



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
RECINTO UNIVERSITARIO SIMÓN BOLIVAR
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN**

**TRABAJO MONOGRAFICO
PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO EN ELÉCTRICA**

**“Propuesta de Estudio de Factibilidad para la Implementación de
Generadores Eólicos en el Municipio de Kukra Hill, Departamento de
RAAS.”**

Realizador por:

Jorge Antonio López Rodríguez

Carnet: 2008-24267

Tutor: Ing. Juan González

Mayo del 2014, Managua.

INDICE

Contenido	Páginas
I Introducción	3
2 Objetivos	4
3 Cap. I Energía Eólica	5
4 Cap. II Estudio Técnico	8
5 Cap. III Caso de Estudio	13
6 Cap. IV Estudio Económico	35
7 Cap. V Estudio de Factibilidad	37
8 Conclusiones	41
9 Bibliografía	42
10 Anexos	43

I. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se realizó un estudio de factibilidad, que sirva como propuesta para una posible implementación instalación de generadores eólicos en el municipio de Kukra Hill, Departamento de la RAAS. (región autónoma del atlántico sur de Nicaragua). Se determinó el equipamiento necesario, para ello se realizó un estudio técnico, tomando en cuenta la velocidad del viento, se realizaron tres actividades fundamentales para la posible implementación aerogeneradores de bajo costo, a como son: análisis, síntesis y validación.

En la etapa de análisis se realizó una propuesta del consumo energético para el caso de vivienda rural, para ello es necesario determinar la cantidad de carga que demandan los electrodomésticos o equipos que se estimen, para dimensionar el tipo de aerogenerador que se requiere en el sistema de generación eólica, también se realizó un análisis documental sobre estadísticas, investigaciones y estudios relacionados al comportamiento del viento y sistemas de generación eólica en la zona del atlántico de Nicaragua. Una vez culminada la etapa de análisis, se procedió a la etapa de síntesis de esta propuesta con la correspondiente implementación, misma que tendrá su punto de inicio con la elaboración del diseño del sistema de generación eólica, y finalmente la obtención de los resultados en formatos cuantitativos mediante valores numéricos calculados, así como en formato cualitativo a través de gráficas de comportamiento del referido diseño. Finalmente, se procedió a realizar la validación de los resultados, esto es posible cuando sean contrastados los valores obtenidos en la etapa anterior con lo establecido por la teoría y su comparación entre los datos

obtenidos, todo este estudio comparativo y de carácter cualitativo validará el desempeño del estudio.

I. OBJETIVOS

Objetivo general

Realizar el estudio de factibilidad para la implementación de generadores eólicos en el municipio Kukra Hill, Departamento de RAAS.

Objetivos específicos

1. Analizar la viabilidad de instalar generadores eólicos de bajo costo, para la generación eléctrica a partir del viento, operando como proyecto para satisfacer la necesidad del servicio eléctrico.
2. Determinar los requerimientos técnicos para la instalación de generadores eólicos de bajo costo para la generación de energía.
3. Presentar el estudio de costos para conocer el detalle de la inversión económica.

II. CAPITULO I: LA ENERGÍA EÓLICA

Molinos

Un molino es una máquina que transforma el viento en energía aprovechable; Esta energía proviene de la acción de la fuerza del viento sobre unas aspas oblicuas unidas a un eje común. El eje giratorio puede conectarse a varios tipos de maquinaria para moler grano, bombear agua o generar electricidad. Cuando el eje se conecta a una carga, como una bomba, recibe el nombre de molino de viento. Si se usa para producir electricidad se le denomina generador de turbina de viento.

Los primeros molinos¹

Los molinos movidos por el viento tienen un origen remoto. En el siglo VII d.C. ya se utilizaban molinos elementales en Persia (hoy, Irán) para el riego y moler el grano. En estos primeros molinos la rueda que sujetaba las aspas era horizontal y estaba soportada sobre un eje vertical. Estas máquinas no resultaban demasiado eficaces aun así se extendieron por China y el Oriente Próximo. En Europa los primeros molinos aparecieron en el siglo XII en Francia e Inglaterra y se distribuyeron por el continente.

Eran unas estructuras de madera, conocidas como torres de molino, que se hacían girar a mano alrededor de un poste central para levantar sus aspas al viento. El molino de torre se desarrolló en Francia a lo largo del siglo XIV. Consistía en una torre de piedra coronada por una estructura rotativa de madera que soportaba el eje del molino y la maquinaria superior del mismo. Estos primeros ejemplares tenían una serie de características comunes.

¹ Molinero Benitez Alberto. "Proyecto de un Parque Eólico". Universidad Pontificia Comillas. Pag.13

De la parte superior del molino sobre salía un eje horizontal. De este eje partían de cuatro a ocho aspas, con una longitud entre 3 y 9 metros. Las vigas de madera se cubrían con telas o planchas de madera. La energía generada por el giro del eje se transmitía, a través de un sistema de engranajes, a la maquinaria del molino emplazada en la base de la estructura.

Aerogeneradores²

La energía del viento es utilizada mediante el uso de máquinas eólicas (o aeromotores) capaces de transformar la energía eólica en energía mecánica de rotación utilizable, ya sea para accionar directamente las máquinas operadoras (molinos), como para la producción de energía eléctrica. En este último caso, el sistema de conversión, (que comprende un generador eléctrico con sus sistemas de control y de conexión a la red) es conocido como aerogenerador.

La baja densidad energética, de la energía eólica por unidad de superficie, trae como consecuencia la necesidad de proceder a la instalación de un número mayor de máquinas para el aprovechamiento de los recursos disponibles. El ejemplo más típico de una instalación eólica está representado por los "parques eólicos" (varios aerogeneradores implantados en el territorio conectados a una única línea que los conecta a la red eléctrica local o nacional).

En estos la energía eólica mueve una hélice y mediante un sistema mecánico se hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador, que produce energía eléctrica. Para que su instalación resulte rentable, suelen agruparse en concentraciones denominadas parques eólicos. En la actualidad, sofisticados molinos de viento se usan para generar electricidad, especialmente en áreas expuestas a vientos frecuentes, como zonas costeras, alturas montañosas o islas.

² Molinero Benitez Alberto. "Proyecto de un Parque Eólico". Universidad Pontificia Comillas. Pag.14

Parque Eólico³

Un parque eólico es una agrupación de aerogeneradores que se utilizan generalmente para la producción energía eléctrica. Si bien los parques eólicos son relativamente recientes, iniciando a popularizarse en las décadas de los 80 – 90.

Los parques eólicos se pueden situar en tierra o en el mar (*offshore*), siendo los primeros los más habituales, aunque los parques *offshore* han experimentado un crecimiento importante en Europa en los últimos años.

El número de aerogeneradores que componen un parque es muy variable, y depende fundamentalmente de la superficie disponible y de las características del viento en el emplazamiento. (*ver figura número uno*)

Antes de montar un parque eólico se estudia el viento en el emplazamiento elegido durante un tiempo que suele ser superior a un año. Para ello se instalan veletas y anemómetros. Con los datos recogidos se traza una rosa de los vientos que indica las direcciones predominantes del viento y su velocidad. Sin embargo, en nuestro estudio se determina la factibilidad de aerogeneradores aislados de bajo costo para el consumo de un grupo pequeño de casas de habitaciones.



*Fig. 1. Parque Eólico*⁴

³ Molinero Benitez Alberto. "Proyecto de un Parque Eólico". Universidad Pontificia Comillas. Pag.15

CAPITULO II: ESTUDIO TÉCNICO

A continuación se presenta una vista aérea del sitio donde se realizó estudio de factibilidad, para ello se utilizó la herramienta Google Earth.

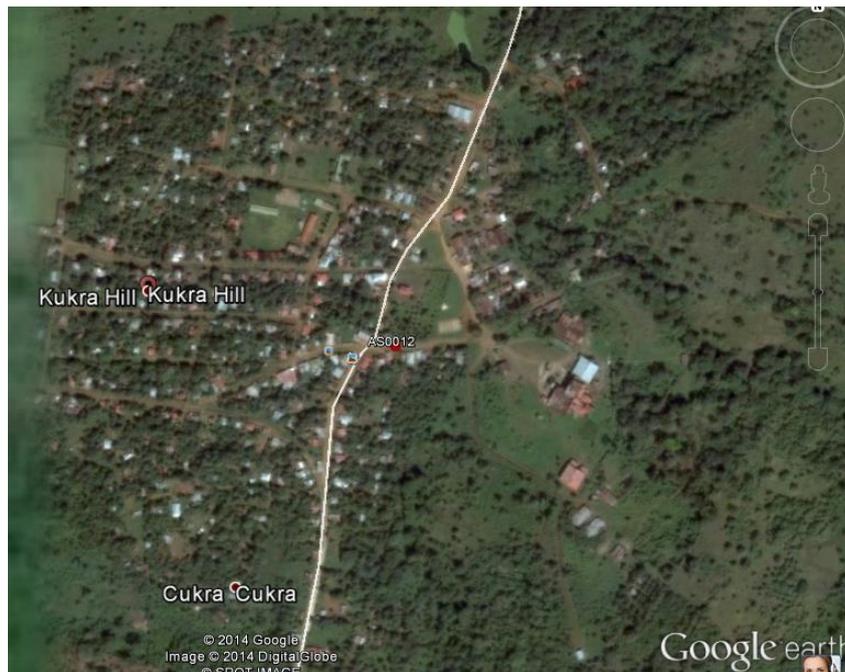


Fig. 2. Vista Aérea de Kukra Hill

Generalmente no se necesitan grandes velocidades de viento para producir energía. En la mayoría de los casos los equipos están diseñados para comenzar a generar energía con velocidades de vientos de unos 15km/h. El diseño debe responder a condiciones climáticas imperantes en cada zona de instalación. En caso de ráfagas de viento, los aerogeneradores disponen de sistemas de protección que los sacan de servicio cuando la velocidad del viento supera los 90km/h.⁵

⁴ Fuente: <http://www.energias.bienescomunes.org/2012/08/26/que-es-la-energia-eolica-3/>

⁵ <http://www.energias.bienescomunes.org/2012/08/26/que-es-la-energia-eolica-3/>

Las velocidades de viento promedio en la RAAS según los datos del el INETER de Nicaragua son de 4.5m/s ⁶ (16km/h). Según el **INETER** este estudio de velocidad de viento fue durante un periodo no menor a doce meses lo que implica que esta zona satisface para una posible implementación de un sistema de parque eólico.

En la Fig.2. Se observa que la dirección predominante del viento en las Regiones Autónomas del Atlántica fue del ESTE con una frecuencia de 82.3%.

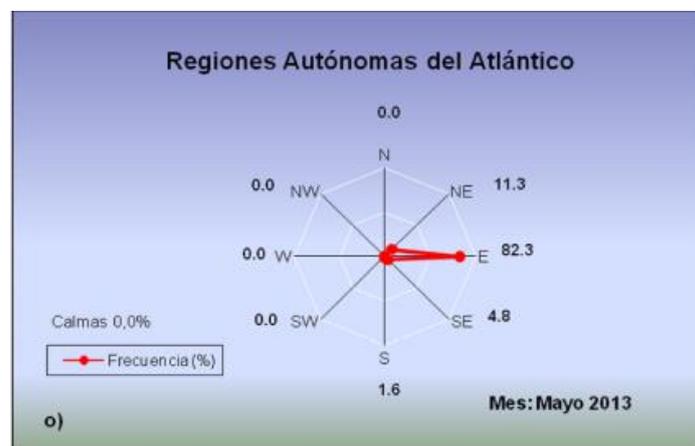


Fig. 3. Dirección Predominante del viento⁷

Características de Aerogeneradores

Estos equipos están especialmente diseñados para producir electricidad. Se fabrican máquinas comerciales de muy variados tamaños, desde muy bajas potencias 1 Kw hasta 2 o 3 Mw. y, en la actualidad, ya están superando la etapa experimental los modelos de hasta 6 Mw. de potencia.

⁶ <http://webserver2.ineter.gob.ni/Direcciones/meteorologia/clima%20nic/caracteristicasdelclima.html>

⁷ Fuente:

<http://webserver2.ineter.gob.ni/Direcciones/meteorologia/Boletines/Boletin%20Climatico/boletines%20climaticos%202013/MAYO%202013/bolclim%20mayo2013.pdf>

A diferencia de los molinos, estos equipos se caracterizan por tener pocas palas de esta manera logran alcanzar una mayor eficiencia de transformación de la energía primaria contenida en el viento.

Un aerogenerador está conformado, básicamente, por dos elementos principales: por un lado, un rotor compuesto por un eje y la o las palas que es accionado por el viento y, por el otro, un generador que se mueve por arrastre del rotor.

Los rotores de los aerogeneradores de potencia mediana en adelante (más de 50 Kw.) no desarrollan gran número de revoluciones, considerándose como normal 60 a 70 revoluciones por minuto.

Teniendo en cuenta que los generadores eléctricos normalmente trabajan a unas 1.500 r.p.m. de promedio, es necesario intercalar una caja multiplicadora para adecuar las distintas velocidades de trabajo de estos dos elementos. En las máquinas pequeñas el generador suele ser un alternador conectado directamente al eje de rotación.

Según sea la posición del eje de rotación, se puede diferenciar a los aerogeneradores en dos grandes grupos: de eje vertical y de eje horizontal. Ambas tecnologías tienen aspectos favorables y desfavorables.

Los aerogeneradores de eje vertical tienen la ventaja de no necesitar orientarse respecto a la dirección de donde sopla el viento. Cualquiera sea ella, se accionan en la misma forma sobre su rotor. Además, los equipos de generación y control se ubican al pié de la estructura simplificando de esta manera el acceso a los mismos y abaratando por consiguiente el costo de mantenimiento. También ofrecen una robustez y resistencia destacable para ser utilizados en zonas de vientos en ráfagas y de direcciones variables. Como principal elemento desfavorable se puede mencionar que la

eficiencia de conversión energética es algo menor que la de los de eje horizontal.

En los aerogeneradores de eje horizontal, el plano de rotación de las aspas debe conservarse perpendicular a la dirección del viento para poder captar la máxima energía. En consecuencia, para adecuarse a las variaciones de dirección de viento, debe instalarse algún mecanismo que oriente la posición del rotor. En equipos pequeños y medianos (hasta unos 10 ó 15 Kw.) El sistema de orientación es sencillo y funciona por rotación mecánica inducida por un timón de cola que reacciona a la acción del viento.

En equipos de mayor tamaño y, muy especialmente, en los grandes (de más de 100 Kw.), la orientación del equipo es servo asistida y se controla electrónicamente a través de un sistema computarizado que censa la dirección e intensidad del viento y regula la orientación y el ángulo de incidencia de las aspas. El generador eléctrico, así como la caja de multiplicación, están ubicados en el cuerpo del equipo comúnmente llamado góndola (encontrándose en la parte superior de la torre). De todas maneras y aún sopesando las ventajas y desventajas que cada sistema presenta, es importante acotar que más del 80% de los fabricantes se inclinan por el sistema de eje horizontal.



Fig. 4. Aerogeneradores Verticales⁸

⁸ Fuente: <http://www.energias.bienescomunes.org/2012/08/26/que-es-la-energia-eolica-3/>

Ventajas de los Aerogeneradores Horizontales vs Verticales⁹

Los aerogeneradores de eje horizontal por lo general tienen un rendimiento más elevado que los de eje vertical, aunque las diferencias entre ellos son mínimas y los aerogeneradores de eje vertical se pueden situar justo encima del suelo evitando tener que poner grandes mástiles, lo que es una ventaja, pero esto también provoca la desventaja de que la velocidad del viento a baja altura siempre es menor, y por tanto la generación de electricidad también es menor.

Los aerogeneradores de eje vertical pueden aprovechar mucho mejor el viento racheado y con turbulencias, y no precisan de sistema de orientación, ya que normalmente están diseñados para captar el viento de cualquier parte. Los aerogeneradores de eje vertical normalmente tienen un aspecto visual de menor impacto (aunque eso es un poco subjetivo), y sus palas son menos peligrosas para las aves que las de los aerogeneradores de eje horizontal. Actualmente los aerogeneradores de eje vertical son de costos más elevados y más difíciles de encontrar.

⁹ <http://energias-renovables-y-limpias.blogspot.com/2012/07/aerogenerador-de-eje-horizontal-o-vertical.html>

CASO DE ESTUDIO: PROPUESTA DE DISEÑO DE AEROGENERADOR EÓLICO EN KUKRA HILL

En Kukra Hill según el censo empleado en el 2005 se determinó mediante una proyección que la población para el 2014 sería 9,645 pobladores. De las 682 viviendas existentes en las zonas 1 al 5, alrededor de 117 casas de habitación no tienen el servicio de energía eléctrica. Ver tabla. 1.

tabla.1. Indicadores de Vivienda¹¹

Municipio, Barrio, Comarca y Comunidad	Total Viviendas		Principales Indicadores de Vivienda							
	Particulares	Ocupadas	Pared Inadecuada	Techo Inadecuado	Piso de Tierra	Vivienda Inadecuada	Sin Luz Eléctrica	Sin Agua Potable	Tenencia no Propia	Con Distancia al C/S Mayor a 5 Kms.
KUKRA - HILL	2 175	1 825	1 446	380	600	593	1 149	1 695	245	592
Barrio	682	597	402	13	103	97	117	581	99	-
Sector No 1	165	141	99	2	18	18	31	135	53	-
Sector No 2	208	188	121	5	28	27	41	179	22	-
Sector No 3	96	81	40	-	6	4	7	83	8	-
Sector No 4	109	89	65	-	20	18	14	86	7	-
Sector No 5	104	98	77	6	31	30	24	98	9	-

La máxima potencia se puede obtener del viento de un generador eólico, se calcula con la siguiente fórmula aproximada, que tiene en cuenta todas las pérdidas (aerodinámicas, mecánicas y eléctricas) de la máquina¹⁰:

$$P = 0,15 \cdot D^2 \cdot v^3 \text{ (ecuación 1.)}$$

- **P** es la potencia expresada en **vatios [W]**
- **D** es el diámetro del rotor en **metros [m]**
- **v** es la velocidad del viento en **metros por segundo [m/s]**.

¹⁰ <http://www.uv.es/~navasqui/aero/Manualeolo.pdf>

Esta sencilla fórmula es fruto del señor **Betz**, un sabio alemán que en 1926 publicó el primer tratado sobre la teoría aerodinámica aplicada a las turbinas eólicas.

Lo primero que nos dice esta fórmula es que la potencia aumenta con el cubo de la velocidad del viento.

Para nuestro caso, en el municipio de Kukra Hill, tenemos una velocidad de viento constante de 4.5m/s (16km/h). Si se considera un rotor de 7 metros de diámetro

Por tanto, la potencia que se generará será:

$$P = (0.15) \cdot (49) \cdot (91.125) = 770W$$

Velocidad de Giro¹¹

La velocidad de giro de una eólica se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$n = (60 \cdot \lambda \cdot v) / (\pi \cdot D) \text{ (ecuación. 2.)}$$

- **n** es el número de revoluciones por minuto [rpm]
- **λ** se llama velocidad específica. Este factor depende del tipo de eólica (rápida o lenta). Puede tener un valor comprendido entre aprox. 1 y 14. Por las características del viento en Kukra Hill, el factor del diseño será de 4
- **v** es la velocidad del viento en metros por segundo [m/s].
- **D** es el diámetro de la eólica en metros [m]

Por tanto, se tiene que

$$n = 50 \text{ rpm}$$

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.

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.¹²

Elección de 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.

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.

¹² Manual de instrucciones y montaje. Torres basculantes y auto soportadas; J Bornay, Davis Bornay Aerogeneradores. Rev. 1.0 enero 2002

Torre tubular



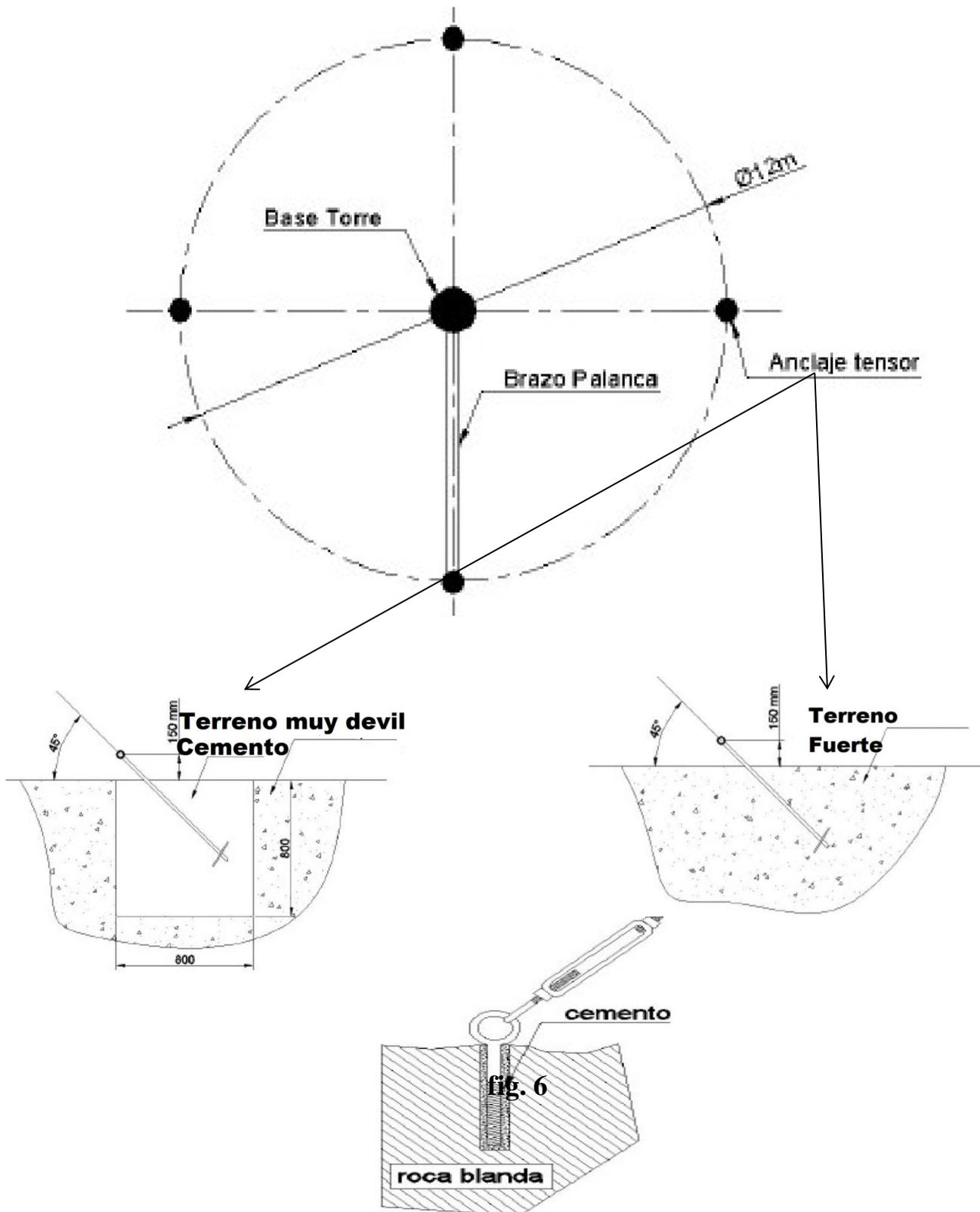
Fig. 5

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 se mencionan a continuación

- 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. (*Ver en fig. 5.*)
- Cables tensores de acero preferible que sea sin cortes o distintas longitudes. Clavos de anclaje y 1 platina de acero.

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 #6



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 o maneras de unir los tubos ver fig. #7.

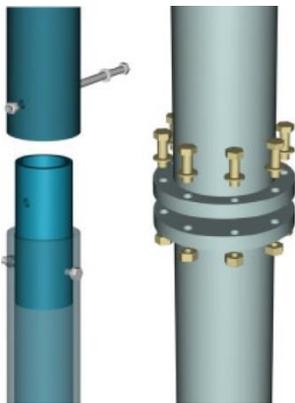


fig. #7

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.¹³

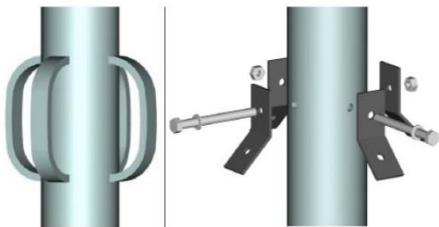
Fase 1 Preparación de la base.

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.

¹³ Manual de instrucciones y montaje. Torres basculantes y auto soportadas; J Bornay, Davis Bornay Aerogeneradores. Rev. 1.0 enero 2002



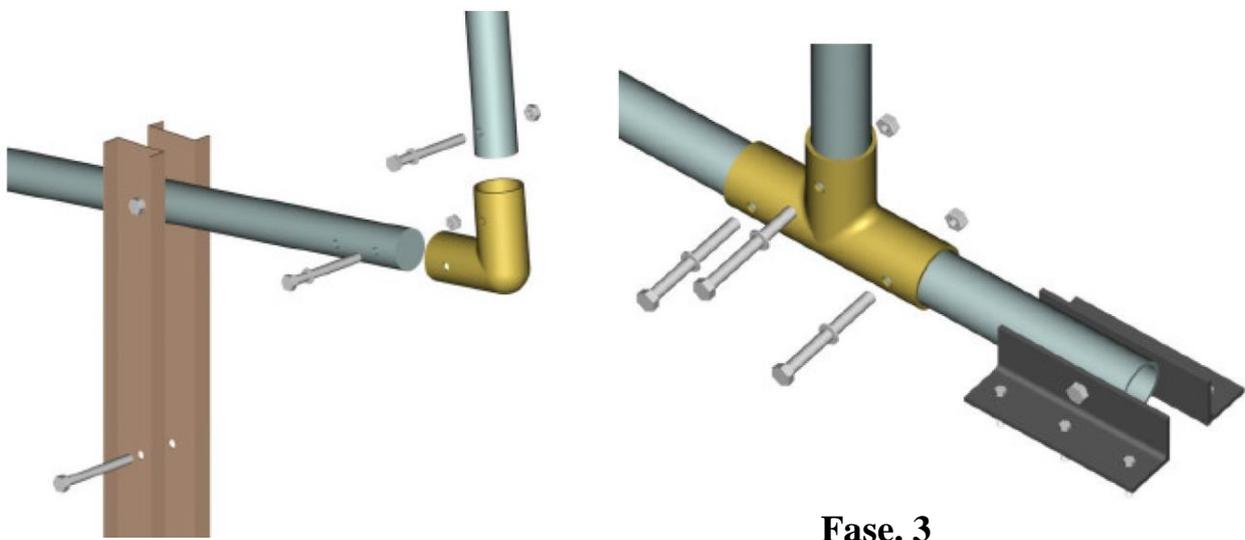
Fase 2 puesta en pie. Fig. # 8



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 en fig. 9.

Fig. #9



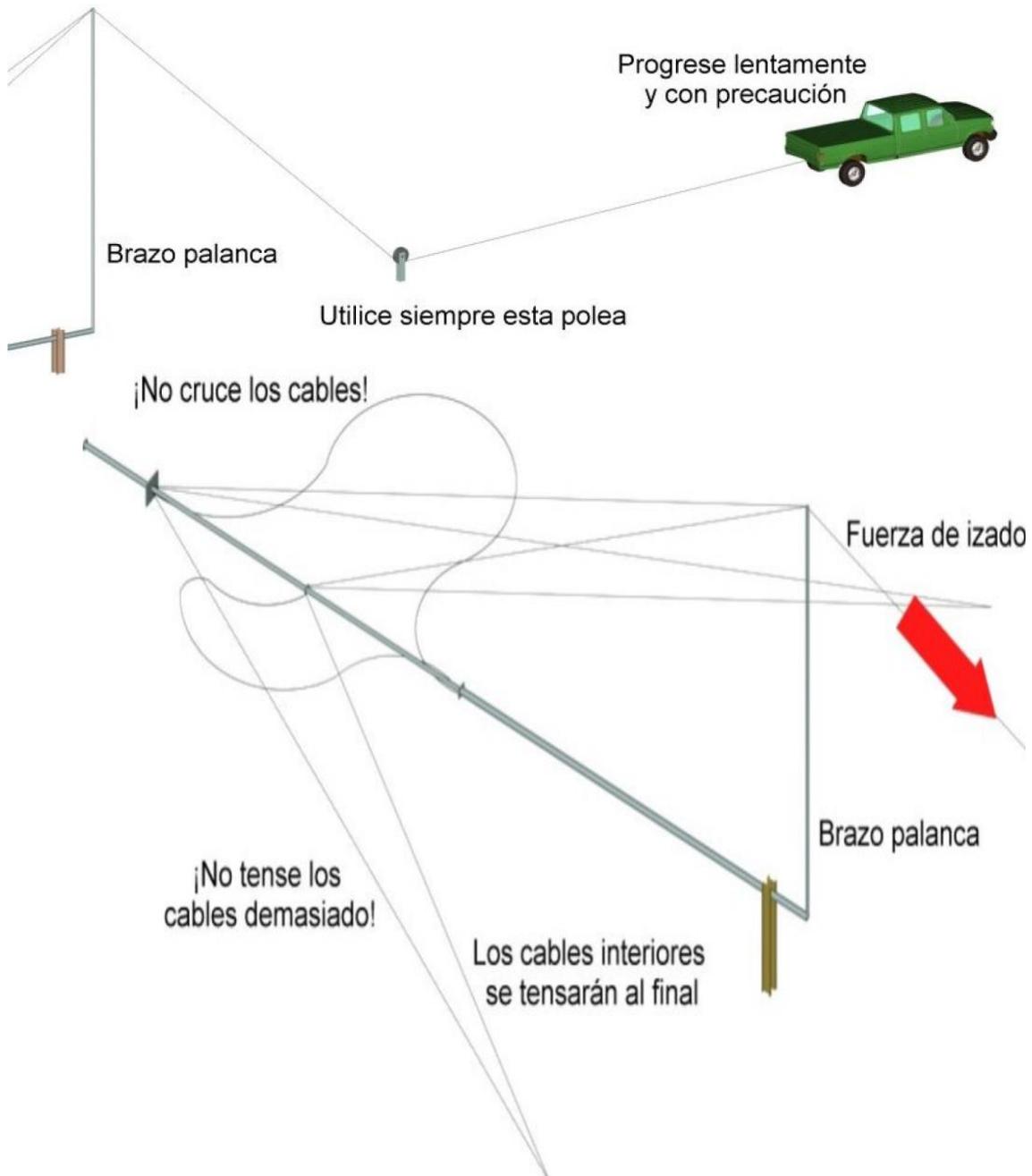


Fig. #10.

Esquema de elevación de torre.

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.

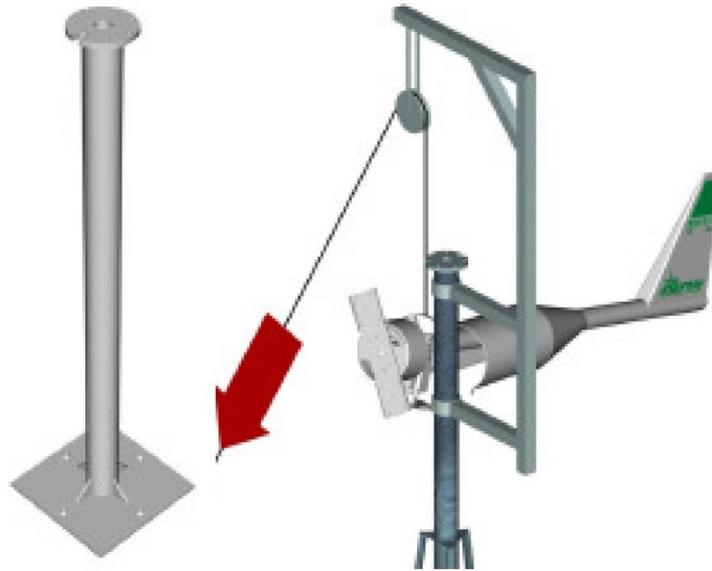


fig. #11

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.¹⁴

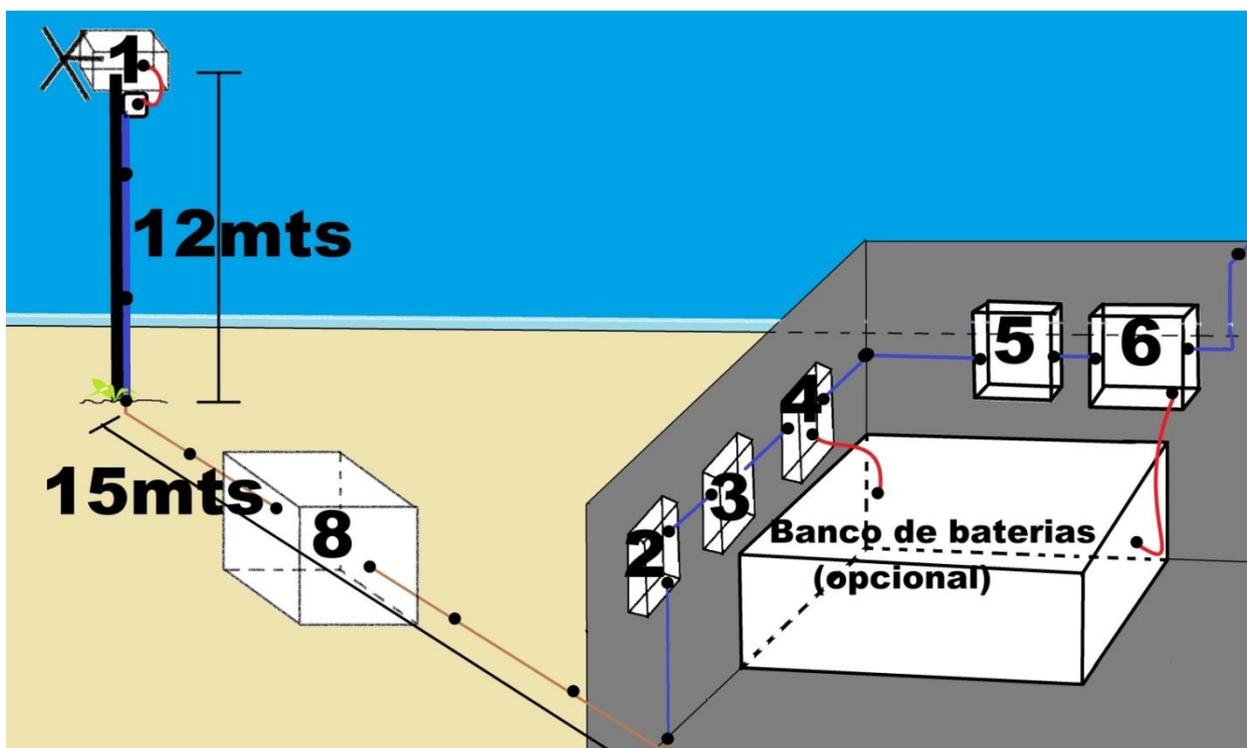
¹⁴ Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas segunda edición; Gilberto Enríquez Harper. LIMUSA Noriega Editores 2004. ISBN: 968-18-6445-X

Los tubos 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.

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.

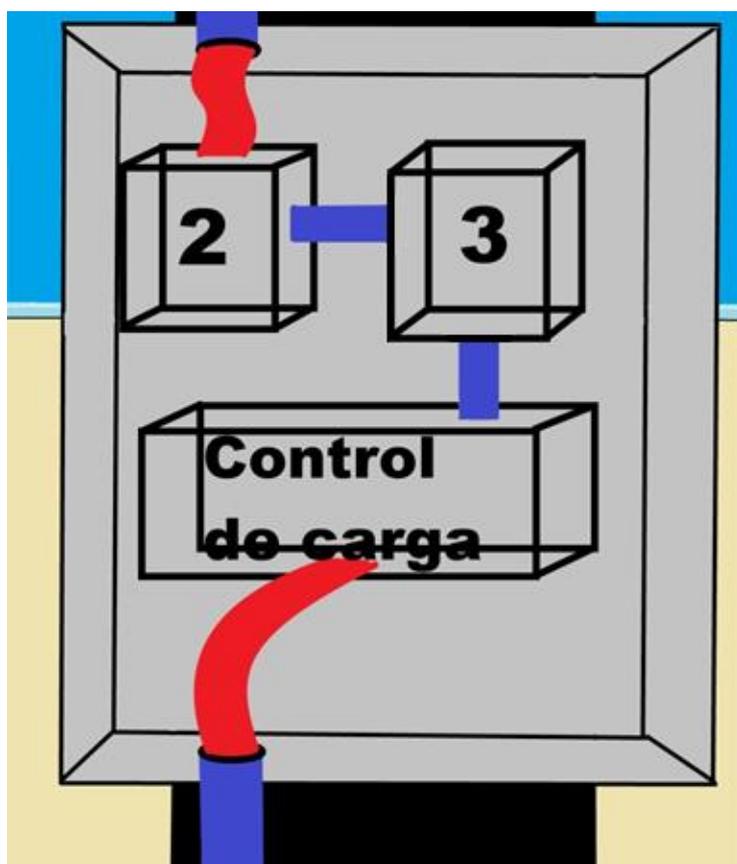
Dibujo elaborado en Paint de Windows 7. Fig. #12.



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 (1X1X1) mts (opcional).

Rojo: Tubo flexible. Azul: Tubo rígido. Café: PVC.



Existe otra forma para hacer la canalización 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.¹⁵

Fig. #13

2- Control del generador, en caso de ser externo.

3- Protecciones eléctricas.

4- Control de carga.

¹⁵ http://www.derrant.com.mx/normas_estandares_NEMA.html.

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



fig. #14.

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.

NOTA: las imágenes fueron tomadas de la siguiente referencia.¹⁶

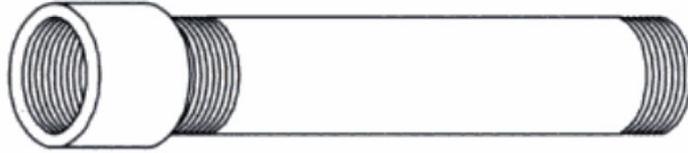
¹⁶ Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas segunda edición; Gilberto Enríquez Harper. LIMUSA Noriega Editores 2004. ISBN: 968-18-6445-X

Fig. #15

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

UN EXTREMO SE SUMINISTRA CON COPLE

EXTREMOS CON ROSCA

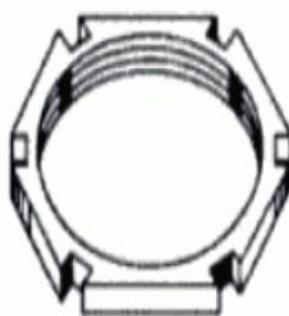


LA LONGITUD DE CADA TRAMO ES DE 3.05 m

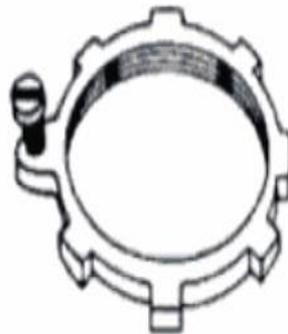
TUBO CONDUIT METÁLICO RÍGIDO DE PARED GRUESA



MONITOR DE ACERO



MONITOR DE HIERRO MALEABLE



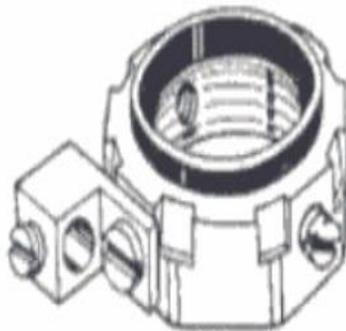
MONITOR CON SEGURO



MONITOR SELLADO



CONTRA AISLADA



CONTRA AISLADA CON SEGURO



CONTRA AISLADA CON POLYPROPILENO

CONECTORES PARA TUBOS CONDUIT RÍGIDOS DE PARED GRUESA E INTERMEDIOS

Fig.#16



ABRAZADERA TIPO UÑA DE UN AGUJERO



ABRAZADERA TIPO OMEGA O DE DOS AGUJEROS



ABRAZADERA TIPO UÑA DE HIERRO MALEABLE

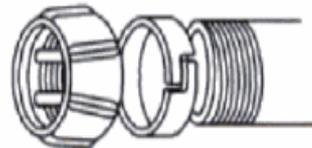
ABRAZADERAS PARA TUBO CONDUIT



ACOPLAMIENTO



TUBO CONDUIT



ACOPLAMIENTOS

TUBO CONDUIT RÍGIDO O INTERMEDIO

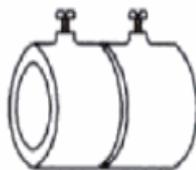


ACOPLAMIENTO

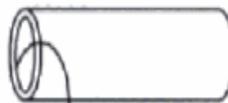


TUBO CONDUIT

TUBO CONDUIT INTERMEDIO



ACOPLAMIENTO

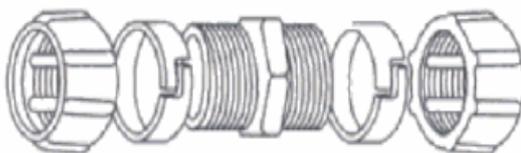


TUBO CONDUIT

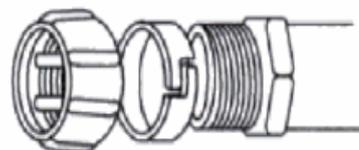


ACOPLAMIENTO

TUBO CONDUIT DE PARED DELGADA



ACOPLAMIENTOS



ACOPLAMIENTOS DE CONECTOR

TIPOS DE TUBOS CONDUIT RÍGIDOS Y SUS ACOPLAMIENTOS

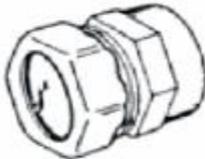
Fig.#17



CONECTOR DE ACERO
ATORNILLABLE



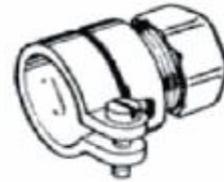
CONECTOR DE
DOS PIEZAS



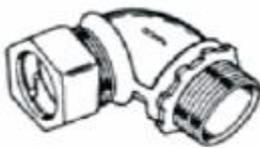
ACOPLAMIENTO TIPO
COMPRESIÓN



ACOPLAMIENTO RÍGIDO
ATORNILLABLE DE ACERO



ACOPLAMIENTO RÍGID
A FLEXIBLE



CONECTOR DE
ÁNGULO CORTO A 90°



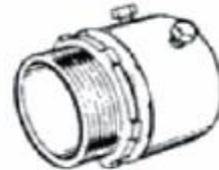
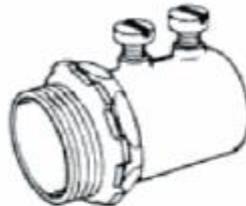
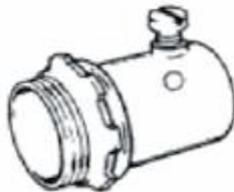
CONECTOR
AISLADO A 90°



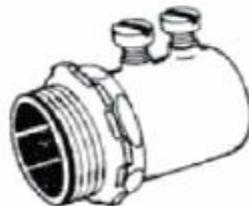
ACOPLAMIENTO
A 90°



CONECTO
A 90°



CONECTORES ATORNILLABLES



CONECTORES DE GARGANTA AISLADA ATORNILLABLES

CONECTORES Y ACOPLAMIENTOS PARA TUBOS
CONDUIT DE PARED DELGADA

Los dobleces de la tubería conduit no deben de exceder los 360°, esto para evitar que la fricción entre las guías y el tubo mismo no permitan la canalización.¹⁷

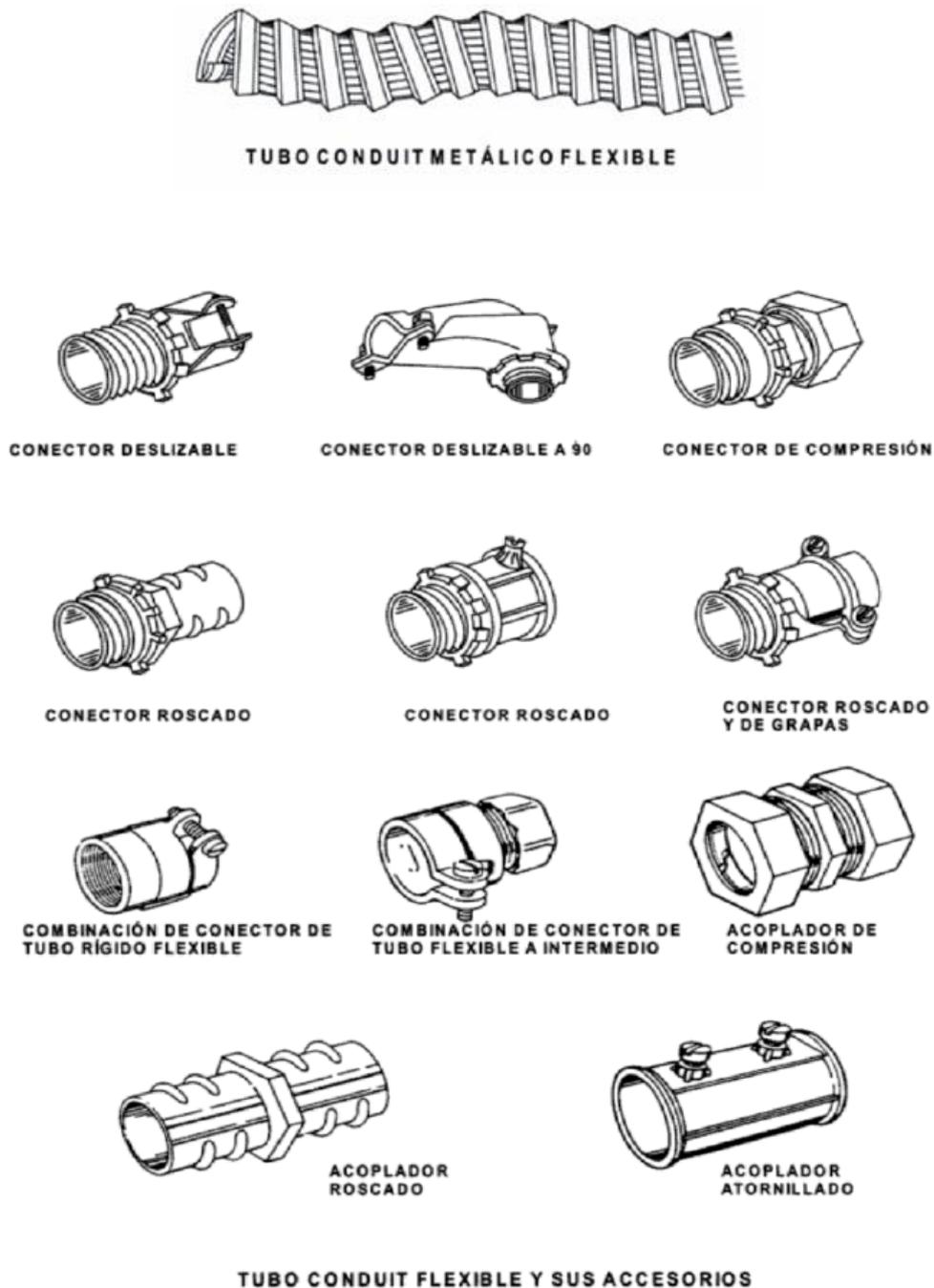
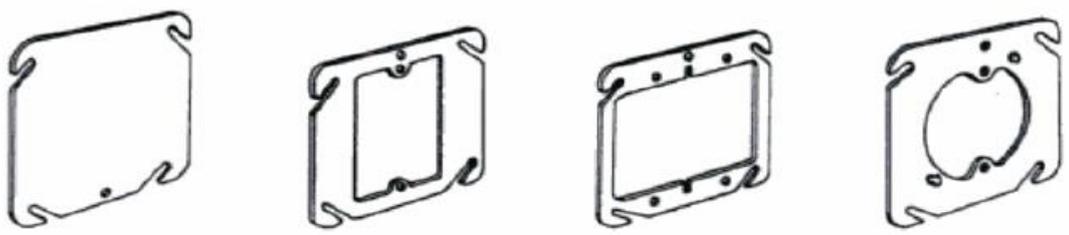
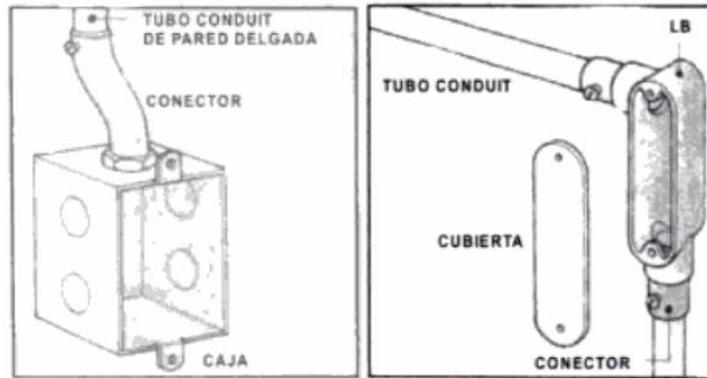


Fig. # 19

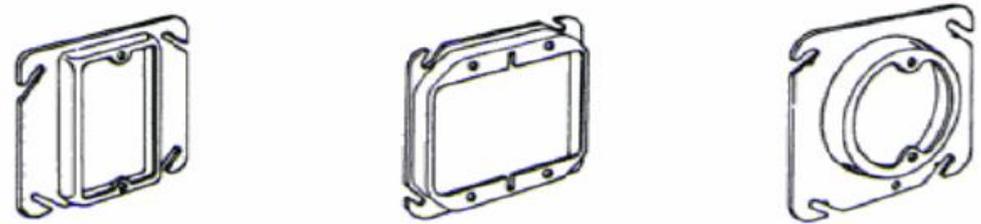
¹⁷ Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas segunda edición; Gilberto Enríquez Harper. LIMUSA Noriega Editores 2004. ISBN: 968-18-6445-X



TAPAS PLANAS PARA TRABAJO CANCELADO



TAPAS REALZADAS



TAPAS DE PLÁSTICO REALZADAS PARA TRABAJOS CANCELADOS

CAJAS DE ACERO CUADRADAS Y SUS CUBIERTAS

Fig. # 20

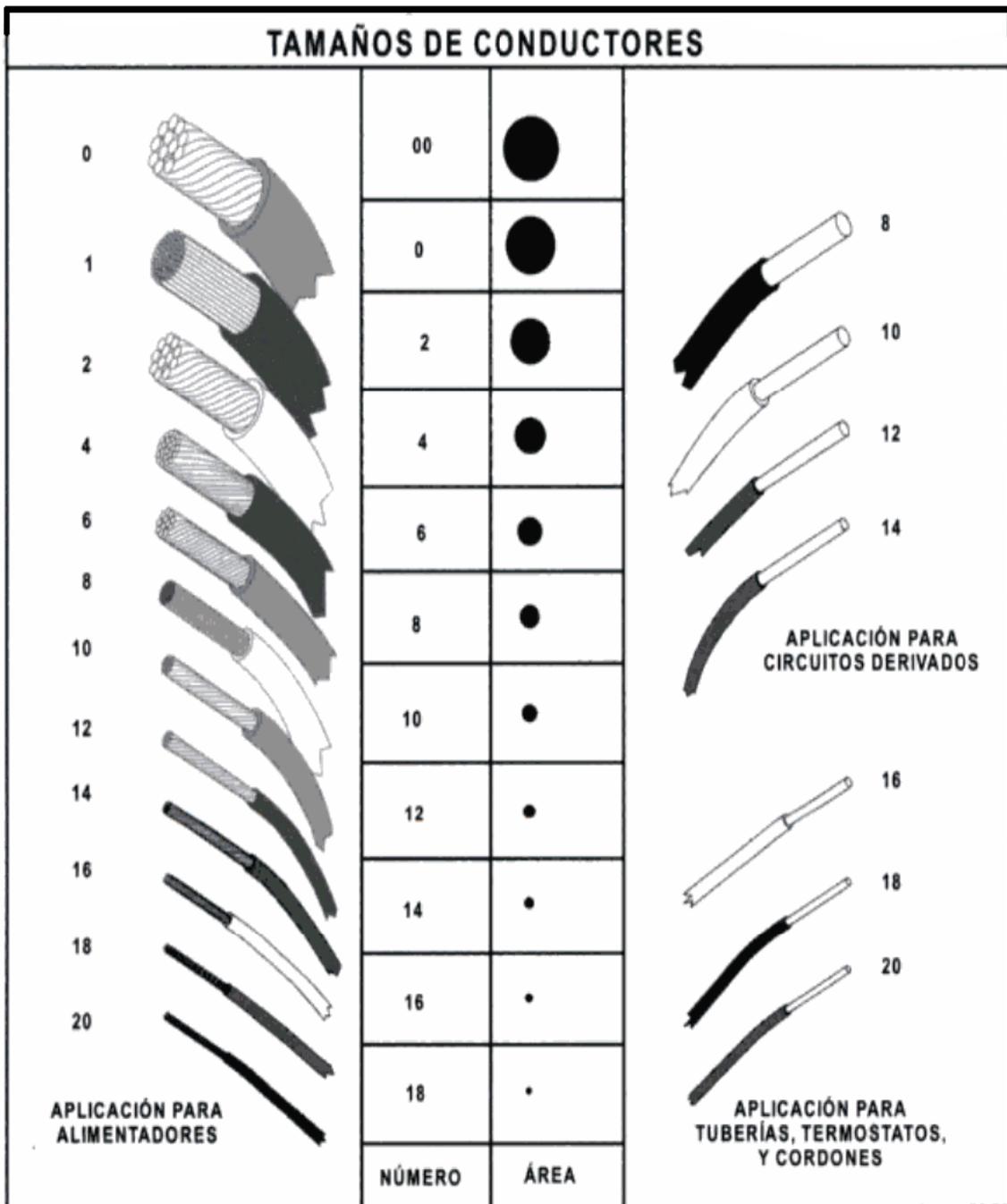


Fig. #21

El calibre del cable se escoge cuando se conoce la cantidad máxima de de carga instalada así que en el estudio económico se describirán la longitud del cable, material, precio y calibre AWG .

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, imaginémonos 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 (V_{out}) de nuestro dispositivo inversor veremos una señal como la siguiente:

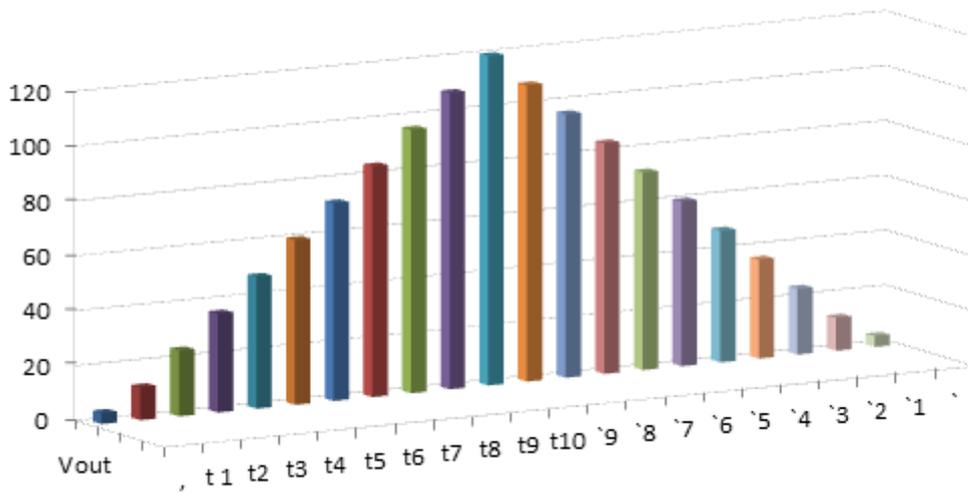


Grafico elaborado en Excel 2010

Fig. # 22

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 (ΔV y Δt), 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.

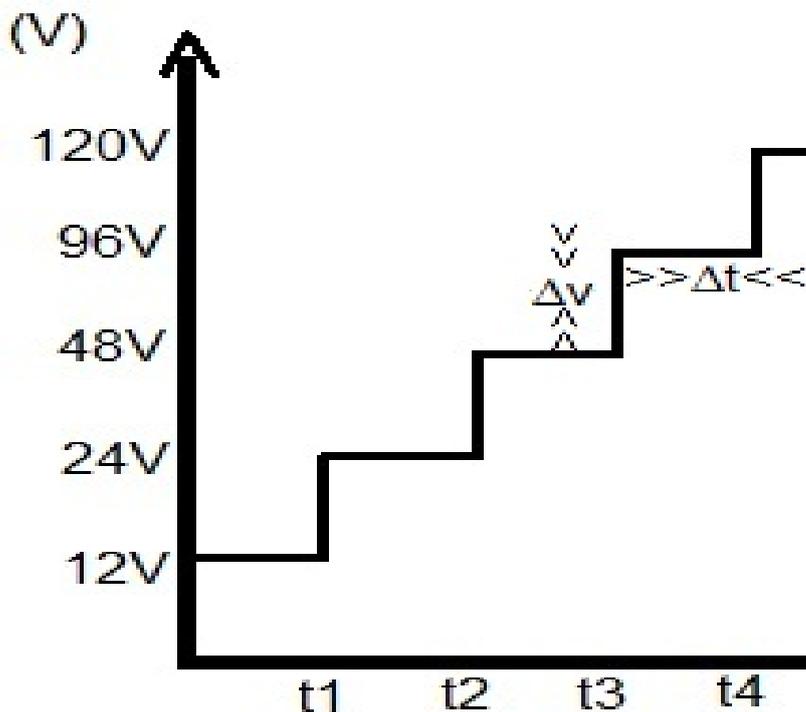


Fig. #23

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.

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.¹⁸

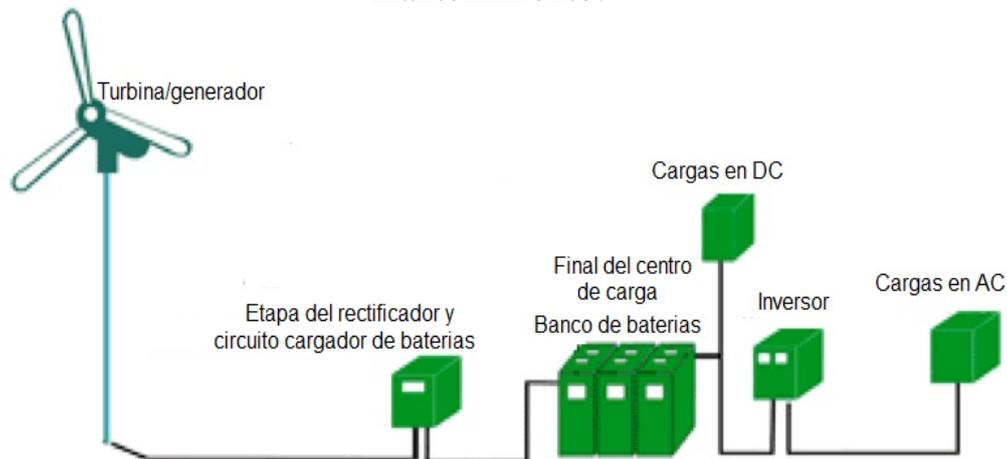


Fig. #25

“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:

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

en nuestro caso de estudio no tomamos variantes de altura por ende no aplicamos la formula salvo en otros casos donde hay variante si aplica esta formula.

Donde V1 y V2 representan las velocidades del viento a las alturas h1 y h2, 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).¹⁹

¹⁸ http://www.aprotec.org/pages/eolica_generadores.html

¹⁹ Juan Manuel García y Ricardo de Dicco, La energía eólica en argentina 2008, Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas Técnicas, Pág. 2.

CAPITULO III ESTUDIO ECONÓMICO

A continuación se muestra una tabla conteniendo los costos del sistema de
generación eólica. Tabla #2

MATERIALES	UNIDADES	COSTO UNIDAD (US)	COSTO TOTAL (US)
GEREADOR EÓLICO (Greatwatt S700 Land 400w)	1	825	825
CEMENTO	4 BOLSAS	14.5	58
ARENA	2 MTS	12	24
BANCO DE BATERIAS	8	50	400
INVERSOR	1	105	105
CABLE DE SONDEO GALVANIZADO	1 CAJA	30	30
CIRCUITO DE PROTECCIÓN	1	9	9
CIRCUITO REGULADOR DE CARGA	1	28.5	28.5
CABLEDO COBRE	100 MTS	3	300
BRIDAS	10	0.7	7
ANCLAJES	8	5	40
ESTAÑO	1 ROLLO	5	5
PASTA PARA SOLDAR	1	1	1
CABLES TENSORES DE ACERO	125MTS	1.5	187.5
ABRASADERA EMT	25	0.23	5.75
ACCESORIOS EMT	35	0.75	26.25
VARILLA DE TIERRA	4	15	60
ROMEX	21	0.2	4.2
REGISTROS 4X4	3	2	6
REGISTROS 10X10X5	5	2.5	12.5
CONECTOR CURVO 3/4	2	1	2
CAMISAS IMC 3/4	3	0.25	0.75
TUBERIA RIGIDA ¾	12	5	60
TUBERIA FLEX 3/4	10	1.5	15
TOTAL			2,214.45

La inversión inicial es de US\$2,214.45 por cada sistema de energía eólica.

La vida útil del sistema es de 20 años, por tanto la depreciación anual es: (2,214.45 Dólares Americanos) / (20 años) = U\$110.6225 anualmente; Se realizará una propuesta de consumo en una casa rural

Estudio de Caso (Vivienda en Kukra Hill)

En este estudio de caso los valores de esta tabla numero 3 los asumimos como punto de referencia de carga por casa de habitación para tener orientación el tipo de aerogenerador que necesitamos para nuestro estudio.

Dispositivos/Equipos	Unidades	Corriente (A)	Potencia(W)	KW/h
Abánico	2	0.5	120	0.12
Lámpara	2	0.05	40	0.04
Radio	1	0.3	6	0.006
Televisor	1	1.2	80	0.03
Total				0.196

Table #3

El valor de 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 durante una hora.

Suponiendo que estos equipos estuviesen encendidos por 8 horas por día, tendríamos

$0.196 \text{ KW} * 8 \text{ h} = 1.568 \text{ KW}$ por día, al mes tendríamos 34.704KW

En este proyecto se propone el aerogenerador modelo tecno 1,500 aerogenerador 700w, de configuración de 3 palas. Ver ANEXO 1.

A este generador se podrían interconectar 1 y 2 viviendas de estas características, en dependencia de la hora del uso de los electrodomésticos.

Actualmente en Nicaragua el costo del KW/h tiene un costo de C\$ 4.53 (U\$ 0.1754). Por tanto, un Aerogenerador tiene la capacidad de

suministrar 700W por hora, en el día entregaría 7.7KW y al mes 231KW/h. Este Aerogenerador podría facturar mensualmente (231) * (C\$4.53) = C\$ 1,046.43 (U\$40.55).

El costo del mantenimiento es el siguiente:

Actividad	Tiempo	Costo Anual
Cambio de aceite (motor y caja de velocidad)	6 meses	U\$ 20
Grasa para la hélice	6 meses	U\$4.00
Anticorrosivo para Torre y piezas expluestas	6 meses	U\$5.00
Total	-	U\$29

Table #4

CAPITULO IV: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

Costo Anual Uniforme Equivalente. (CAUE)

El método del CAUE consiste en convertir todos los ingresos y egresos, en una serie uniforme de pagos. Si el CAUE es positivo, es porque los ingresos son mayores que los egresos y por lo tanto, el proyecto puede realizarse; pero, si el CAUE es negativo, es porque los ingresos son menores que los egresos y en consecuencia el proyecto debe ser rechazado.

Casi siempre hay más posibilidades de aceptar un proyecto cuando la evaluación se efectúa a una tasa de interés baja, que a una mayor.

Método de la relación Beneficio/Costo (B/C)

La relación Beneficio/costo está representada por la relación:

$$\text{INGRESOS} / \text{EGRESOS}.$$

En donde los Ingresos y los Egresos deben ser calculados utilizando el VPN o el CAUE. El análisis de la relación B/C, toma valores mayores, menores o iguales a 1, lo que implica que:

- $B/C > 1$ implica que los ingresos son mayores que los egresos, entonces el proyecto es aconsejable.
- $B/C = 1$ implica que los ingresos son iguales que los egresos, entonces el proyecto es indiferente.
- $B/C < 1$ implica que los ingresos son menores que los egresos, entonces el proyecto no es aconsejable.

A continuación se procede a analizar si es factible la implementación del sistema de generación eólica en el municipio de Kukra Hill, Departamento de la RAAS.

El costo de implementar el sistema de generación eólica en el municipio de Kukra Hill, municipio de la RAAS es de **U\$2,214.45** y producirá ganancias netas estimadas en factura de energía mensual de U\$ 50.51, por otra parte, se consideró según datos del fabricante, que la vida útil del aerogenerador es de 20 años. Si para implementar el nuevo sistema de generación eólica se decidiera invertir los **U\$2,214.45** se puede demostrar la factibilidad económica de proyecto del sistema de generación eólica.

Si se utiliza el método CAUE para obtener los beneficios netos, se debe analizar las ganancias por ahorro de factura de energía eléctricas, por lo tanto, los beneficios netos serán:

Beneficios netos al mes = U\$ 40.55

Beneficios netos al año= U\$ 486.6

Beneficios netos a los 20 años = U\$ 9,732 Entonces la relación

Beneficio/Costo estaría dada por:

$$B/C = (9.732) / (2,214.45)$$

$$B/C = 4.39$$

AÑO	SE RECUPERA	ACUMULADO
01	\$486.6	\$486.6
02	\$486.6	\$973.2
03	\$486.6	\$1,459.8
04	\$ 486.6	\$1,946.4
05	\$ 486.6	\$2,433

Tabla #5

Al finalizar el año 5 se ha recuperado \$2,424.48 le bastaría, por lo tanto, recuperar \$2,433 adicionales para cubrir los \$2,913.625 invertidos (en esta cifra se está tomando en cuenta la depreciación y los costos de mantenimiento) al final del. Año 5 se recupera \$218.55 la proporción del año necesaria para generar \$488.5825 seria: $\$488.5825 / \$486.6 = 0.806$ Por lo tanto el periodo de recuperación de la inversión de implementar el sistema de generación eólica en el Municipio de Kukra Hill, Departamento de la RAAS es de es de **5 años**.

CONCLUSIONES

Se ha concluido el presente trabajo desarrollado en el Municipio de Kukra Hill, Departamento de la RAAS, se determinó mediante un estudio de caso la carga por casa de habitación. Se definió el tipo de equipamiento que se requiere, también se realizó un análisis de interconectar más de una casa de habitación, es posible lograr electrificar esta zona con la propuesta de generadores eólicos de bajo costo a través de la velocidad del viento que se genera en esta área.

Se determinó la inversión que se requiere para la implementación de los generadores eólicos considerando los elementos que se requiere para su instalación, además se consideró la depreciación del sistema y los costos de mantenimiento que se requiere.

Se realizó un estudio de factibilidad y se demostró la rentabilidad que tiene esta propuesta de proyecto, se determinó para determinar el tiempo que se requiere para recuperar la inversión, también se determinó el índice de factibilidad que tiene el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Diaz Adiat. “Estudio de viabilidad de un centro de carga a base de generación eólica para zonas de difícil acceso en la región atlántica de Nicaragua. UNI. 2013.**
2. **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.**
3. **<http://www.uv.es/~navasqui/aero/Manualeolo.pdf>**
4. **http://www.aprotec.org/pages/eolica_generadores.html**
5. **Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas segunda edición; Gilberto Enríquez Harper. LIMUSA Noriega Editores 2004. ISBN: 968-18-6445-X**
6. **<http://www.energias.bienescomunes.org/2012/08/26/que-es-la-energia-eolica-3/>**
7. **<http://www.uv.es/~navasqui/aero/Manualeolo.pdf>**
8. **<http://energias-renovables-y-limpias.blogspot.com/2012/07/aerogenerador-de-eje-horizontal-o-vertical.html>**
9. **<http://www.inide.gob.ni/censos2005/CifrasMun/RAASTPDF/Kukra%20Hill.pdf>**
10. **<http://webserver2.ineter.gob.ni/Direcciones/meteorologia/clima%20nic/caracteristicasdelclima.html>**

ANEXO I



Tecno-1500 aerogenerador



Valores técnicos.

vida útil: 20 años.

Diámetro del rotor: 3,50 mts **Peso:** 250 Kg

Montaje: Torre reticulada c/caño de 9mm o en torre tubular.

Velocidad de arranque: Aprox. 4.5m/s

Potencia max a : 1500 Watts a 45km/h

Voltaje: 48 Vcc **Cuerpo:** Acero al carbono.

Configuración de tres palas.

Precio. 753e