contra el cambio climático y por ello su innegable valor, sin embargo, la producción de energía eólica no está exenta de consecuencias negativas, tanto para la sociedad como para la conservación de la naturaleza.

“La instalación de parques eólicos para la obtención de energía eólica, produce impactos ambientales de poca importancia. El requerimiento de material y de superficie es relativamente escaso. Sin embargo, cuando se utilizan aceros y material plástico, se generan problemas ambientales durante la fabricación de estos materiales.

La investigación y desarrollo de nuevos diseños y materiales para aplicaciones en aerogeneradores eólicos, hacen de esta tecnología una de las más dinámicas, por lo cual constantemente están saliendo al mercado nuevos productos más eficientes con mayor capacidad y confiabilidad.

No obstante, el funcionamiento de estos sistemas de generación energética produce cierta contaminación ambiental a saber”.<sup>3</sup>

Emisión de ruido

Degradación del aspecto paisajístico

Peligro de accidentes por desprendimiento de palas del rotor

Interferencias electromagnéticas

Impacto sobre cierto tipo de fauna (aves)

Recursos Arqueológicos y Paleontológico

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARENA) es el organismo a cargo de la conservación, protección y uso sostenible de los recursos naturales y del medio ambiente. Por ende es la autoridad en Nicaragua encargada de todos los permisos en cuanto a proyectos referidos a esta naturaleza.

---

<sup>3</sup> [http://tedel.org/nuestroambiente/index.php?option=com\\_content&task=view&id=25&Itemid=37](http://tedel.org/nuestroambiente/index.php?option=com_content&task=view&id=25&Itemid=37)



Nicaragua ya obtiene generación eólica del proyecto de 63 MW Amayo. En estudios preliminares se estimó el potencial eólico del país en 800 MW, de los cuales 650 MW se concentran en Rivas y 150 MW en Chontales.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup><http://www.lavozdelsandinismo.com/nicaragua/2011-10-12/otorgan-licencia-para-estudio-de-factibilidad-de-proyecto-eolico-de-juigalpa/>



## **Objetivos.**

### **General**

Realizar un estudio de viabilidad para un centro de carga a base de generación eólica para zonas aisladas de la red en la región Atlántica norte de Nicaragua.

### **Específicos**

1. Realizar un estudio del arte en base a datos existentes sobre las características y comportamiento del viento en diferentes épocas en la ciudad de Bilwi – Puerto Cabezas, Región Autónoma del Atlántico Norte, para determinar si es potencial la implementación de sistemas eólicos para la generación de energía eléctrica.
2. Determinar mediante referencias con entidades e instituciones que realicen censos de carga en distintas zonas del atlántico del país, para desarrollar el dimensionamiento y cantidad de los equipos que se requieren para satisfacer la demanda de energía eléctrica en Bilwi Puerto Cabezas, Región Autónoma del Atlántico Norte.
3. Desarrollar un estudio económico que determine los costos y beneficios que son necesarios para evaluar la rentabilidad del proyecto de viabilidad para un centro de carga a base de generación eólica en la ciudad de Bilwi - Puerto Cabezas, Región Autónoma del Atlántico Norte.
4. Diseñar el centro de carga en el orden de los KWatts a base de energía eólica que permita satisfacer con la demanda energética y verlo como alternativa en la ciudad de Bilwi - Puerto Cabezas, Región Autónoma del Atlántico Norte.



## I CAPITULO Generalidades.

### 1.1 Ubicación del proyecto.

Se ha elegido a la ciudad de Bilwi puerto Cabezas para el estudio de viabilidad de un centro de carga a base de generación eólica. Se eligió esta ciudad porque cuenta con un sistema de distribución eléctrica aislado, es decir, no cuenta con la interconexión a la red de distribución nacional.

El municipio prácticamente está aislado de toda planta de generación eléctrica, por lo tanto el municipio tiene que garantizar su propia generación a base de combustible fósil, lo que no garantiza la continuidad del servicio y el bajo costo del mismo.

El municipio de Bilwi Puerto Cabezas - según el Censo 2005 - cuenta con una población total de 66,169 habitantes de los cuales 39,428 se encuentran asentados en el Área Urbana lo que representa un 59.6% y 26,741 habitantes asentados en el Área Rural, lo que representa un 40.4%.<sup>5</sup>

Hay una empresa que presta servicios de energía eléctrica en la ciudad de Bilwi denominada "**Puerto Cabezas Power**". El ente que administra los servicios y supervisa su eficiencia es la Empresa Nicaragüense de Energía Eléctrica (ENEL).<sup>6</sup>

En el casco urbano hay 4,013 clientes. La cobertura en Bilwi es de 7,047 viviendas. Abastece también al sector comercio (96) e industrial (19). La planta genera energía eléctrica de 8,000- 9,000 Kw.<sup>7</sup>

Funciona en régimen de sistemas aislados (no hay interconexión con el Sistema nacional) con once plantas de diesel que atienden 17 comunidades.<sup>8</sup>

<sup>5</sup> [http://www.jica.go.jp/nicaragua/espanol/office/topics/pdf/realizados\\_03.pdf](http://www.jica.go.jp/nicaragua/espanol/office/topics/pdf/realizados_03.pdf); Pag. 6.

<sup>6</sup> <http://www.pto-cabezas.com/municipio01.htm> (Nov. 2011)

<sup>7</sup> <http://www.pto-cabezas.com/municipio01.htm> (Nov. 2011)

PLANTA	CAPACIDAD (Kwh)	COMUNIDADES
Puerto Cabezas.	2,700	Bilwi, Tuapi, Kamla, URACCAN, Lamlaya.
Sandy Bay.	100	Sandy Bay, Tawasaka, Li Dakura.
Sahsa.	75	Sahsa.
Wawa Bar 1.	36	Wawa Bar.
Wawa Bar 2.	36	Wawa Bar.
Layasiksa.	60	Layatiksa.
Krukira.	48	Krukira.
Santa Marta.	45	Santa Marta.
Karata.	45	Karata.
Sisín.	36	Sisín.
Kilómetro 43.	17	Kilómetro 43.

Tabla 1.1.1

Se plantea la necesidad de un cambio total del sistema de generación (de diesel a búnker que resulta más económico). También, se considera la posibilidad de aprovechar el potencial hidroeléctrico del paso de Wawabún (sobre el río Wawa, carretera a Las Minas). No existe previsión de explotar otras fuentes energéticas (marítima, solar, **eólica**, etc.).<sup>9</sup>

Con la colaboración del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el MEM ha iniciado la valoración del potencial eólico en Puerto Cabezas y Lagunas de Perlas estando en la fase de ejecución del estudio (junio 2009), esperándose tener los resultados en septiembre 2010.<sup>10</sup>

<sup>8</sup> [http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/ATLANTICO%20NORTE/puerto\\_cabezas.pdf](http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/ATLANTICO%20NORTE/puerto_cabezas.pdf), Pág. 23.

<sup>9</sup> [http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/ATLANTICO%20NORTE/puerto\\_cabezas.pdf](http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/ATLANTICO%20NORTE/puerto_cabezas.pdf), Pág. 24.

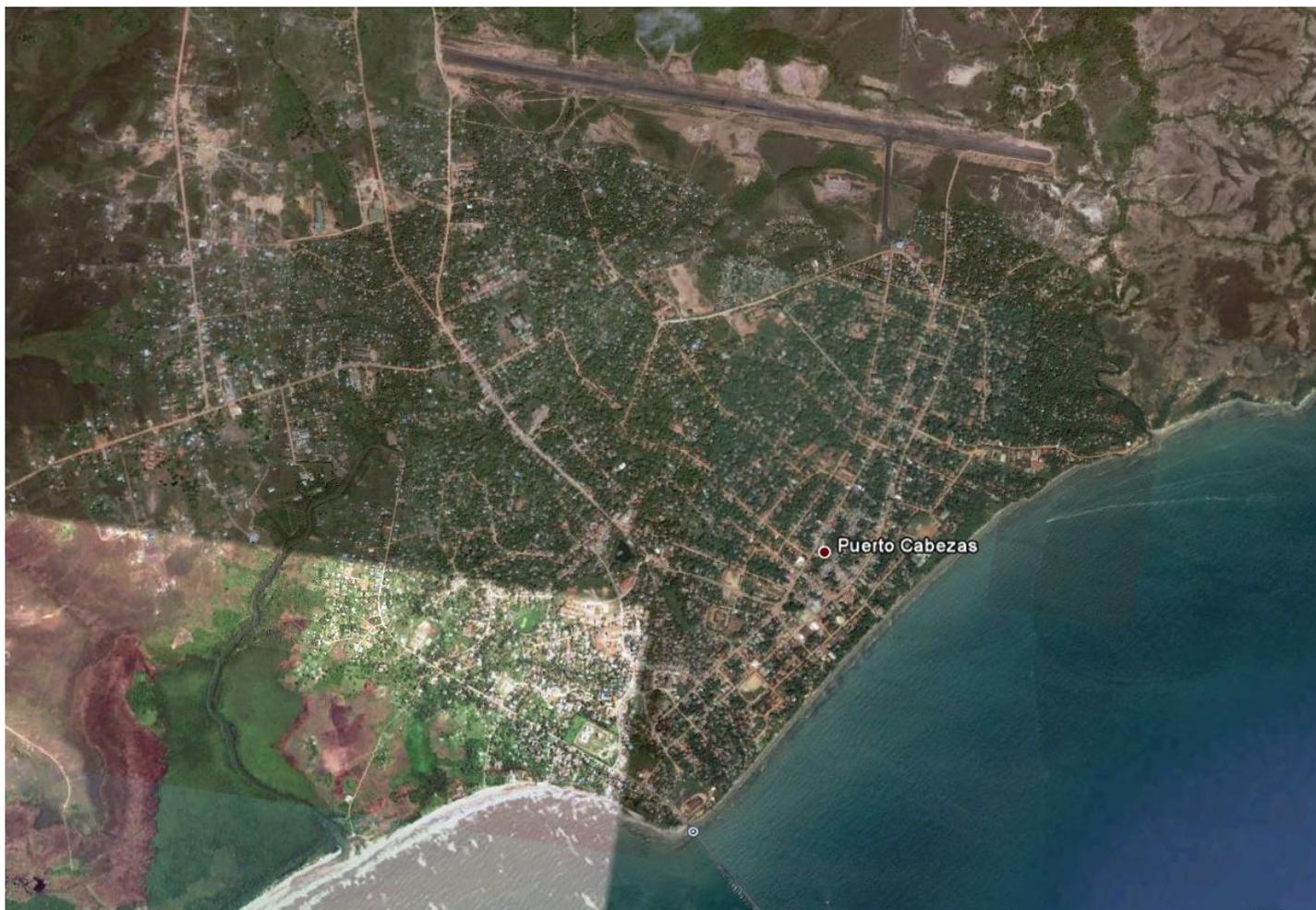
<sup>10</sup> [http://www.renovables.org.ni/media/Documentos/Guia\\_del\\_Inversionista\\_Sector\\_Electrico\\_de\\_Ncaragua\\_2010\\_\\_09Sept2010.pdf](http://www.renovables.org.ni/media/Documentos/Guia_del_Inversionista_Sector_Electrico_de_Ncaragua_2010__09Sept2010.pdf), Pág. 29.

Ubicación de la ciudad de Bilwi. En el mapa geopolítico de nicaragua.



Mapas.<sup>11</sup>

<sup>11</sup> <http://www.ineter.gob.ni/>



Fotografía satelital obtenida con aplicación en línea Google Earth.<sup>12</sup>

En materia de ubicación, la ciudad de Bilwi Puerto Cabezas es factible técnicamente, ya que es una ciudad costera y apenas cuenta con 10msnm<sup>13</sup>, una altura adecuada para la instalación de generadores eólicos, el océano asegura que el movimiento del viento sea Cíclico al largo del día.

## 1.2 El Viento

La energía eólica no es más que la energía cinética contenida en el viento que se utiliza fundamentalmente para la generación eléctrica. Una vez transformada en energía eléctrica puede consumirse en forma directa o almacenada para su posterior consumo, o transportarse para ser suministrada en otros territorios.

<sup>12</sup> Imagen tomada desde GOOGLE EARTH, Imagen del 13 oct. Del 2006.

<sup>13</sup> [http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/ATLANTICO%20NORTE/puerto\\_cabezas.pdf](http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/ATLANTICO%20NORTE/puerto_cabezas.pdf)

Esta energía es inagotable debido a su naturaleza cíclica, para obtener el máximo provecho del viento es de vital importancia una evaluación y caracterización del mismo.

El viento origina su movimiento cuando el sol generalmente en la mañana calienta más rápido que el mar el aire en la superficie terrestre, el aire caliente sube, y el aire frío del mar ocupa su lugar. De noche la tierra se enfría rápidamente mientras que el agua conserva el calor. El aire se eleva en el mar creando una brisa en tierra. A mayores alturas el sentido se invierte, o al menos que otros sistemas de vientos mayores alteren el proceso.<sup>14</sup>

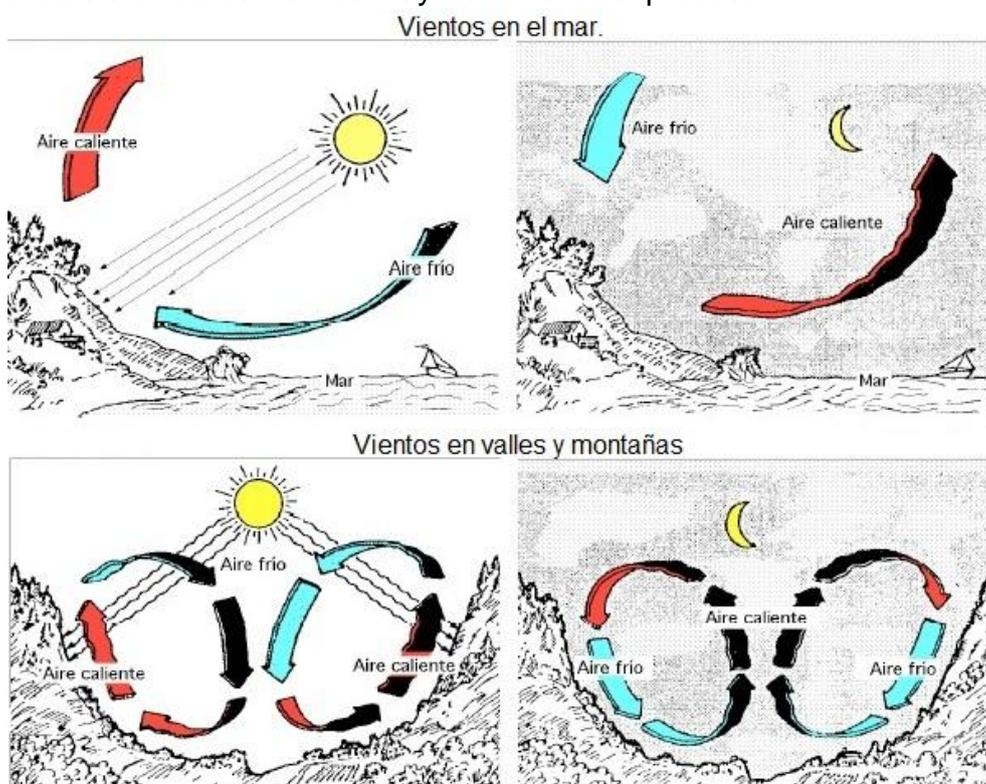


Imagen 1.2.1: movimiento de los vientos debido a la diferencia de temperatura entre masas de aire.<sup>1</sup>

Básicamente la generación eólica parte del movimiento de las hélices debido a la circulación de masas de aire, transportando la energía cinética del viento hasta el generador eléctrico, este generara una corriente a distintas frecuencias para luego pasar por una serie de circuitos que rectificaran la señal para ser almacenada en baterías, luego por medio de un inversor se

<sup>14</sup> ENERGÍA EÓLICA Pedro Fernández Díez <http://libros.redsauce.net> pág. I-9

acondicionara la señal en DC para transformarla en AC a una frecuencia de 50Hz o 60Hz con amplitud de 110V o 220V.

### 1.3 Funciones y Componentes de una planta eólica.

“En la práctica las turbinas eólicas se diseñan para trabajar dentro de ciertas velocidades del viento. La velocidad más baja, llamada velocidad de corte inferior que es generalmente de 4 a 5 m/s, pues por debajo de esta velocidad no hay suficiente energía como para superar las pérdidas del sistema.

La velocidad de corte superior es determinada por la capacidad de una máquina en particular de soportar fuertes vientos. La velocidad nominal es la velocidad del viento a la cual una máquina particular alcanza su máxima potencia nominal. Por arriba de esta velocidad, se puede contar con mecanismos que mantengan la potencia de salida en un valor constante con el aumento de la velocidad del viento”.<sup>15</sup>

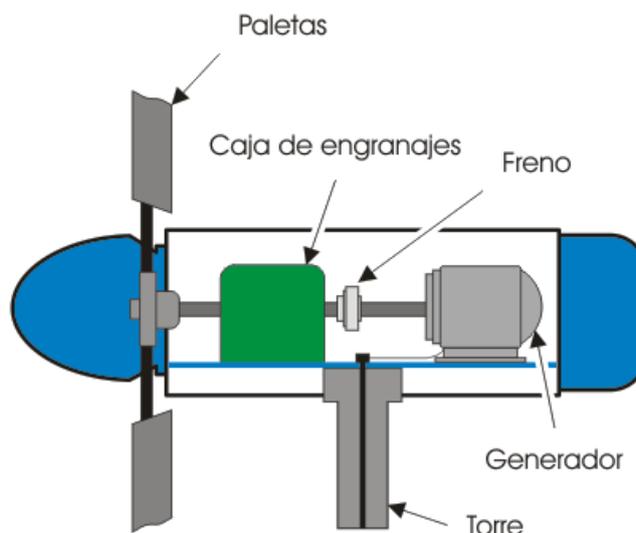


Imagen 1.3.1<sup>ii</sup>

Las **hélices o paletas** se encargan de transformar la energía potencial almacenada en el aire en energía cinética.

<sup>15</sup> <http://www.textoscientificos.com/energia/turbinas>

“La **caja de engranajes** tiene el propósito de multiplicar las revoluciones del eje y multiplica también la frecuencia de la corriente en alterna.

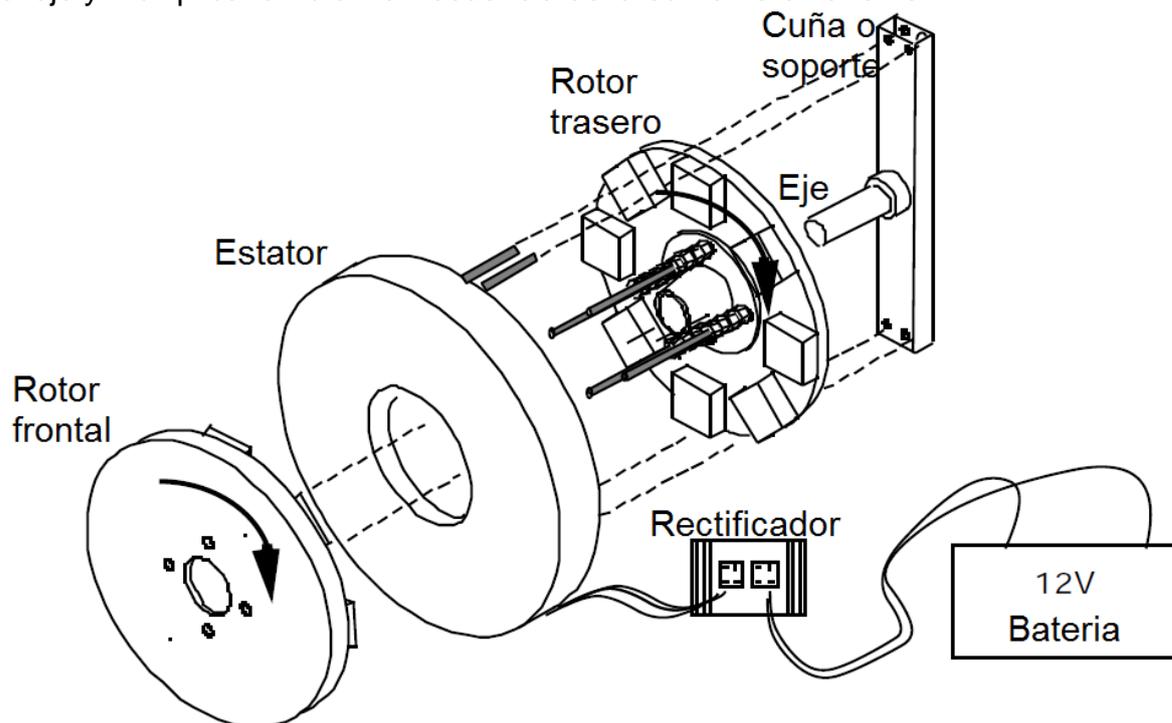


Imagen 1.3.2<sup>iii</sup>

El estator a como su nombre lo indica, es la parte del generador que esta estática y contiene las bobinas de cable de cobre revestido a las cuales se les inducirá u campo magnético para que exista una diferencia de potencial entre sus extremos”.<sup>16</sup>

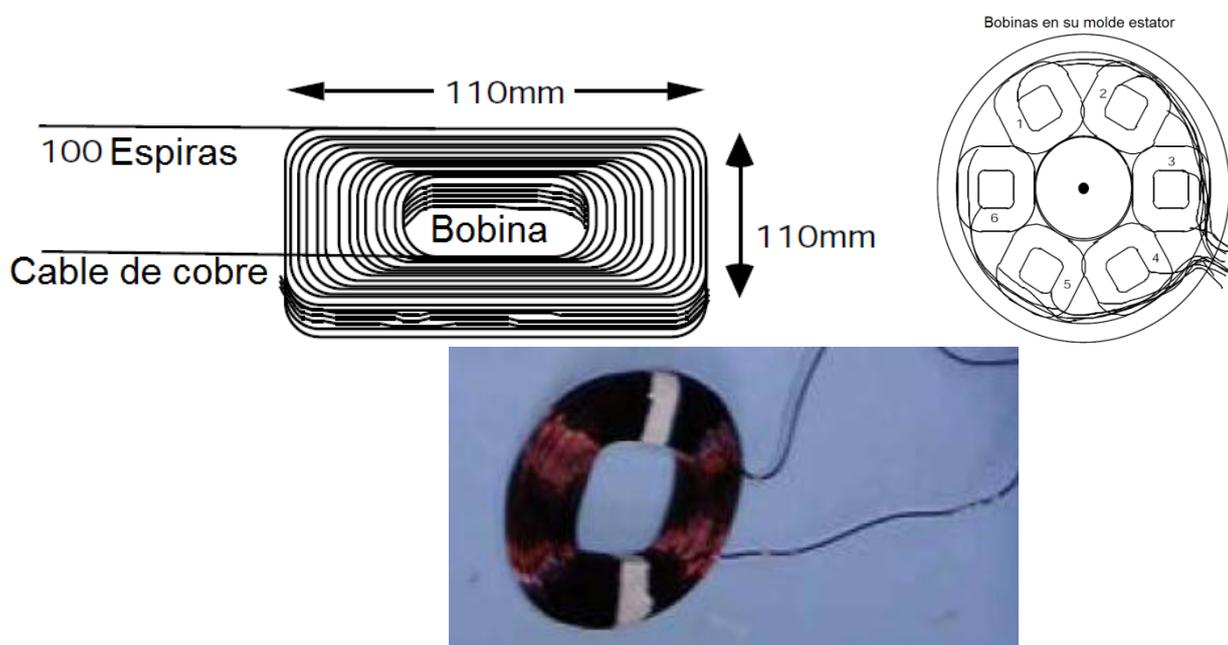
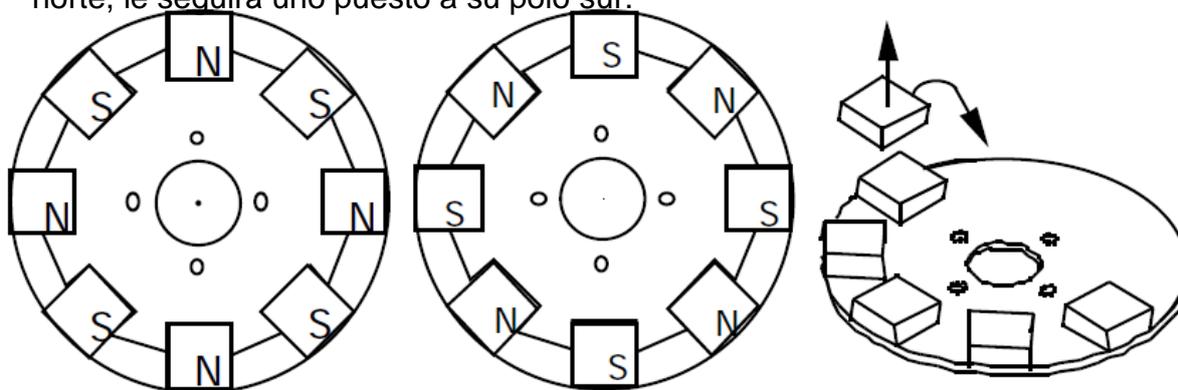


Imagen 1.3.3

<sup>16</sup> Hugh Piggott; El poder del viento en el taller (Windpower Workshop) pág. 10-16

El rotor por otra parte es el que contiene los imanes, separados e intercalados por sus polos, es decir después de cada imán puesto a su polo norte, le seguirá uno puesto a su polo sur.<sup>17</sup>



**Rotor frontal y trasero**

Imagen 1.3.4<sup>iv</sup>

Como se puede notar en la figura, los rotores frontal y trasero deben de quedar de tal forma que los polos opuestos de los imanes queden frente a frente, de otro modo no habría una inducción magnética en las bobinas del estator.

El rectificador se encarga de tomar la señal en AC proveniente del estator para convertirla en corriente directa DC, para poder cargar la batería o generar un voltaje casi constante, para luego ser almacenada o utilizada de forma directa, no se recomienda utilizar equipos eléctricos que operen con DC en serie con el rectificador, ya que estos están sometidos a cambios bruscos de voltajes, podrían causar daños irreparables.

El circuito de control, se podría decir que es el cerebro en sí de la turbina eólica, ya que este controlara el freno para cuando se sobrepase de la velocidad nominal, también dependiendo del tipo de tecnología y requerimientos este puede constar de sensores especializados para medir temperatura, un anemómetro para registrar la velocidad del viento en tiempo real, controles hidráulicos para cambiar el ángulo de aceptación de las aspas o hélices cambiando así su velocidad de rotación.

<sup>17</sup> Hugh Piggott; El poder del viento en el taller (Windpower Workshop) pág. 24

La torre es el pilar solido sobre el que va a reposar el generador eólico, este a simple vista pareciera en verdad ser sólido, pero en realidad es lo bastante hueco como para que se puedan realizar trabajos de mantenimiento hasta arriba en las aspas sin correr el riesgo de caer, otras torres están hechas en forma de andamios a partir de angulares solidos de acero galvanizado, este último no es muy práctico en materia de seguridad laboral.

#### 1.4 Torre.

Las torres podrán resultar un poco complicadas de fabricar tratándose de generadores grandes, pero hablando de generadores pequeños como para una casa, es más sencilla de construir. Pero si no se tiene cuidado el pequeño proyecto podría tener muchos contratiempos o incluso no llegar a funcionar del todo, sin embargo, un buen ingeniero dividiría la instalación de una torre convencional en fases. Como en el siguiente ejemplo:



Este tipo de torre es fácil de fabricar y no es muy costosa comparada con las torres especialmente diseñadas para generadores de alta potencia, no es más que ser cuidadoso y observador en elegir un lugar adecuado para instalar el generador, también disponer de los materiales adecuados, equipos de protección y herramientas estándar incluyendo la creatividad y dedicación en la construcción de una torre de este tipo.

Imagen 1.4.1

#### Fase 1 Ubicación.

En este punto hay que ser muy cuidadoso, porque cualquier lugar con afluencia de viento nos podría parecer muy bueno para instalar un generador, pero el viento a como toda materia gaseosa fluye de manera impredecible y

hay que evitar los posibles obstáculos para que el generador sea más eficiente.<sup>18</sup>

Se comprende que más cerca del nivel del mar se encuentre un generador eólico mayor será su eficiencia, pero que pasa si vivimos en lugares altos o algo accidentados.<sup>19</sup>

La mejor forma es la siguiente:

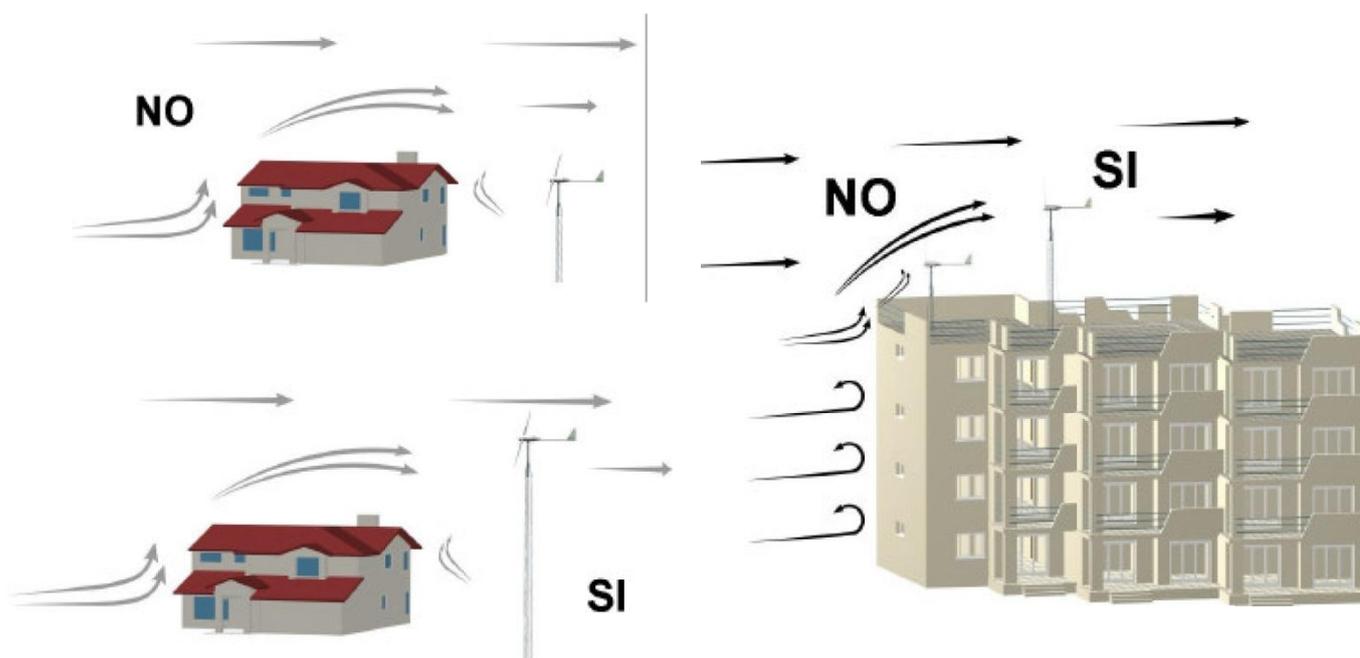
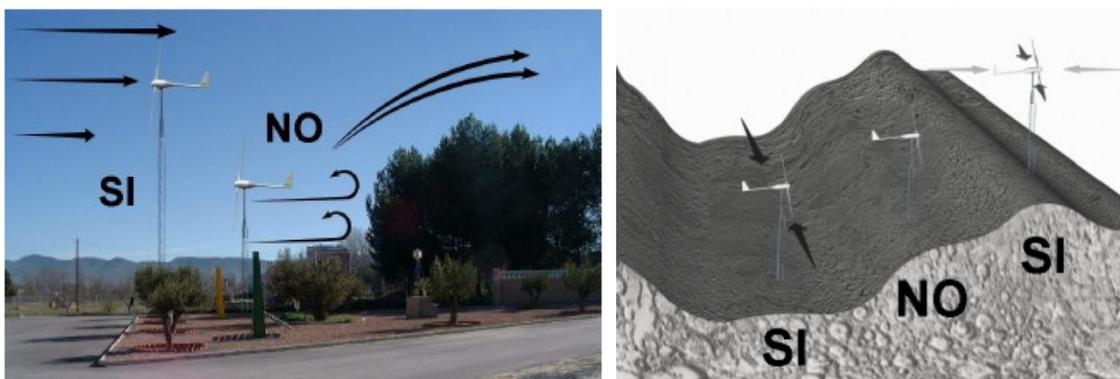


Imagen 1.4.2

<sup>18</sup> Manual de instrucciones y montaje. Torres basculantes y auto soportadas; J Bornay, Davis Bornay Aerogeneradores. Rev. 1.0 enero 2002.

<sup>19</sup> Manual de instrucciones y montaje. Torres basculantes y auto soportadas; J Bornay, Davis Bornay Aerogeneradores. Rev. 1.0 enero 2002

## Fase 2 Elección de torre.

En esta fase hay que tomar en cuenta los mantenimientos preventivos y



correctivos y elegir la torre adecuada es una fase fundamental ya que planeando un mantenimiento preventivo lograremos aumentar la calidad y vida útil del equipo. La torre tubular es una de las más usadas debido a su bajo costo y además es muy sencilla de desmontar para moverlos de sitios y los mantenimientos, este tipo de torre facilita aumentar la altura en un momento dado añadiendo más tubos y ajustando los cables tensores de forma que soporten la misma tensión por igual. Los materiales para una torre así son:

- 2 vigas de acero tipo H de espesor no muy delgado de 1 a 2 metros.

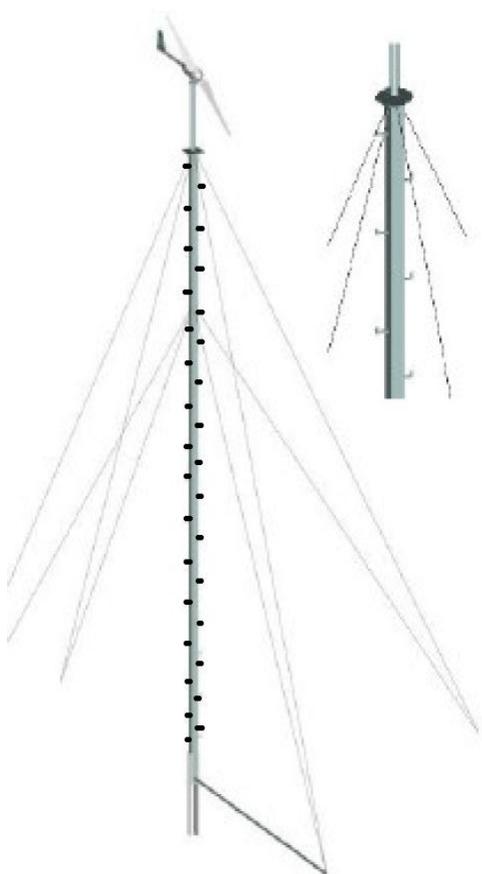
- Varios tramos de tubos de 4 pulgadas preferiblemente de material anticorrosivo, el numero depende de la altura planeada.

- Cables tensores de acero preferible que sea sin cortes o distintas longitudes.

- Clavos de anclaje y 1 platina de acero.

Este otro tipo de torre es llamada torre escalonada y es un poco más costosa porque consta de tubos más gruesos, tensores de acero de diámetro más grande y escalones hechos de varillas de metal.<sup>20</sup>

También es desmontable pero gracias a sus escalones facilita aún más las revisiones periódicas sin tener que desmontar la torre. Las dimensiones de los materiales serán mayores que los materiales utilizados en la torre tubular.<sup>21</sup>

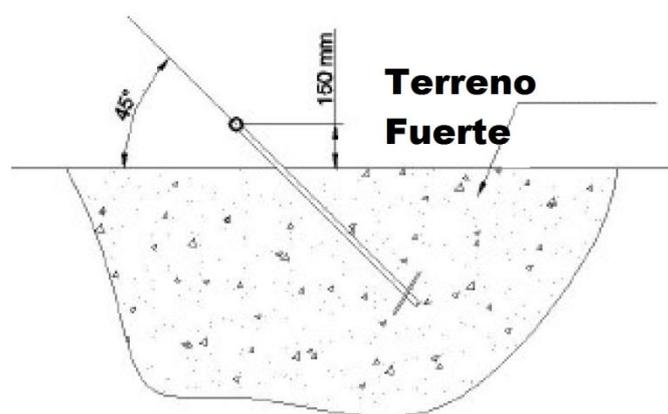
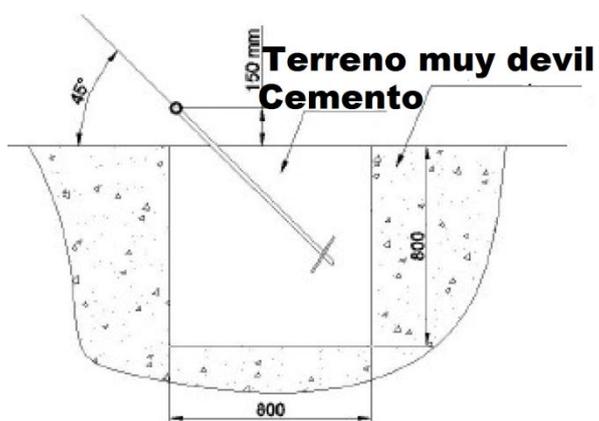
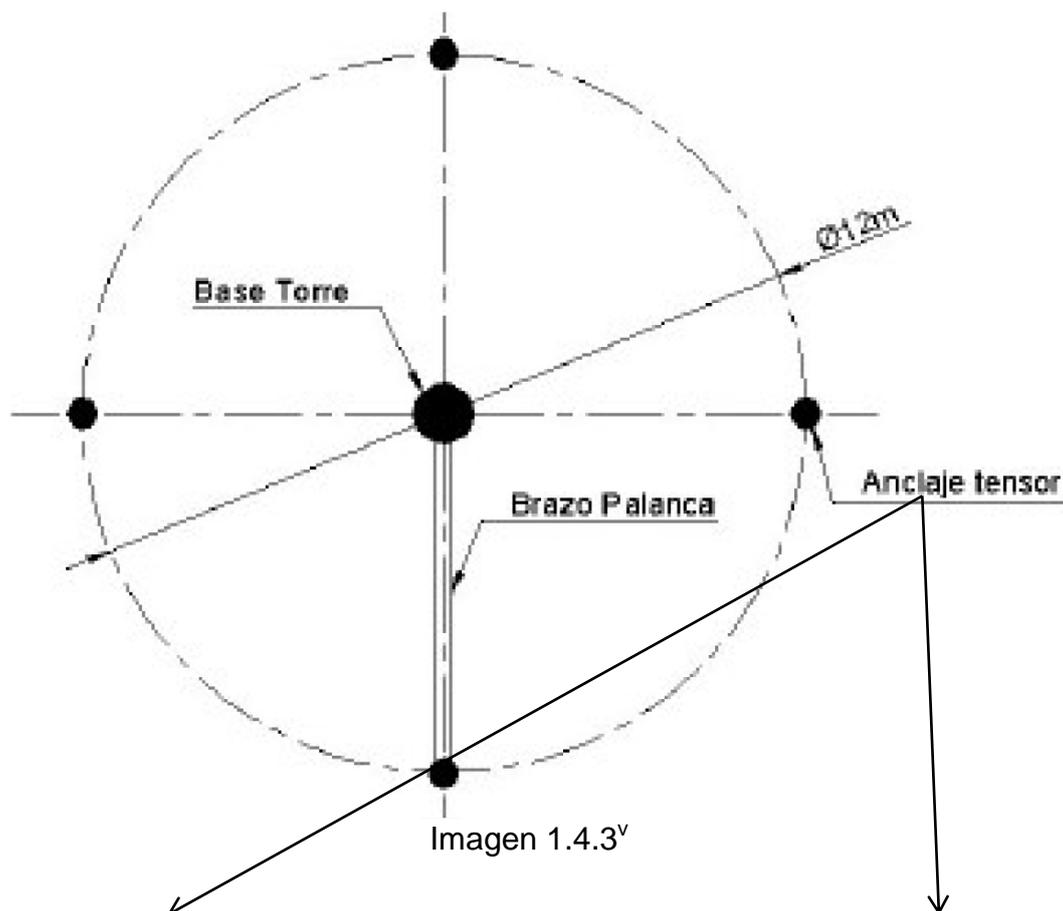


<sup>20</sup> Manual de instrucciones y montaje. Torres basculantes y auto soportadas; J Bornay, Davis Bornay Aerogeneradores. Rev. 1.0 enero 2002

<sup>21</sup> Manual de instrucciones y montaje. Torres basculantes y auto soportadas; J Bornay, Davis Bornay Aerogeneradores. Rev. 1.0 enero 2002

### Fase 3 Preparación del área de montaje.

Antes de todo asegúrese de estar fuera del alcance de las líneas de alta tensión o tendido eléctrico, localice el punto exacto donde quiere instalar el generador y marque el terreno o área a como se muestra en la figura.<sup>22</sup>



<sup>22</sup> Manual de instrucciones y montaje. Torres basculantes y auto soportadas; J Bornay, Davis Bornay Aerogeneradores. Rev. 1.0 enero 2002

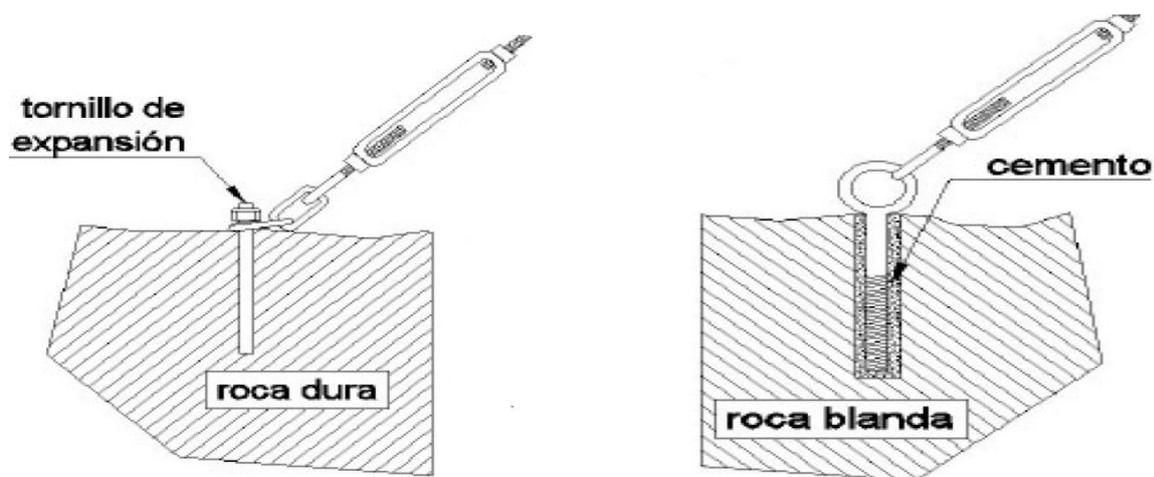


Imagen 1.4.4

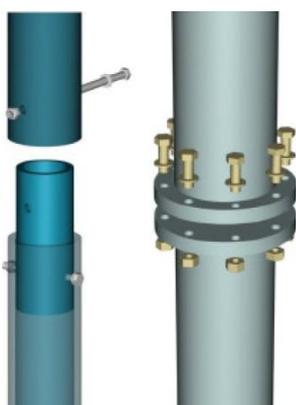
Los anclajes de los arriostres de la torre deben de estar muy bien fijados, aquí se muestra un ejemplo de cómo se deben de colocar los soportes en roca sólida y roca blanda (Terreno suelto).<sup>23</sup>

<sup>23</sup> Manual de instrucciones y montaje. Torres basculantes y auto soportadas; J Bornay, Davis Bornay Aerogeneradores. Rev. 1.0 enero 2002

#### Fase 4 Montaje.

El acople de los tubos debe de alinearse con precisión para que la torre quede totalmente recta, estos tubos de acero con frecuencia se ofrecen con roscas, no una los tubos simplemente con las roscas, estos deben de ser reforzados porque la disminución del grueso en la rosas debilita la resistencia de su sección.

Existen distintas formas de o maneras de unir los tubos.

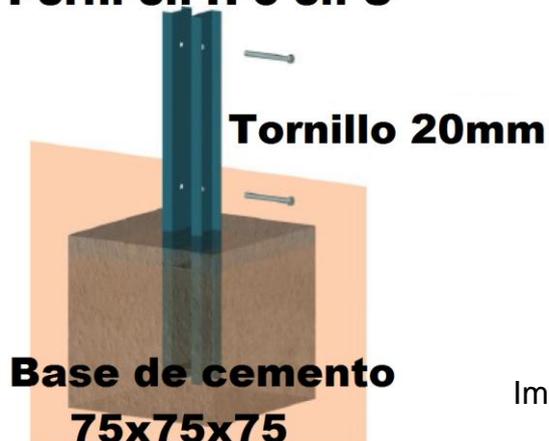


El Primero destaca por su sencillez pero ofrece menor resistencia, el segundo caso nos asegura una mayor rigidez en su conjunto aumentando la resistencia, sin embargo, ambos tipos de estructuras serán posteriormente tensionadas cualquiera de las opciones son viables para realizar su función.<sup>24</sup>

#### Fase 5 Preparación de la base.

En este caso el primero es para terrenos blandos o poco fuerte, el tubo primario va anclado por dos o más tornillos de 20mm de diámetro, el segundo es un anclaje ideal para terrenos rocosos regalando un poco de comodidad al montaje. Esta estructura deberá de planearse a largo plazo y debe de ser lo suficientemente fuerte para soportar el peso de toda la estructura.

##### Perfil en H o en U



##### Tornillo de expansion

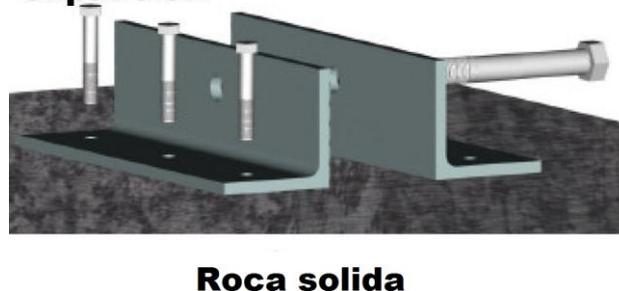
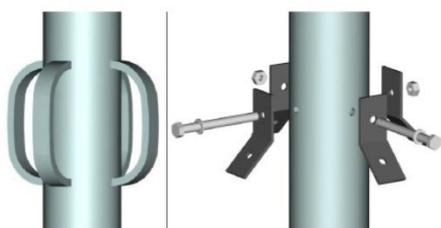


Imagen 1.4.5

<sup>24</sup> Manual de instrucciones y montaje. Torres basculantes y auto soportadas; J Bornay, Davis Bornay Aerogeneradores. Rev. 1.0 enero 2002

### Fase 6 Puesta en pie.



Antes de levantar la torre es necesario fijar los soportes de los tensores con varillas de acero soldadas a los tubos de 4 pulgadas o con acopladores.

Para poner en pie nuestra torre que bien podría ser con una grúa, pero utilizando el ingenio, se puede ocupar la base como punto de torque y utilizar una palanca para levantar la torre, a como se muestra a continuación.<sup>25</sup>

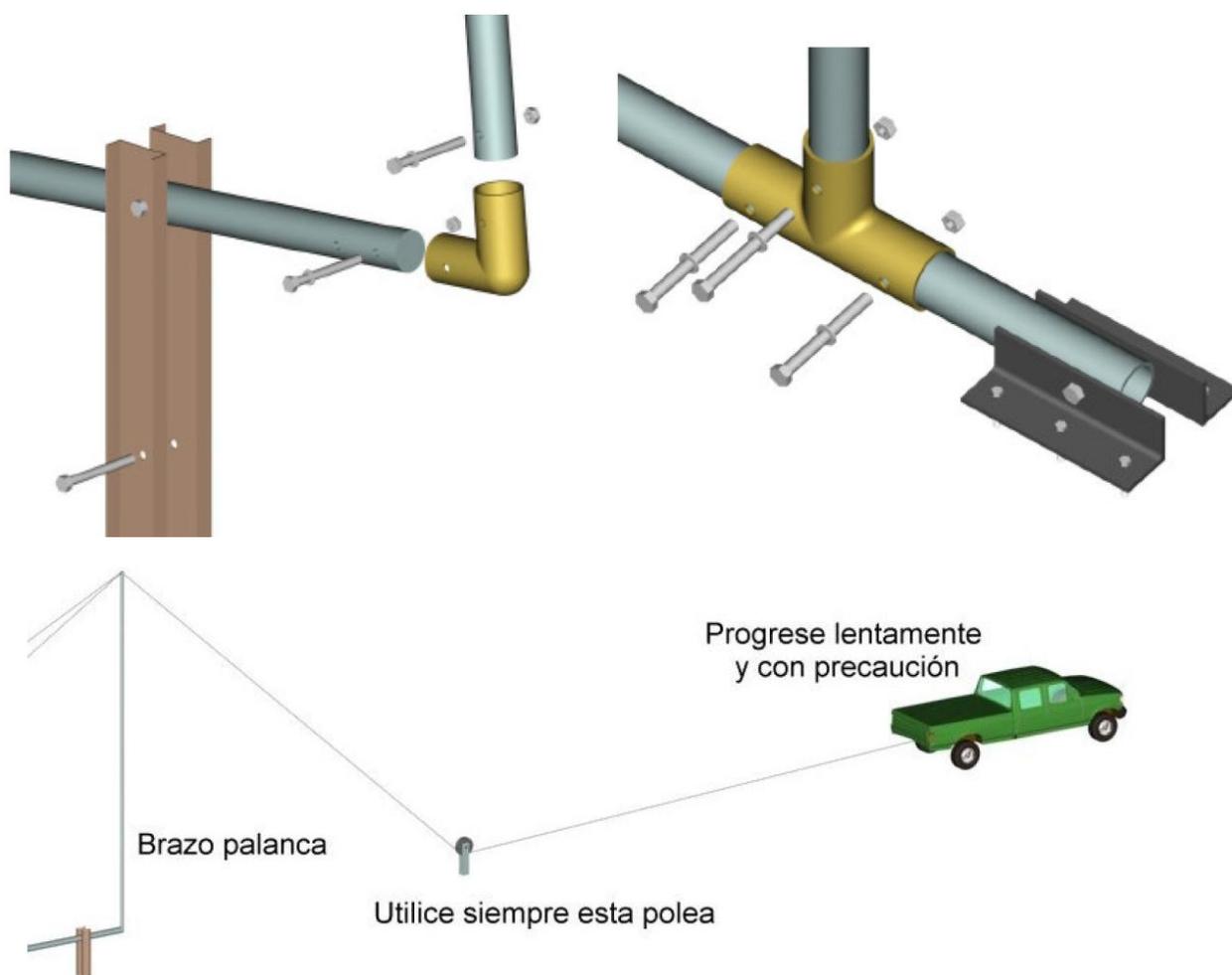


Imagen 1.4.6

<sup>25</sup> Manual de instrucciones y montaje. Torres basculantes y auto soportadas; J Bornay, Davis Bornay Aerogeneradores. Rev. 1.0 enero 2002

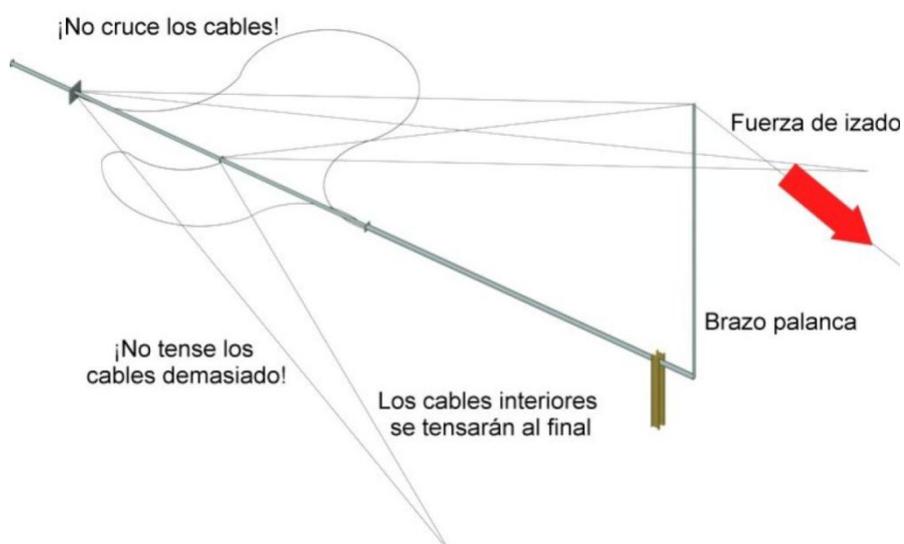


Imagen 1.4.7

Ya de último se hacen las conexiones y se instala el generador, para subirlo se utiliza esta práctica herramienta que utiliza un simple sistema de poleas, que bien sabemos distribuye las fuerzas que actúan en las cuerdas disminuyendo el trabajo.<sup>26</sup>

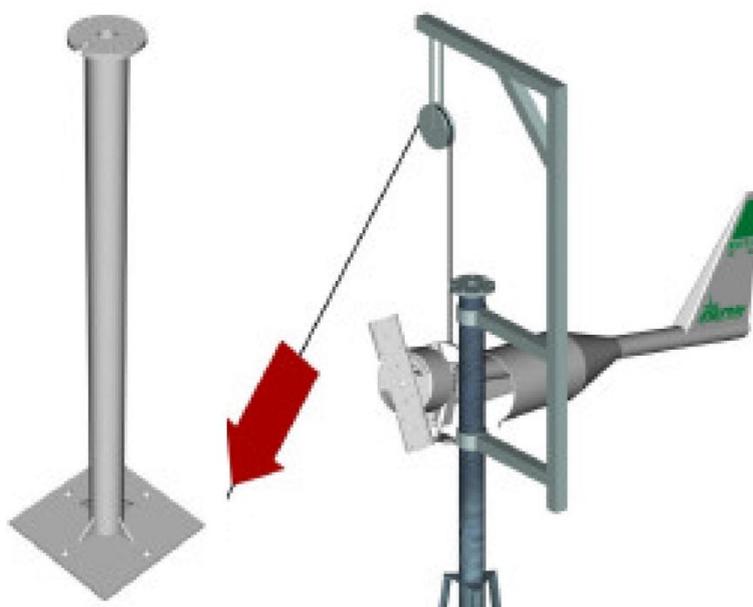


Imagen 1.4.8

<sup>26</sup> Manual de instrucciones y montaje. Torres basculantes y auto soportadas; J Bornay, Davis Bornay Aerogeneradores. Rev. 1.0 enero 2002



## 1.5 Detalles de canalización.

El detalle de la canalización es un aspecto muy importante porque tiene mucho que ver con la seguridad, calidad y durabilidad de nuestro sistema, saber escoger materiales de alta calidad y especiales para cada situación (metal o PVC) asegura que los problemas de transmisión sean los menos comunes.

Por lo general se usan materiales aprobados o certificados por normas nacionales o internacionales en algunos casos, estos materiales incluyen varios casos. Estos materiales incluyen varios tipos de canalizaciones (Tubos conduit, coples, niples, buses-ducto), cables y conductores, cajas de conexión, dispositivos de protección (Fusibles, Interruptores, Etc.).

Una canalización es un conducto cerrado, diseñado para contener alambres, cables o buses ducto, pueden ser metálicas o no metálicas.<sup>27</sup>

Los tubos conduit metálicos se pueden usar en casi todas las aplicaciones ya que se pueden instalar en casi todo tipo de atmosferas. En ambientes corrosivos se debe tener cuidado de especificar los tubos con pintura anticorrosiva, ya que la presentación normal de estos tubos es galvanizada, esta canalización es la más práctica y una de la más usadas por su flexibilidad en todo tipo de aplicaciones.

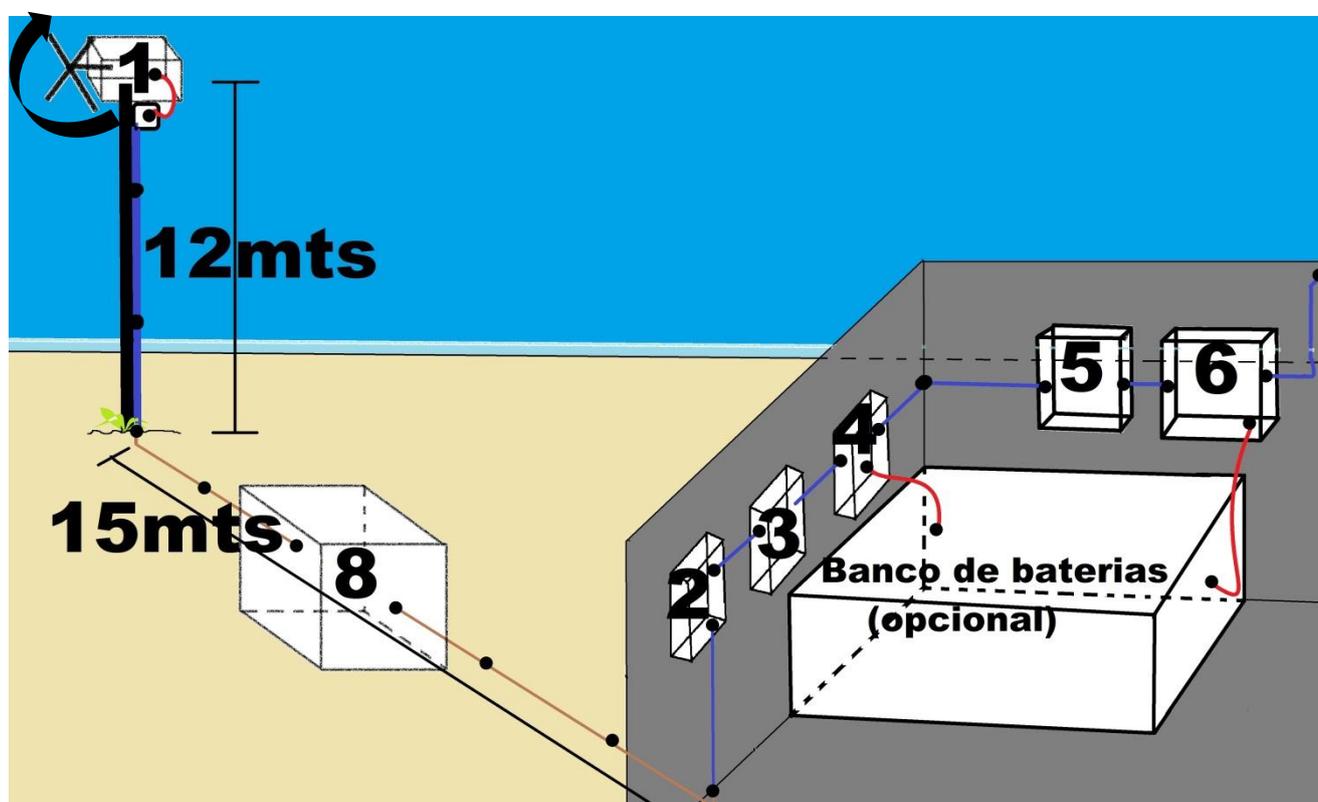
El diseño de canalización podría ser el siguiente, suponiendo que queremos colocar nuestro generador cerca de una casa o negocio. La torre alcanzara una altura de 12mts, entonces, una distancia segura seria a 15mts de la instalación. La canalización expuesta o superficial tendrá que ser metálica, preferiblemente la tubería deberá de ser del mismo material para evitar el efecto galvánico. \*\*

---

<sup>27</sup> Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas segunda edición; Gilberto Enríquez Harper. LIMUSA Noriega Editores 2004. ISBN: 968-18-6445-X

\*\*La acción galvánica se produce cuando un metal es conectado a otro en presencia de un electrólito (metal más noble) y, por lo tanto, se produce una corrosión electroquímica<sup>28</sup>, por otra parte, el galvanizado es el proceso de cubrir un metal con otro químicamente ya que los metales en su variedad cuentan con cargas eléctricas diferentes siempre se deposita un metal de carga eléctrica mayor sobre otro de carga eléctrica menor.<sup>29</sup>

En este diseño se utilizara también las tuberías conduit de PVC para la canalización subterránea, estas no se corroen y son menos costosas en este tipo de canalización.



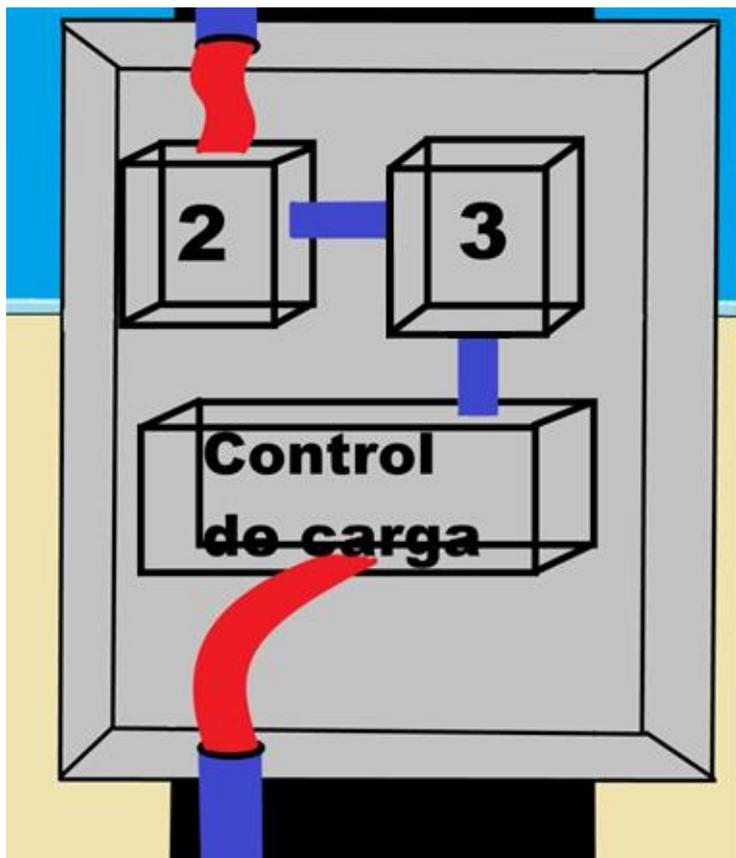
Dibujo elaborado en Paint de Windows 7.

### Descripción:

- 1- Generador eólico. 2- Controles del generador (en caso de que sean externos y otros sensores). 3- protecciones eléctricas. 4- Control de carga.  
 5- Regulador de cargas en DC y protecciones. 6- Inversor, conexiones a red eléctrica. 7- Banco de baterías (opcional). 8- Registro 1X1X1mts (opcional).  
 Rojo: Tubo flexible. Azul: Tubo rígido MT. Café: PVC o Conduit.

<sup>28</sup> <http://autoanálisis.net/G.htm>

<sup>29</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Corrosion\\_galvanica;](http://es.wikipedia.org/wiki/Corrosion_galvanica;) & <http://es.wikipedia.org/wiki/Galvanizado>



Existe otra forma cuando el proyecto es residencial y no se planea la expansión del mismo, no es más que ubicar un gabinete en la misma torre a 1.6 mts de altura a nivel del suelo, en este gabinete se ubicaran los diferentes circuitos y saldrá en canalización hacia el banco de baterías y a la red residencial.<sup>30</sup>

Imagen 1.5.1

- 2- Control del generador, en caso de ser externo.
- 3- Protecciones eléctricas.
- 4- Control de carga.

La canalización desde el gabinete hasta el banco de baterías será subterránea en tubería conduit PVC.

<sup>30</sup> [http://www.derrant.com.mx/normas\\_estandares\\_NEMA.html](http://www.derrant.com.mx/normas_estandares_NEMA.html).



Imagen 1.5.2

Los tipos de tuberías necesarios para la canalización de nuestro proyecto son los mostrados a continuación, estos están actualmente disponibles en el mercado ferretero de Nicaragua. Más adelante en el estudio económico se elaborara una lista describiendo las piezas especialmente seleccionadas para la canalización. Describiendo su precio actual y la cantidad de unidades.<sup>31</sup>

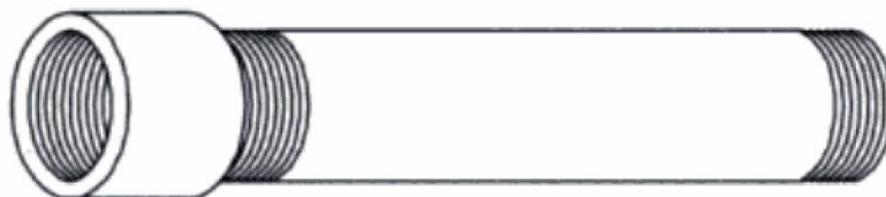
---

<sup>31</sup> Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas segunda edición; Gilberto Enríquez Harper. LIMUSA Noriega Editores 2004. ISBN: 968-18-6445-X

**EL TUBO CONDUIT METÁLICO RÍGIDO SE USA EMBEBIDO EN LAS CONSTRUCCIONES DE CONCRETO MONTADO SUPERFICIALMENTE**

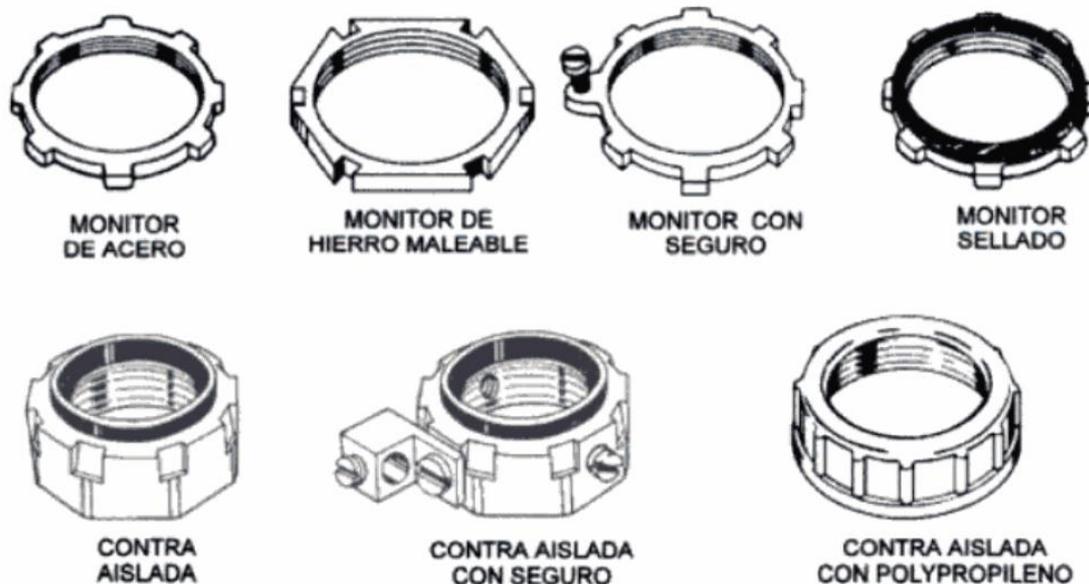
UN EXTREMO SE  
SUMINISTRA CON COPLE

EXTREMOS CON ROSCA



**LA LONGITUD DE CADA TRAMO ES DE 3.05 m**

**TUBO CONDUIT METÁLICO RÍGIDO DE PARED GRUESA**



**CONECTORES PARA TUBOS CONDUIT RÍGIDOS DE PARED GRUESA E INTERMEDIOS**

Imagen 1.5.3.<sup>32</sup>

<sup>32</sup> Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas segunda edición; Gilberto Enríquez Harper. LIMUSA Noriega Editores 2004. ISBN: 968-18-6445-X. Pag. 14.



ABRAZADERA TIPO UÑA  
DE UN AGUJERO



ABRAZADERA TIPO OMEGA  
O DE DOS AGUJEROS

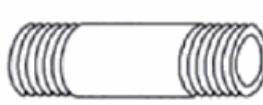


ABRAZADERA TIPO UÑA  
DE HIERRO MALEABLE

**ABRAZADERAS PARA TUBO CONDUIT**



ACOPLAMIENTO



TUBO CONDUIT

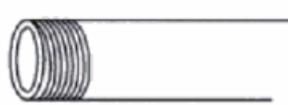


ACOPLAMIENTOS

**TUBO CONDUIT  
RÍGIDO O  
INTERMEDIO**



ACOPLAMIENTO

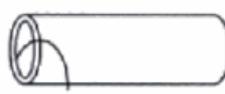


TUBO CONDUIT

**TUBO CONDUIT  
INTERMEDIO**



ACOPLAMIENTO

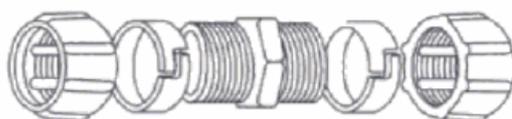


TUBO CONDUIT

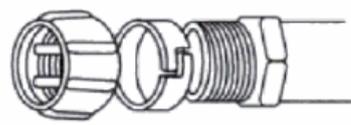


ACOPLAMIENTO

**TUBO CONDUIT  
DE PARED  
DELGADA**



ACOPLAMIENTOS



ACOPLAMIENTOS DE CONECTOR

**TIPOS DE TUBOS CONDUIT RÍGIDOS Y SUS ACOPLAMIENTOS**

Imagen 1.5.4.<sup>33</sup>

<sup>33</sup> Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas segunda edición; Gilberto Enríquez Harper. LIMUSA Noriega Editores 2004. ISBN: 968-18-6445-X, Pág. 13-14.

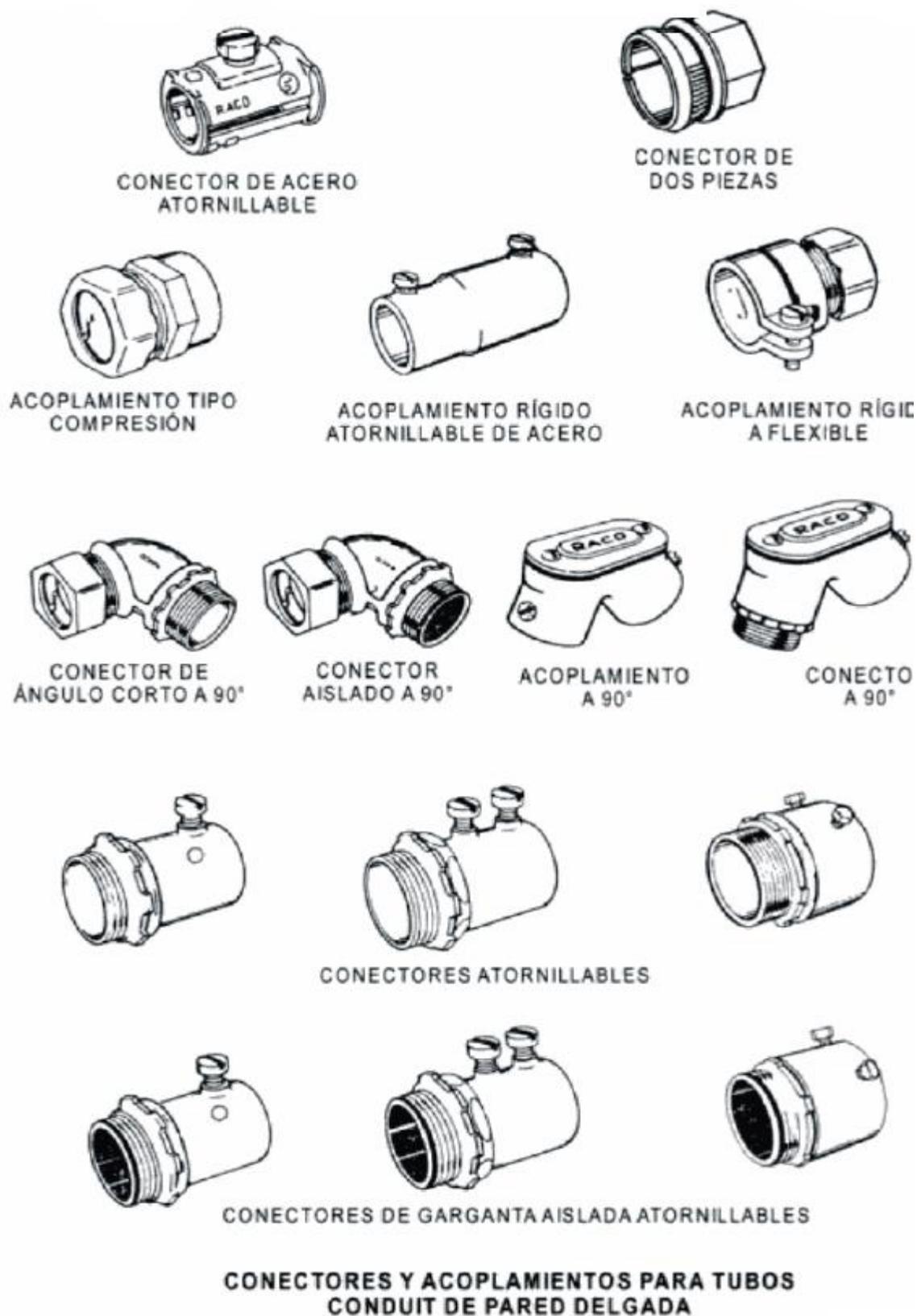
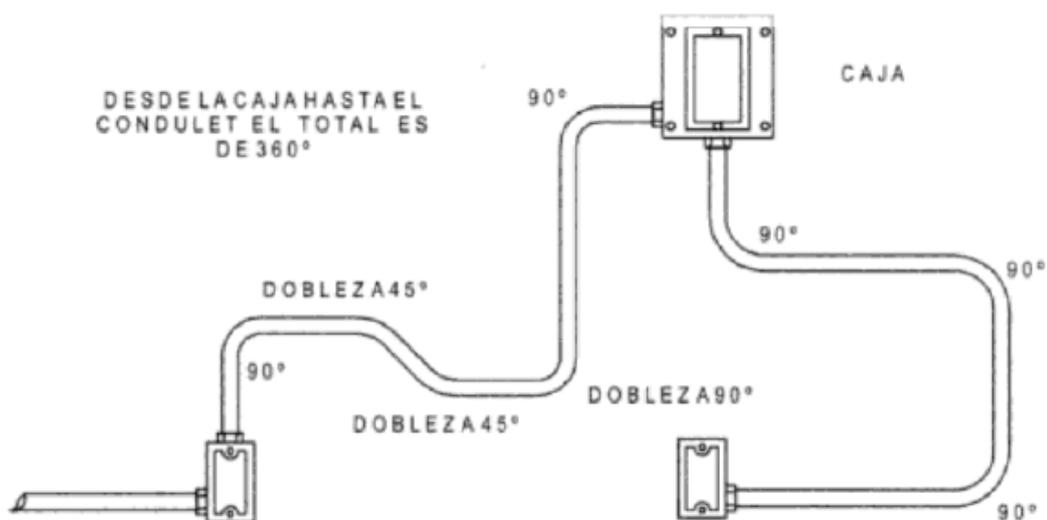
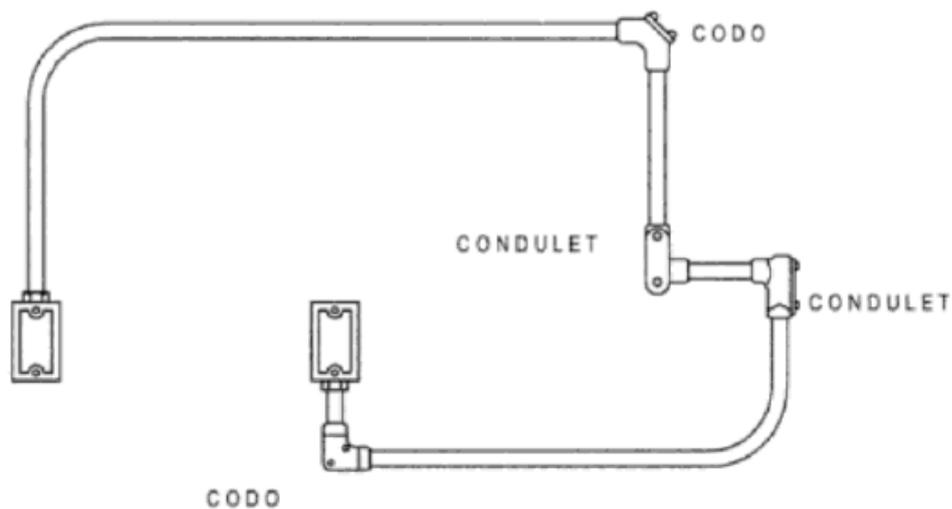


Imagen 1.5.5.<sup>34</sup>

<sup>34</sup> Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas segunda edición; Gilberto Enríquez Harper. LIMUSA Noriega Editores 2004. ISBN: 968-18-6445-X, Pág. 15



(a)



(b)

(a) POR MEDIO DE DOBLADO DEL TUBO CONDUIT

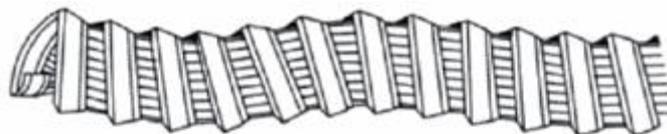
(b) POR CONDULETS

Imagen 1.5.6.<sup>35</sup>

<sup>35</sup> Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas segunda edición; Gilberto Enríquez Harper. LIMUSA Noriega Editores 2004. ISBN: 968-18-6445-X, Pág. 18.



Los dobleces de la tubería conduit no deben exceder los 360°, esto para evitar que la fricción entre las guías y el tubo mismo no permitan la canalización.<sup>36</sup>

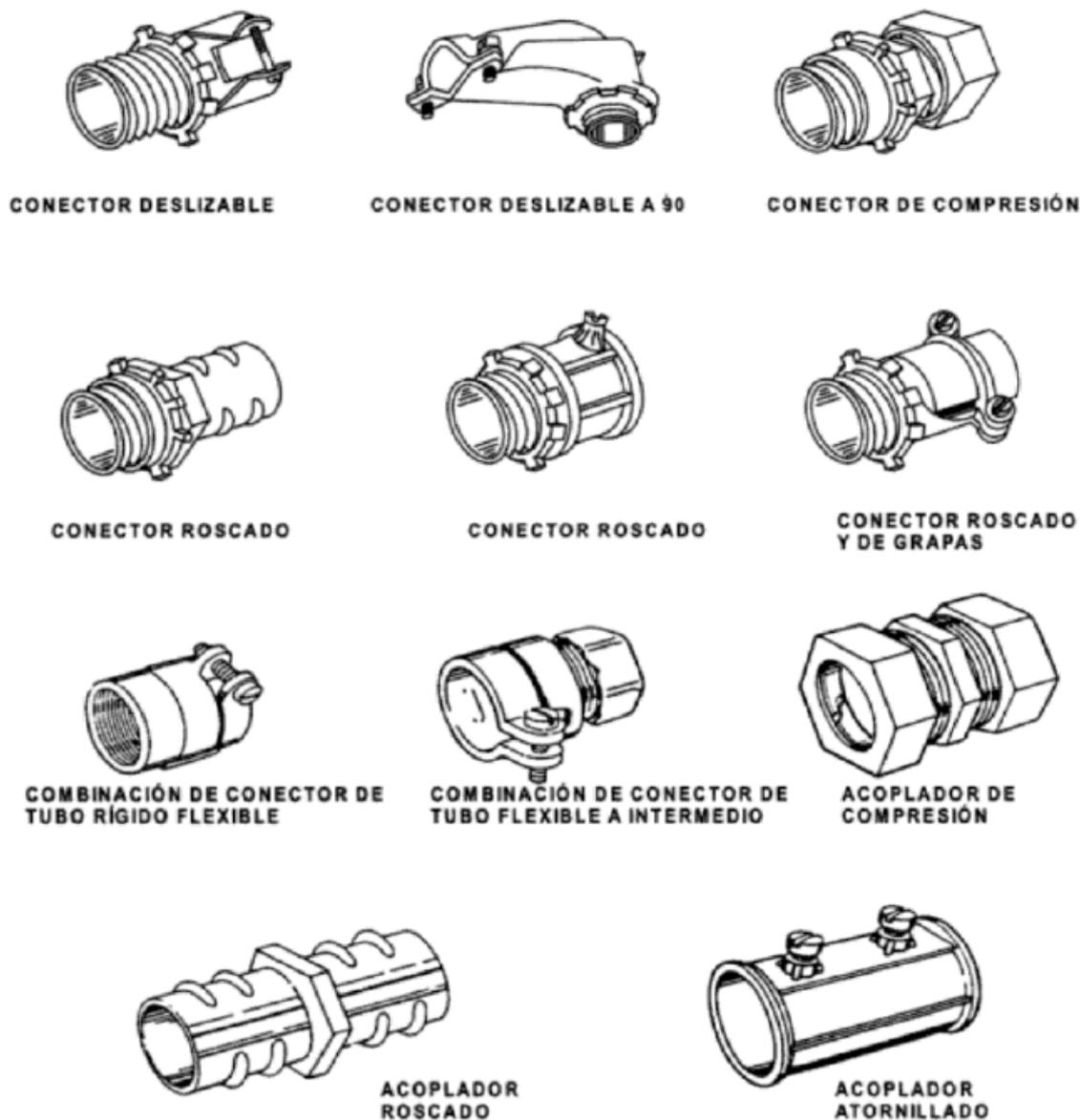


**TUBO CONDUIT METÁLICO FLEXIBLE**

Imagen 1.5.7

---

<sup>36</sup> Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas segunda edición; Gilberto Enríquez Harper. LIMUSA Noriega Editores 2004. ISBN: 968-18-6445-X, Pág. 05-12.



**TUBO CONDUIT FLEXIBLE Y SUS ACCESORIOS**

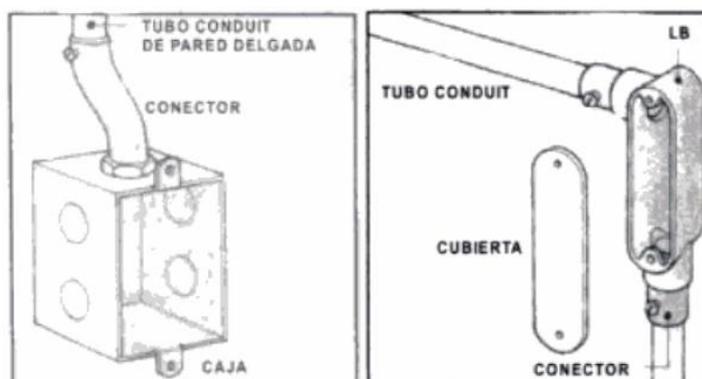
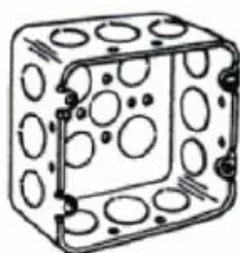
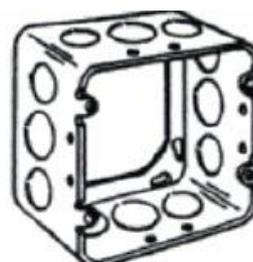


Imagen 1.5.8.<sup>37</sup>

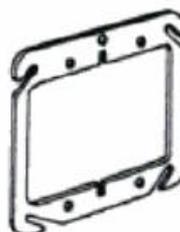
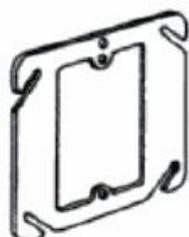
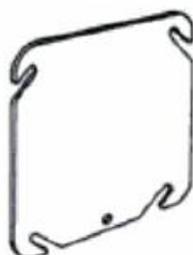
<sup>37</sup> Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas segunda edición; Gilberto Enríquez Harper. LIMUSA Noriega Editores 2004. ISBN: 968-18-6445-X, Pág. 20.



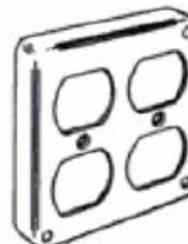
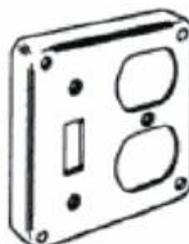
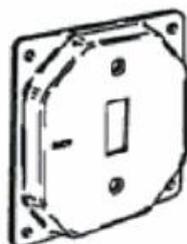
CAJA CUADRADA



EXTENSIÓN DE CAJA



TAPAS PLANAS PARA TRABAJO CANCELADO



TAPAS REALZADAS



TAPAS DE PLÁSTICO REALZADAS PARA TRABAJOS CANCELADOS

**CAJAS DE ACERO CUADRADAS Y SUS CUBIERTAS**

imagen 1.5.9.<sup>38</sup>

<sup>38</sup> Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas segunda edición; Gilberto Enríquez Harper. LIMUSA Noriega Editores 2004. ISBN: 968-18-6445-X, Pág. 29.

TAMAÑOS DE CONDUCTORES			
0		00	
1		0	
2		2	
4		4	
6		6	
8		8	
10		10	
12		12	
14		14	
16		16	
18		18	
20		16	
		18	
		20	
		NÚMERO	ÁREA

<b>APLICACIÓN PARA ALIMENTADORES</b>		<b>APLICACIÓN PARA CIRCUITOS DERIVADOS</b>	
		8	
		10	
		12	
		14	
		16	
		18	
		20	
		<b>APLICACIÓN PARA TUBERÍAS, TERMOSTATOS, Y CORDONES</b>	

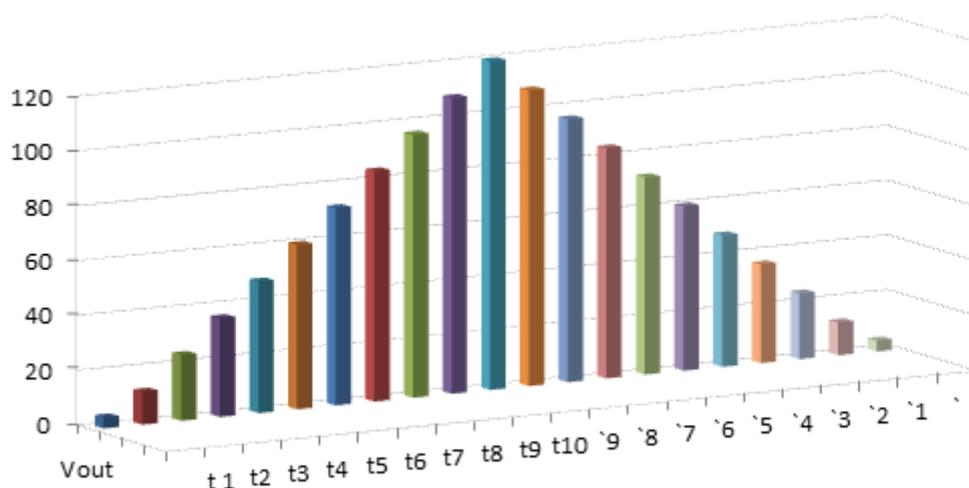
Imagen 1.5.10

El calibre del cable se escoge cuando se conoce la cantidad máxima de corriente que puede entregar nuestro generador, así que en el estudio económico se describirán la longitud del cable, material, precio y calibre AWG.<sup>39</sup>

<sup>39</sup> Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas segunda edición; Gilberto Enríquez Harper. LIMUSA Noriega Editores 2004. ISBN: 968-18-6445-X, Pág. 38.

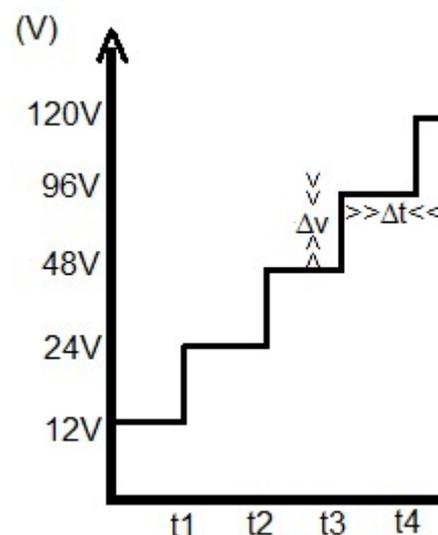
El inversor es el último elemento en nuestro sistema de generación eólica, este es para generar corriente alterna a partir de corriente directa, su funcionamiento es algo básico pero lleno de complejidad.

A manera de ejemplo, imaginémosnos un arreglo de baterías ordenadas de tal forma que conectadas en serie proporcionen los siguientes voltajes en DC: 12V, 24V, 36V, 48V, 60V, 72V, 84V, 96V, 120V, si tomamos cada uno de esos valores y los intercalamos a la salida (Vout) de nuestro dispositivo inversor veremos una señal como la siguiente:



**Gráfico elaborado en Excel 2010**

En este caso se presenta solo el semi-siclo positivo de la señal alterna, lógicamente esta grafica parece más una señal cuadrada, pero si se reduce aún más los niveles de voltaje y los tiempos ( $\Delta V$  y  $\Delta t$ ), con seguridad se asemejara a la forma de onda sinusoidal, la frecuencia dependerá del valor de los tiempos ya que la frecuencia es el inverso del tiempo total de cada ciclo de la onda sinusoidal.



Esto ya depende de la complejidad y eficiencia de los inversores, principalmente están diseñados a base de micro controladores, los cuales intercalan las baterías mostrando en la salida en el t1, 12V, en el t2 suma el voltaje de 2 baterías y muestra a la salida 24V, y así sucesivamente hasta llegar a 120V.

## 1.6 Conexión.

El esquema básico de conexión es el siguiente, se puede observar que no requiere de muchos elementos lo cual hace un más fácil el trabajo de mantenimiento.<sup>40</sup>

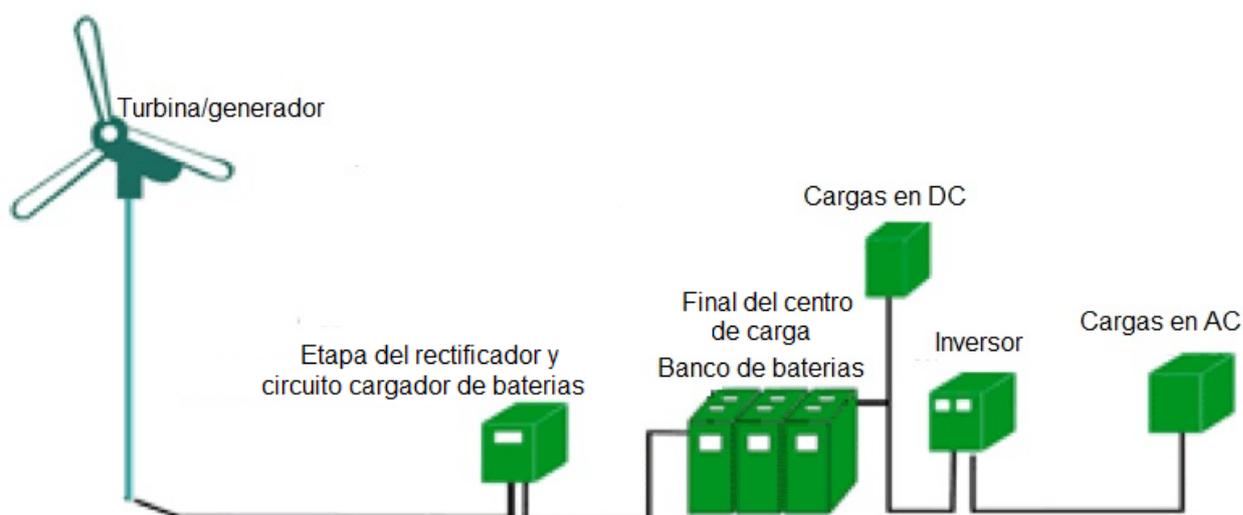


Imagen 1.6.1<sup>vi</sup>

“Es importante señalar que la velocidad del viento varía con la altura y depende fundamentalmente de la naturaleza del terreno sobre el cual se desplazan las masas de aire. La variación de velocidad puede representarse mediante la siguiente expresión:

$$\frac{V_1}{V_2} = \left[ \frac{h_1}{h_2} \right]^a$$

“Formula del viento en función a la altura”.<sup>41</sup>

<sup>40</sup> [http://www.aprotec.org/pages/eolica\\_generadores.html](http://www.aprotec.org/pages/eolica_generadores.html)

<sup>41</sup> Juan Manuel García y Ricardo de Dicco, La energía eólica en argentina 2008, Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas Técnicas, Pág. 2.



Donde  $V_1$  y  $V_2$  representan las velocidades del viento a las alturas  $h_1$  y  $h_2$ , respectivamente. El exponente “ $a$ ” caracteriza al terreno, pudiendo variar entre 0,08 (sobre superficies lisas como hielo, lagunas, etc.) y 0,40 (sobre terrenos muy accidentados).<sup>42</sup>

### 1.7 Impactos ambientales de la turbina eólica.

La energía eólica ofrece una de las opciones energéticas más económicas entre las nuevas fuentes de energía renovables para reducir la emisión de CO<sub>2</sub> para la generación de electricidad. Una turbina eólica moderna de 600 kW en una localidad promedio reemplaza la emisión entre 20.000 y 30.000 toneladas de CO<sub>2</sub>, según el régimen de viento y el factor de capacidad, en su vida útil de 20 años.<sup>43</sup>

La energía eólica se está utilizando como una herramienta para luchar contra el cambio climático y por ello su innegable valor, sin embargo, la producción de energía eólica no está exenta de consecuencias negativas, tanto para la sociedad como para la conservación de la naturaleza.

“La instalación de parques eólicos para la obtención de energía eólica, produce impactos ambientales de poca importancia. El requerimiento de material y de superficie es relativamente escaso. Sin embargo, cuando se utilizan aceros y material plástico, se generan problemas ambientales durante la fabricación de estos materiales.

No obstante, el funcionamiento de estos sistemas de generación energética produce cierta contaminación ambiental a saber.

**Emisión de ruido:** La generación de ruido depende de la velocidad de las palas. Los rotores que giran a mayor velocidad producen más ruido.

Las instalaciones más antiguas alcanzaban niveles de emisión sonora de 130 dB(A). En las instalaciones más pequeñas, el sonido del viento

---

<sup>42</sup> Juan Manuel García y Ricardo de Dicco, La energía eólica en argentina 2008, Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas Técnicas, Pág. 2.

<sup>43</sup> ASPECTOS AMBIENTALES DE LA ENERGÍA EÓLICA, Jaime A. Moragues y Alfredo T. Rapallini, <http://www.iae.org.ar/renovables/renovables60.pdf>, Pág. 4.



generalmente es más fuerte que el ruido generado por el movimiento de las palas. Mediante la optimización aerodinámica de las palas y del blindaje del motor y generador, se han podido minimizar los ruidos en las instalaciones más modernas. Estas instalaciones deben ubicarse a una distancia prudencial de zonas habitadas (unos 100 m) para proteger a los habitantes de las emisiones sonoras”.<sup>44</sup>

**“Degradación del aspecto paisajístico:** No es posible evitar la degradación del paisaje. La magnitud de la contaminación dependerá de las condiciones naturales y de la intensidad del aprovechamiento de la fuerza eólica. Los parques eólicos afectan más el paisaje que las instalaciones aisladas.

Peligro de accidentes por desprendimiento de palas del rotor: El riesgo de accidentes por desprendimiento de palas de rotores puede prevenirse mediante un adecuado y regular control y mantenimiento y guardando las distancias de seguridad cuando se construyen viviendas.

**Interferencias electromagnéticas:** La influencia que estas instalaciones ejercen sobre los campos electromagnéticos se observan en primera línea con las grandes instalaciones, donde se usan rotores metálicos, y conduce, en algunos casos, a perturbaciones de la transmisión radial. En los modernos parques eólicos, donde las palas de los rotores son de fibra de vidrio, tales perturbaciones ya no existen.

**Impacto sobre cierto tipo de fauna (aves):** Los pájaros colisionan con las estructuras que ellos tienen dificultad de ver, especialmente líneas de alta tensión, postes y ventanas de edificios. También son muertos por vehículos en movimiento, como autos en las rutas. El comportamiento de los pájaros y la tasa de mortalidad tiende a ser específica de las especies y de los sitios.

La instalación de una granja eólica, por su extensión y requerimientos, puede afectar estos recursos y es necesario realizar un estudio muy profundo

---

<sup>44</sup> [http://tedel.org/nuestroambiente/index.php?option=com\\_content&task=view&id=25&Itemid=37](http://tedel.org/nuestroambiente/index.php?option=com_content&task=view&id=25&Itemid=37)



antes de iniciar cualquier trabajo en la zona a fin de identificarlos y no interferir con los mismos”.<sup>45</sup>

“Efectos sobre otros ecosistemas terrestres resultan primariamente de la actividad constructiva de las granjas eólicas, tales como ocupación del suelo y disturbios hidrológicos. La escala de esos efectos va ser dependiente del tipo de ecosistema, drenajes, técnicas de construcción y tiempo y prácticas de restauración. Todos esos factores y las medidas de mitigación requeridas deben ser especificados en el proceso de evaluación del impacto ambiental. Ni los animales silvestres ni los domésticos deben ser afectados por una granja eólica.

La erosión inducida por el viento puede crear partículas finas en el aire las cuales pueden ser adversas a la salud humana y reducir la visibilidad. La erosión inducida por el agua, además de remover el suelo y reducir su productividad, resulta en sedimentación en cursos de agua la cual degrada la calidad del agua, daña los recursos biológicos”.<sup>46</sup>

De todo lo dicho se concluye que el viento es un recurso esencialmente variable y dependiente de muchos factores. La correcta utilización de la energía eólica exige tomar en cuenta velocidades medias, ráfagas, direcciones dominantes y eventuales obstáculos para seleccionar tanto los lugares de emplazamiento como las características constructivas (altura de la torre, velocidades máximas que soportan, velocidad de puesta en marcha, etc.) de las máquinas a instalar.

También hay que tomar en cuenta que las turbinas necesitan instalarse en una región que este a menos de 150 mts sobre el nivel del mar (msnm), debido a que a esta altura la densidad del aire es mayor relacionada a la de mayor altura, garantizando así el máximo aprovechamiento del potencial energético del viento.

---

<sup>45</sup> [http://tedel.org/nuestroambiente/index.php?option=com\\_content&task=view&id=25&Itemid=37](http://tedel.org/nuestroambiente/index.php?option=com_content&task=view&id=25&Itemid=37)

<sup>46</sup> <http://www.iae.org.ar/renovables/renovables60.pdf>



Las velocidades óptimas para la generación eólica oscilan entre 3 m/s a 5m/s para su generación de baja potencia, y de 16m/s a 25m/s la máxima generación, si se excede la velocidad nominal, las hélices del generador comienzan a oscilar de manera aleatoria, desestabilizando el sistema, en casos extremos podría destruirse por sí solo, aunque son casos aislados.

En las zonas del Atlántico de Nicaragua y principalmente en las costas donde el clima corresponde a la clasificación de Bosque Muy Húmedo Tropical (bmh-T). Este clima prevalece en las partes bajas de la región Atlántica, especialmente al sureste del litoral. Este clima es el más húmedo de Nicaragua; se registran valores máximos de precipitación anual de 4,000 mm. Lo que genera mucho viento por lo tanto reúne las condiciones necesarias para la instalación de una planta de generación eólica o un centro de carga.<sup>47</sup>

---

<sup>47</sup> Ficha municipal Corn Island: [http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/ATLANTICO%20NORTE/corn\\_island.pdf](http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/ATLANTICO%20NORTE/corn_island.pdf)

## II CAPITULO Estudio Técnico.

Es importante generar curiosidad al lector, de cómo hacer para tener un generador eólico instalado correctamente, conociendo que las condiciones de viento en todo el año son favorables. Bueno, primeramente el país en sí mismo presenta ciertas condiciones que favorecen a la evolución de proyectos de esta magnitud, sin embargo, existen diferentes instituciones y empresas que actualmente realizan estudios técnicos y de factibilidad, lo cual genera confianza a que proyectos como centrales eólicas -ejemplo AMAYO en Rivas- sigan expandiéndose siendo beneficiados el país mismo.

Según estudios previos, Nicaragua tiene un potencial eólico de 800 MW, de los cuales 150MW se encuentran en Chontales, y 650MW en el istmo de Rivas, el potencial podría superar los 2GW con mejoras de la infraestructura vial de transmisión eléctrica. Se prevé que la demanda punta en este mercado regional se incrementará de los 7GW actuales a los 12 o 14 durante los próximos 10 años, y la demanda de energía crecerá de 40 GW a 70 u 80GW en el mismo lapso, creando una gran oportunidad para el desarrollo del recurso eólico en Nicaragua, que se considera el más grande de Centroamérica.<sup>48</sup>

Nicaragua cuenta con un parque eólico sencillo, con una potencia total de 39.9 MW, al que deben de incorporarse otros nuevos parques en los próximos años. (n.d.=no data).<sup>49</sup>

Nombre	Localización	Potencia total, MW	Número de máquinas	Potencia unitaria, MW	Puesta en operación
Amayo	Cerca de Rivas, SW Nicaragua	39,9*	19	2,1	Abr. 2009
Las Sierras	Mateare, cerca de Managua	40	n.d.	n.d.	n.d
Obrajuelo	Cerca de Rivas, SW Nicaragua	75	50	1,5	n.d
Albanisa	Cerca de Rivas, SW Nicaragua	80	n.d.	n.d	n.d
El Crucero	El Crucero, cerca de Managua	20	20	1	n.d

\* Con planes de expansión a 80 MW.

Tabla 2.1

<sup>48</sup> <http://jxhuete.webesteli.com/?p=103>

<sup>49</sup> [http://www.ine.gob.ni/DGE/mercado/CNE\\_energias\\_renovables.pdf](http://www.ine.gob.ni/DGE/mercado/CNE_energias_renovables.pdf)

A diferencia de Amayo en Nicaragua se están realizando estudios del comportamiento eólico en el país, logrando más credibilidad cada día lo cual genera confianza al tratar de realizar un estudio de factibilidad técnica con respecto a las velocidades del viento.

En una presentación brindada por el CNE se muestra el potencial de recursos energéticos y el potencial factible de energía eólica que es de 200MW en el país mostrando el siguiente gráfico.<sup>50</sup>

## Potencial de recursos energéticos en el país

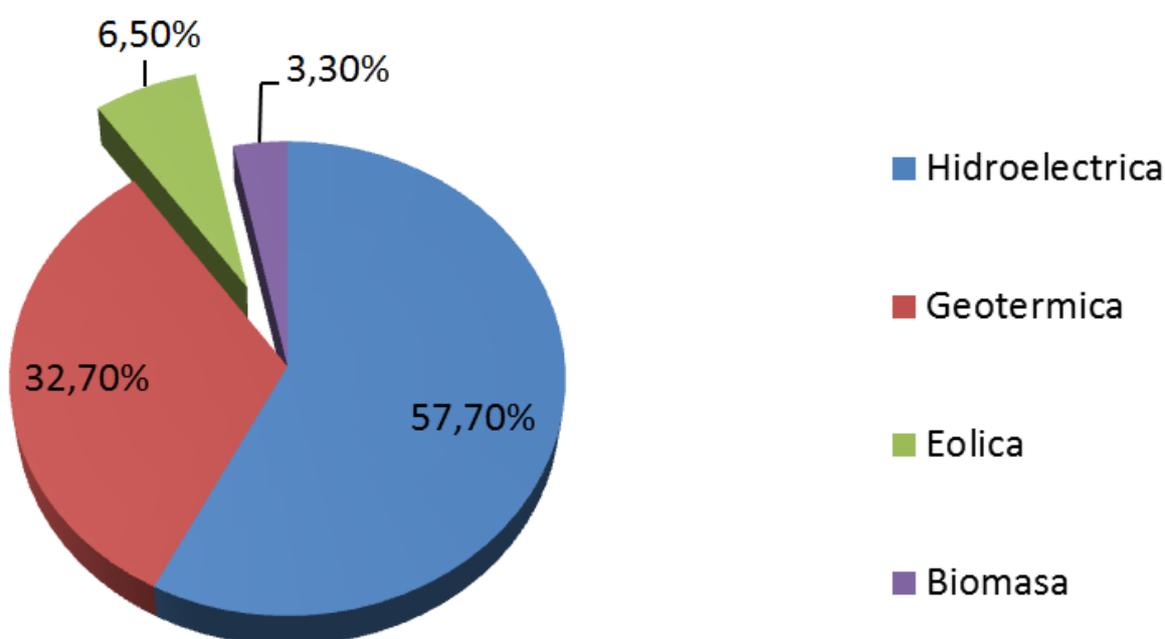


Imagen 2.1<sup>vii</sup>

“La empresa de capital privado R.E. Wind Nicaragua S.A., obtuvo licencia provisional para realizar estudios de factibilidad del proyecto eólico “El Crucero”, que estará ubicado en este municipio, con la finalidad de determinar el potencial de viento en la zona.

La licencia fue extendida por el Ministerio de Energía y Minas, MEM, mediante acuerdo ministerial número 73-DGERR-18-2011, desde el pasado mes de noviembre, el cual señala que se extiende licencia provisional a R.E.

<sup>50</sup> [http://www.ine.gob.ni/DGE/mercado/CNE\\_energias\\_renovables.pdf](http://www.ine.gob.ni/DGE/mercado/CNE_energias_renovables.pdf)



Wind Nicaragua S.A., la cual estará en vigencia por un período de 18 meses. La empresa cumplió con todos los requisitos legales, técnicos, financieros, y ambientales establecidos en la Ley 272, Ley de la Industria Eléctrica y su reglamento.”<sup>51</sup>

“Considerando que la demanda base de potencia es alrededor de 300MW, los nuevos proyectos de energía renovable tendrán que esperar la puesta en marcha del proyecto de Mercado Eléctrico Regional (SIEPAC). La cual consiste en la construcción de una línea de transmisión de 300MW que interconecta los países de la región, desde Panamá hasta Guatemala.

Existen dos mapas eólicos de Nicaragua: uno elaborado por el programa de naciones unidas para el medio ambiente (PNUMA), a través de su proyecto SWERA en 2005, el segundo por el consorcio Suizo-Nicaragüense Meteotest-ENCO también en 2005, que es específicamente un mapa eólico de Nicaragua que utilizo mediciones en tierra y así contemplar los modelos atmosféricos para elaborar el mapa.”<sup>52</sup>

---

<sup>51</sup> <http://pinoleronic.blogspot.com/2011/12/contemplan-parque-eolico-en-el-crucero.html>

<sup>52</sup> <http://www.businessandgrowing.com.ni/index.php/agroindustrias/energia>

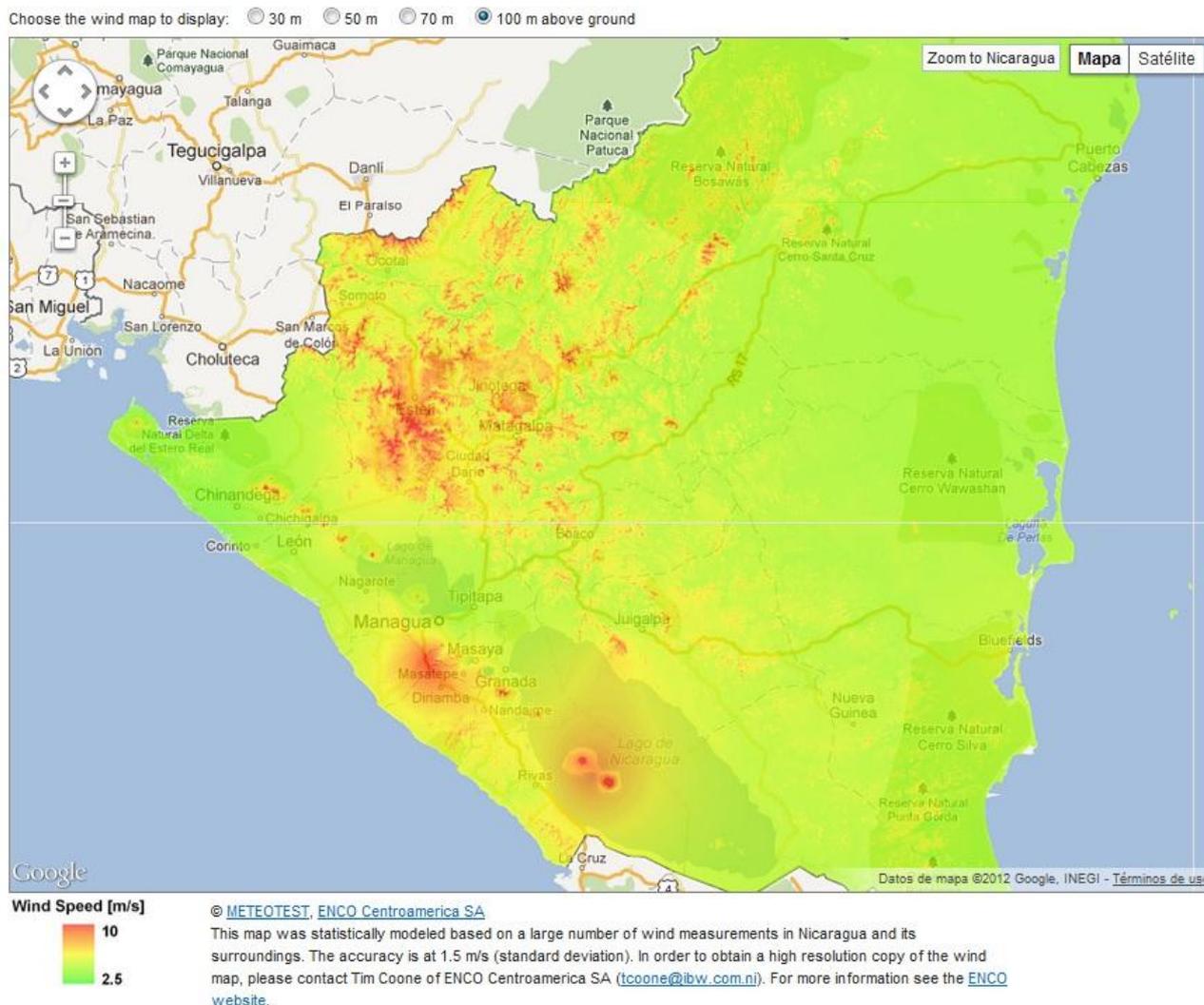


Imagen 2.2<sup>viii</sup>

Este mapa fue realizado estadísticamente refiriéndose a un gran número de mediciones de viento en Nicaragua y sus alrededores. La precisión es de 1.5m/s desviación estándar, con el fin de obtener una copia de alta resolución de mapa eólico.<sup>53</sup>

“Un estudio realizado por docentes del departamento de física de la UNAN-Managua indicó que la energía eólica podría convertirse en otro de los principales recursos de explotación del país.

<sup>53</sup> <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia50/HTML/Articulo10.htm>

Los sitios que poseen potencial para la obtención de energía son: Rivas, el municipio de El crucero, Granada, Masatepe, Bluefields, Catarina y las costas del lago de Managua.”<sup>54</sup>

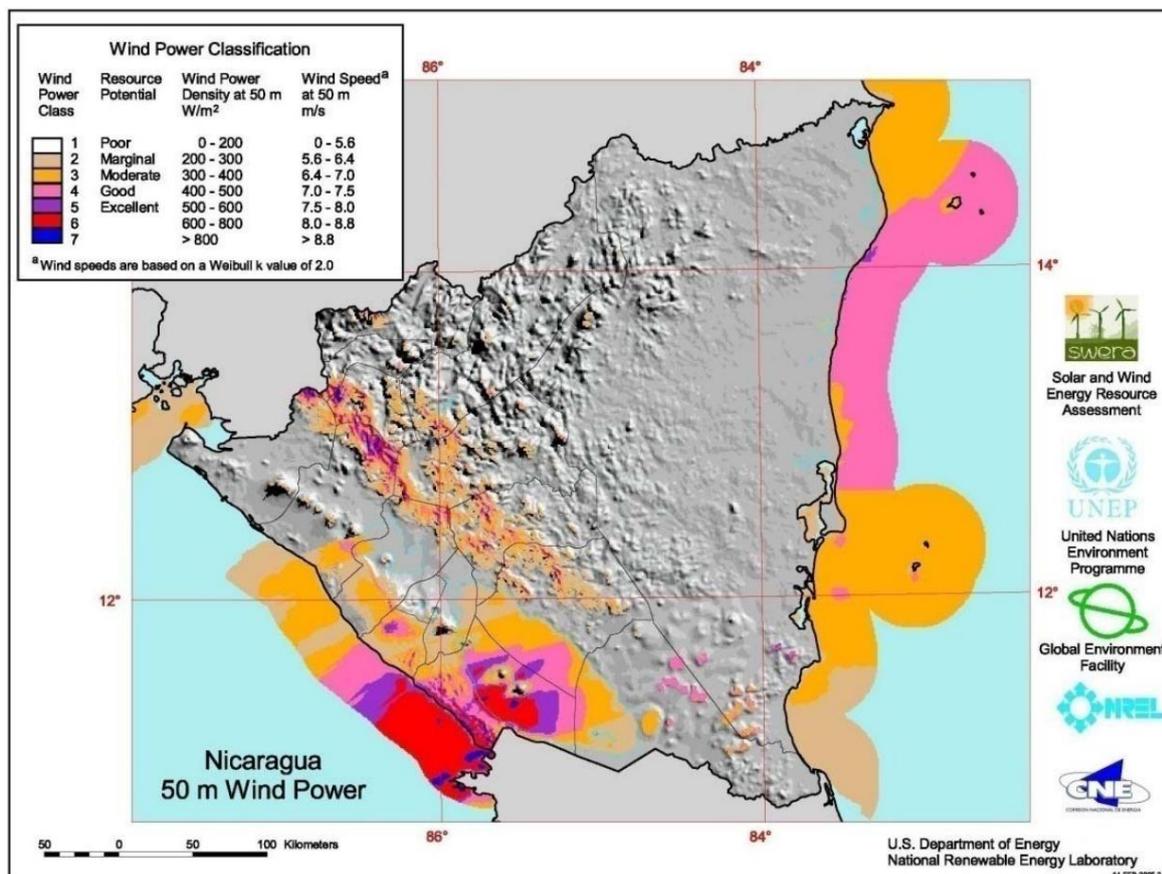


Imagen 2.3<sup>ix</sup>

Existe una solicitud de consultaría por parte del ministerio de hacienda y crédito público que tiene como objetivo apoyar al Ministerio de Energía y Minas (MEM) en la realización de estudios de viabilidad técnica, económica, financiera y ambiental, para generar energía eléctrica mediante la instalación de sistemas híbridos aerogeneradores eólicos respaldados por plantas diesel/fuel oil y la red eléctrica del SIN – Sistema Interconectado Nacional-existente) a, fin de disminuir la generación actual a base de diesel/fuel oil y diversificar las fuentes de generación con energía renovable, reduciendo tanto el consumo de combustible fósil como el costo del kWh generado, en las ciudades de Bluefields y Monkey Point (Región Autónoma del Atlántico Sur de Nicaragua).<sup>55</sup>

<sup>54</sup> <http://archivo.laprensa.com.ni/archivo/2002/septiembre/11/economia/economia-20020911-08.html>

<sup>55</sup> [www.nicaraguacompra.gob.ni](http://www.nicaraguacompra.gob.ni)

**NORMAS HISTÓRICAS DE LAS PRINCIPALES VARIABLES METEOROLÓGICAS  
(Período 1971-2000)**

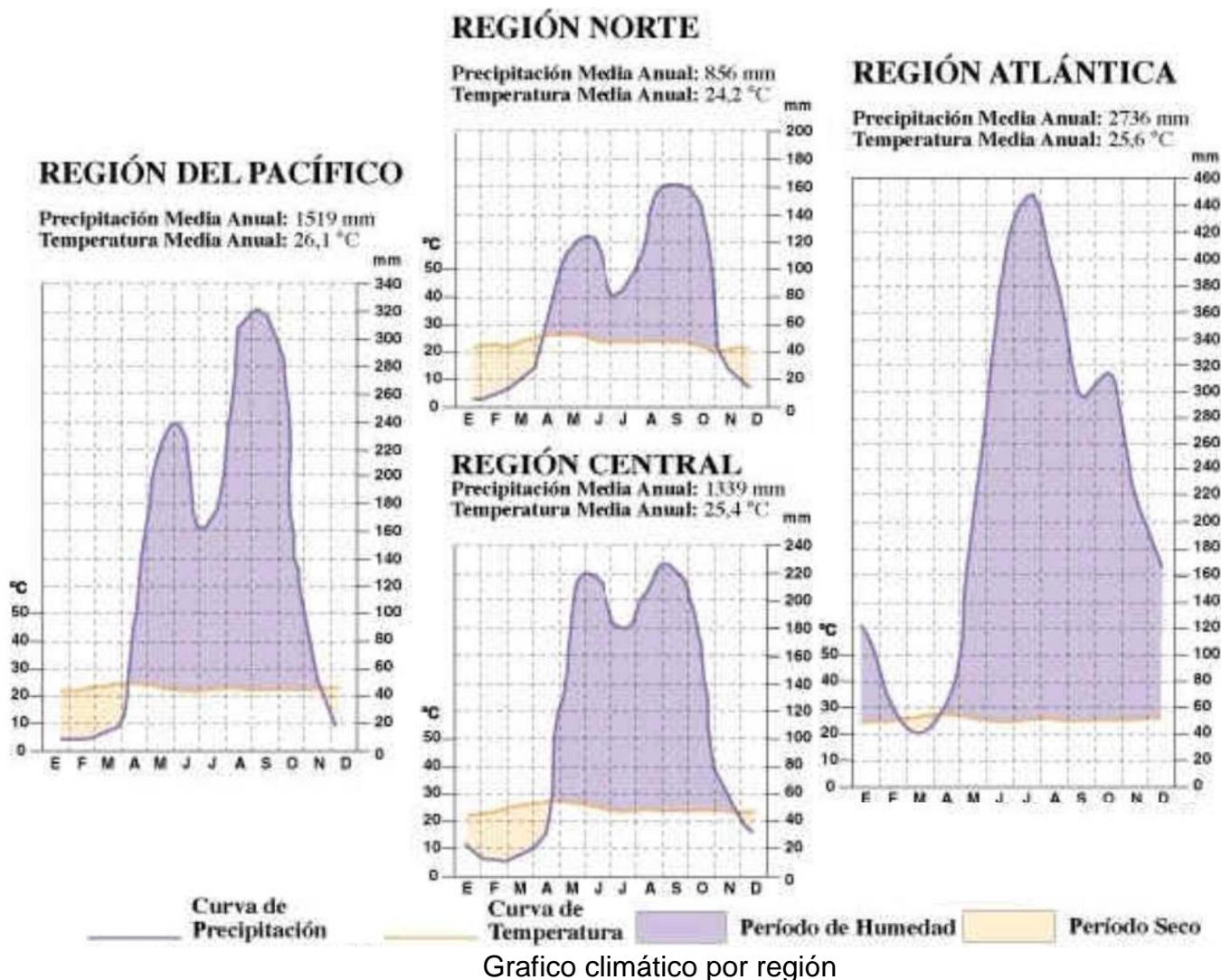
ESTACIÓN	PRECIPITACIÓN (mm)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	VIENTO (m/seg)
CHINANDEGA	1979.2	27.0	76	1.5
CORINTO	1846.3	27.7	77	2.7
LEÓN	1592.9	27.4	76	1.8
MANAGUA	1119.8	26.9	74	1.6
RIVAS	1350.7	27.0	78	3.2
NANDAIME	1441.0	26.8	78	3.9
MASATEPE	1450.6	23.9	83	3.3
MASAYA	1361.3	26.6	76	1.7
CONDEGA	821.4	24.1	77	2.3
OCOTAL	833.8	24.5	74	2.5
JINOTEGA	1205.8	20.7	80	2.5
MUY MUY	1547.1	24.3	80	1.0
RAÚL GONZÁLEZ	873.1	25.1	74	2.1
JUIGALPA	1158.6	27.2	76	2.5
SAN CARLOS	1910.9	25.7	85	1.5
PTO. CABEZAS	3003.4	26.5	85	4.9
BLUEFIELDS	4373.6	25.5	88	4.5

Tabla 2.2

Otro dato interesante es el que se muestra en esta tabla, son mediciones recopilados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER referentes a las velocidades de viento y climas predominantes en el periodo comprendido desde el año 1971 al año 2000. (Datos promediados).<sup>56</sup>

<sup>56</sup> <http://www.ineter.gob.ni/>

El siguiente diagrama climático, se representa en ordenada (izquierda) la Temperatura Media Mensual en grados centígrados (°C) y en ordenada (derecha) la Precipitación Media Mensual en Milímetros (mm); en abcisas los meses del año.<sup>57</sup>



La Universidad Politécnica de Cartagena por parte de la Escuela Técnica Superior de ingeniería agronómica realizo un estudio que demuestra la influencia que representa el viento con respecto a la humedad.

<sup>57</sup> <http://webservice2.ineter.gob.ni>

El experimento consiste en ubicar condensadores radiativos pasivos (CRP) el cual consiste de una estructura plana ( $1m^2$ ) instalada con una inclinación de  $30^\circ$  con respecto al suelo, esta sustenta dos films de polietileno uno color negro que es utilizada por coberturas de invernaderos y otro de color blanco que está fabricado para favorecer a la condensación, por las noches este film pierde más energía que la que recibe del ambiente y con condiciones meteorológicas adecuadas (viento = 3 m/s, Humedad Relativa = 75%) se produce la condensación, las gotas de agua caen por gravedad donde son canalizadas a otro dispositivo de cuantificación, este procedimiento se dio a lo largo de un año.

Durante un año de experimentos sencillos como simplemente medir las diferentes cantidades diarias de agua se revelaron muchos datos interesantes como los siguientes: tanto la humedad relativa como la velocidad del viento condicionaron fuertemente la condensación, valores de humedad relativa bajos (<75%) y velocidades del viento altas (>1.5m/s) marcan un umbral donde se reduce considerablemente la condensación del agua.<sup>58</sup>

La condensación del agua se da principalmente porque la humedad del aire en el ambiente colisiona con otro material de menor temperatura, mas frio que él, de esta forma es fácil y valido pensar que la condensación del aire representa la humedad del ambiente, y que *a mayores velocidades de viento mayor condensación*, porque lógicamente habrá más aire húmedo fluyendo.

---

<sup>58</sup> Influencia de humedad relativa y el viento en funcionamiento de condensadores radiativos pasivos; Maestre Valreo. J.F., Martínez Alvares V., Martín Gorris, B. Universidad Politécnica de Cartagena, e-mail: Josef.maestre@uptc.es

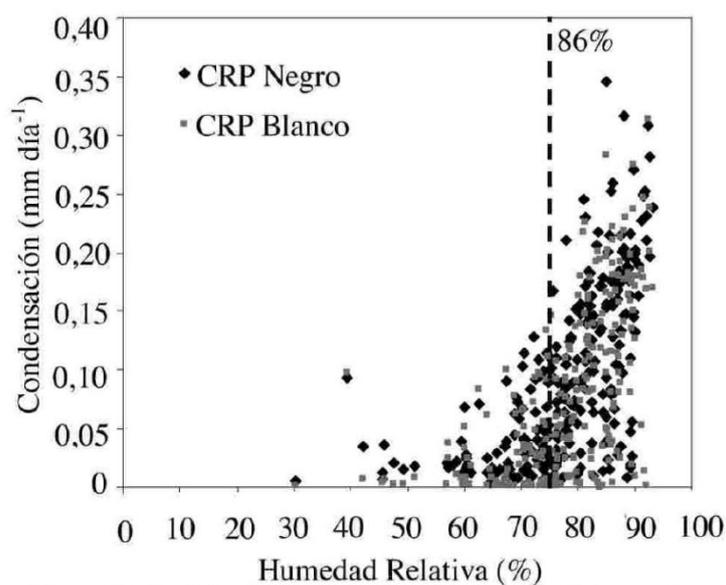


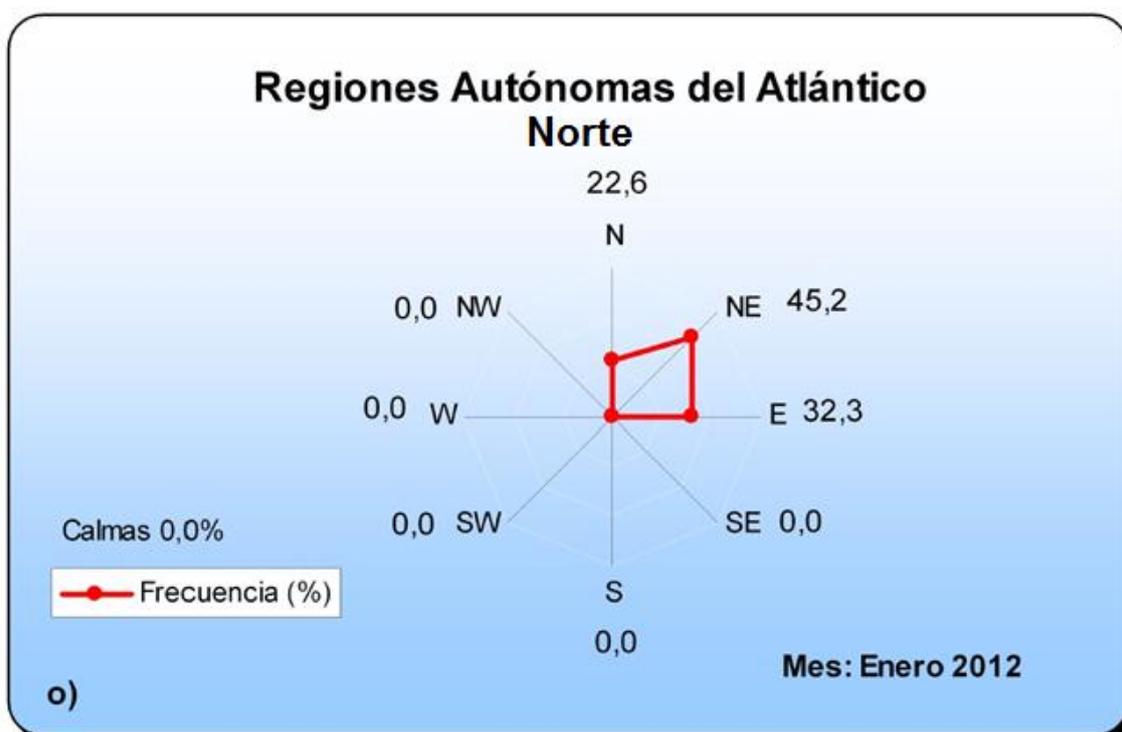
Imagen 2.4<sup>x</sup>

Según este grafico presentado en la página número 14 del mismo documento la mayor afluencia se da en condiciones favorables cuando le humedad relativa del viento es alta, y recordando la tabla de datos mostrada en la solicitud de consultaría del ministerio de hacienda y crédito público en la región atlántica presenta 86-87% de humedad relativa.<sup>59</sup>

<sup>59</sup> Influencia de humedad relativa y el viento en funcionamiento de condensadores radiativos pasivos Pag. 14

Informes de meteorología - llamados **Boletín Climático** - emitidos por el INETER, muestran claramente la factibilidad técnica que podría tener la región atlántica con lo que respecta a la generación eólica, estos boletines son emitidos mensualmente, que en este caso se muestran los boletines correspondientes a los meses de enero a julio y fueron obtenidos de la página de internet: [webserver2.ineter.gob.ni](http://webserver2.ineter.gob.ni)<sup>60</sup>

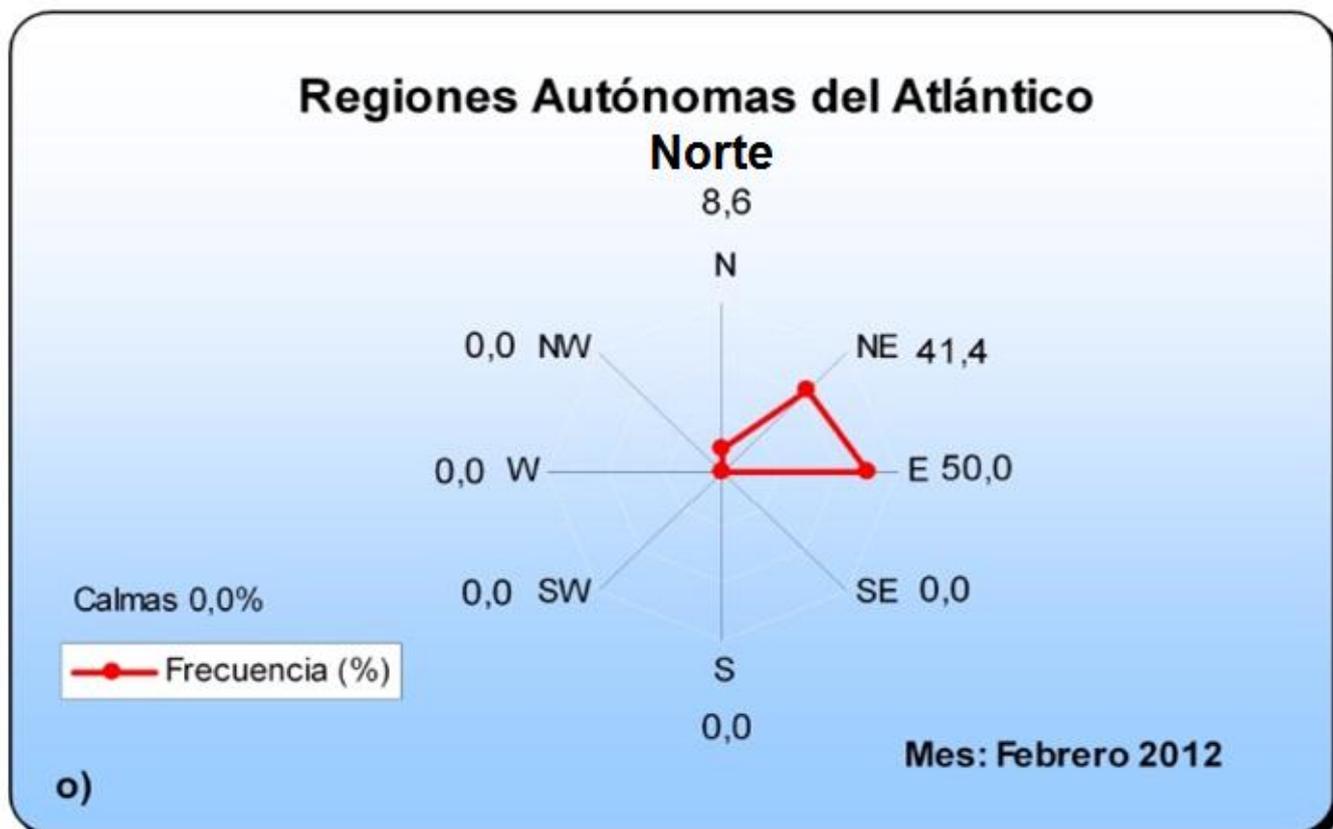
Los datos fueron obtenidos de las centrales meteorológicas del INETER ubicadas en Bluefields y Puerto Cabezas a una altura no más de los 10msnm. Los datos son procesados estadísticamente mostrando los siguientes gráficos de forma radial indicando la dirección de mayor frecuencia y las velocidades medias alcanzadas en ese periodo de tiempo, durante enero 2012 a junio 2012.



En enero del 2012 las velocidades medias alcanzadas fueron de 4.1m/s en Bluefields y 4.3m/s en Puerto Cabezas, ambos con velocidad máxima instantánea de 13m/s y una mínima de 2m/s.

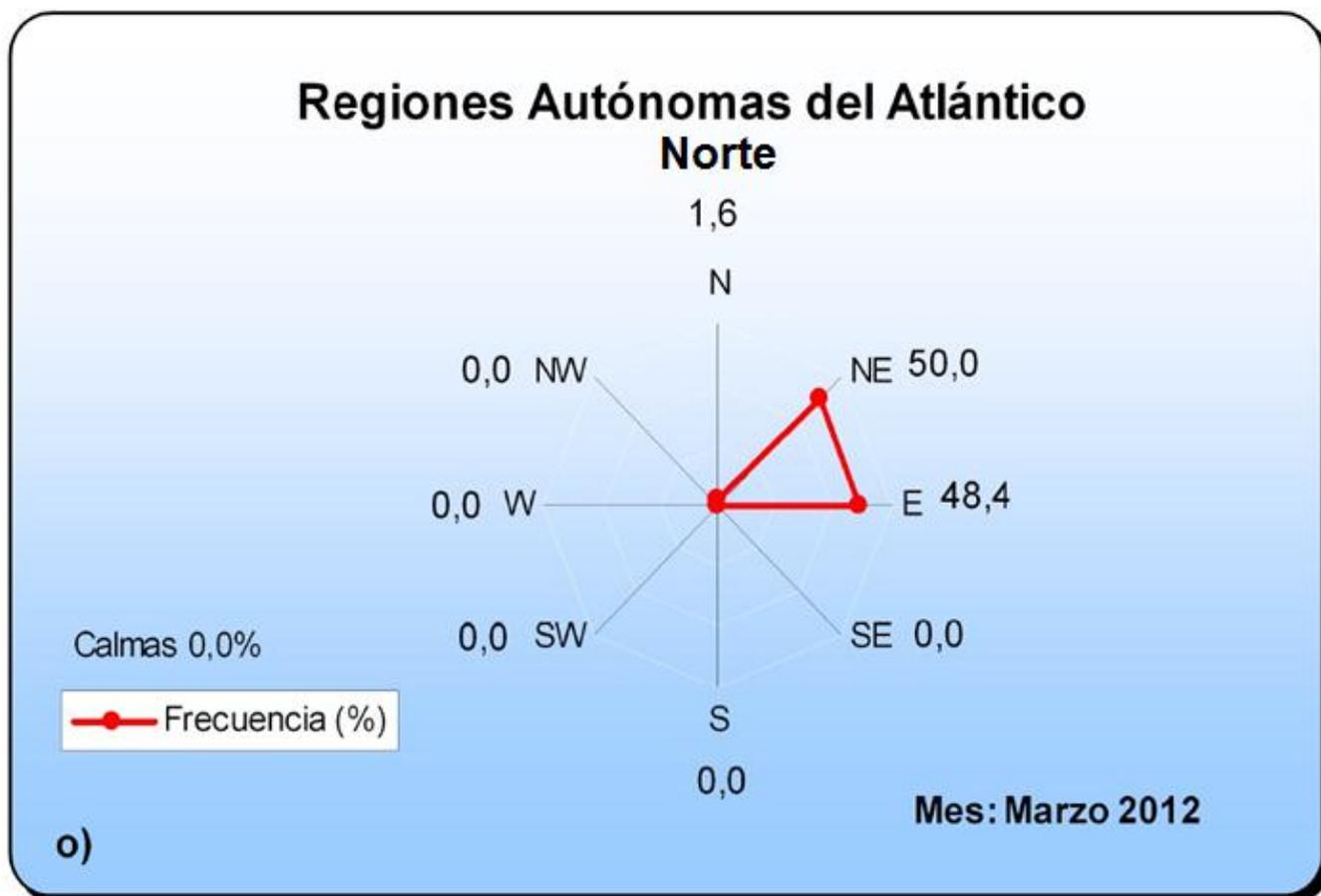
<sup>60</sup> <http://www.ineter.gob.ni/>

En febrero del 2012 las velocidades medias alcanzadas fueron de 4.1m/s en Bluefields y 4.3m/s en Puerto Cabezas, ambos con velocidad máxima instantánea de 13m/s y una mínima de 2m/s.<sup>61</sup>



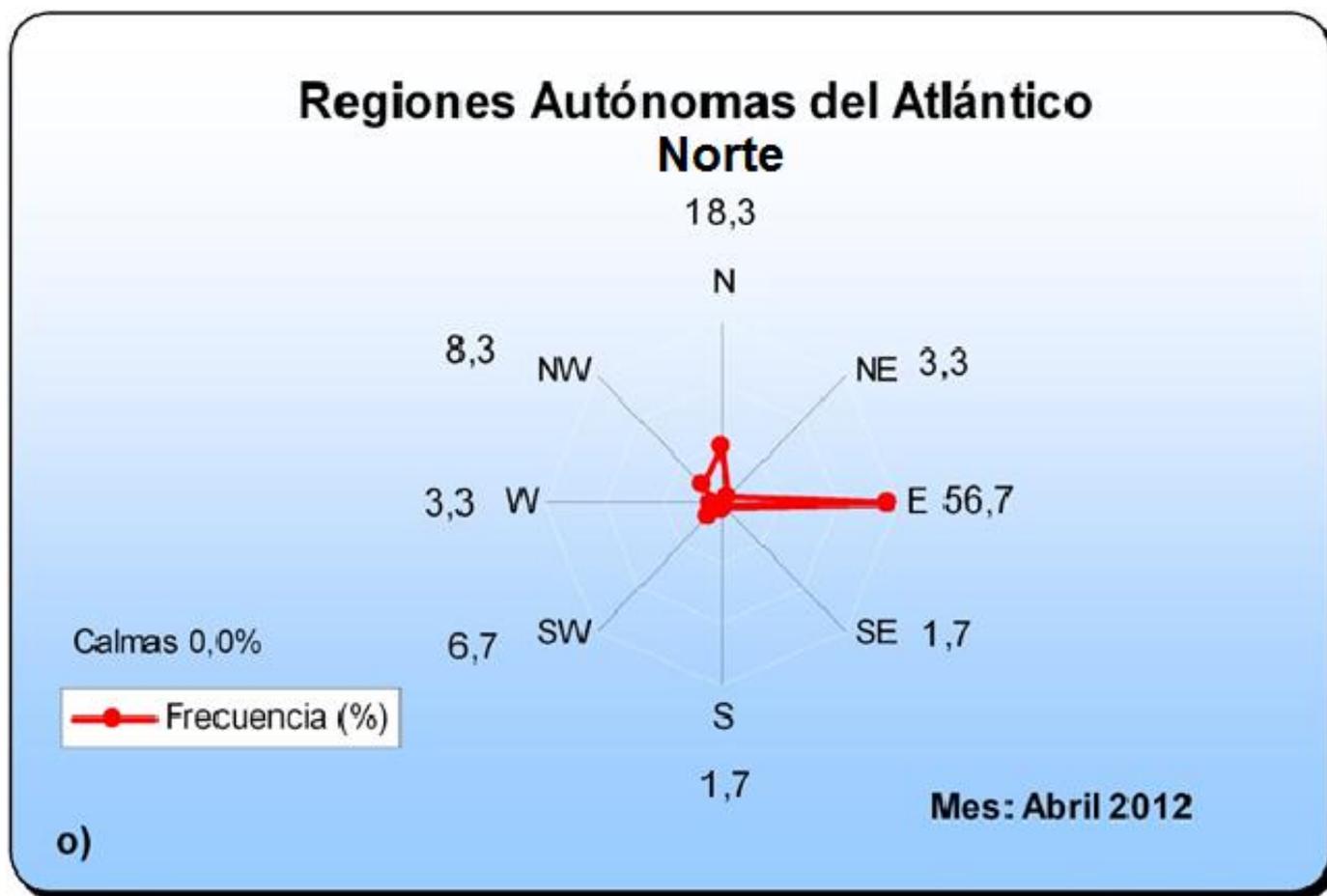
<sup>61</sup> <http://www.ineter.gob.ni/>

En marzo del 2012 las velocidades medias alcanzadas fueron de 4.8m/s en Bluefields y 4m/s en Puerto Cabezas, ambos con velocidad máxima instantánea de 9.3m/s y una mínima de 2m/s.<sup>62</sup>



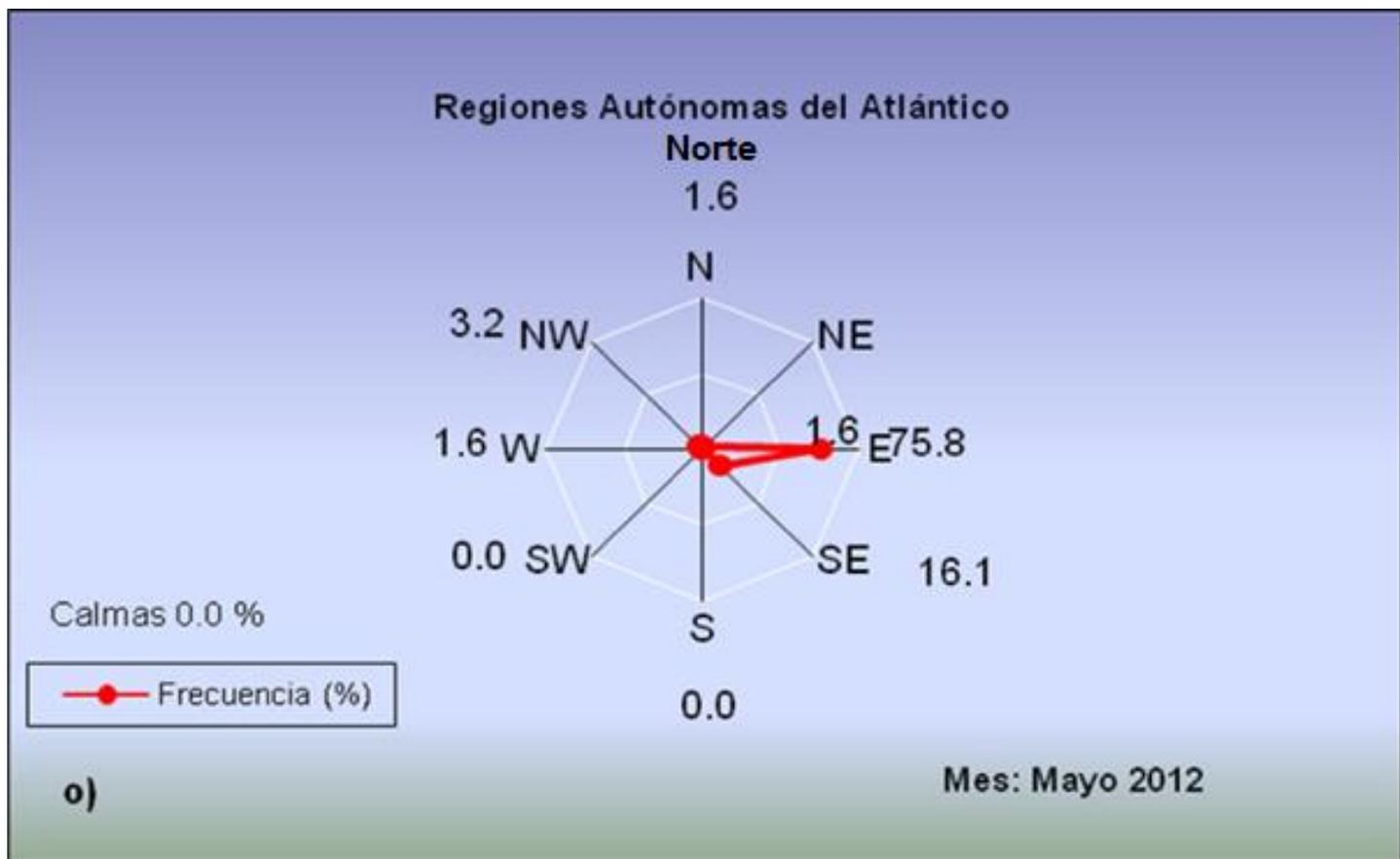
<sup>62</sup> <http://www.ineter.gob.ni/>

En abril del 2012 las velocidades medias alcanzadas fueron de 3m/s en Bluefields y 4m/s en Puerto Cabezas, ambos con velocidad máxima instantánea de 11.2m/s y una mínima de 2m/s.<sup>63</sup>



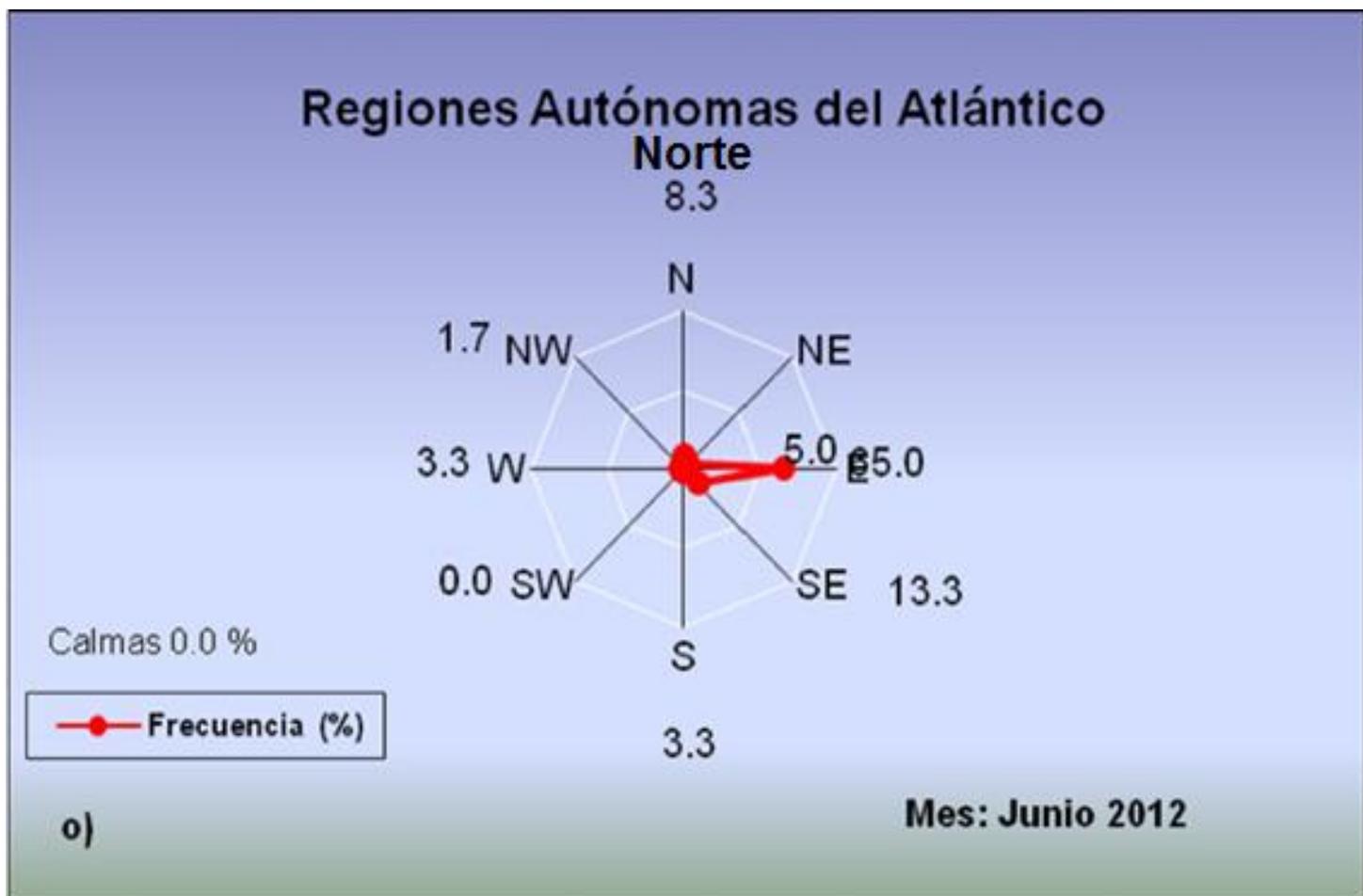
<sup>63</sup> <http://www.ineter.gob.ni/>

En mayo del 2012 las velocidades medias alcanzadas fueron de 3.5m/s en Bluefields y 2.6m/s en Puerto Cabezas, ambos con velocidad máxima instantánea de 8.2m/s y una mínima de 2m/s. Frecuencia máxima 75.8%.<sup>64</sup>



<sup>64</sup> <http://www.ineter.gob.ni/>

En junio del 2012 las velocidades medias alcanzadas fueron de 5.8m/s en Bluefields y 4.2m/s en Puerto Cabezas, ambos con velocidad máxima instantánea de 8m/s y una mínima de 2m/s. Frecuencia máxima 65.5%.<sup>65</sup>



<sup>65</sup> <http://www.ineter.gob.ni/>

La tabla de Beaufort que clasifica y define cada tipo de viento en función de su velocidad.<sup>66</sup>

FUERZA	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/h)	Denominación
0	0 - 0.5	0 - 1	Calma
1	0.6 - 1.7	2 - 6	Ventolina
2	1.8 - 3.3	7 - 12	Suave
3	3.4 - 5.2	13 - 18	Leve
4	5.3 - 7.4	19 - 26	Moderado
5	5.7 - 9.8	27 - 35	Regular
6	9.9 - 10.4	36 - 44	Fuerte
7	12.5 - 15.2	45 - 54	Muy fuerte
8	15.3 - 18.2	55 - 65	Temporal
9	18.3 - 21.5	66 - 77	Temporal fuerte
10	21.6 - 25.1	78 - 90	Temporal muy fuerte
11	25.2 - 29	91 - 104	Tempestad
12	Más de 29	Más de 104	Huracán

Tabla 2.3

Pero mostrar los datos con esta analogía puede ser algo difícil de comprender, la mejor forma de mostrar los datos es de manera cuantitativa, a como se muestran en la siguiente tabla:

Zona	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio
Bluefields	4,1m/s	4,1m/s	4,8m/s	3m/s	3,5m/s	5,8m/s
Pto. Cabezas	4,3m/s	4,3m/s	4m/s	4m/s	2,6m/s	4,2m/s
Frecuencia	45,50%	50%	45,80%	11,20%	75,50%	65,50%
Vmax. Inst.	13m/s	13m/s	9,3m/s	11,2m/s	8m/s	8m/s

Tabla 2.4

Mostrando claramente que la zona o región más conveniente para pensar en un proyecto de generación eólica es en la Región Autónoma Atlántico Norte RAAN, donde se muestra una clara solidez en la frecuencia de sus vientos, manteniendo una pequeña incógnita.

**¿Es rentable instalar ya sea un gran proyecto o un simple pequeño generador eólico si vivo en la región Atlántica norte...?**



<sup>66</sup> Manual de instrucciones y montaje. Torres basculantes y auto soportadas; J Bornay, Davis Bornay Aerogeneradores. Rev. 1.0 enero 2002

Bueno la incógnita se hace un poco más difícil de responder cuando se trata de proyectos de gran magnitud como por ejemplo, si tratásemos con proyectos en el orden de los MWh. Primero hablar de esta potencia de generación se debe pensar en grande y grande quiere decir que debe de exceder los 20 MWh para que logre ser rentable a lo largo de los años. Según todos conocemos, Nicaragua actualmente no cuenta con una infraestructura vial en excelente estado a lo interno de la región Atlántica y se invertiría mucho tiempo y dinero en trasladar los enormes componentes de la central.

“Nicaragua con algunos 130`000  $Km^2$  apenas posee una red vial de 19,032 kms de longitud, que une a las principales ciudades y demás poblados del país.

Datos proporcionados por el Fondo de Mantenimiento Vial (FOMAV) indican que 8,188 kms se identifican como la Red Vial Básica. De esa red básica solamente un 25% es aceptable, con un estado funcional entre regular y bueno, el restante 75% tiene un alto grado de deterioro, por lo que requiere intervenciones de reconstrucción.”<sup>67</sup>

Sin embargo, las dos ciudades costeras más importantes cuentan con aeropuertos y puertos marítimos en excelentes condiciones y el problema del traslado y transporte de materias primas no podría ser una limitante. Pero surge otro problema:

**¿La red de distribución eléctrica en la región atlántica soportaría tensiones arriba de los 60KV para la transporte?**



---

<sup>67</sup> <http://www.elobservadoreconomico.com/articulo/144>

Pues las condiciones podrán ser favorables ya que la región atlántica recibe energía eléctrica transportada desde el pacífico y la región central, transportada por líneas de alta tensión que soportarían las enormes cantidades de energía que como por ejemplo 10 generadores eólicos de 3MWh. Sabemos que la potencia es  $P = V \times I$ , es mucha la corriente que tendrán que transportar los cables, y estos tendrán que soportar grandes tensiones.

Para averiguar sobre las líneas de transmisión en la costa caribe se solicitaron datos actuales a la Oficina de Acceso a la Información Pública (OAIP) de ENATREL, al correo electrónico “oaip@enatrel.gob.ni” referentes a las líneas de alta tensión.<sup>68</sup>

ENATREL tiene 2 líneas de transmisión en la zona Atlántica de Nicaragua una hacia la RAAS y Otra hacia la RAAN.

La línea que alimenta a la RAAS se inicia desde la subestación Tipitapa en dirección este con una tensión de 138 kV pasando por las subestaciones eléctricas de Las Banderas, Boaco, Amerrisque, Santa María, Acoyapa y La Gateada. Esta línea tiene una capacidad de 70 MVA. En la Gateada se transforma la Tensión en 69 kV y pasa por las subestaciones La Esperanza y Blufields. Esta línea tiene una capacidad de 30 MVA aproximadamente, pero limitada a 25 MVA por el transformador de La Gateada. Existe un proyecto de aumentar dicha capacidad hasta la subestación Boaco por medio de conexión de línea 230 kV desde la futura subestación San Benito cuya capacidad aumentaría en 120 MVA. Este proyecto se encuentra en gestión de financiamiento con Corea. De cara al año 2020 se tiene proyectado ampliar la red de 230 kV hasta la subestación La Gateada.

La línea que alimenta a la RAAN inicia desde la subestación Sébaco a una tensión de 138 kV pasando por las subestaciones Matagalpa y San Ramón. Esta línea tiene una capacidad aproximada de 90 MVA. En la subestación San Ramón se reduce la tensión a 69 kV y de ahí sale línea de transmisión en 69 kV hacia las subestaciones Matiguas, Mulukuku y Siuna.

---

<sup>68</sup> [http://www.enatrel.gob.ni/index.php?option=com\\_content&task=view&id=141&Itemid=206](http://www.enatrel.gob.ni/index.php?option=com_content&task=view&id=141&Itemid=206)

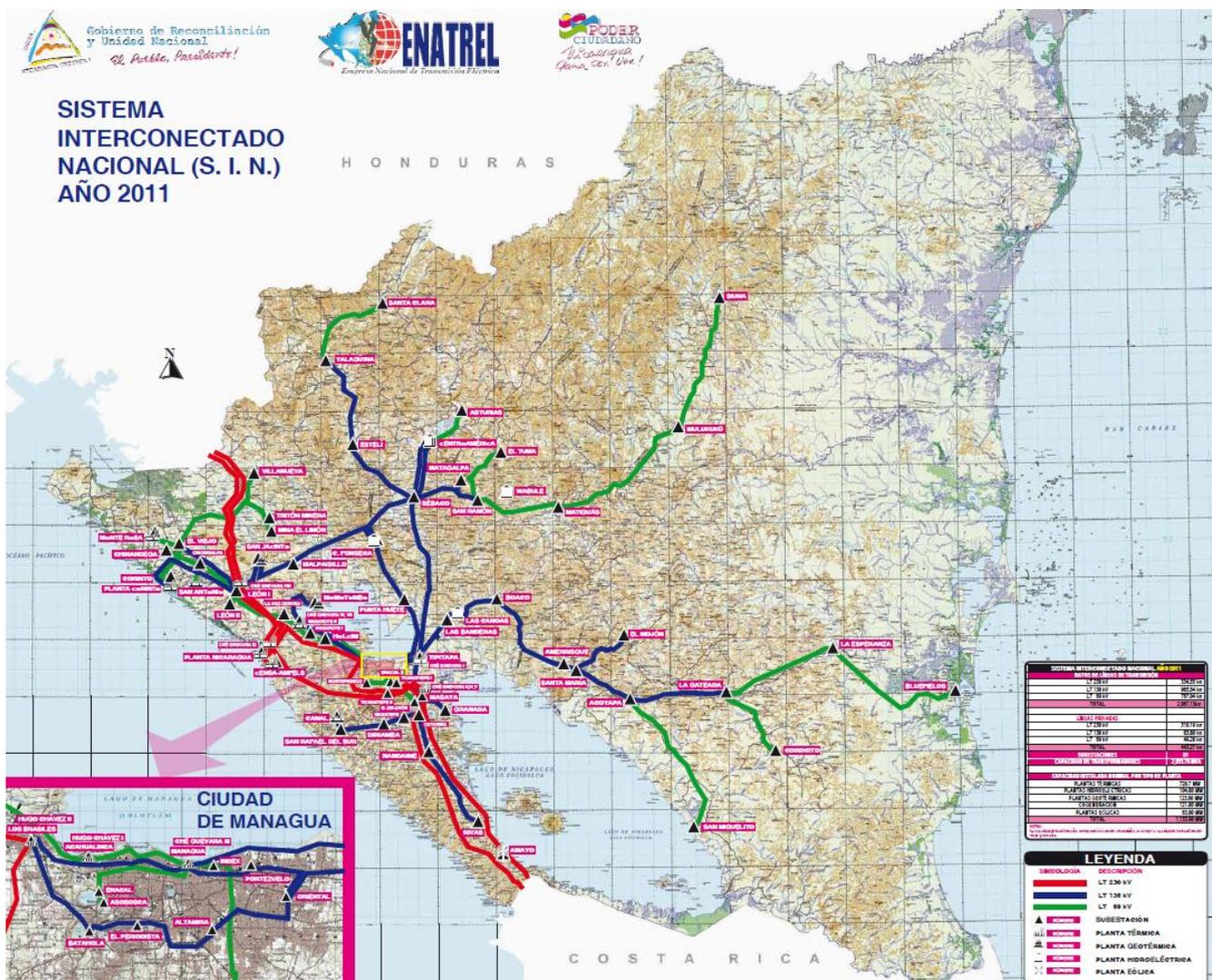


Está en construcción el tramo San Ramón – Matiguas para transformar la línea a una tensión de 138 kV desde San Ramón hasta Siuna. También está en construcción la línea en 138 kV Siuna, Rosita y Bilwi, que contempla 2 nuevas subestaciones Rosita y Bilwi. Para el año 2017 con el proyecto Tumarín se construirán 2 líneas de 230 kV desde Tumarín pasando por las Subestaciones Mulukuku, Terrabona, Boaco y San Benito. Esto aumentará la capacidad en 350 MVA.<sup>69</sup>

---

<sup>69</sup> Enviar solicitud de información a ENATREL. [oaip@enatrel.gob.ni](mailto:oaip@enatrel.gob.ni)

A continuación se muestra un mapa también suministrado por OAIP, muestra cómo está instalada la red de transmisión eléctrica de alta tensión (2011).



SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL 2011	
LINEAS DE TRANSMISIÓN	2.067,13 km
LINEAS PRIVADAS	443,27 km
SUBESTACIONES	61
CAPACIDAD DE TRANSFORMADORES	2.053,78 MVA
CAPACIDAD INSTALADA NÓMINAL POR TIPO DE PLANTA	
PLANTAS TÉRMICAS	720,7 MW
PLANTAS HIDROELÉCTRICAS	104,80 MW
PLANTAS GEOTÉRMICAS	123,60 MW
COGENERACIÓN	121,80 MW
PLANTAS EÓLICAS	63,00 MW
<b>TOTAL</b>	<b>1.133,90 MW</b>

LEYENDA	
LINEA ROJA	DESCRIPCIÓN: LT 230 kV
LINEA AZUL	DESCRIPCIÓN: LT 138 kV
LINEA VERDE	DESCRIPCIÓN: LT 69 kV
TRIÁNGULO NEGRO	DESCRIPCIÓN: SUBESTACIÓN
W	DESCRIPCIÓN: PLANTA TÉRMICA
W	DESCRIPCIÓN: PLANTA GEOTÉRMICA
W	DESCRIPCIÓN: PLANTA HIDROELÉCTRICA
W	DESCRIPCIÓN: PLANTA EÓLICA

SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL AÑO 2011	
<b>DATOS DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN</b>	
LT 230 kV	334.55 km
LT 138 kV	965.54 km
LT 69 kV	767.04 km
<b>TOTAL</b>	<b>2.067.13 km</b>
<b>LÍNEAS PRIVADAS</b>	
LT 230 kV	310.19 km
LT 138 kV	83.80 km
LT 69 kV	49.28 km
<b>TOTAL</b>	<b>443.27 km</b>
<b>SUBESTACIONES</b>	<b>61</b>
<b>CAPACIDAD DE TRANSFORMADORES</b>	<b>2,053.78 MVA</b>
<b>CAPACIDAD INSTALADA NÓMINAL POR TIPO DE PLANTA</b>	
PLANTAS TÉRMICAS	720.7 MW
PLANTAS HIDROELÉCTRICAS	104.80 MW
PLANTAS GEOTÉRMICAS	123.60 MW
COGENERACIÓN	121.80 MW
PLANTAS EÓLICAS	63.00 MW
<b>TOTAL</b>	<b>1,133.90 MW</b>

- LT 230 kV**
- LT 138 kV**
- LT 69 kV**

Las altas tensiones son provocadas por grandes transformadores, esto es necesario para transportar energía eléctrica a grandes distancias.<sup>70</sup>

**▲ SUBESTACIÓN** Imagen 2.5

<sup>70</sup> Enviar solicitud de información a ENATREL. oaip@enatrel.gob.ni

Sin embargo la idea principal es utilizar la ciudad de Bilwi Puerto Cabezas como referencia de este estudio de viabilidad, como podemos ver en el mapa presentado por ENATREL, Bilwi no cuenta con interconectado a la red de distribución nacional, entonces, **el proyecto tendrá que desarrollarse basándose meramente en un centro de carga en el orden de los KWh.** Que bien podría ser adoptado por alguna pequeña empresa o incluso a zonas residenciales, aminorando así el costo de operación de los mismos.

Pero para justificar la inversión, hay que conocer cómo se logra el ahorro energético con un pequeño generador de viento, conociendo el hogar promedio o mayoritario en Nicaragua, constan más o menos como de 3 televisores, 4 abanicos, 2 refrigeradores, 1 computadora, 1 microondas, y luces de iluminación que consuman más o menos unos 0.5 KW/h.

Para realizar un sencillo cálculo es necesario conocer la corriente que consumen estos diferentes equipos donde el resultado sería la potencia consumida por el equipo en una hora.<sup>71</sup>

Equipo	Corriente (A)	Potencia (W)	KW/h
2 Refrigerador	1,4	280	0,28
3 TV	1	300	0,3
4 Abanicos	0,6	240	0,24
1 pc	2,7	270	0,27
1 M`ondas	6,9	690	0,69
1 E/Sonido	1,5	150	0,15
10 Luces	0,1	100	0,1
1 plancha	10	1000	1
<b>Total consumido en una hora</b>			<b>2,03</b>

Tabla 2.5

Explicando la tabla: el valor mostrado para la corriente es unitario para cada equipo, la potencia es el producto de la corriente por el voltaje ( $P=A \times V$ ) y por la cantidad de equipos, el kilowatts-hora el consumo promedio del equipo

<sup>71</sup> Referenciado por tabla de consumo de equipos del hogar emitidos por Unión Fenosa.



durante una hora. Ahora imaginemos que por alguna razón estos equipos están encendidos las 24 horas del día continuas, tendríamos un total de:

$$2,03KW \times 24h \approx 50KWh$$

Que fácilmente podría suplirse con un generador de 600W a 1000w de potencia nominal, y está de más saber que los equipos no podrán estar encendidos 24 horas continuas, al menos no los refrigeradores y se vuelve un poco rentable la idea.

Para eso es necesario investigar los costos que conllevan la construcción o instalación de un sistema de generación eólica a pequeña escala y a manera de muestra, se investigaron los precios de algunos generadores de baja potencia que empiezan a producir electricidad a partir de vientos no menores a los 2.5 m/s.

Primeramente nos enfocaremos en mostrar las diferentes marcas y modelos de generadores aerodinámicos de los cuales se tomaran de referencia para el estudio económico en el siguiente capítulo.

## **2.1 Generadores.**

Por los años 60 los generadores eólicos tenían gran aceptación por parte de inversionistas y productores de energía eléctrica ya que el combustible fósil aún no estaba en su máximo y era más barato producir con , pero esta idea cambio en el siglo XX gracias al fenómeno climático designado calentamiento global y los altos costos de producción actuales la idea esta ganado terreno a una escala jamás imaginada por aquella época, sin embargo, aún no se descarta que en nuestra época produzca electricidad a base de bunker que sabemos, por estudios realizados a lo largo de los años contaminan el medio ambiente.

El mercado es extensamente amplio ofreciéndonos generadores de alta fidelidad como para pequeños poblados hasta los de pequeña producción que serían ideales para residencias y pequeños negocios, los cuales son fáciles de

instalar y producen energía 100% limpia y sin emisiones exceptuando las que se generen en su instalación. Estos generadores pequeños andan en el orden de los KWh y son sistemas escalables.

Como el mercado es bastante amplio solo se mostraran generadores de alta calidad basándose en la hoja de datos técnicos y de costo razonable ya que estos generadores con el debido mantenimiento podrían durar unos 20 años. Los precios de estos son tomados de páginas de internet y mercados locales en la fecha comprendida de septiembre a noviembre del año 2012.



Esta es una empresa argentina que se encarga de vender y distribuir generadores eólicos a pequeña escala.



Al menos este modelo puede generar hasta 10KWh y acepta vientos desde cualquier dirección, generan desde 2m/s, velocidad de diseño 7m/s – 8m/s, sin vibraciones causadas por el cambio de la dirección del viento, funcionan en paralelo con la red eléctrica o aislados cargando baterías que es la instalación más común.<sup>72</sup>

Permite montarlo en un poste sin riendas o cables de acero para sostenerlo lo que reduce el costo.

Este modelo es el V600 de esta empresa. Genera 600W, 24 voltios a 8m/s.

Precio completo: USD\$2`100.00

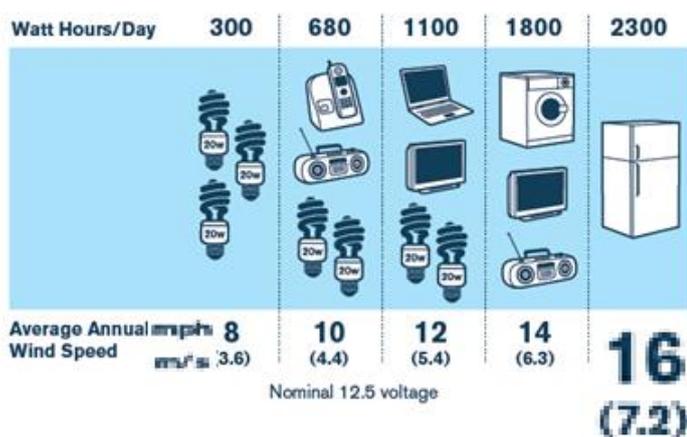
<sup>72</sup> <http://www.savoiapower.com/aero.html>

Esta empresa se encarga de importar generadores eólicos hacia México. Se dedica al suministro, asesoría e instalación de equipos de energía solar. Dándonos una gran referencia de los costos totales de instalación. Ofreciendo información de varios modelos de generador.



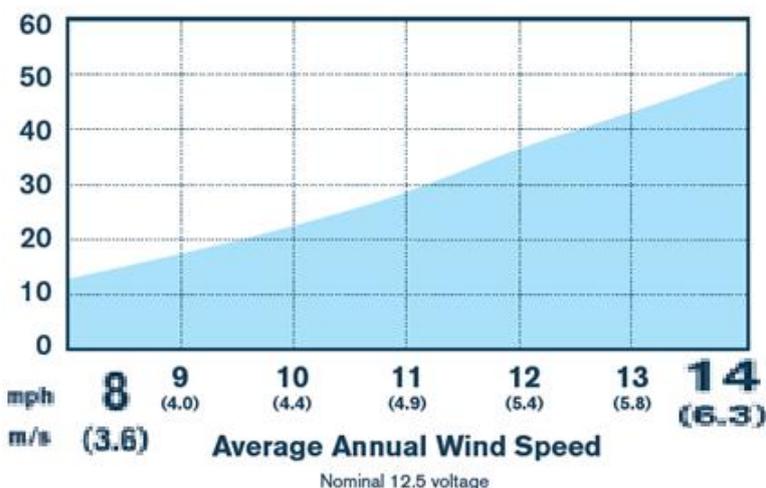
Una alternativa viable y razonablemente barata son los modelos que ofrecen una buena potencia en sus salidas.

Según las especificaciones técnicas los más baratos son el AiR 40 y el AiR Breeze y tiene un costo de USD\$900 y USD\$1200 respectivamente.<sup>73</sup>



La mayoría de los generadores ofrecidos por esta empresa muestran esta curva característica que a una velocidad de 13km/h (3.6m/s) empiezan a generar corriente eléctrica.

MONTHLY ENERGY (KWH)\*



<sup>73</sup> <http://www.enalmex.com/paginas/eolicos/eolicos.htm>



Merkasol, es una empresa Española que trabaja a nivel Nacional y Europeo con los mejores fabricantes y mayoristas del sector. Brindan servicio tanto al usuario doméstico como al profesional, adaptando tarifas y servicios. Cuentan con productos que producen electricidad con distintas energías renovables y a nuestro interés generadores eólicos de 12v, 24v, 48v y 300v.

Dirección                   MERKASOL ENERGIAS RENOVABLES Securiweb S.L.U  
C/ Gonzalo Bilbao nº 6 Local 41003 Sevilla España

Teléfono                   +34 955 452 211

Fax                           +34 955 452 299

Securiweb S.L.U   Merkasol Energias Renovables

Correo electrónico [contacto@merkasol.com](mailto:contacto@merkasol.com)

#### **Greatwatt S700 Land 400w**



Configuración 3 palas, upwind  
Diámetro del rotor 46.9 pulgadas (1.191 metros) Peso 13.9 lb. (6.3Kg).  
Control velocidad alta Hysteresis Braking (slowdown). Protección sobre velocidad Hysteresis Braking (shut down).  
Voltaje DC 12V / DC 24V (Voltage Smart Change) 12V 24V. Potencia nominal 400Watts 600Watts. Potencia máxima 550Watts 750Watts. Velocidad de arranque 2.5m/sec (5.6 mph). Velocidad comienzo carga 3m/sec (6.7 mph). Velocidad potencia nominal 12.5m/sec (28 mph). Velocidad máxima. 25m/sec (56 mph). Velocidad de supervivencia 60m/sec (134mph) .Precio 597,74 €.<sup>74</sup>

#### **Air-X Land 400 12v**

<sup>74</sup> [http://www.merkasol.com/epages/62387086.sf/es\\_ES/?ObjectPath=/Shops/62387086/Categories/Aerogeneradores](http://www.merkasol.com/epages/62387086.sf/es_ES/?ObjectPath=/Shops/62387086/Categories/Aerogeneradores)



Producción: 400 W. Voltaje: 12 y 24 v. Velocidad de arranque: 3 m/s. Velocidad nominal: 12 m/s.

Protección por exceso de corriente: Modo seguro para fuertes vientos que disminuye la velocidad reduciendo el ruido.

Protección velocidad: Sistema de auto-frenado que actúa cuando las baterías están cargadas reduciendo el desgaste y el ruido.

Diametro del rotor: 1.14 metros.

Embalaje: 68 x 37 x 22cm ( 7 kg).

Tubo soporte: 38 mm diámetro exterior.

Garantía: 3 años.

Aspas de Composite de Fibra de Carbono. Fundición de aluminio de calidad aeronáutica. Alternador de neodimio exclusivo sin escobillas. Sofisticado regulador de carga interno. Sin mantenimiento. Sólo 2 partes móviles.

Disponible Modelo MARINE. Precio: 752,62 €.

### **Eolos 450 12V**



Potencia nominal: 450 W.

Potencia máxima: 520 W.

Tensión nominal (DC): 12V.

Diámetro de aspas: 1.4 m.

Numero de aspas: 3.

Velocidad de arranque: 2.3 m/s.

Velocidad nominal: 11.8 m/s.

Velocidad de incisión: 3 m/s.

Velocidad de trabajo: 5-25 m/s.

Velocidad máxima de supervivencia: 60 m/s.

Protección velocidad: Efecto aerodinámico sobre

las aspas y freno electromagnético.

Protección por exceso de corriente: Freno electromagnético.<sup>75</sup>

Incluido en el paquete: Turbina y controlador.

Peso neto: 19 Kg. Peso bruto: 25 Kg. Medidas: 119cm x 45,72cm x 24,5cm.

Garantía: 3 años. Precio: 745,36 €.

<sup>75</sup> [http://www.merkasol.com/epages/62387086.sf/es\\_ES/?ObjectPath=/Shops/62387086/Categories/Aerogeneradores](http://www.merkasol.com/epages/62387086.sf/es_ES/?ObjectPath=/Shops/62387086/Categories/Aerogeneradores)

Uno de los modelos más llamativos es el Bornay 3000 W 48v. 2 palas con regulador digital. La calidad de un aerogenerador Bornay está acreditado por la certificación ISO 9001 (certificación de calidad y de procesos en la fabricación<sup>76</sup>). Bornay es la primera empresa que implantó este sistema y una de las pocas actualmente con este credencial. Este modelo presenta la facilidad de conectarse directamente a la red eléctrica y vender la sobreproducción a la empresa distribuidora o bien almacenarse para su futura utilización.

Alternador trifásico de imanes permanentes.

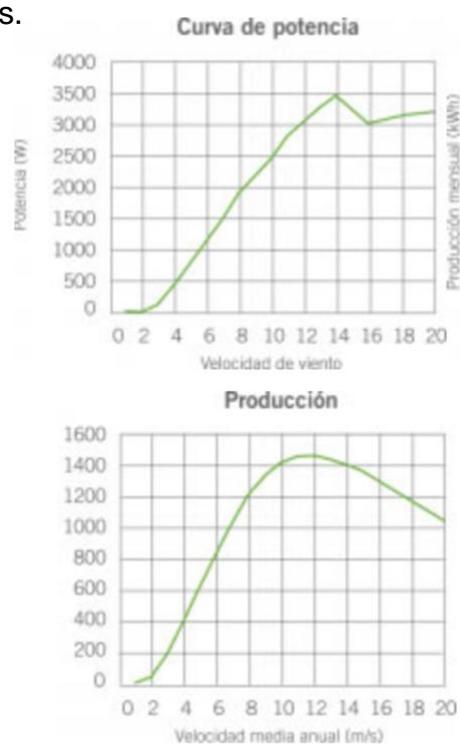
Potencia nominal: 3KW.

Voltaje: 24V a 120V. Velocidad de arranque: 3.5m/s.

Velocidad de potencia nominal 12m/s.

Velocidad máxima: 60m/s.

Precio: 6.165,86 €.



<sup>76</sup> <http://www.esu.com.co/esu/documentos/normatividad/Norma%20ISO9001%202008.pdf>



### III CAPITULO Estudio económico y diseño.

El estudio económico es la parte final de la evaluación de un proyecto, su objetivo es ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionan los capítulos anteriores, también permite elaborar cuadros analíticos que sirven de base para la evaluación, este depende meramente de la preparación de un previo estudio técnico. El cual en este proyecto se hace un poco fácil, porque la producción del mismo es electricidad y hay cálculos que se pueden descartar, como de la mano de obra directa (recursos humanos inmersos estrictamente en la producción), materia prima, costos para combatir contaminación, de energía eléctrica, de agua, de venta, de combustibles, control de calidad, administrativos, recursos humanos, capital de trabajo (costo de la primera producción antes de la primera venta), aunque la producción de electricidad puede venderse, a pequeña escala sugiere más al ahorro energético.

Los que si son indispensables son los activos fijos, que se entiende como todo lo que se puede tocar, como el terreno, materiales y herramientas de mantenimiento, cableado, tuberías, torre, banco de baterías, circuitos o tarjetas electrónicas, el generador y obras civiles que en este caso junto con el personal de mantenimiento sería la mano de obra indirecta. En otra instancia también son inevitables los activos fijos, como la inversión y los gastos de los mantenimientos correctivos, que significa dinero en efectivo no solo para la inversión inicial que es la compra de todos los materiales para la construcción de la planta incluido el generador, si no también constar con un capital para un imprevisto como por ejemplo un error en los cálculos de la distancia del cableado, desde luego que también es muy importante tomar en cuenta la depreciación del sistema en su totalidad y el financiamiento si no se cuenta con un capital de inversión.<sup>77</sup>

---

<sup>77</sup> Evaluación de proyectos, Gabriel Baca Urbina; 4ta edición, capítulo cuatro pag.182



Por lo tanto no es necesario que se muestren tablas de pagos como: planilla, limpieza, seguridad, papelería, servicios básicos, etcétera. En este capítulo solo se mostraran tablas referentes a una lista específica de materiales y maquinaria especializada, y al final del análisis se comprobara la hipótesis de este estudio evaluado por medio de un flujo de caja.

Confusión entre vatio y vatio/hora.

En el habla popular, los conceptos de «potencia» y «energía» (trabajo) se confunden con demasiada frecuencia. Se puede decir que la potencia es el ritmo al que se usa (o genera) la energía o se realiza trabajo. Un vatio es un julio por segundo. Por ejemplo, si una lámpara de 100 vatios está encendida durante una hora, la energía consumida es de 100 vatios-hora (W·h) o 0,1 kilovatio-hora (kW·h) o  $(60 \times 60 \times 100)$  360.000 (J).

La capacidad o potencia de una central energética se mide en vatios, pero la energía generada anualmente se medirá en vatios-hora (W·h), kilovatios-hora (KW·h), megavatios-hora (MW·h), gigavatios-año (GW·año), según convenga.

Para poder llevar a cabo el estudio del costo total y de cómo recuperar o mejor dicho en este caso lograr el ahorro en el costo de la energía eléctrica con un pequeño generador eólico.

Primero hay que reconocer que el sistema por sí solo no va a operar las 24h del día, habrán momentos en los cuales el generador parara la producción ya sea por los vientos débiles o por mantenimientos, así que podríamos suponer que el generador trabajara 20h a lo sumo al día, esto para calcular más o menos cuanto tiempo nos produciría en un año, 7300h. El costo del consumo básico hoy por hoy es de algunos 5.20 C\$/Kwh sujeto a variaciones, lo que suponemos que en 7300h en un año se ahorrarían algunos C\$ 37,000. Pero en la práctica no es así, ya que los vientos al cabo del tiempo no se comportan de manera constante. Pero se pueden dar estimaciones para ver si al año siguiente podríamos sacar provecho a nuestro generador.



<b>METARIA PRIMA</b>	<b>MEDIDA</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>COST/UNID</b>	<b>COST/TOTAL</b>
GENERADOR EOLICO	UND.	1	1200	1200
PASTA PARA SOLDAR	UND.	1	0,5	0,5
ROLLO DE ESTAÑO	UND.	1	5	5
TUBERIA RIGIDA CONDUIT 3/4	UND.	12	5	60
TUBERIAS FLEXS 3/4	MTS.	10	1,23	12,3
ROMEXS	UND.	21	0,2	4,2
VARIILLA DE TIERRA	UND.	4	15	60
REGISTROS 4X4	UND.	3	1,99	5,97
REGISTROS 10X10X5	UND.	5	2,3	11,5
CABLE DE SONDEO GALVANIZADO	CAJA	1	30	30
TAPE SUPER SCOCHT	UND.	4	10	40
ABRASADERA EMT-UL 3/4	UND.	25	0,23	5,75
ACCESORIOS EMT	UND.	35	0,75	26,25
CONECTORES LT	UND.	3	0,5	1,5
CAMISAS IMC 3/4	UND.	3	0,25	0,75
TUBOS PVC	UND.	4	8,2	32,8
CONECTOR CURVO 3/4	UND.	2	1	2
CAMISAS PVC	UND.	3	0,13	0,39
TORNILLOS TENSORES	UND.	8	10	80
ANCLAJES	UND.	8	5	40
BRIDAS	UND.	10	0,7	7
INVERSOR	UND.	1	100	100
CIRCUITO DE PROTECCION	UND.	1	10	10
CIRCUITO REGULADOR DE CARGA	UND.	1	30	30
CABLEADO COBRE CALIBRE 10 U 8	MTS.	100	3	300
CABLES TENSORES DE ACERRO 1/2	MTS.	120	1,5	180
TUBO GALVANIZADO 4``	UND.	4	30	120
PERFIL DE ACERO EN H	UND.	1	30	30
ARENA	MTS.	1,5	1,2	1,8
CEMENTO	BLS.	3	15	45
BANCO DE BATERIAS (OPCIONAL)	UND.	8	50	400
PEGA PBC	UND.	3	0,82	2,46
<b>TOTAL</b>				<b>\$2845,17</b>

Tabla 3.1



Con anterioridad se muestra una lista de materiales para la construcción de la torre y la implementación del sistema de generación lo cual nos genera el valor de la inversión inicial.<sup>78</sup> La inversión inicial es para una empresa todo el capital para poner en marcha la idea o el estudio económico previo, que por muchas veces es única, la cual es la más importante, la inversión debe recuperarse al cabo de un tiempo, el cual llamaremos tiempo de recuperación, la cual durara el tiempo de depreciación del equipo de generación eólica que en su peor caso es de 15 años. El costo de la inversión es de unos \$3265,17.

---

<sup>78</sup> Evaluación de proyectos, Gabriel Baca Urbina; 4ta edición, capítulo cuatro.



Para realizar un estudio económico no muy tedioso y que resulta un poco fácil de comprender se elabora una lista con todos los materiales que se van a utilizar, cargos por transporte y traslado, ingeniería, etc. Después de sumar y calcular el total de inversión se hace una referencia de cómo es que se logra el ingreso anual de nuestro sistema, este se compara con el porcentaje de carga o potencia que alimentara por medio del generador

No es que este cálculo arroje la cantidad exacta de ahorro que habrá de la fecha a 5 años, si no que nos muestra la idea del comportamiento del capital utilizado o invertido y así poder tomar decisiones importantes antes de la implementación del proyecto, como por ejemplo el tipo de torre a utilizar, banco de baterías, calidad el inversor, etc.<sup>79</sup>

También se debe tomar en cuenta la depreciación, que desde el punto de vista financiero y económico, consiste en que, al reconocer el desgaste del generador por su uso, se va creando una especie de provisión o de reserva que al final permite ser reemplazado sin afectar la liquidez o un nuevo capital de inversión. Supongamos que el sistema genera ahorros (ingresos) de C\$1000 al año, unos costos y gastos que sin incluir la depreciación son de C\$700, lo que significa que el beneficio será de C\$300, valor del ahorro razonable. Supongamos también, que dentro de esos C\$300, están incluidos C\$100 por concepto de depreciación, que al no incluirla permiten ser distribuidos como utilidad o ganancia. ¿Qué sucedería en 5 años, cuando el sistema que genera los C\$1000 de ingresos debe ser reemplazado? Lo que sucede es que no habrá recursos para adquirir otro generador o el sistema completo que sustituya al anterior, puesto que los recursos con que se debía reemplazar fueron distribuidos. De ahí la importancia de la depreciación, que al reconocer dentro del resultado del ejercicio el gasto por el uso de los activos, permite, además de mostrar una información contable.<sup>80</sup>

El término depreciación se refiere, en el ámbito de la contabilidad y economía, a una reducción anual del valor de una propiedad, planta o equipo. Esta depreciación puede derivarse de tres razones principales: el desgaste

---

<sup>79</sup> Víctor Hugo Ayala Piola, Ing. Especialista en proyectos de inversión [www.megistesis.com](http://www.megistesis.com)

<sup>80</sup> Evaluación de proyectos, Gabriel Baca Urbina; 4ta edición, capítulo cuatro.

debido al uso, el paso del tiempo y la obsolescencia (Innovación de nuevas tecnologías).

Por otra parte se deben incluir los presupuestos para el costo de producción que en una empresa de servicios serían los medios para el trabajo en si, como por ejemplo, si la empresa es un restaurante, su costo de producción sería el valor total de los productos alimenticios que se sirven en la cena, este costo es necesario sumarlo al estudio económico ya que de no hacerlo no se estaría percibiendo, si el precio del producto es el adecuado.

En el caso de la generación eléctrica a base energía eólica tiene algunas ventajas ya que este no toma en cuenta el costo de la materia prima ni medios para su producción, pero si influye de manera razonable el mantenimiento preventivo del equipo de generación el cual está estrictamente implicado al proceso de producción de energía eléctrica, lo llamaremos en su totalidad para una mejor comprensión como el presupuesto de **costo de producción**.<sup>81</sup>

Presupuesto para costo de producción			Necesario
Descripción	Periodo	Costos en \$	a corto plazo.
Cambio de aceites en el motor, caja de transmisión, multiplicador, aspas y reengrabe de piezas.	6 meses	80	Si
Cambio de arriostres.	96 meses	400	No
Piezas sin vida útil.	Imprevisto	50	Si
Cambio de cableado.	De no haber fallas, de 90 a 100 meses	300	No
Circuito electrónico.	6 meses	20	Si
Técnico de mantenimiento.	6 meses	40	Si
Anticorrosivo para torre y piezas expuestas.	Min. 36 meses, máx. 72 meses	180	No
<b>total presupuesto</b>		<b>\$190</b>	

Tabla 3.2

<sup>81</sup> Evaluación de proyectos, Gabriel Baca Urbina; 4ta edición, capítulo cuatro. Pag.184.



También se toma en cuenta el pago del activo diferido que en este caso se determina como el costo o pago de ingeniería del proyecto.<sup>82</sup>

Activo diferido	
Descripción	Costos en \$
Traslado de materiales de construcción.	20
Traslado de torre y aerogenerador.	40
Supervisor o contratista de obra.	120
Instalación y puesta en marcha.	50
<b>Total</b>	<b>\$230</b>

Tabla 3.3

Total de inversión.
\$3265,17

El total de inversión o capital necesario para llevar a cabo un proyecto de generación eólica a pequeña escala en el orden de los KW es de unos \$3265.17 este no incluye el terreno de construcción ya que se trata de un proyecto de inversión a manera personal o de negocio, se podría disponer de terreno del mismo local o de otra forma habría que sumar ese valor como materia prima.

<sup>82</sup> Evaluación de proyectos, Gabriel Baca Urbina; 4ta edición, capítulo cuatro.Pag.195.

Ahora solo queda realizar el cálculo del consumo que podría tener un hogar promedio para tomar a manera de ejemplo el ahorro que se podría tener.

Consumo promedio	
Items	Potencia disipada
Micro ondas	900
Tostador	800
T.V.	500
Plancha	800
Luces	800
Refrigerador	1100
Radio	800
P.C.	500
Abanicos	800
Lavadora	1300
Licuadora	500
Secador de pelo	200
<b>Total</b>	<b>9000</b>

Tabla 3.4

Si se elige el generador AiR Breeze que genera una potencia 2300 watts por hora con una velocidad de viento de 26Km/h, este generador podría suplir el 25.56% de la potencia requerida por la lista expuesta anteriormente, ahora si lo vemos de la siguiente forma los equipos expuestos generalmente son de uso casual o sea que no están en función las 24 horas del día, pero para el ejemplo suponemos que este hogar consumirá 9Kwh en un día, que traducido al mes sería un consumo de 270Kwh, que es casi el consumo del hogar promedio.



### Visto de otra forma:

El valor que pagamos por el Kwh consumido en Nicaragua es de unos C\$5.00 redondeando sus variaciones, si consumimos 270Kwh son C\$1350.00 y con el generador que reduce un 25.56% se pagarían unos C\$1005.30.

Kwh	Valor	\$	Al Año N \$
201	1005	41,9	503

Tabla 3.5

### Entonces

Se consultó a un contador público<sup>83</sup> para poder sacar el tiempo de recuperación de la inversión resultando el siguiente cuadro, donde se toma en cuenta el ahorro que representa el generador (25.56%) como el ingreso anual en \$.

---

<sup>83</sup> Miriam del Carmen Hernández Contador público autorizado con Especialidad en Auditoría en Administración y administración fiscal. Tel: 2782-5019 Cel: 86913335.



En este diagrama se muestra un ejemplo de cómo podría instalarse un generador eólico sobre un poste del tendido eléctrico, de telefonía o simplemente de un rotulo o valla publicitaria.

Si tomamos la segunda opción la lista de materiales se nos reduce de manera considerable, lo que permite reducir un poco el tiempo de recuperación, pero este conlleva consigo gestiones y permisos que pueden no brindarse y el proyecto se venga abajo.

METARIA PRIMA	MEDIDA	UNIDADES	COST/UNID	COST/TOTAL
GENERADOR EOLICO	UND.	1	1200	1200
TUBERIA RIGIDA CONDUIT 3/4	UND.	2	5	10
TUBERIAS FLEXS 3/4	MTS.	2	1.23	2.46
ROMEXS	UND.	12	0.2	2.4
VARIILLA DE TIERRA	UND.	4	15	60
REGISTROS 4X4	UND.	3	1.99	5.97
REGISTROS 10X10X5	UND.	5	2.3	11.5
TAPE SUPER SCOCHT	UND.	4	10	40
TUBOS PVC	UND.	4	8.2	32.8
TORNILLOS TENSORES	UND.	8	10	80
ANCLAJES	UND.	8	5	40
BRIDAS	UND.	10	0.7	7
INVERSOR	UND.	1	100	100
CIRCUITO DE PROTECCION	UND.	1	10	10
CIRCUITO REGULADOR DE CARGA	UND.	1	30	30
CABLEADO COBRE CALIBRE 10 U 8	MTS.	100	3	300
CABLES TENSORES DE ACERRO 1/2	MTS.	120	1.5	180
TUBO GALVANIZADO 4``	UND.	1	30	30
BANCO DE BATERIAS (OPCIONAL)	UND.	8	50	400
<b>TOTAL</b>				<b>2542.13</b>

Potencia del generador en Kwh	2.3
Potencia disipada al día en Kwh	9
Potencia en factura en Kwh	6.7
El generador representa %	25.56
Al mes Kwh	201

**Opcion 2**  
**2962.13**

Tabla 3.5



Kwh	Valor	\$	Al Año \$
201	1005	41.9	502.5

Inversión	Ingreso	Tiempo en años
2962.13	502.5	5.89

Tabla 3.6

Como se puede observar la opción 2 de la instalación es la que más rápido se recupera, pero no garantiza que se brinden las condiciones y los permisos para la instalación.

## Conclusiones.

Debido a la posición geográfica de la ciudad de Bilwi Puerto Cabezas es una ubicación favorable para la implementación de sistemas de generación eólica, esta es una ciudad costera lo que facilita que el movimiento de los vientos sea garantizado a lo largo del día, la ciudad no cuenta con líneas de alta tensión para el transporte de energía a la costa del pacifico y viceversa, por lo tanto sistemas de generación eólica de alta potencia no podrían ser implementados porque su producción seria sobre – ofertada en la zona. No obstante, como alternativa se pueden implementar sistemas de generación eólica de al menos 3 Kwh, que fácilmente pueden suplir la demanda de al menos un residencia o pequeño negocio.

Los estudios y sondeos con respecto al viento en la zona del Atlántico norte -por parte de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales- demuestran que las condiciones y topografía de la ciudad de Bilwi Puerto Cabezas son favorables al movimiento rápido de las masas de aire por casi todos los meses del año, esto permite que el viento mantenga una buena relación entre rapidez y densidad del aire, que son los principales factores que se toman en cuenta en la elección de un sistema de generación eólica. Los vientos en Bilwi (la mayor parte del tiempo) soplan a  $45^{\circ}$  y  $90^{\circ}$  con respecto al norte, desde el océano (sin obstáculos) o mejor dicho desde el este y noreste con una rapidez instantánea de 10m/s (36Km/h) y una velocidad constante de 4m/s (15Km/h), sin embargo, los generadores eólicos de poca potencia generan electricidad a partir de los 3m/s (12-13Km/h). Por lo tanto la ciudad de Bilwi presenta factibilidad técnica para un proyecto de esta envergadura, es decir que es viable para la implementación de un centro de carga a base de generación eólica a pequeña escala.



Los costos que conllevan la implementación de sistemas de generación eólica son relativos, ya que los costos pueden variar de una forma de instalación a otra forma de instalación, dependen meramente de su ubicación, dimensiones, producción y mantenimiento preventivo, el beneficio de este tipo de sistemas es el ahorro en la factura de energía eléctrica. Si se toma en cuenta el ahorro como un ingreso en el estudio económico, la inversión de un sistema eólico se recupera en un intervalo de 5 años, estos sistemas con su debido mantenimiento preventivo de forma periódica aumentan su vida útil a 20 años, lo que nos deja una ganancia o beneficio después de haber recuperado la inversión. Si en el estudio económico se toma en cuenta el mantenimiento preventivo, previendo el desgaste de piezas en específico y depreciación del equipo de generación eólica, según el previo estudio técnico y económico muestra viabilidad económica entre la relación vida útil y tiempo de recuperación de capital de inversión. Es decir que el proyecto arroja como utilidades el ahorro en la factura energética y que es una inversión recuperable a corto plazo.



## **Bibliografía:**

Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas segunda edición; Gilberto Enríquez Harper. LIMUSA Noriega Editores 2004. ISBN: 968-18-6445-X

Hugh Piggott; El poder del viento en el taller (Windpower Workshop) construyendo nuestra propia turbina eólica, Centre for Alternative Technology Publications. ISBN 1-89804-920-3.

Miguel Villarrubia, Energía eólica, ediciones Ceac, 2004; ISBN 84-329-1062-7.

Paul Gipe, Wind Power, Energía renovable para el hogar, granja o negocio, Chelsca Green Publishing Comany 2004 ISBN 978-1-931498-14-2.

Juan Manuel García y Ricardo de Dicco, La energía eólica en argentina 2008, Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas Técnicas ([http://www.cienciayenergia.com/Contenido/pdf/080901\\_radjpg\\_ea.pdf](http://www.cienciayenergia.com/Contenido/pdf/080901_radjpg_ea.pdf)).

Gabriel Baca Urbina, Formulación de Proyectos 5ta edición, McGraw-Hill Interamericana editores S.A., ISBN-10: 970-10-5687-6; ISBN-13: 978-970-10-5687-5.

Manuales sobre energía renovable: Eólica/ Biomass Users Network (BUN-CA). -1 ed. -San José, C.R. : Biomass Users Network (BUN-CA), 2002. 48 p. il. ; 28x22 cm.

ISBN: 9968-904-00-7

Republica de Nicaragua CINAPRED, Plan Municipal De respuesta en el municipio de Corn Island. 2009.

<http://www.google.com.ni/url?sa=t&source=web&cd=25&ved=0CD0QFjAEOBQ&url=http%3A%2F%2Fsiger.sinapred.gov.ni%2Fsigerdescargas.aspx%3FIDOPCION%3D4%26IDARCHIVO%3D142%26CONTADOR%3D30%2F06%2F2011%252001%3A00%3A28%2520a.m.&rct=j&q=topografia%20en%20corn%20island&ei=md2UTruCsmlsAKH24nwaAQ&usg=AFQjCNHD43idu2UvEh0HXvHpi5OgKg8stA&cad=rja>



## Páginas web consultadas.

[http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/ATLANTICO%20NORTE/corn\\_island.pdf](http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/ATLANTICO%20NORTE/corn_island.pdf)  
<http://www.textoscientificos.com/energia/turbinas>  
[http://www.aprotec.org/pages/eolica\\_generadores.html](http://www.aprotec.org/pages/eolica_generadores.html)  
<http://www.enel.gob.ni>  
<http://www.comohacer.eu/especial-como-hacer-un-aerogenerador-molino-de-viento-o-turbina-eolica/>  
ENERGÍA EÓLICA Pedro Fernández Díez <http://libros.redsauce.net>

## Referencias de imágenes.

- i Pedro Fernández Díez, Energía Eólica, Fig I.5.- Vientos particulares y locales Pág. 9
- ii Piggott Hugh - Manual For Wind Turbine Construction (free Energy), This manual was commissioned
- iii Piggott Hugh - Manual For Wind Turbine Construction (free Energy), This manual was commissioned by Dr Smail Khennas, Senior Energy Specialist Intermediate Technology The Schumacher Centre for Technology and Development <http://www.oneworld.org/itdg>
- iv Piggott Hugh - Manual For Wind Turbine Construction (free Energy), This manual was commissioned
- v Manual de instrucciones y montaje. Torres basculantes y auto soportadas; J Bornay, Davis Bornay Aerogeneradores. Rev. 1.0 enero 2002.
- vi [http://www.aprotec.org/pages/eolica\\_generadores.html](http://www.aprotec.org/pages/eolica_generadores.html)
- vii [http://www.ine.gob.ni/DGE/mercado/CNE\\_energias\\_renovables.pdf](http://www.ine.gob.ni/DGE/mercado/CNE_energias_renovables.pdf)
- viii <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia50/HTML/Articulo10.htm>
- ix [http://www.renovables.org.ni/media/Documentos/Guia\\_del\\_Inversionista\\_Sector\\_Electrico\\_de\\_Ncaragua\\_2010\\_\\_09S\\_ept2010.pdf](http://www.renovables.org.ni/media/Documentos/Guia_del_Inversionista_Sector_Electrico_de_Ncaragua_2010__09S_ept2010.pdf)
- x Influencia de humedad relativa y el viento en funcionamiento de condensadores radiativos pasivos Pag. 14

## **Anexos.**

### **Generadores de alta potencia VESTAS**

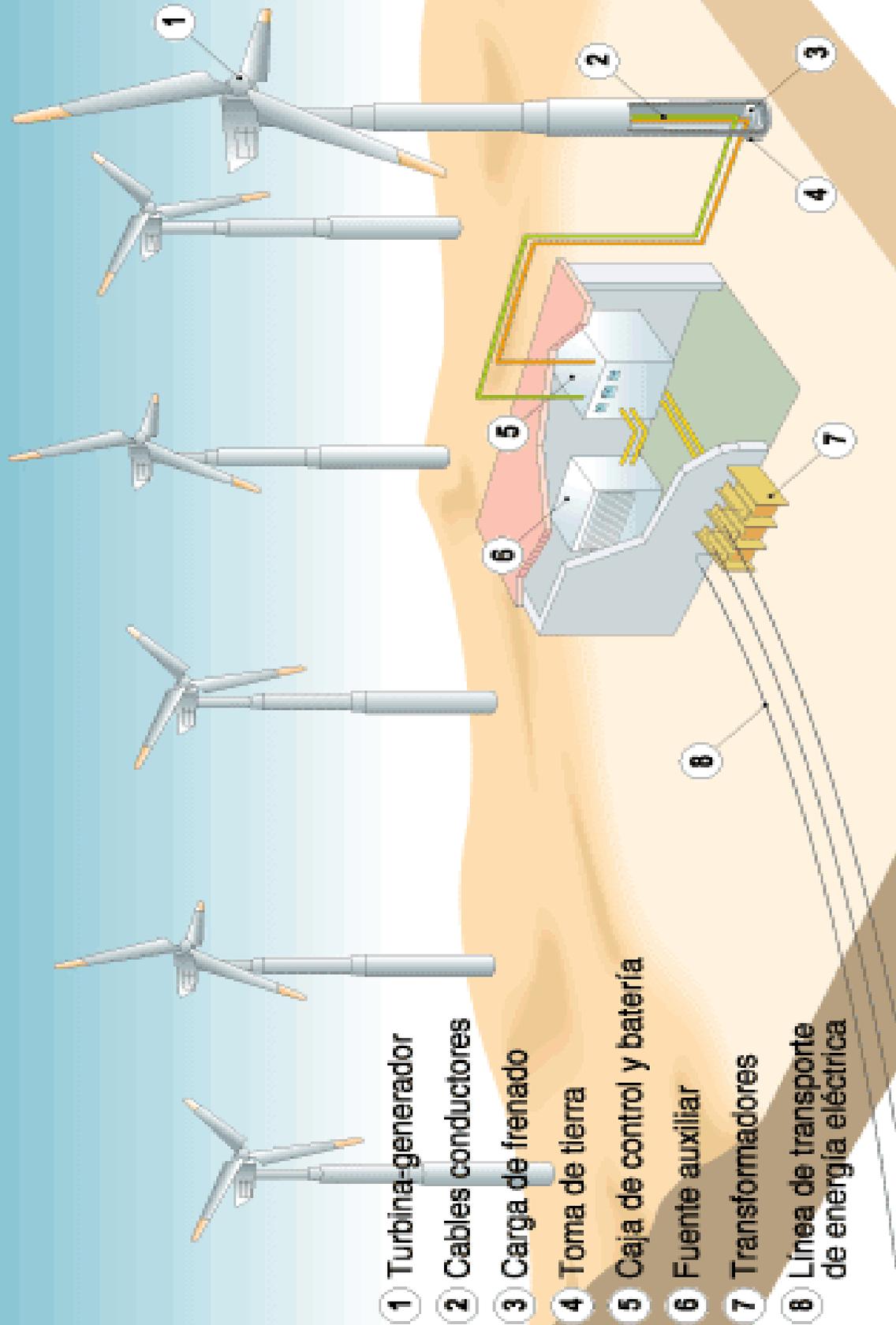
Vestas es una compañía alemana que fabrica generadores eólicos de gran potencia de hasta 8MW, estos son de grandes dimensiones y necesitan instalaciones y mantenimiento adecuados, son de alto costo y son utilizados generalmente en complejos dedicados exclusivamente como generadoras comerciales.<sup>1</sup>

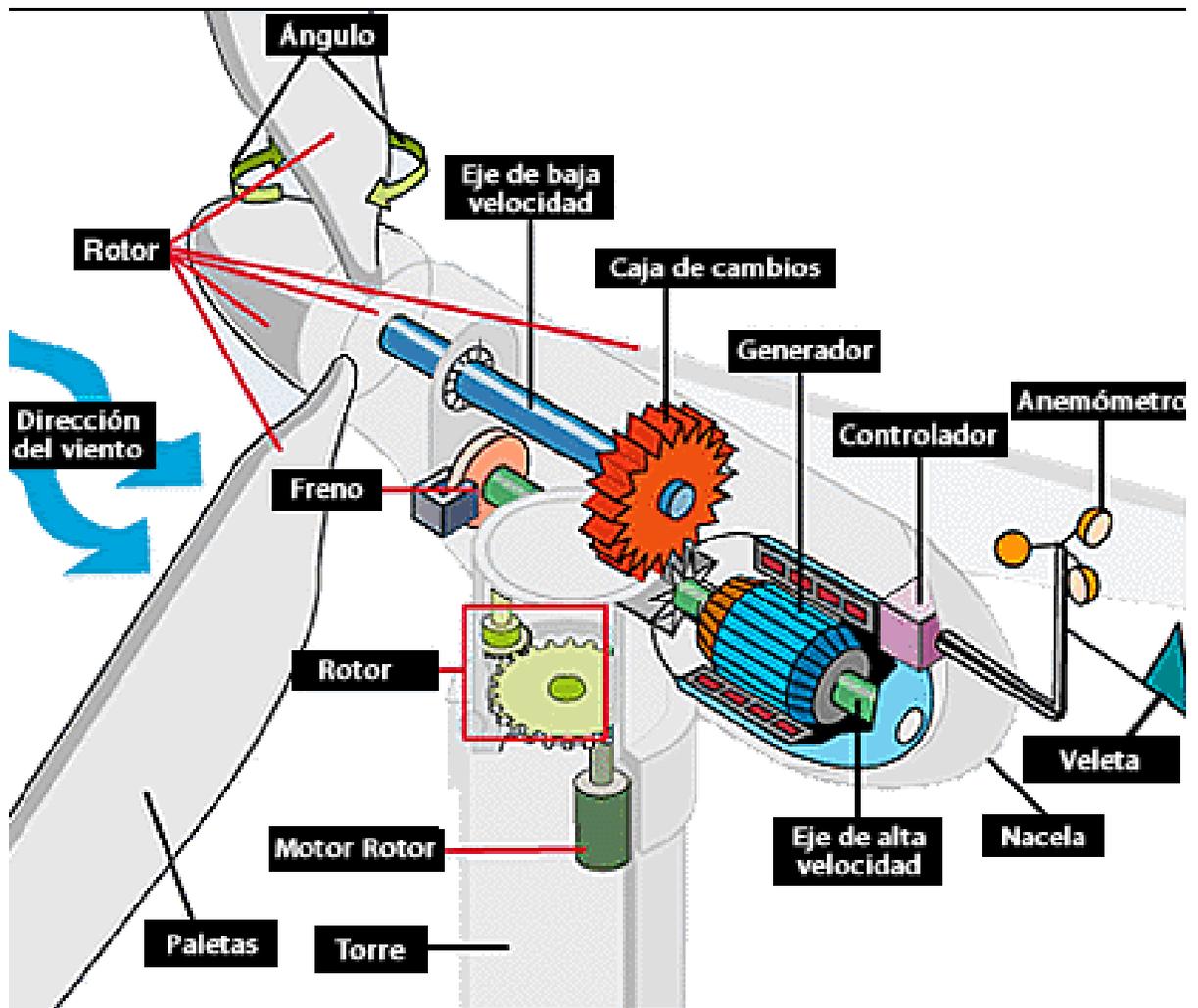


---

<sup>1</sup> <http://www.vestas.com/de/de/tools/toolsmenu/kontakt.aspx>

# CENTRAL EÓLICA





# El viento, fuente de energía

La energía eólica se ha convertido en una de las alternativas renovables más utilizadas.

**ASPAS**  
Son de fibra de vidrio y miden aproximadamente 15 metros.

**GENERADOR**

**SENSORES**  
Miden las condiciones atmosféricas.

**AEROGENERADORES INTELIGENTES**

Los molinos están diseñados para adaptarse a las condiciones de viento, dirección y velocidad, para conseguir el máximo rendimiento y proteger el conjunto en caso de temporal.

**CONJUNTO**

Aproximadamente 60 toneladas de peso

Potencial eólico en el territorio panameño

**BARQUILLA**

Controla el generador y los motores de orientación

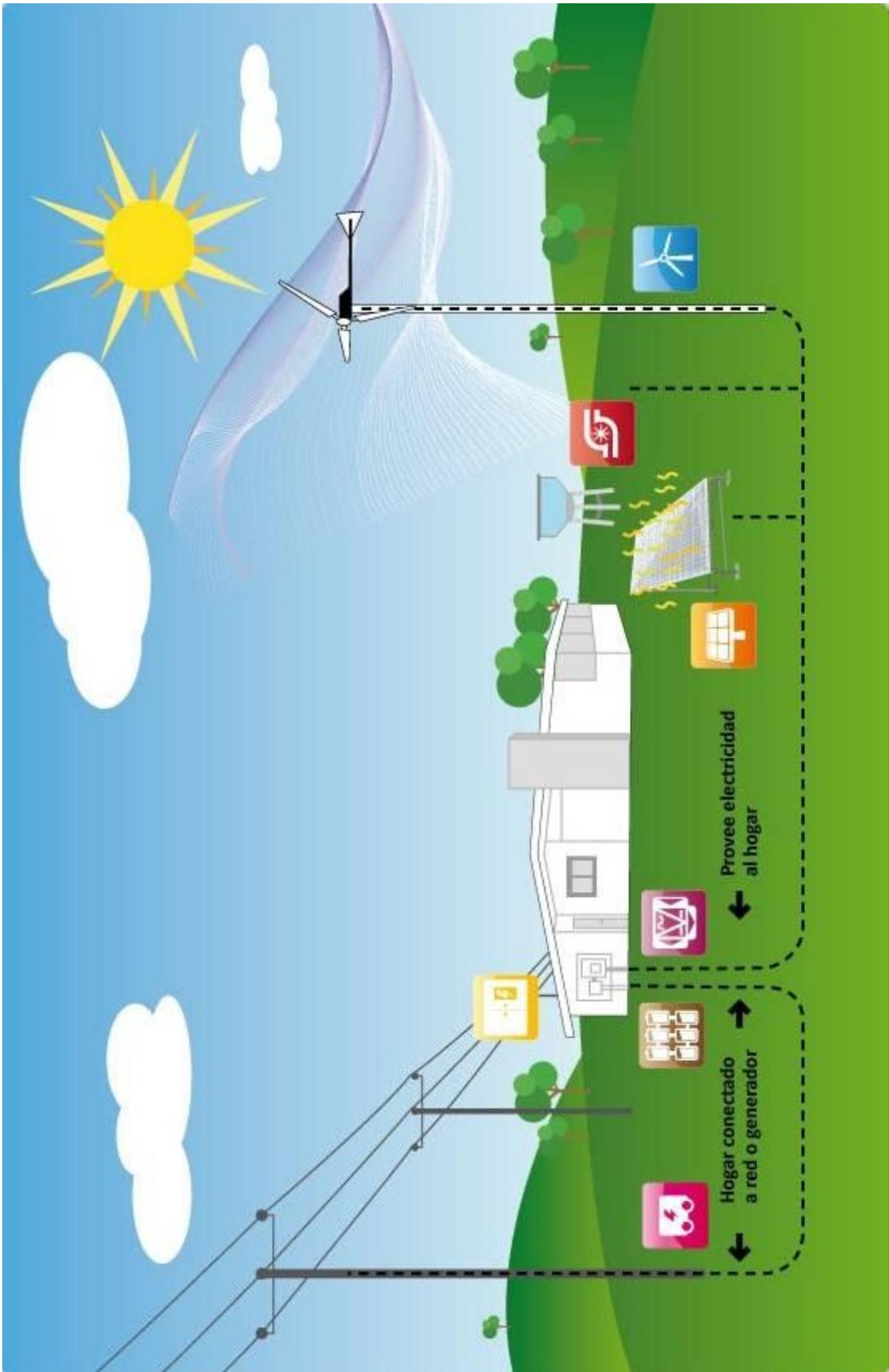
**Si el viento es débil** las palas se orientan verticalmente para ofrecer la máxima potencia y se inicia el giro del rotor.

**Cuando el viento es excesivo** las palas se colocan paralelas al viento y el rotor deja de girar.

**La electricidad** es enviada por cables que bajan por el interior de la torre y se conecta a la red camino a la central.

**La central** recibe la energía eléctrica en una batería para luego transportarla a la ciudad o poblado al cual se suministrará.

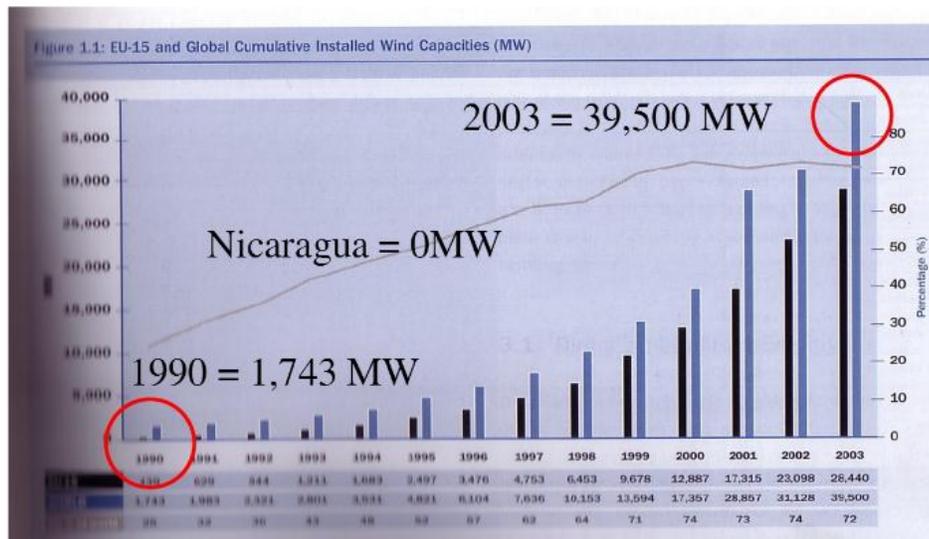
FUENTE: A.INTERNACIONALES  
INFO: R.HERNANDEZ/EPASA



# El Proyecto del Mapa Eólico de Nicaragua



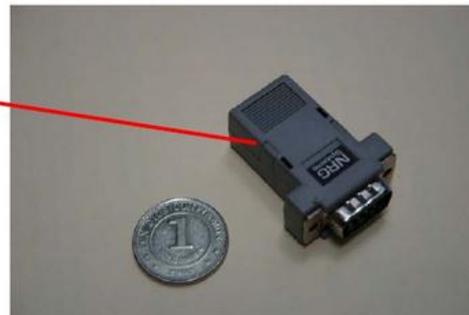
## Crecimiento exponencial en la Energía Eólica a nivel mundial



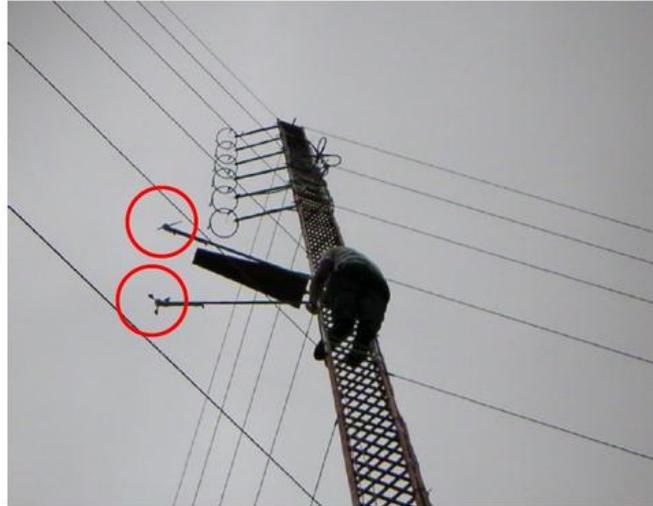
# Anemómetro - para medir la velocidad



Caja receptora de datos



# Primer equipo instalado en El Crucero, Octubre 2003



# El Sauce, Febrero 2004



## Granada, Febrero 2004



## Corn Island, Julio 2004



# Sitios también en Juigalpa



El “chip” de datos se transfiera a la computadora



<i>DataPlug Reader Information</i>	
Model Number	2539
Firmware Version	01
COM Port	COM 1

<i>Wind Explorer Information</i>	
Logger Serial #	0494
Logger Model #	2333
Firmware Version	07
Units	Metric

<i>DataPlug Gust Information</i>	
Gust Speed (m/s)	000
Gust Direction (Degrees)	000
Gust Time (HH:mm)	00:00
Gust Date (d/my)	01/01/2000

<i>DataPlug Information</i>	
DP Serial Number	01006
Percent Full	0 %
Erased (Y/N)	NO
Read (Y/N)	NO

<i>Site Information</i>	
Site Number	004
Site Description (from Site file)	
Radio Sultana, Granada	

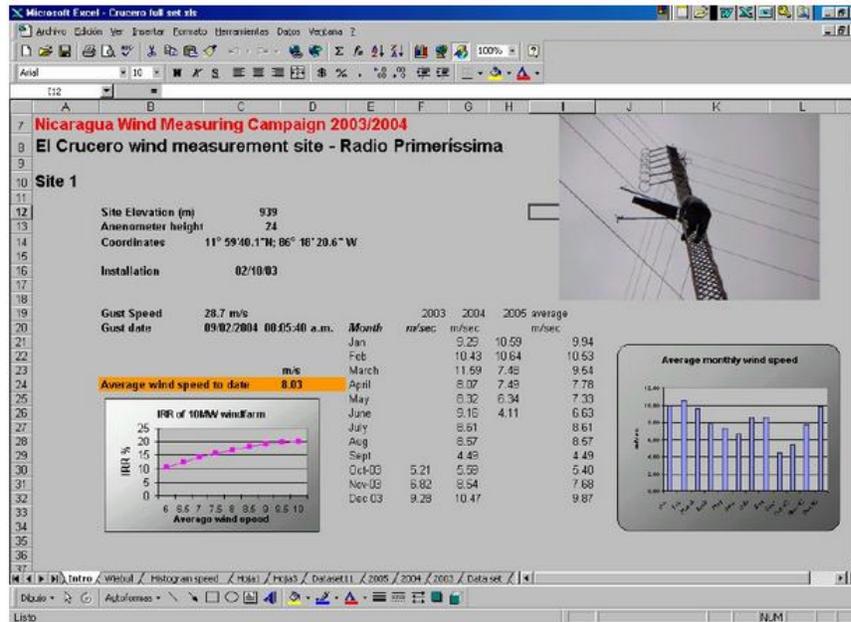
<i>DataPlug Start Information</i>	
Start Time (HH:mm)	16:40
Start Date (d/my)	19/05/2005
Battery at Start (V)	9.9

<i>DataPlug Stop Information</i>	
Stop Time (HH:mm)	17:10
Stop Date (d/my)	16/07/2005
Battery at Stop (V)	5.7

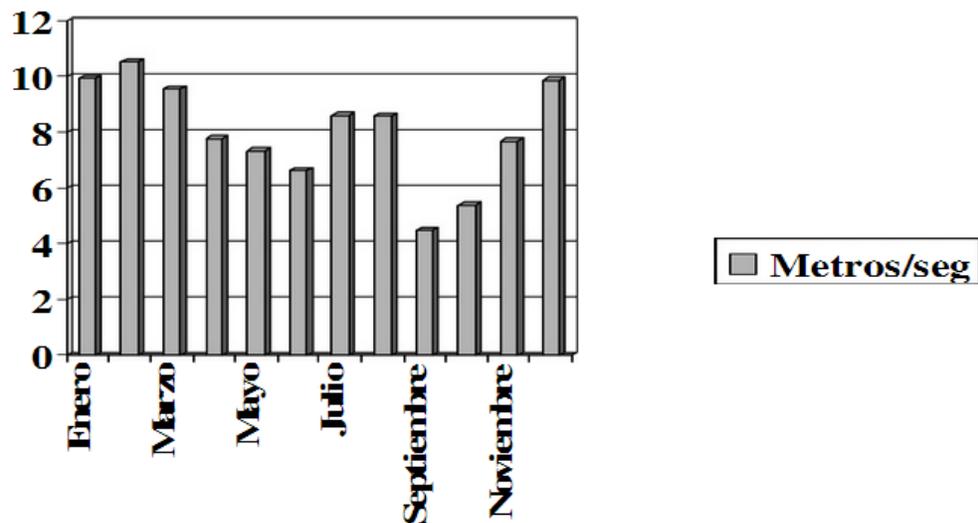
COM Setting: 19200,N,8,1

Buttons: Load Header, Read Data, Exit, Erase DataPlug

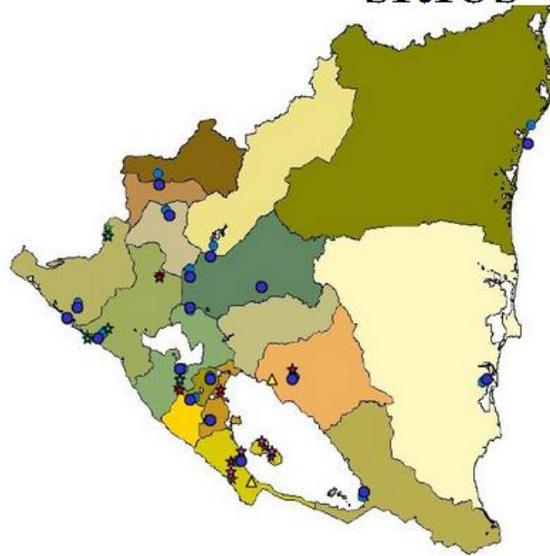
# Se analizaron los datos...



# Y se calcularon los promedios mensuales de velocidad del viento por cada sitio

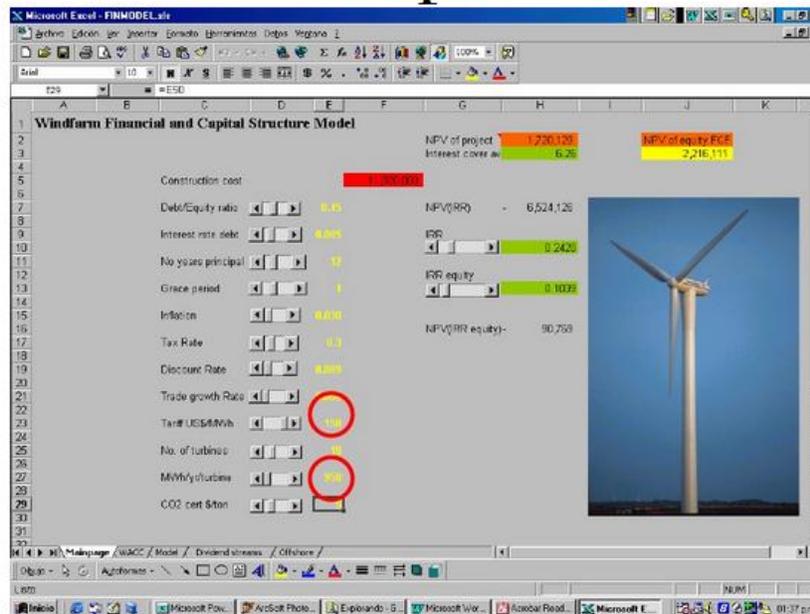


También se utilizó datos de otros  
sitios

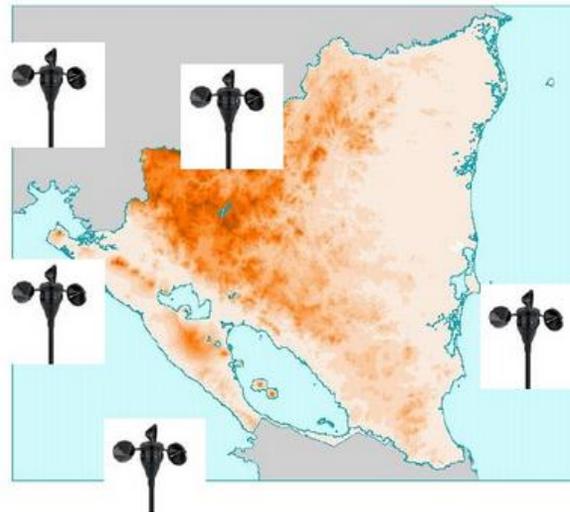


- ENCO
- CNE
- Instituto La Salle
- INETER
- Privados

Un modelo financiero ayudó en  
seleccionar las categorías para el  
mapa



Un modelo de elevación digital se combinó con un modelo de rugosidad del terreno



Y las mediciones

Se identificaron tres áreas con una potencial significativa

