

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



DISEÑO Y CÁLCULO DE UN GENERADOR EOLICO AISLADO DE LA RED

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

FERNANDO JAVIER ALCALA MARCOS

**PROMOCIÓN
1998-II**

**LIMA – PERÚ
2014**

**DISEÑO Y CÁLCULO DE UN GENERADOR EOLICO
AISLADO DE LA RED**

Agradezco primeramente a mis padres,
Misael y Natividad, así como también a
mi hijo Diego y a mi esposa Magaly.

SUMARIO

En el presente informe de suficiencia trata sobre el Diseño y Calculo de un generador eólico aislado de la red, el cual generara la energía eléctrica suficiente para satisfacer la demanda de energía y agua de un hotel pequeño, ubicado en la playa de Piura, para esto se realizara estimaciones del consumo de agua y energía, mediante un estudio de cargas por ambiente y horas/día de funcionamiento de la bomba de agua y los electrodomésticos. Una vez calculado la demanda de energía en kW-h/año, se hará una evaluación del recurso eólico del lugar. Además se tiene conocimiento a través del mapa eólico del Perú que dicha región presenta viento promedio de 6 m/s durante todo el año, un lugar aceptable para la generación de energía eólica, debido a que el parámetro a evaluar es la velocidad del viento, los datos de velocidad de viento se procesan de modo que se tenga una distribución anual de frecuencias del viento. Datos necesarios para seleccionar y dimensionar el aerogenerador ya que la estimación de la salida de energía se hace aproximando la distribución de frecuencias de velocidades de viento a distribuciones matemáticas como la de Weibull, lo cual es comúnmente especificado en las fichas técnicas de los fabricantes.. Una vez seleccionado el aerogenerador o los aerogeneradores se procederá a plantear los componentes para el sistema eólico que involucra el propio aerogenerador , las baterías , el inversor, el cableado eléctrico, etc. Finalmente se presenta un presupuesto.

INDICE

INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	
1.1 Objetivo	3
1.2 Alcances	3
1.3 Situación inicial	3
1.4 Limitaciones	4
CAPITULO II	
MARCO TEORICO CONCEPTUAL	
2.1 Antecedentes	5
2.2 La energía eólica	6
2.2.1 El viento como recurso natural	6
2.2.2 Otros patrones de circulación atmosférica	8
2.2.3 Efecto de la geografía	9
2.2.4 Potencia en un tubo de corriente de aire y límite de Betz	13
2.2.5 Tipos de turbinas eólicas	17
2.2.6 Componentes de un aerogenerador	20
2.3 Estudio del viento	25
2.3.1 Perfiles de velocidades	25
2.3.2 Mapas eólicos	27
2.3.3 Análisis estadístico	28
CAPITULO III	
CARACTERISTICAS TECNICAS DE EQUIPOS EOLICOS	
3.1 Descripción de la carga	32
3.2 Parámetros característicos de aerogeneradores	36
3.3 Características de controladores de carga	39
3.4 Características de baterías	40
3.5 Características de inversores	43

3.6	Opciones de equipos	44
3.6.1	Opciones de aerogeneradores	44
3.6.2	Opciones de controladores de carga	45
3.6.3	Opciones de baterías	45
3.6.4	Opciones de Inversores	46
CAPITULO IV		
ANALISIS Y RESULTADOS		
4.1	Evaluación de los recursos eólicos	47
4.1.1	Determinación de parámetros de distribución Weibull	48
4.2	Salida eléctrica de aerogeneradores	53
4.2.1	Aerogenerador Bornay 1500	54
4.2.2	Aerogenerador Bergey BWC XL.1	57
4.3	Configuración de sistema eólico	59
4.4	Demanda de energía	61
4.5	Cálculo de la energía necesaria	66
4.6	Cálculo del número de baterías	68
4.7	Selección del inversor	69
4.8	Montaje del sistema eólico	72
4.8.1	Montaje de la torre	72
4.8.2	Cableado eléctrico	73
4.8.3	Montaje del aerogenerador	84
4.9	Presupuesto	86
4.9.1	Inversión Inicial	86
4.9.2	Inversión en el tiempo y costo de la energía	87
CONCLUSIONES		89
ANEXOS		90
ANEXO A Planos de distribución del hotel de playa		91
ANEXO B Plano de ubicación y localización del hotel		94
ANEXO C Plano de instalaciones eléctricas		96
ANEXO D Detalle de instalación del aerogenerador		99
ANEXO E Características técnicas de aerogeneradores propuestos		101
ANEXO F Características técnicas de baterías Trojan		105
ANEXO G Características técnicas del Inversor		110

ANEXO H Datos de velocidad del viento estación "LA ESPERANZA"	113
ANEXO I Electrobomba de agua HidrostaI	119
ANEXO J Regulador del Generador	122
BIBLIOGRAFIA	126

INTRODUCCION

El uso más antiguo de la energía eólica del que se tiene documentación es como medio de locomoción. Existen dibujos egipcios de 5000 años de antigüedad, que muestran naves con velas utilizadas para trasladarse por el Nilo. Hasta el siglo XIX, con el perfeccionamiento e introducción de las maquinas de vapor, la navegación dependió casi exclusivamente de este recurso energético. Ya en el siglo XX, con la invención de los motores de combustión interna, la navegación a vela quedo relegada solo a las actividades deportivas y a algunas actividades comerciales en pueblos costeros.

Como en otras regiones del mundo la aparición de alternativas más baratas de abastecimiento energético hizo que paulatinamente fueran reemplazándose por maquinas térmicas o motores eléctricos alimentados desde las redes, haciendo que el uso del recurso eólico quedase relegado a satisfacer necesidades puntuales en medios rurales o comunidades aisladas, sin ninguna participación en el mercado energético.

La toma de conciencia sobre la agotabilidad de los recursos energéticos no renovables, la creciente preocupación por el impacto sobre el medio ambiente de los combustibles fósiles y la energía nuclear, y las bruscas alzas de los precios del petróleo ocurridos en la década del 70, intensificaron la búsqueda de alternativas de abastecimiento energético, renaciendo el interés por el recurso eólico.

Los países industrializados focalizaron sus desarrollos en el abastecimiento de energía eléctrica. Los logros alcanzados en el plano de la investigación y desarrollo y más aun, en las tecnologías de producción de turbinas eólicas, han hecho que, en el presente, el recurso eólico haya dejado de ser una potencial alternativa de abastecimiento para convertirse en una realidad. Las Turbinas eólicas son hoy una opción más en el mercado de la generación eléctrica.

Es por ello que en estos tiempos hablar del uso de energías renovables para electrificación es un tema de actualidad y es en ese marco que se ha desarrollado el presente informe de suficiencia, la cual pretende ser un aporte en el estudio de los recursos eólicos.

En la primera parte se hace una descripción y el objetivo del presente informe, así como la evaluación y limitaciones del trabajo.

En el segundo capítulo se realiza una descripción general sobre la energía eólica, sus aplicaciones y las tecnologías que las aprovechan, sus principios de operación y como es influenciados su desempeño técnico.

La descripción de la carga del hotel ubicado en la Playa Colan (Piura) se puede encontrar en el capítulo III. Además, se presentan las características técnicas de las diferentes opciones de equipos eólicos que ofrece el mercado, se detallan opciones de aerogeneradores, controladores, baterías y demás sistemas requeridos. Se trata también todo lo referente a sus parámetros de operación e información técnica requerida para realizar una adecuada selección del equipo.

En el capítulo IV, se centra en el estudio del recurso eólico específicamente en la zona de Piura, en la Localidad de Colan (Paita). Se presenta de forma detallada la metodología a utilizar para obtener conclusiones útiles a partir de los datos de que se dispone, también se presentan los resultados del estudio de viento. Aplicando esta información a las diferentes opciones del mercado. Además se calcula la demanda de energía del hotel , se plantea la selección de los equipos que conforman un sistema eólico, verificando que la salida de energía de este sistema satisfaga la demanda de energía establecida. Adicionalmente se presenta el proceso de montaje del sistema eólico , Instalación de la torre ,regulador , baterías, inversor y el dimensionamiento del cableado eléctrico. Finalmente se plantea un presupuesto y el costo de la energía.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

1.1 Objetivo

El Objetivo de este proyecto es el Diseño, Cálculo y Dimensionamiento de un Generador Eólico, que pueda generar, la suficiente energía eléctrica y contribuya a satisfacer la demanda de energía de un hotel pequeño ubicado en la playa, y hacerlo de manera sostenible, aprovechando los recursos eólicos del lugar.

1.2 Alcances

Se realizara la evaluación del potencial eólico del lugar, para satisfacer la demanda de energía del hotel de playa, en base a los resultados se diseñara el sistema de generación eólica y se dimensionara el aerogenerador, baterías, inversor, etc. Aprovechando de esta manera la energía mecánica de rotación que genera el viento.

1.3 Situación Inicial

Teniendo como base el mapa eólico del Perú , seleccionamos un lugar en el cual se presentan velocidades de viento promedio durante todo el año de 5 - 6 m/s , el lugar elegido para la ubicación del proyecto de hotel es la Playa de Colan en Paita – Piura , lugar con gran cantidad de visitantes y turístico, de clima soleado , que cuenta con espacio suficiente para la edificación del hotel y ubicación de los aerogeneradores, que serán instalados a 65m del hotel , y así evitar el ruido molesto que puedan generar a los huéspedes y a la pequeña población que habita en los alrededores. La dotación de agua será a través de cisternas que abastecerán al hotel.

1.4 Limitaciones

Dentro de las limitaciones que podemos hacer referencia , para el presente trabajo es , que no se cuenta en el lugar con un equipo meteorológico automático de medición de la velocidad del viento, que registre durante las 24 horas.

Los datos que hemos considerado de la velocidad del viento , corresponden al equipo meteorológico convencional , más cercano al lugar , que se encuentra aproximadamente 3 km de distancia (Estación meteorológica LA ESPERANZA).

A pesar de contar con este equipo meteorológico en funcionamiento , el registro de datos para el periodo anual 2012 , estaba incompleto, había meses sin registro de información. Por lo que se asumió analizar para el periodo de funcionamiento del hotel , que corresponde al periodo de verano , donde coincidentemente hay gran cantidad de afluencia masiva a las playas y de visitantes que aprovechan los rayos del sol para relajarse , gracias a que es un periodo de vacaciones en general.

La demanda de energía del hotel de playa , que se ha considerado, es para el uso de una bomba de agua , alumbrado y el uso de artefactos eléctricos. En el presente trabajo no se muestra los cálculos realizados para el diseño de los alimentadores , tuberías , protecciones del tablero de distribución del hotel , ya que no es materia principal de estudio.

Los diferentes equipos que utiliza un sistema eólico aislado a red , se ha tratado en lo posible que puedan contar con un representante y/o distribuidor local , en lo que respecta a las baterías Trojan se ha elegido el modelo más comercial.

CAPITULO II

MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1 Antecedentes

En la mayoría de países en vías de desarrollo existe actualmente un aumento en la demanda de energía a la par con un aumento de la población. Pero es también evidente que en el existen límites para satisfacer este aumento de la demanda de energía, especialmente en grupos de población que no pueden hacer frente a los costos de suministro de energía. En este último punto es importante distinguir dos categorías en cuanto a las fuentes de energía, los sistemas tradicionales y los convencionales.

Los sistemas tradicionales emplean combustibles como la madera y residuos animales, han sido utilizados desde tiempos antiguos para satisfacer necesidades primarias como calor en espacios cerrados, cocinar alimentos y procesamiento de algunos productos a pequeña escala. Sin embargo en las últimas décadas los países en vías de desarrollo han visto reducida su capacidad de uso de sistemas tradicionales para satisfacer la demanda energética de una población en aumento, debido a factores como.

- Una creciente deforestación de tierras para usos agrícolas y un proceso de urbanización en aumento, merman la existencia de bosques y la disponibilidad de combustibles como la leña y la biomasa.
- Los conflictos armados crean movilizaciones de personas hacia lugares que no proveen los recursos necesarios para su sostenimiento.
- Los cambios climáticos hacen que disminuya la disponibilidad de combustibles como la biomasa, sobretodo en áreas vulnerables a la expansión de desiertos ya existente.

Debido a estos factores es que en forma gradual los sistemas convencionales de energía han ido reemplazando a los sistemas tradicionales. Los combustibles fósiles como la gasolina y el combustible diesel son usados para bombeo, molienda, tractores, medios de transporte y maquinaria diversa. Otros como el kerosene son usados para iluminación y

cocina, también el gas propano es usado para cocina y generación de calor. Sin embargo, la capacidad de los sistemas convencionales para satisfacer las demandas de energía es también limitada tanto por una población en aumento como también por un incremento en sus actividades económicas, especialmente en poblaciones rurales. En el caso del kerosene, aunque está disponible en áreas urbanas y rurales, su distribución es difícil para las poblaciones rurales y los costos suelen ser más elevados. El uso del gas propano en el ámbito rural está aun más restringido para grupos con mayor poder adquisitivo, es decir para una muy pequeña mayoría.

En el caso del combustible diesel para maquinaria pesada, aunque su uso si está difundido, los costos de este combustible suelen ser más elevados en áreas rurales por lo que su uso y distribución también son limitados. Es evidente entonces que existe un abismo entre las necesidades energéticas y la capacidad, tanto de sistemas tradicionales como convencionales. Para satisfacer esta creciente demanda energética en países en vías de desarrollo es importante tener en cuenta aspectos como el desarrollo sostenible y el impacto ambiental, es allí donde las energías renovables vienen a satisfacer estos criterios y a la vez convertirse en motor de desarrollo y mejora en la calidad de vida.

2.2 La energía eólica

2.2.1 El viento como recurso natural

Todas las fuentes de energía renovables (excepto la mareomotriz y la geotérmica), e incluso la energía de los combustibles fósiles, provienen, en último término, del sol. El sol irradia 100.000.000.000.000 kW-h de energía hacia la tierra. En otras palabras, la tierra recibe 10^{17} Wh de energía. Alrededor de un 1% a 2% de la energía proveniente del sol es convertida en energía eólica. Esto supone una energía alrededor de 50 a 100 veces superior a la convertida en biomasa por todas las plantas de la tierra.[3]



Fig. 2.1 Circulación del aire a escala planetaria, sin considerar la rotación terrestre.

Las corrientes de aire son causadas por diferencias de presión en diferentes regiones del planeta debido a diferencias de calentamiento en la superficie por la radiación solar. Por ejemplo, la radiación solar absorbida por la tierra en latitudes cercanas al ecuador es mayor que en los polos. El aire caliente es más ligero que el aire frío, por lo que subirá hasta alcanzar una altura aproximada de 10 km y se extenderá hacia el norte y hacia el sur.

Si la tierra no rotase el aire simplemente llegaría al Polo Norte y al Polo Sur, para luego descender y volver al ecuador. Debido a la rotación del globo, cualquier movimiento en el hemisferio norte es desviado hacia la derecha, si se mira desde nuestra posición en el suelo (en el hemisferio sur es desviado hacia la izquierda). Esta aparente fuerza de curvatura es conocida como la fuerza de Coriolis (debido al matemático francés Gustave Gaspard Coriolis 1792-1843) y tiene efecto sobre las corrientes de aire.

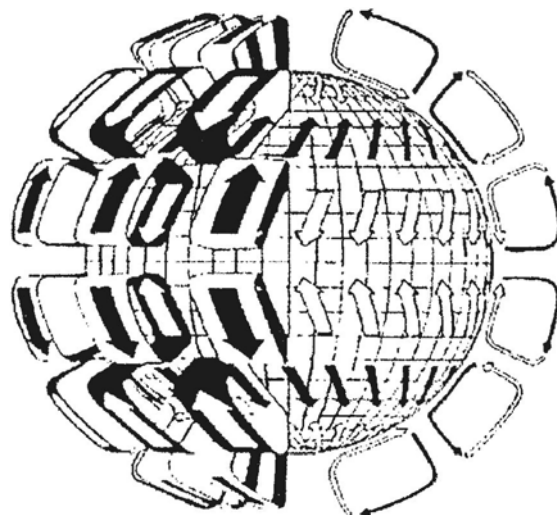


Fig. 2.2 Circulación del aire, considerando la rotación terrestre

En el hemisferio norte el viento tiende a girar en el sentido contrario al de las agujas del reloj (visto desde arriba) cuando se acerca a un área de bajas presiones. En el hemisferio sur el viento gira en el sentido de las agujas del reloj alrededor de áreas de bajas presiones. El viento sube desde el ecuador y se desplaza hacia el norte y hacia el sur en las capas más altas de la atmósfera. Alrededor de los 30° de latitud en ambos hemisferios la fuerza de coriolis evita que el viento se desplace más allá. En esa latitud se encuentra un área de altas presiones, por lo que el aire empieza a descender de nuevo.

Cuando el viento suba desde el ecuador habrá un área de bajas presiones cerca del nivel del suelo atrayendo los vientos del norte y del sur. En los polos, habrá altas presiones debido al aire frío. Esto tiene como consecuencia un modelo de corrientes de aire (Fig. 2.2) más complicado al mostrado en la Fig. 2.1

2.2.2 Otros patrones de circulación atmosférica

El modelo de circulación descrito anteriormente se daría en una superficie esférica suave. La superficie terrestre varía considerablemente y contiene masas de océanos y continentes. Estas diferentes superficies afectan el flujo de aire debido a variaciones de presión, la absorción de radiación solar y la humedad presente. Los océanos actúan como un gran almacén de energía, por lo que el movimiento del aire está frecuentemente asociado a la circulación oceánica. Estos efectos se producen por diferencias de presiones y afectan los vientos globales y regionales como por ejemplo los monzones. El calentamiento o el enfriamiento locales pueden causar vientos locales por temporadas o diarios, como por ejemplo brisas y vientos de montaña (Fig. 2.3).

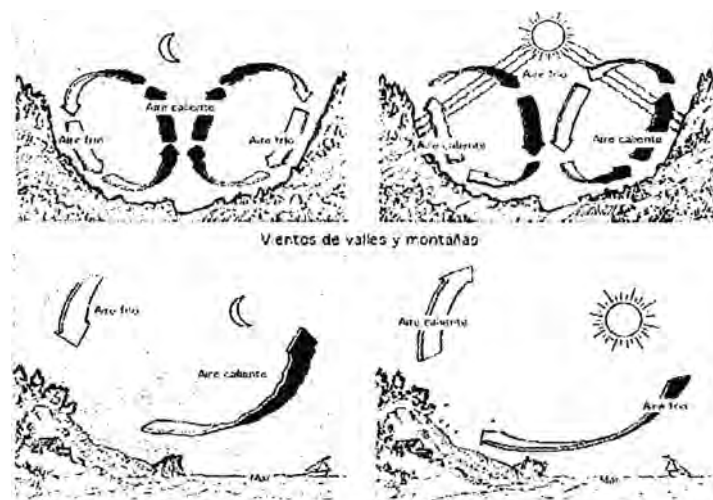


Fig. 2.3 Esquema de circulación del viento de valles y montañas

Durante el día el aire caliente de la montaña sube por las pendientes y reemplaza al aire frío pesado situado sobre él. En la noche la dirección se invierte y el aire frío desciende.

Otras variaciones del viento respecto al tiempo son

- Inter-anual
- Anual
- Diario
- Cortos periodos

Las variaciones Inter-anales ocurren en periodos mayores a un año, tienen efecto sobre la producción de las turbinas en el largo plazo y se deben a cambios en el clima, los meteorólogos estiman que se requiere 30 años de datos para poder predecir de manera confiable como afecta el clima a la velocidad del viento promedio, este tipo de estudio se considera en los casos en que se planifica la instalación de bosques eólicos.

Las variaciones anuales se deben a los cambios estacionales propios de cada región en el mundo, lo que tiene un efecto sobre la salida eléctrica anual de un aerogenerador.

Las variaciones diarias en la velocidad de viento se deben a las diferencias de calentamiento en la superficie terrestre a lo largo del ciclo diario en radiación. Una variación típica diaria es el aumento de la velocidad del viento durante el día con un decremento durante la noche hasta el amanecer en que se repite nuevamente el ciclo. Las mayores variaciones diarias ocurren en verano y primavera mientras que las menores ocurren en invierno.

Las variaciones en cortos periodos consideran las turbulencias y ráfagas, usualmente estas variaciones se dan en un periodo de 10 minutos o menos. Las variaciones de este tipo deben ser cuantificadas o estimadas para efectos de diseño basados en las máximas cargas y predicción de fatiga de los elementos mecánicos, también es importante para la selección de los sistemas de control.

2.2.3 Efecto de la geografía

Las características geográficas del lugar de instalación pueden afectar severamente el comportamiento del viento y todo el proyecto debe depender de solo este factor. Los terrenos pueden clasificarse en planos y terrenos no planos, esta es la clasificación básica para los terrenos. Los terrenos planos son aquellos que poseen pequeñas irregularidades como por ejemplo arbustos, etc. Los terrenos no planos son aquellos con grandes irregularidades ya sean elevaciones o depresiones como por ejemplo colinas, valles,

cañones, picos, etc. Para poder clasificar adecuadamente un terreno como plano se requiere ciertos criterios.

- Las diferencias de elevaciones entre el lugar de instalación y el terreno circundante no deben ser mayores de 60m en un área circular de 11,5 km de diámetro con centro en la turbina.
- Ninguna colina debe tener una relación altura/base mayor de 1/50 dentro de los 4 km corriente arriba ni corriente abajo respecto del lugar de instalación.
- La diferencia de elevación entre el punto más bajo del rotor y la mínima de las elevaciones del terreno debe ser mayor a tres veces la máxima diferencia de elevaciones del terreno (h) dentro de los 4 km corriente arriba (Fig. 2.4).

Los terrenos no planos consisten en una gran variedad de formas, por ejemplo, depresiones o elevaciones aisladas, terrenos montañosos. Las condiciones de flujo en terrenos montañosos son complejas debido a que las depresiones y elevaciones tienen una gama de formas bastante aleatoria.

El flujo a través de terrenos planos también es afectado por obstáculos hechos por el hombre, el caso más común es el de los edificios, casas, graneros, torres, tanques elevados de agua y también árboles que han sido sembrados en un determinado lugar.[4]

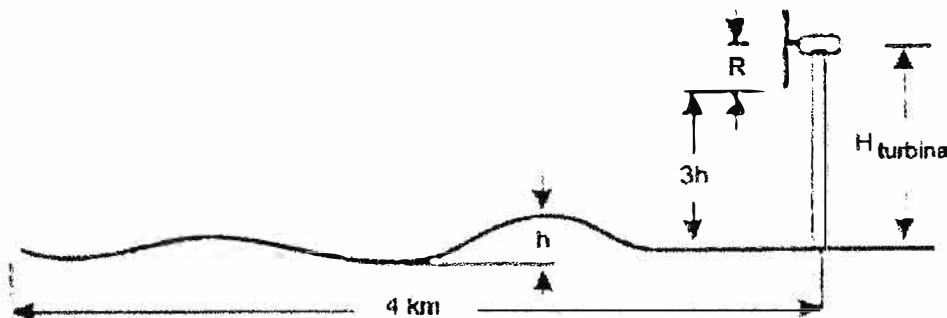


Fig. 2.4 Recomendación en terreno plano

La forma más sencilla de representar a estos obstáculos es como un bloque rectangular y considerar el flujo en dos dimensiones. Este tipo de flujo, como se muestra en la Fig. 2.5 produce una turbulencia y el decremento en la potencia ha sido cuantificado en base a numerosos estudios. En el ejemplo de la Fig. 2.6 se muestra este efecto debido a una construcción de altura " h_s " es evidente que a una distancia igual $15h_s$ corriente abajo el efecto de la pérdida de potencia ya no es importante.

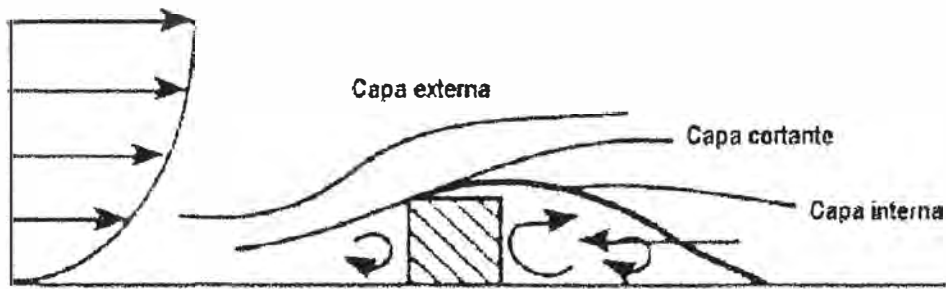


Fig. 2.5 Influencia de obstáculos y formación de remolinos

El cambio en la rugosidad de los terrenos también tiene efecto sobre el perfil de velocidades del viento según se muestra en la Fig. 2.7

En el caso de terrenos no planos las variaciones en la geografía como las colinas, cadenas montañosas, gargantas en forma de embudo, colinas y picos producen concentraciones en las líneas de flujo lo cuales traduce en un aumento de la velocidad, también la generación de torbellinos provoca cambios en el perfil de velocidades, como se muestra en las Figs. 2.8 , 2.9 y 2.10.

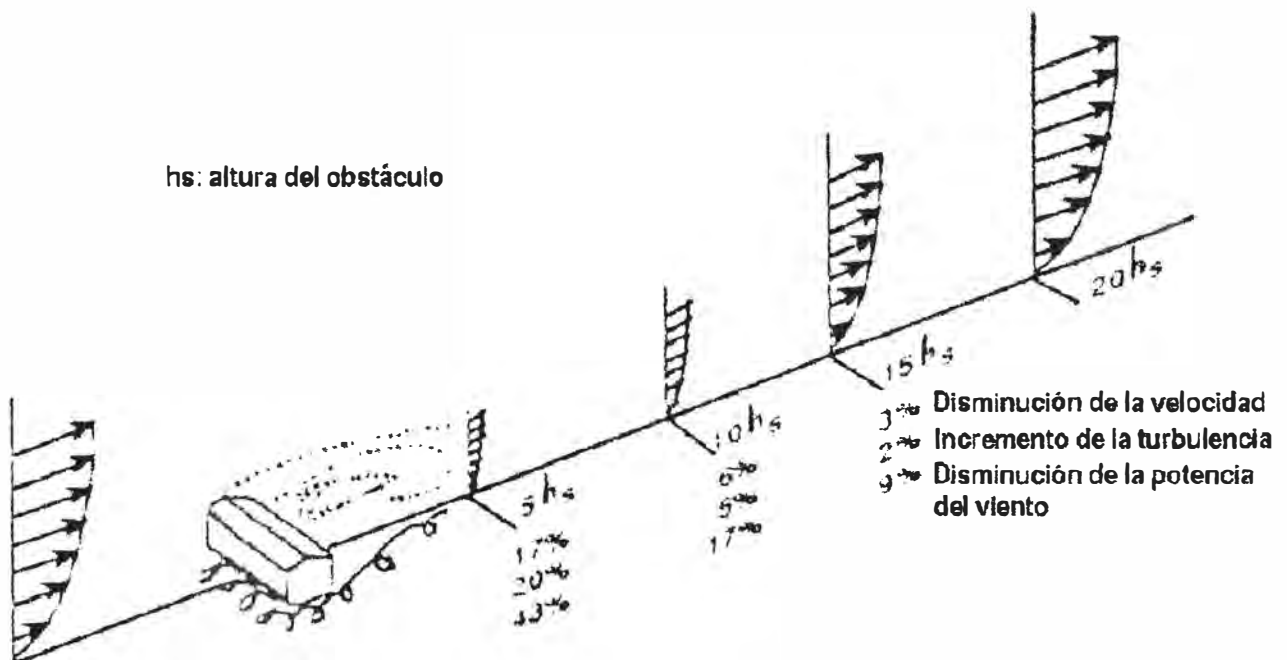


Fig. 2.6 Efectos de una construcción en la velocidad, turbulencia y potencia del viento

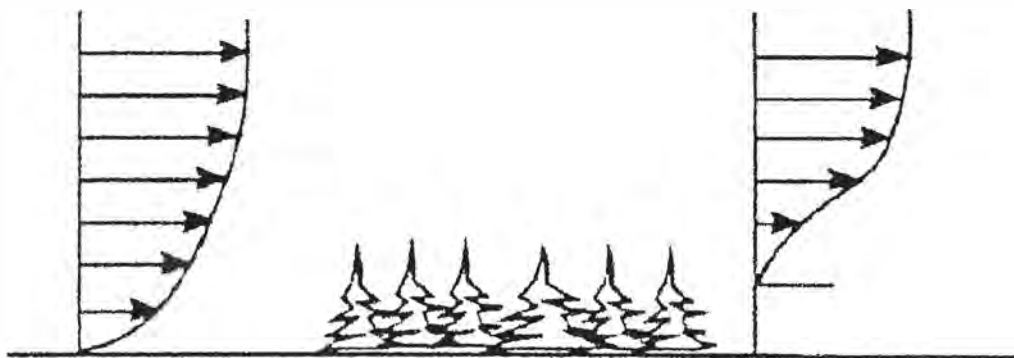


Fig. 2.7 Efecto del cambio de la rugosidad superficial de suave a rugoso

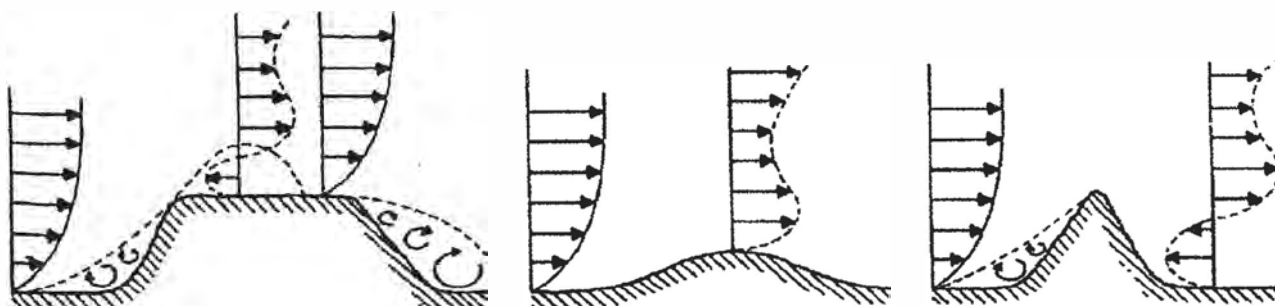


Fig. 2.8 Variación de la velocidad de viento según la altura en diferentes topografías

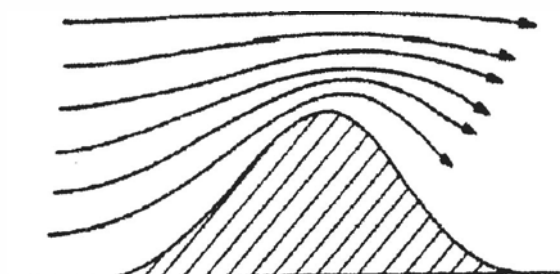


Fig. 2.9 Aceleración del viento sobre una colina

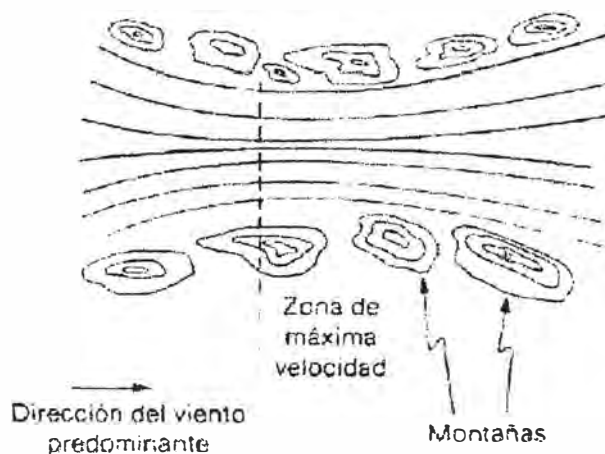


Fig. 2.10 Aceleración del viento entre cadenas montañosas

La Fig. 2.11 muestra recomendaciones de distancias para la instalación de aerogeneradores luego que el viento pasa por el obstáculo.

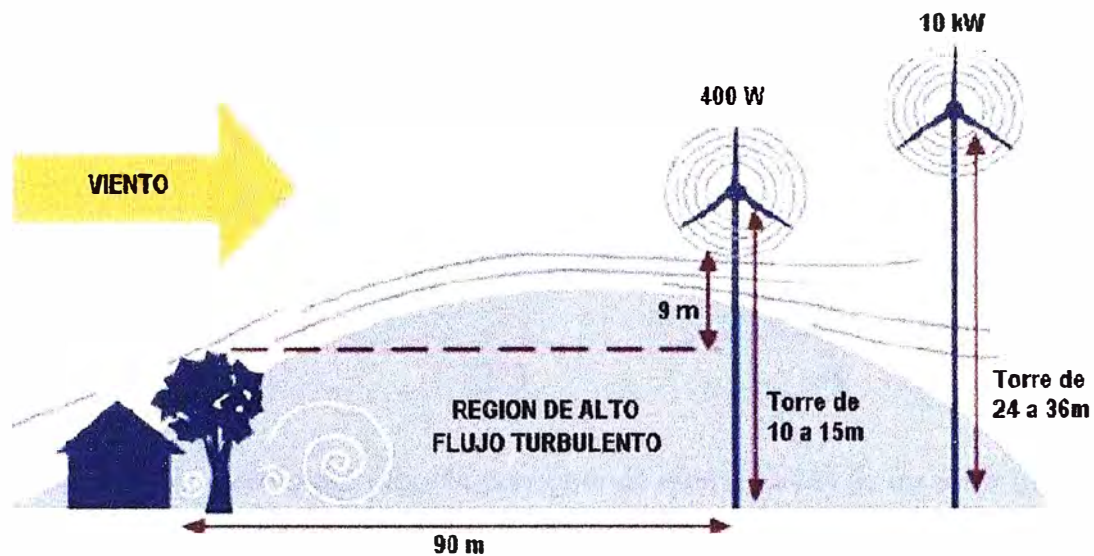


Fig. 2.11 Recomendaciones para la instalación de aerogeneradores luego de obstáculos
 Fuente: www.windpoweringamerica.gov/pdfs/small_wind/small_wind_guide_spanish.pdf
 • www.awea.org

2.2.4 Potencia en un tubo de corriente de aire y límite de Betz

Un modelo teórico simple, generalmente atribuido a Betz (1926), puede ser utilizado para determinar la potencia de un rotor ideal, el empuje del viento y otras características. Este modelo está basado en la teoría de conservación del momento lineal desarrollada en el siglo XIX para predecir el comportamiento de las hélices propulsoras de barcos.

El análisis asume un volumen de control, en el cual los límites del volumen de control son las superficies del tubo de corriente y dos secciones cruzadas del mismo tubo de corriente como se muestra en la Fig. 2.12. El único flujo es a través de los extremos del tubo de corriente. La turbina está representada por un disco uniforme en el cual crea una discontinuidad en la presión del aire que circula a través del tubo de corriente. El análisis supone lo siguiente.

- Flujo homogéneo, incompresible y flujo en estado estacionario.
- No hay arrastre por fricción
- Un número de alabes infinito
- Empuje uniforme sobre toda el área del rotor
- La presión corriente arriba del rotor y corriente abajo es igual a la presión estática del ambiente circundante no perturbado por el rotor.

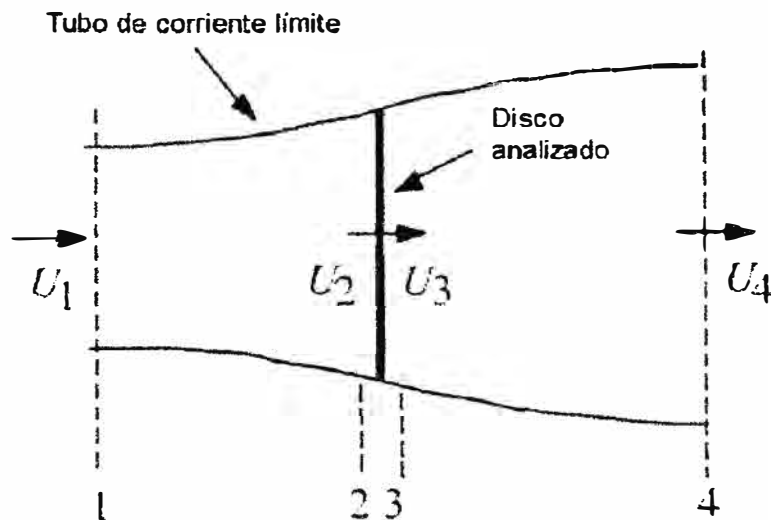


Fig. 2.12 Modelo del tubo de corriente de área a través de un rotor ideal

Aplicando la conservación del momento lineal al volumen de control se halla la fuerza neta en el volumen de control. Esta fuerza es igual y opuesta al empuje, “ F_x ”, el cual es la fuerza del viento sobre el rotor. Por lo tanto el empuje se calcula según:

$$F_x = U_1(\rho \cdot A \cdot U)_1 - U_4(\rho \cdot A \cdot U)_4 \quad (2.1)$$

Siendo:

ρ : Densidad del aire en kg/m^3

A : Area de la sección transversal del tubo de corriente en m^2

U : Velocidad del viento en m/s

Para flujo en estado estable se cumple:

$$(\rho \cdot A \cdot U)_1 = (\rho \cdot A \cdot U)_4 = \dot{m} \quad (2.2)$$

Siendo \dot{m} : Flujo de masa en kg/s

$$\text{Por lo tanto se cumple: } F_x = \dot{m} \cdot (U_1 - U_4) \quad (2.3)$$

El empuje es positivo así que la velocidad detrás del rotor, U_4 , es menor que la velocidad U_1 . No se realiza trabajo en ninguno de los lados del rotor, por lo tanto aplicando la ecuación de Bernoulli en cada uno de los volúmenes de control situados a cada lado del disco del rotor, se tiene.

Corriente arriba del disco del rotor:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho \cdot (U_1)^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho \cdot (U_2)^2 \quad (2.4)$$

Corriente abajo del disco del rotor :

$$P_3 + \frac{1}{2}\rho \cdot (U_3)^2 = P_4 + \frac{1}{2}\rho \cdot (U_4)^2 \quad (2.5)$$

Siendo P : presión estática en N/m^2

Se asume que lejos corriente abajo y lejos corriente arriba $P_1 = P_4$ y que la velocidad del viento a través del disco del rotor permanece invariable. $U_2 = U_3$.

El empuje entonces puede ser expresado como la suma neta de ambas fuerzas actuando a cada lado del rotor.

$$F_X = A_2 \cdot (P_2 - P_3) \quad (2.6)$$

Utilizando las ecuaciones (2.4) y (2.5) y reemplazando en (2.6), se tiene.

$$F_X = \frac{1}{2}\rho \cdot A_2 \cdot [(U_1)^2 - (U_4)^2] \quad (2.7)$$

Igualando (2.3) con (2.7) y considerando que el flujo de masa es $\rho \cdot A_2 \cdot U_2$, se tiene.

$$U_2 = \frac{U_1 + U_4}{2} \quad (2.8)$$

Así, la velocidad del viento en el plano del rotor, es el promedio de las velocidades de viento corriente arriba y corriente abajo.

Si se define un factor de velocidad inducida “ a ”, como la fracción de decremento de la velocidad de viento entre la zona corriente arriba y el plano del rotor, entonces:

$$a = \frac{U_1 - U_2}{U_1} \quad (2.9)$$

Por lo tanto
$$U_2 = U_1(1 - a) \quad (2.10)$$

$$U_4 = U_1(1 - 2a) \quad (2.11)$$

El factor $U_1 a$ es la velocidad inducida en el rotor. El factor de velocidad inducida crece desde 0, por lo que la velocidad de viento detrás del rotor decrece más y más. Si $a = \frac{1}{2}$ entonces la velocidad detrás del rotor es cero y la teoría ya no es aplicable.

La salida de potencia “ P ” es igual al producto del empuje por la velocidad en el disco del rotor, entonces.

$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot A_2 [(U_1)^2 - (U_4)^2] \cdot U_2 = \frac{1}{2} \rho \cdot A_2 U_2 (U_1 + U_4)(U_1 - U_4) \quad (2.12)$$

Sustituyendo los valores de U_2 y U_4 de acuerdo a las ecuaciones (2.10) y (2.11) y considerando U_1 igual a U que es la velocidad del flujo no perturbado (Fig. 2.12), se tiene

$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot U^3 \cdot 4a(1 - a)^3 \quad (2.13)$$

El comportamiento de una turbina de viento es usualmente caracterizado por el coeficiente de potencia “ C_p ”.

$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho \cdot U^3 \cdot A} = \frac{\text{Potencia de Rotor}}{\text{Potencia de Viento}} \quad (2.14)$$

Este coeficiente representa la fracción de potencia de viento que es extraída por el rotor, de la ecuación (2.13) se tiene.

$$C_p = 4a(1 - a)^2 \quad (2.15)$$

El máximo valor de C_p se puede hallar derivando la expresión (2.15) con respecto al parámetro “ a ” e igualando a cero, con lo cual se obtiene un valor de $a = 1/3$. Así, en la ecuación (2.15) se obtiene.

$$C_{p \text{ Max}} = \frac{16}{27} = 0,5926 \quad (2.16)$$

El valor de $a=1/3$ significa que si un rotor ideal pudiera ser construido entonces este rotor operaría de forma que la velocidad de viento que incide sobre el sería de $2/3$ el valor de la velocidad de viento corriente arriba del rotor, además de dicho rotor estaría entregando la máxima potencia posible extraída del tubo de corriente.

De las ecuaciones (2.7), (2.10) y (2.11) se tiene una expresión para el empuje axial “ F_x ”

$$F_x = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot U^2 [4a(1 - a)] \quad (2.17)$$

Similarmente al coeficiente de Potencia también se define un coeficiente de empuje “ C_x ” , según:

$$C_x = \frac{F_x}{\frac{1}{2} \rho \cdot U^3 \cdot A} = \frac{\text{Empuje Real}}{\text{Empuje Ideal}} \quad (2.18)$$

El factor “ C_x ” obtiene su máximo valor de 1 para un valor de $a = 0.5$ y una velocidad de viento corriente debajo de 0. Para la condición de máxima potencia en el rotor ($a = 1/3$), C_x tiene un valor de $8/9$. [4]

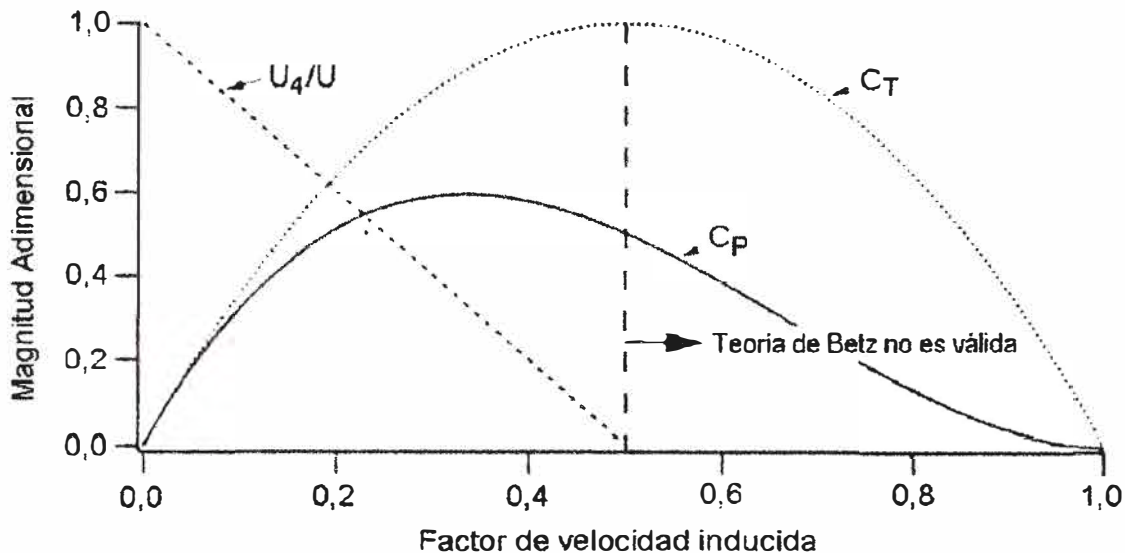


Fig. 2.13 Parámetros de operación del rotor ideal de Betz

2.2.5 Tipos de turbinas eólicas

Las clasificaciones más comunes de las turbinas eólicas tiene en cuenta el nivel de potencia, la disposición del eje de giro, la velocidad de giro del rotor y las características de operación.

Un concepto importante respecto a la clasificación de las turbinas eólicas es la velocidad específica (λ). Esto se define como la relación entre la velocidad tangencial debida a la rotación en el extremo más alejado de la pala y la velocidad del viento.

$$\lambda = \frac{\omega \cdot R}{U} \quad (2.19)$$

Donde:

ω : velocidad de rotación del rotor, rad/s

R : radio del rotor, m

U : velocidad del viento, m/s

- En función de la potencia:

De pequeña potencia, hasta 10kW

De mediana potencia, desde 10 Kw hasta 100 Kw

De gran potencia, superiores a 100 Kw

- En función de la disposición del eje de giro:

De eje horizontal: (Fig. 2.15)

A este grupo pertenece la mayoría de turbinas eólicas. Son los rotores más extendidos, pues presentan mejores cualidades aerodinámicas, es decir un mejor aprovechamiento de la energía del viento.

De eje vertical: (Fig. 2.16)

La ventaja de estos rotores es que no requieren de sistema de orientación y se prefiere su uso en zonas donde el viento no mantiene una dirección más o menos estable. Sin embargo, su aprovechamiento de la energía del viento es bajo.[3]

- En función de la velocidad de giro del rotor :

Lentos, de velocidad intermedia, Rápidos

- En función de las características de operación: C_p vs λ (Fig. 2.14)

Se observa la ventaja del rotor tripala y bipala en el aspecto de la potencia pues tienen los mayores coeficientes de potencia, es decir extraen mayor potencia del viento.

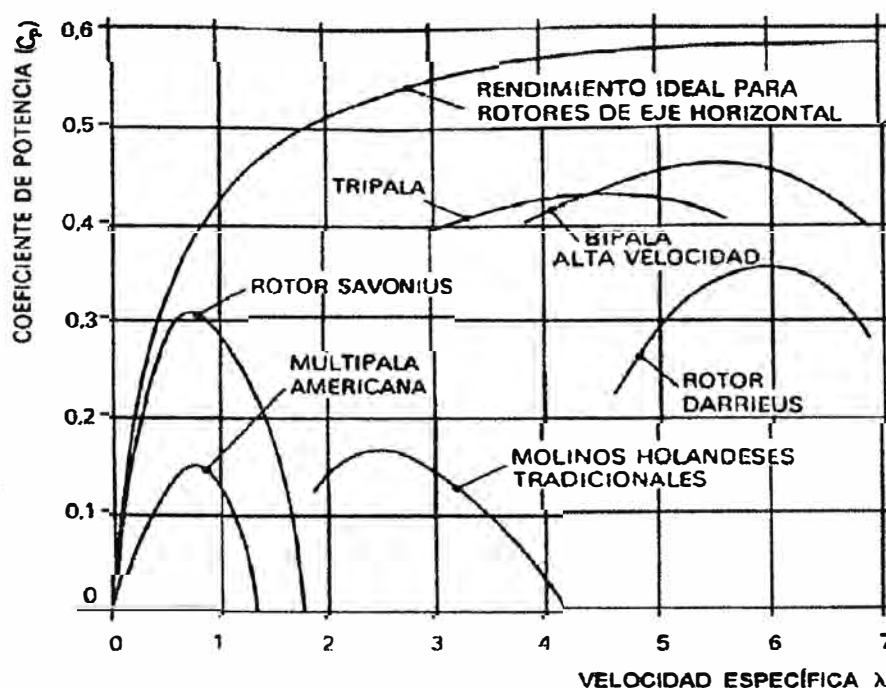


Fig. 2.14 Coeficiente de potencia en función de la velocidad

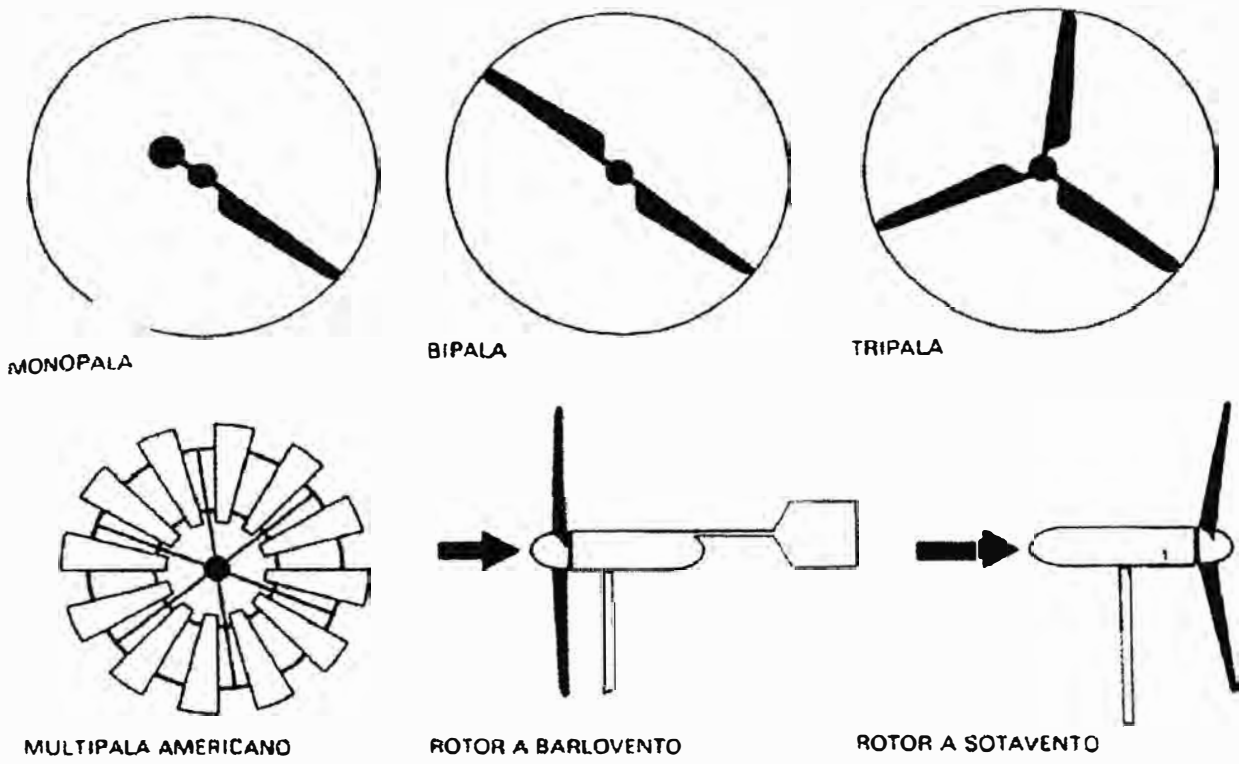


Fig. 2.15 Rotores de eje Horizontal

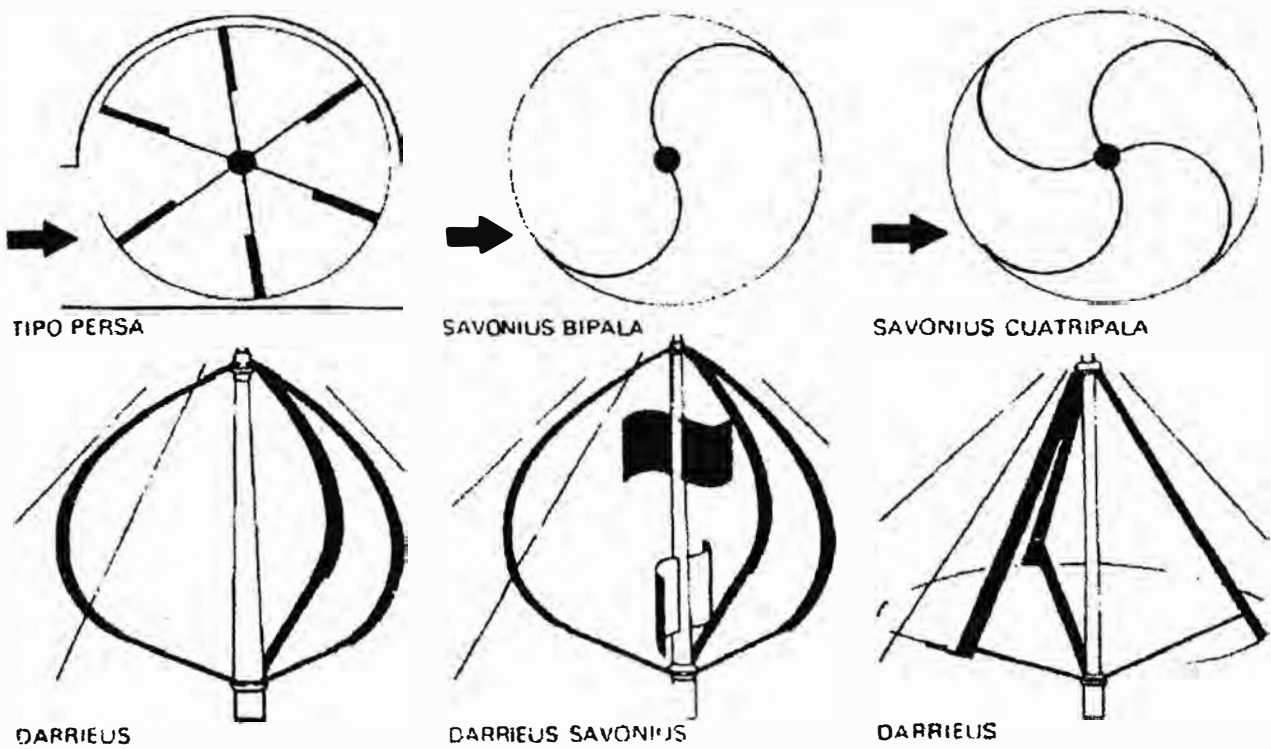


Fig. 2.16 Rotores de eje vertical.

2.2.6 Componentes de un aerogenerador

Debido a la amplia gama de tamaños disponibles y de aplicaciones a continuación se indicaran los componentes básicos que definen a los aerogeneradores que equipan los parques eólicos y a los pequeños aerogeneradores.[7]

a) Grandes Aerogeneradores

Aerogeneradores destinados a la producción de energía eléctrica a gran escala, cuya potencia nominal es mayor a 100kW.

- **Rotor**

Se encuentra unido al eje principal para la transmisión del giro, se puede dividir en tres partes diferenciadas.

Nariz: Es un elemento aerodinámico que se sitúa en frente de la dirección de viento sobresaliendo de la zona de unión entre las palas y el buje. Su misión consiste en redireccionar el viento de la parte frontal del rotor a los respiraderos de la góndola y a la vez evitar turbulencias en la parte frontal del rotor.

Buje: Es la pieza de unión entre las palas y el eje principal, y por lo tanto el transmisor de la fuerza del viento al interior de la góndola.

Palas: Las palas suelen ser fabricadas con materiales con gran resistencia estructural y a la fatiga para su correcto funcionamiento a lo largo de los 25 años de vida media que se supone a los aerogeneradores, teniendo en cuenta que estarán afectados de inclemencias climáticas y fuertes vientos.

- **Góndola**

Es el chasis principal del aerogenerador, se sitúa en la parte superior de la torre y en su interior se encuentran los elementos eléctricos y mecánicos necesarios para convertir el giro del generador en energía eléctrica. Se encuentra unida a la torre por una corona dentada para permitir la orientación del rotor al viento, y rotor y las palas por el eje principal que transmitirá la fuerza del viento al multiplicador y al generador sucesivamente. En su parte exterior lleva instalado un anemómetro y una veleta conectados a los sistemas de control de aerogenerador, y a unos respiraderos para garantizar la refrigeración del generador.(Fig. 2.7)

- **Multiplicador**

El multiplicador es una caja de engranajes que convierte la baja velocidad de giro y alta potencia del eje principal en una velocidad de giro adecuada para el funcionamiento del generador a costa de la potencia. El giro se transmite del

multiplicador a el generador mediante el eje secundario, de menor diámetro que el eje principal, de forma similar a como ocurría entre el rotor y la caja de engranajes con el eje principal.

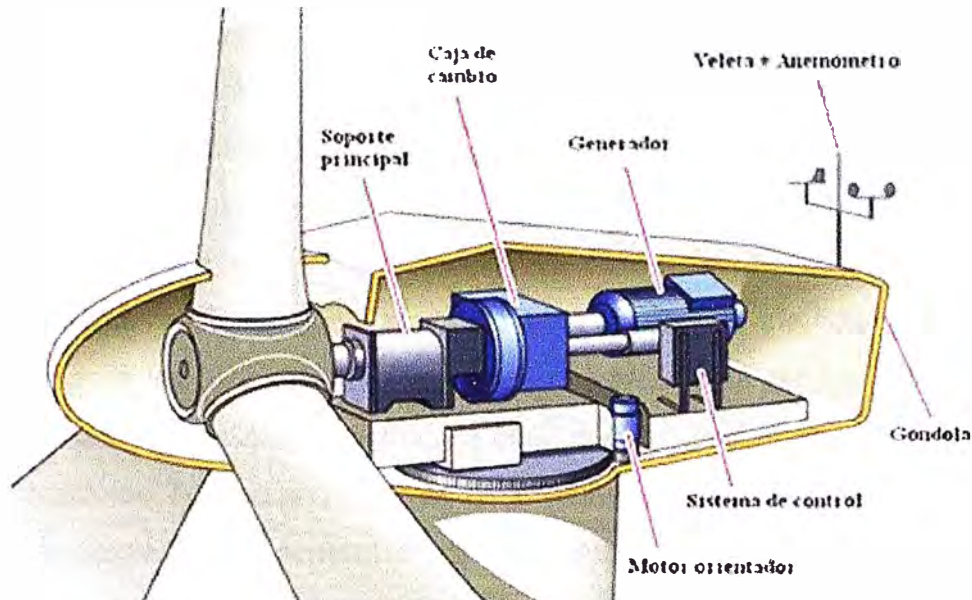


Fig. 2.17 Componentes de un aerogenerador de gran potencia

- **Generador**

El generador convierte la energía mecánica producida por el rotor en energía eléctrica. Existen 3 tipos de generadores: Generador asíncrono de jaula de ardilla, Generador asíncrono de rotor bobinado y Generador síncrono de imanes permanentes.

- **Sistema de Control**

Los sistemas de control en un aerogenerador tienen dos importantes cometidos, el primero es el aprovechamiento máximo de la fuerza del viento mediante la orientación del rotor, el segundo es la protección del aerogenerador ante velocidades de viento que podrían dañar la instalación.

- **Sistema de Refrigeración**

Su función es evacuar el calor del generador y demás sistemas eléctricos junto con el de todas las partes vitales sometidas a rozamientos que por su trabajo, que aunque estén bien lubricadas el calentamiento podría provocar su degradación y posible avería.

- **Torre**

La torre es la estructura que soporta a una determinada altura al mecanismo productor de electricidad del aerogenerador. Al elevar los componentes se consigue un aprovechamiento mayor de la fuerza del viento, pues a una mayor altura sobre el nivel del suelo mayor será su velocidad, y por tanto, también la velocidad de rotación de las palas. Su diseño suele consistir en un tronco cónico o tubular hueco de acero en cuyo interior se alojan los equipos accesorios y se facilita un acceso seguro mediante una escalera a la góndola.

b) Pequeños Aerogeneradores

Este tipo de aerogeneradores suelen ser instalados en zonas alejadas del suministro eléctrico, el tamaño y tipo de instalación depende únicamente de las necesidades del usuario de la instalación y es característico en ellos que la instalación se sitúe muy cerca del centro de consumo (viviendas, granjas o pequeños núcleos rurales), requiriéndose frecuentemente la existencia de acumuladores. Será sobre este tipo de aerogenerador que centraremos nuestro estudio en el presente informe de suficiencia.

Las instalaciones más frecuentes emplean tecnologías muy fiables en las que es necesario un mantenimiento básico, los aerogeneradores empleados en las instalaciones de pequeña potencia son aerogeneradores de alta velocidad, normalmente utilizadas para suministro eléctrico a viviendas aisladas y/o otros centros de consumo, la potencia de estas aerogeneradores varían entre 100W y 10kW.

Estos aerogeneradores son mucho más sencillos que los descritos anteriormente para sistemas de generación a gran escala, sus características fundamentales son:

- **Aerogeneradores de viento de Baja Potencia.**

Turbina: Pueden tener 2 o 3 palas realizadas en fibra de vidrio y carbono.

Generador: Síncrono de imanes permanentes y está acoplado directamente a la turbina (no utiliza multiplicador). Tabla nº 2.1

Sistema de orientación: Ejerce el papel de sistema primario de protección ante velocidades elevadas de viento, consiste en una cola, tal como se ve en la Fig. 2.18. Los sistemas de orientación automática están diseñados especialmente para conseguir una sensible timonización ante rachas de viento de bajas velocidades, cuando las velocidades se acercan a valores demasiado elevados para el buen funcionamiento de la máquina, este sistema produce la progresiva desorientación del aerogenerador que lo lleva a dejar de funcionar.

- **Inversor**

Transforma y amplifica corriente continua en alterna. Los voltajes continuos pueden ir desde los 12V hasta los 100V.

- **Punto de Consumo**

Lugares alejados o remotos y centros poblados que no están interconectados a la red eléctrica nacional.

En la Tabla n°2.1 se muestran las especificaciones de operación del generador utilizado comúnmente en aerogeneradores de baja potencia(Generador Bornay). Además en el ítem 3.6 (Opciones de equipos) , se da más detalle de las especificaciones de aerogeneradores.

TABLA N° 2.1 Especificaciones del generador seleccionado[11]

CARACTERISTICAS DE OPERACION	
Tipo de Generador	Síncrono de Imanes Permanentes
Imanes	Neodimio
Potencia Nominal	1500 W
Velocidad Nominal	700 RPM
Tensión Nominal	30 VAC (alterna trifásica)
Potencia Pico	1700 W
Eficiencia	> 95%

2.3 Estudio del viento

El viento está definido por dos parámetros principales que son la velocidad y la dirección, es importante conocer la variación de estos parámetros en el tiempo, pues de ello depende la salida de energía de la turbina eólica. El estudio de viento puede ser representado de diferente forma, siendo las principales.

- Perfil de velocidades
- Mapas eólicos
- Análisis estadísticos

2.3.1 Perfil de velocidades

Como se menciona la velocidad del viento se ve afectada por la altura y por factores geográficos. Normalmente las mediciones de velocidad de viento se realizan a una altura de 10m sobre el nivel del terreno, para optimizar generalmente se requiere instalar la turbina a mayor altura, siendo usual encontrar torres de 24m o 36m de altura.

- Relación logarítmica

Esta relación permite estimar la velocidad del viento en función a la medición realizada a una altura de referencia y teniendo en cuenta la rugosidad del terreno.

$$\frac{U_{(h)}}{U_{(h_r)}} = \frac{\ln\left(\frac{h}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{h_r}{z_0}\right)} \quad (2.20)$$

Siendo:

$U_{(h)}$ = Velocidad del viento (m/s) a una altura h (m)

$U_{(h_r)}$ = Velocidad del viento (m/s) a una altura de referencia h_r (m)

z_0 = Rugosidad del terreno (m) (Tabla n° 2.2)

- Relación exponencial

También permite estimar la velocidad del viento en base a una medición referencial

$$\frac{U_{(h)}}{U_{(h_r)}} = \left(\frac{h}{h_r}\right)^\alpha \quad (2.21)$$

Siendo: $U_{(h)}$ = Velocidad del viento (m/s) a una altura h (m)

$U_{(h_r)}$ = Velocidad del viento (m/s) a una altura de referencia h_r (m)

α = Exponente adimensional

TABLA N° 2.2 Valores de rugosidad z_0 para algunos tipos de terreno.[4]

DESCRIPCION DEL TERRENO	$z_0(m)$
Hielo o Lodo	0.00001
Calma en mar abierto	0.0002
Mar Turbulento	0.0005
Superficie de hielo	0.003
Prado de césped	0.008
Arbustos bajos	0.01
Terrenos pedregosos	0.03
Terrenos de cultivo	0.05
Terrenos con algunos arboles	0.10
Terrenos con muchos árboles, cercas y algunas construcciones	0.25
Bosques	0.50
Pueblos y suburbios	1.50
Centros de ciudades con edificios altos	3.00

Existen diferentes correlaciones que permiten obtener el coeficiente α en función a los valores referentes $U_{(hr)}$, h_r y z_0 , entre las principales están:

- Propuesta por Justus (1978)

$$\alpha = \frac{0.37 - 0.088 \ln(U_r)}{1 - 0.088 \ln\left(\frac{h_r}{10}\right)} \quad (2.22)$$

- Propuesta por Counihan (1975)

$$\alpha = 0.096 \log_{10}(z_0) + 0.016 (\log_{10}(z_0))^2 + 0.24 \quad (2.23)$$

Correlación válida para valores de rugosidad $0.001m < z_0 < 10m$.

También pueden utilizarse valores de α obtenidos experimentalmente (tabla n° 2.3)

TABLA N° 2.3 Valores del exponente α para algunos tipos de terreno.[4]

TIPO DE TERRENO	EXPONENTE α
Lugares llanos con hielo o hierba	0.08 – 0.12
Lugares llanos (mar, costa)	0.14
Terrenos poco accidentados	0.13 – 0.16
Zonas Rusticas	0.2
Terrenos accidentados o bosques	0.2 – 0.26
Terrenos muy accidentados y ciudades	0.25 – 0.4

2.3.2 Mapas Eólicos

Los mapas eólicos proporcionan una información global sobre el nivel medio de los vientos en una determinada área geográfica, mostrando las zonas más idóneas desde el punto de vista energético.[6]

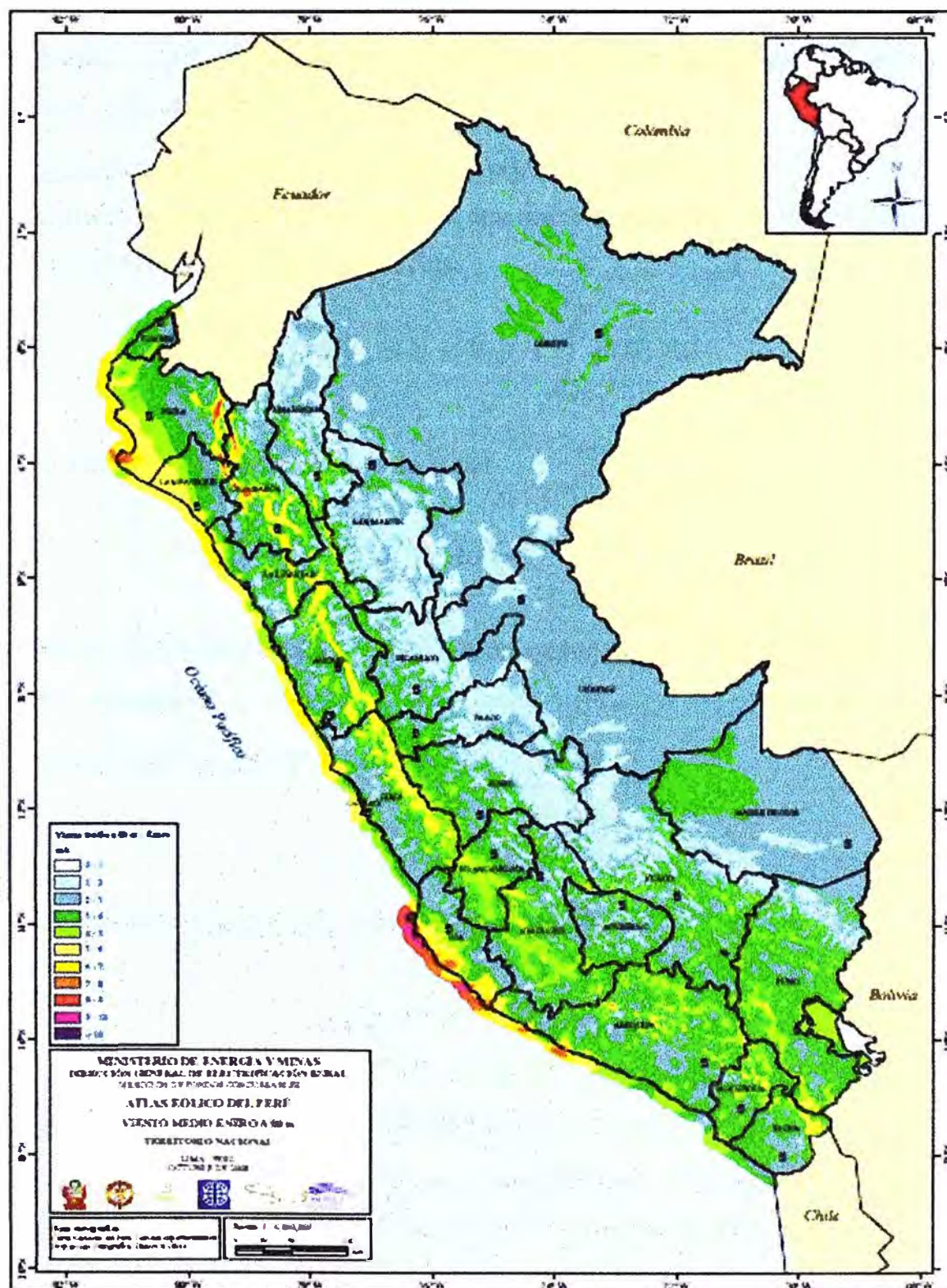


Fig. 2.19 Mapa Eólico del Perú (Ministerio Energía y Minas, Octubre 2008)

2.3.3 Análisis estadístico

Los métodos estadísticos son utilizados para estimar el potencial eólico en un determinado lugar, es decir, básicamente poder estimar la velocidad del viento a lo largo de un periodo de tiempo determinado cuando solo se dispone de datos en un periodo menor de tiempo al que se requiere considerar.

Los conceptos previos importantes a establecer para las funciones matemáticas que describen el comportamiento del viento son

- Función de Densidad de Probabilidad $p(U)$

Expresa la probabilidad de que una determinada velocidad de viento ocurra en un intervalo de velocidades establecida.

$$p(U_a \leq U \leq U_b) = \int_{U_a}^{U_b} p(U) \cdot dU \quad (2.24)$$

El área total bajo la curva está dada por:

$$\int_0^{\infty} p(U) \cdot dU = 1 \quad (2.25)$$

Si la Función de densidad de Probabilidad es conocida, entonces los siguientes parámetros pueden ser calculados:

- Velocidad Promedio \bar{U}

$$\bar{U} = \int_0^{\infty} U \cdot p(U) \cdot dU \quad (2.26)$$

- Desviación Estándar de la velocidad de viento σ_M

$$\sigma_M = \sqrt{\int_0^{\infty} (U - \bar{U})^2 \cdot p(U) \cdot dU} \quad (2.27)$$

- Función de Distribución Acumulada $F(U)$

Representa la fracción de tiempo o probabilidad de que la velocidad de viento (U) sea menor o igual a un valor determinado de velocidad de viento dado (U')

$$F(U) = \int_0^U p(U) \cdot dU \quad (2.28)$$

Se deduce entonces :

$$p(U) = \frac{dF(U)}{d(U)} \quad (2.29)$$

• Distribución Weibull

La función de Densidad de probabilidad de Weibull requiere el conocimiento de dos parámetros (k), el parámetro de forma y (c), el parámetro de escala. Ambos parámetros son función de la velocidad media (\bar{U}) y de la desviación estándar (σ_M). La Función de densidad de Probabilidad de Weibull $p(U)$ y la función de Distribución acumulada $F(U)$, adquieren la siguiente forma.[6]

$$p(U) = \left(\frac{k}{c}\right) \times \left(\frac{U}{c}\right)^{k-1} \times \exp\left[-\left(\frac{U}{c}\right)^k\right] \quad (2.30)$$

$$F(U) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{U}{c}\right)^k\right] \quad (2.31)$$

La velocidad media (\bar{U}) en función de los parámetros (k) y (c) , se define como:

$$\bar{U} = c \cdot \Gamma_{\left(1+\frac{1}{k}\right)} \quad (2.32)$$

Siendo: $\Gamma(x) = \text{Función Gamma} = \int_0^{\infty} e^{-t} \cdot t^{x-1} \cdot dt \quad (2.33)$

La Función Gamma puede ser aproximada de acuerdo a la siguiente tabla:

TABLA N° 2.4 Valores de la función Gamma respecto al parámetro k

k	$\Gamma_{\left(1+\frac{1}{k}\right)} = \frac{\bar{U}}{c}$	$\Gamma_{\left(1+\frac{1}{k}\right)}^k$	G	$\frac{G}{\Gamma_{\left(1+\frac{1}{k}\right)}^k}$
1	1	1	1.002000	100.25 %
1.25	0.931384	0.914978	0.915200	100.024 %
1.5	0.902745	0.857724	0.857333	99.954 %
1.6	0.896574	0.839727	0.839250	99.943 %
1.7	0.892244	0.823802	0.823294	99.938 %
1.8	0.889287	0.809609	0.809111	99.938 %
1.9	0.887363	0.796880	0.796421	99.942 %
2.0	0.886227	0.785398	0.785000	99.949 %
2.1	0.885694	0.774989	0.774667	99.958 %

2.2	0.885625	0.765507	0.765273	99.969 %
2.3	0.885915	0.756835	0.756696	99.981 %
2.4	0.886482	0.748873	0.748833	99.995 %
2.5	0.887264	0.741535	0.741600	100.009 %
3.0	0.892979	0.712073	0.712667	100.083 %
3.5	0.899747	0.690910	0.692000	100.158 %
4.0	0.906402	0.674970	0.676500	100.227 %

En la tabla n° 2.4 se muestra que la Función Gamma puede ser aproximada mediante la siguiente expresión:

$$G = 0.568 + \frac{0.434}{k} \quad (2.34)$$

Utilizando la Distribución de Weibull, se obtiene una expresión para la Desviación Estándar, según:

$$\sigma_M^2 = \bar{U}^2 \cdot \left[\frac{\Gamma\left(1+\frac{2}{k}\right)}{\Gamma^2\left(1+\frac{1}{k}\right)} - 1 \right] \quad (2.35)$$

Existen diferentes métodos para determinar los parámetros (c) y (k) , aquí algunos:

Propuesta por Justus (1978), para valores $1 \leq k \leq 10$

$$k = \left(\frac{\sigma_M}{\bar{U}} \right)^{-1.086} \quad (2.36)$$

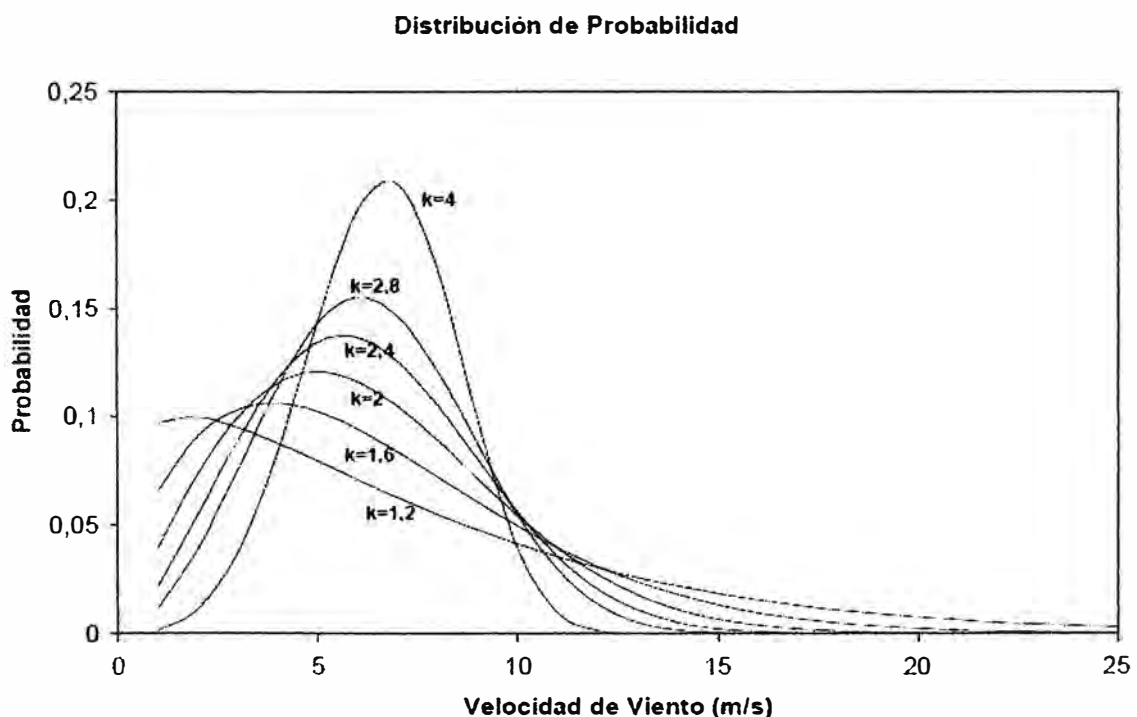


Fig. 2.20 Función de Densidad de Probabilidad de Weibull para $\bar{U} = 8\text{m/s}$

Conocido el valor de k , utilizando la ecuación (2.32) se determina el valor de c , según

$$c = \frac{\bar{U}}{\Gamma_{(1+\frac{1}{k})}} \quad (2.37)$$

Propuesta por Lysen (1983)

El valor del parámetro k se determina a partir de la ecuación (2.36), luego con la relación (2.34), se tiene:

$$\frac{c}{\bar{U}} = \left(0.568 + \frac{0.433}{k} \right)^{1/k} \quad (2.38)$$

Grafica de Weibull

Partiendo de los datos registrados de viento se traza una línea recta, con los valores de la velocidad U en el eje de las abscisas y los valores de $F(U)$, en un papel logarítmico.

Tomando función logarítmica en la ecuación (2.31), se tiene:

$$\ln[\ln(1 - F(U))^{-1}] = k \cdot \ln(U) - k \cdot \ln(c) \quad (2.39)$$

En esta ecuación la pendiente de la recta es el valor de k , luego de la ecuación (2.31) y haciendo $U = c$, se tiene:

$$F(c) = 1 - e^{-1} = 0.632$$

Esto permite obtener un valor estimado para el parámetro c trazando en la grafica una línea horizontal en

$$F(U) = 0.632$$

- **Distribución Rayleigh**

Este es un caso particular de la distribución de Weibull para $k = 2$. Las relaciones para la función de Densidad de probabilidad y Distribución acumulada toman la forma de:

$$p(U) = \frac{\pi}{2} \left(\frac{U}{\bar{U}} \right) \cdot \exp \left[-\frac{\pi}{4} \left(\frac{U}{\bar{U}} \right)^2 \right] \quad (2.40)$$

$$F(U) = 1 - \exp \left[-\frac{\pi}{4} \left(\frac{U}{\bar{U}} \right)^2 \right] \quad (2.41)$$

CAPITULO III

CARACTERISTICAS TECNICAS DE EQUIPOS EOLICOS

3.1 Descripción de la carga

La carga que va a satisfacer la energía eólica , es un pequeño hotel ubicado en la playa de Piura , que funcionara solo en los meses de verano (Dic.- Ene.- feb.- Mar.- Abr.).

Se eligió este periodo , debido a la falta de datos completo de la velocidad del viento para un periodo anual (2012) . Esta playa goza de sol todo el año y sus aguas limpias permiten ver el fondo arenoso de esta. En su entorno hay múltiples locales para atención de turistas.

Su mar es adecuado para múltiples deportes náuticos, entre ellos destaca el windsurf, además es ideal para buceo y pesca, tanto artesanal como deportiva.

Cuenta también con una gran variedad de fauna marina, variedad que se refleja en los platos que se sirve al turista.[8]



Fig. 3.1 Playa Colan - Piura

Ubicación Geográfica

Departamento	Piura
Provincia	Paita
Distrito	Colan
Ubicación	Playa Colan - Km 1019 Panamericana Norte

Se eligió este lugar, Piura por tener buenos vientos durante todos los meses , además de la calidad de sus playas, según se puede apreciar en el mapa eólico del Perú [6], y en los datos recopilados por el sistema Meteorológico "LA ESPERANZA"[8].

Las Dimensiones del Hotel son : Longitud : 35 m Ancho : 18 m



Fig. 3.2 Ubicación del Hotel de Playa

La descripción que a continuación se desarrolla tiene por finalidad la aplicación de los diferentes criterios técnicos y normas establecidas al diseño de la instalación eléctrica.

El lugar edificado es un Pequeño Hotel de 2 pisos, la cual consta de los siguientes ambientes:

Primer nivel

- | | |
|---------------------|-----------------------------------|
| 1. Estacionamiento | 10. Baño Hab. 2 |
| 2. Sala – Comedor | 11. Habitación 3 |
| 3. Patio Lavandería | 12. Baño Hab. 3 |
| 4. Cocina | 13. Baño I |
| 5. Deposito | 14. Habitación 4 |
| 6. Sala de estar 1 | 15. Pasadizos |
| 7. Habitación 1 | 16. Zona usos Múltiples / Baño ZM |
| 8. Baño Hab. 1 | 17. Cuarto de Control |
| 9. Habitación 2 | 18. Zona Reservada |

Segundo nivel

- | | |
|-----------------------|-------------------|
| 19. Recepción | 27. Baño Hab. 7 |
| 20. Baño de Recepción | 28. Habitación 8 |
| 21. Sala de Estar 2 | 29. Baño Hab. 8 |
| 22. Habitación 5 | 30. Habitación 9 |
| 23. Baño Hab. 5 | 31. Baño Hab. 9 |
| 24. Habitación 6 | 32. Habitación 10 |
| 25. Baño Hab. 6 | 33. Baño Hab. 10 |
| 26. Habitación 7 | 34. Pasadizos |

La Energía Eléctrica es suministrada, en los meses de verano por la energía eólica aislada de red, directamente al Tablero general de distribución , en la cual se ha instalado un medidor de energía (kWh). Además se dispone de otro medidor energía (kWh) instalado en una caja porta medidor ubicado en el límite de la propiedad y de la vía pública, para una futura conexión con la red eléctrica.

El suministro es de corriente alterna de 220V y 60 Hz , monofásica.

La instalación comprende:

Un tablero general, donde convergen todos los circuitos , las cuales tendrán protección termomagnética y relé diferencial.

Las ramas de los diferentes circuitos derivados hasta la salida en los tomacorrientes, serán con toma a tierra.

El Alumbrado será utilizando focos led de 7w (220V)

El sistema de puesta a tierra será conectado al tablero general , donde converge la línea a tierra de todos los equipos, laptop , televisores, etc.

Tipos de Instalación:

La tubería utilizada desde el medidor hasta el tablero general, deberá ser empotrada a la pared con material plástico PVC, normalizadas y fabricadas para instalaciones eléctricas, según el acápite 4.5.16 inciso 4.5.16.1 del C.N.E. Las distribuciones en los distintos ambientes serán utilizando tubería empotradas en la pared de material de PVC. De igual manera todos los accesorios (tomacorrientes, interruptores termomagneticos), irán empotrados dentro de cajas metálicas fabricadas y normalizadas según el sub-capitulo 4.6, acápite 4.6.1.1 al 4.6.4.3 de C.N.E. (Los planos del hotel se presentan en el anexo A)

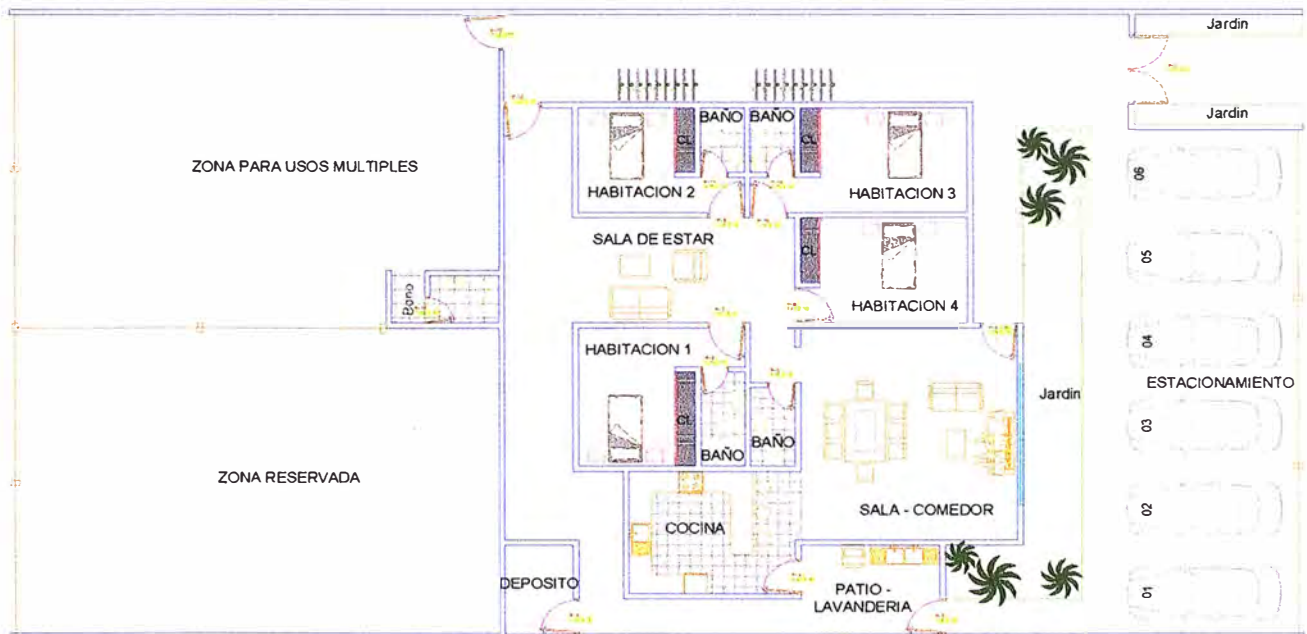


Fig. 3.3 Plano de Distribución – Primer Nivel

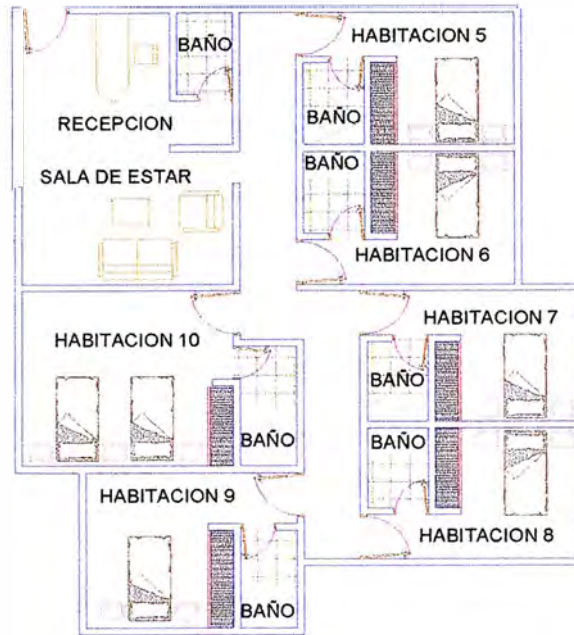


Fig.3.4 Plano de Distribución – Segundo Nivel

3.2 Parámetros característicos de aerogeneradores

- **Diámetro de rotor**

Como se menciona en el capítulo II este parámetro está ligado a la potencia que puede generar la turbina de viento, a continuación un gráfico que muestra dimensiones típicas de rotores en función a la potencia que se desea obtener.

(Fig. 3.5)

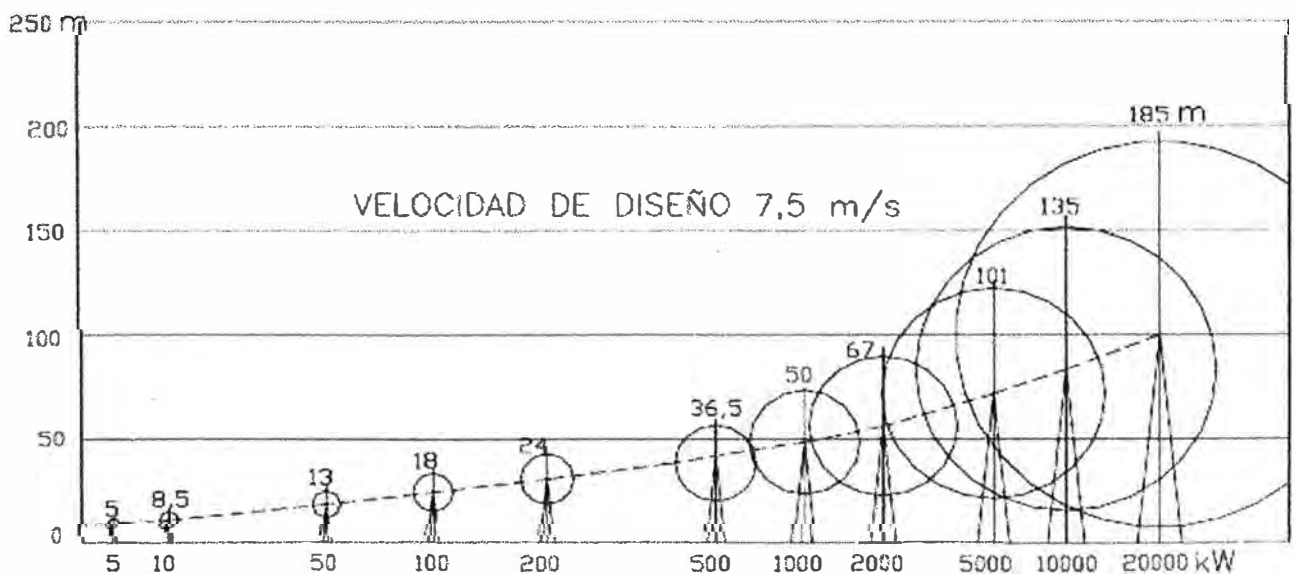


Fig. 3.5 Dimensiones típicas de rotores de eje horizontal en función a la potencia a obtener para velocidades de diseño de 7.5 m/s

- **Velocidad de diseño**

También puede ser considerada como la velocidad nominal de operación y se refiere a la velocidad de viento en la cual la turbina genera su potencia nominal.

- **Velocidad de Arranque (Star up wind speed)**

Velocidad de viento en la cual las fuerzas generadas en el rotor vencen la inercia y resistencia del mismo y la turbina empieza a girar.

- **Velocidad de inicio de carga (cut-in wind speed)**

Velocidad de viento en la que el rotor alcanza la RPM necesaria para que el voltaje del generador supere el del banco de baterías y puede entregar energía en forma de corriente eléctrica.

- **Velocidad de protección (Furling wind speed)**

Velocidad de viento en que actúa el sistema de protección. En los casos que el viento ha superado la velocidad de trabajo, en la que se alcanza la máxima potencia del aerogenerador, y llega a la velocidad de parada. Existen varios tipos y naturaleza de dispositivos para lograr este control, presentándose los más significativos.

Aleta estabilizadora: Este es un sistema de orientación pasivo en una turbina, el cual puede asociarse a un resorte que ponga en funcionamiento (posición inicial) al aerogenerador cuando la velocidad del viento este por debajo de la velocidad máxima que puede soportar el aerogenerador, incluso su acción puede ser progresiva, en efecto el ángulo que forma el plano de la hélice con el viento depende de la presión sobre la pala y la velocidad de rotación disminuirá hasta cero cuando el ángulo pase de 90° a 0° . Este mecanismo de orientación es ampliamente utilizado como se muestra en la Fig. 3.6. [9]

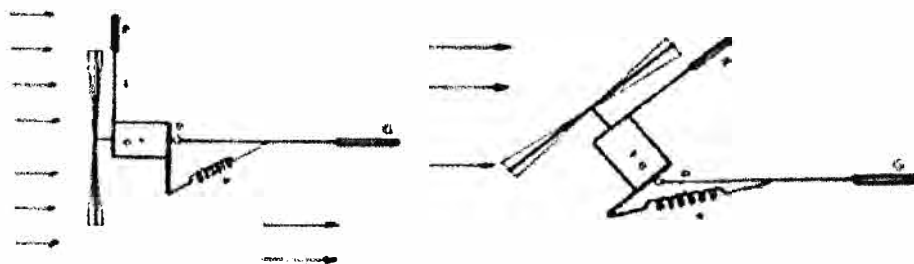


Fig.3.6 Mecanismo de regulación con aletas estabilizadoras

Angulo de paso fijo y variación del área de captación: El principio fundamental de este sistema es reducir el área de captación o área del rotor en posición perpendicular a la corriente del aire incidente cuando la velocidad supera cierto valor crítico o de corte. El sistema para la detección de la energía en exceso y el de actuación lo forman el mismo rotor y su vinculación a la torre a través del nacelle.

Al incidir el viento sobre el rotor se genera sobre este una fuerza en la dirección y sentido de la corriente de aire. Si el eje del rotor, lugar donde se aplica esta fuerza, no pertenece al plano vertical que contiene al eje de la torre, donde gira el conjunto nacelle-rotor según la dirección del viento, se producirá un momento que desalineara al rotor respecto a la dirección del viento. Si es limitado este giro mediante un resorte calibrado unido por un lado al rotor y por el otro a la estructura de la cola del molino se logra que solamente cuando existan corrientes de aire a velocidades superiores a la nominal se presente la desalineación mencionada, llamándose este sistema "furling". (Fig. 3.7)

Es utilizado corrientemente en equipos de hasta 5 kW. [9]

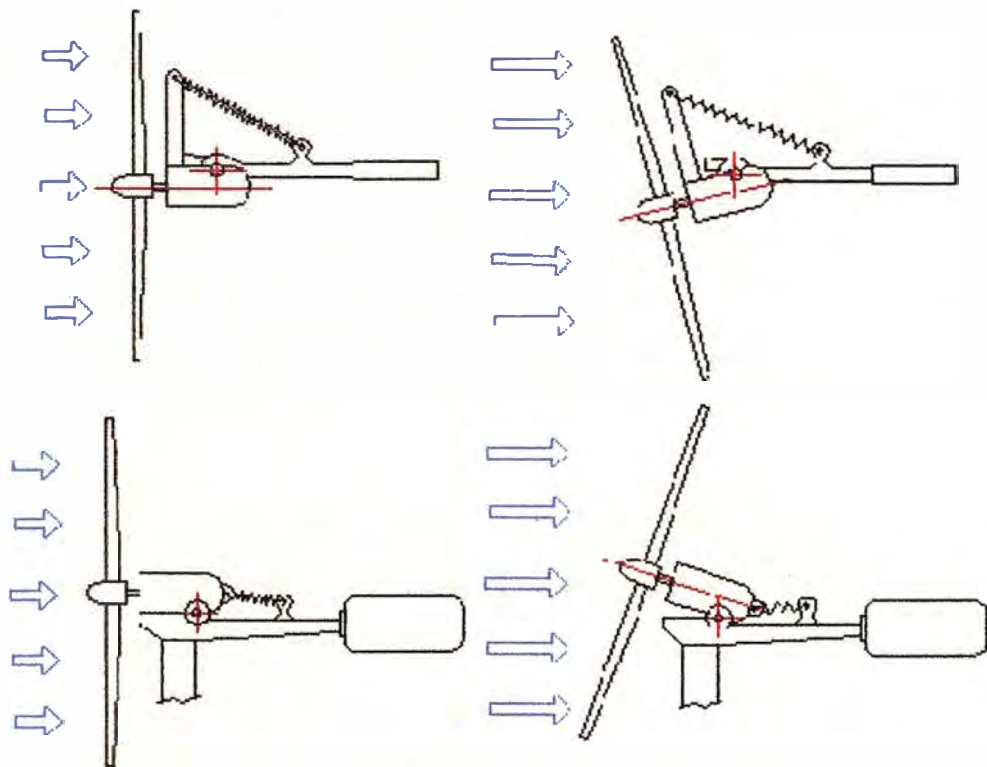


Fig.3.7 Mecanismo de regulación con ángulo de paso fijo y variación del área de captación

3.3 Características de controladores de carga

Los controladores de carga o reguladores de voltaje son sistemas de protección que proveen al aerogenerador de mayor confiabilidad en su operación. Sus funciones principales son

- Controlar la carga sobre los aerogeneradores de modo que optimice la velocidad y no ocurra el caso de que la turbina opere en vacío con el consiguiente peligro para el rotor debido al embalamiento.
- Para un mantenimiento correcto de las baterías, impide que la carga de las baterías sea demasiado elevada o demasiado baja, y garantiza la máxima duración de las mismas

Existen diferentes tecnologías en el diseño de los reguladores de voltaje, entre las principales están

- **Modulación del ancho de Pulso (PWM)**

Mediante el encendido y apagado de contactores a una alta frecuencia utilizando MOSFETS u otro tipo similar de dispositivo, se logra controlar el nivel de voltaje que reciben las baterías desde el sistema de generación de energía. Uno de los problemas de este sistema es que puede causar interferencia radial.

- **Control de carga escalonado**

Este sistema se aplica en el caso de turbinas de viento y consiste en una serie de resistencias que pueden ser conectadas en diferentes combinaciones de modo que la turbina no sea sometida a esfuerzos excesivos debido al súbito aumento en el torque de carga.

- **Regulador “SHUNT”**

Este sistema mayormente aplicado en turbinas de viento consiste simplemente en una resistencia colocada en paralelo con el aerogenerador, cuando la batería supera el límite permisible de voltaje la carga se conecta con el aerogenerador evitando que la batería reciba el exceso de energía y a la vez manteniendo el rotor en velocidades que no sean peligrosas estructuralmente. Este sistema ya no es utilizado por equipos comerciales a nivel internacional.

Otras características importantes que pueden tener los reguladores de voltaje son :

- Evitar una descarga excesiva de las baterías por parte del usuario desconectando las cargas de consumo cuando se llega a esta situación.
- Sistema de reconexión ya sea manual o automático.
- Alarma de advertencia de baja carga de las baterías.
- Sistema automático para conexión y desconexión de la alarma.

3.4 Características de baterías

La función de las baterías es el almacenar energía para utilizarla de manera constante, es la única forma de almacenar energía eléctrica en sistemas eólicos y solares.

Los tipos de baterías se agrupan en :

- **Baterías de arranque:**

A este grupo pertenece las baterías de automóvil, debido a su uso están diseñadas con placas gruesas preparadas para soportar cargas y descargas de alta corriente en cortos períodos de tiempo y son de corta vida útil.

- **Baterías de tracción:**

Estas baterías están preparadas para soportar descargas moderadas en tiempos relativamente largos, tienen su campo de aplicación en motores que operan ininterrumpidamente como las fajas transportadoras.

- **Baterías estacionarias:**

Son las baterías de ciclo profundo y se utilizan en sistemas eólicos y solares. Su característica principal es que soportan mayor descarga que los otros tipos de baterías pudiendo llegar hasta el 70% de su capacidad.

Los parámetros principales que describen a las baterías:

- **Capacidad:**

Es la cantidad de energía que se le puede dar o recibir de ella. La unidad de carga es el Amperio-hora (A-h). (Fig. 3.8)

- **Grado de descarga:**

Es la capacidad en función del tiempo, es decir, la cantidad de energía que se puede obtener de una batería considerando el tiempo que se empleara en descargarla, esta capacidad es evidentemente variable. Usualmente se le designa como C_r , por ejemplo C_{10} representa la capacidad de la batería si es descargada en 10 horas.

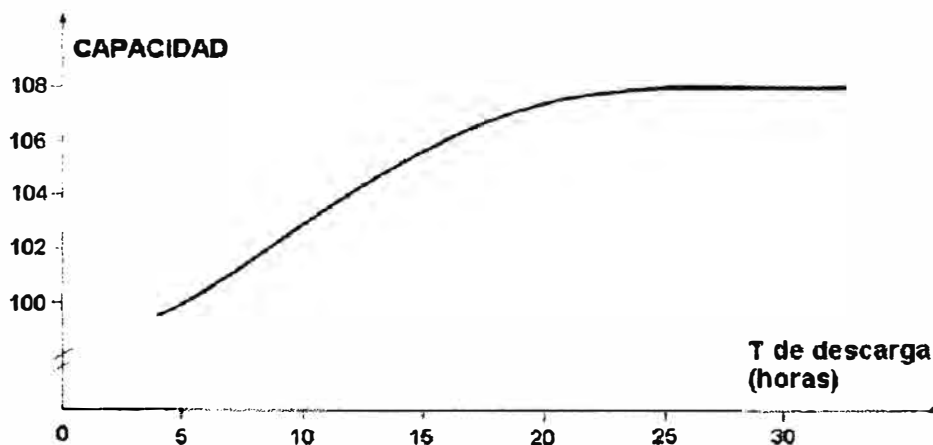


Fig. 3.8 Capacidad en función al tiempo de descarga en horas

- **Estado de carga:**

Es la cantidad de energía aun disponible en la batería. En el caso de baterías estacionarias este puede llegar hasta el 30%. Para baterías de arranque no debe sobrepasar el 80%.

- **Autodescarga:**

Es sabido que debido a su resistencia interna, las baterías sufren una descarga lenta, que llega a vaciarlos, si no se repone la energía perdida. El coeficiente de autodescarga de cada acumulador, viene fijado por el fabricante. (Fig. 3.9)

- **Vida de la batería:**

Está definida como el número de ciclos después de los cuales la capacidad total de la batería cargada es solo el 80% de lo que era al principio.

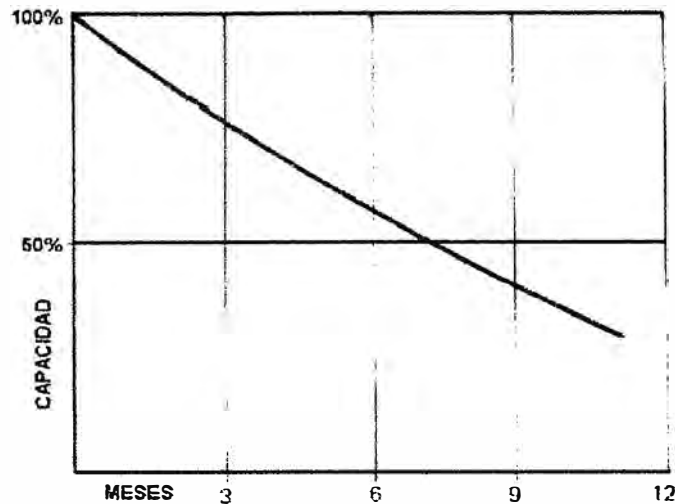


Fig. 3.9 Curva típica de autodescarga

- **Ciclo:**

El ciclo es una secuencia de carga y descarga. Un ciclo profundo significa que mucha energía ha sido liberada, por ejemplo el 70%, y lo contrario es un ciclo superficial.

Como todo equipo las baterías presentan algunas desventajas, entre las principales se pueden mencionar.

- Tienen corta vida útil, normalmente 1000-2000 ciclos de carga y descarga. Normalmente esto se traduce en un tiempo de aproximadamente 3-5 años, y en el caso de los aerogeneradores usualmente superior a los 10 años.
- Elevado peso, generalmente 4 – 6 kg.
- Baja eficiencia, en el caso de baterías de arranque solo se puede usar hasta el 30% de su capacidad, en el caso de baterías de ciclo profundo se puede usar hasta el 70% de su capacidad.
- Existe muchas sustancias tóxicas y corrosivas en su composición como el plomo y el ácido sulfúrico. Si hay un corto circuito la batería se recalienta y puede escaparse el ácido sulfúrico.

3.5 Características de inversores

Un inversor es un dispositivo que convierte la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA). Se utilizan para artefactos eléctricos que requieren CA o para hacer conexiones a una red CA. La selección debe hacerse teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- **Voltaje de Entrada en Corriente Continua:**

Valores comunes son 12, 24, 48 VDC.

- **Voltaje de Salida en Corriente Alterna:**

Los valores más comunes son 110/120 , 220/230 VAC y frecuencias de 50 y 60 Hz, algunos fabricantes ofrecen 220/230 VAC y 60Hz que corresponde a nuestro medio.

- **Potencia Nominal**

Es la potencia en operación que puedan requerir las cargas de consumo.

- **Potencia Pico**

Los picos de potencia que puedan requerir las cargas de consumo como por ejemplo el arranque de motores eléctricos de electrodomésticos, deben considerarse para que cuando se presente esta eventualidad el inversor no sea dañado.

- **Forma de la Onda Alterna de salida**

Se emplean las formas senoidal modificada y senoidal pura. Es preferible la forma senoidal pura pues garantiza valores correctos de voltaje y potencia de salida, alta eficiencia para el sistema eléctrico y mayor vida para las baterías. Los inversores no senoidales causan voltajes incorrectos que dificultan la operación de equipos, producen distorsión armónica que causa interferencia en comunicaciones y recalentamiento de los equipos eléctricos en uso.

3.6 Opciones de equipos

3.6.1 Opciones de aerogeneradores

En la tabla n° 3.1 se muestran especificaciones de aerogeneradores presentes en el mercado mundial, ambos aerogeneradores cuentan con un distribuidor local. El distribuidor de Bergey BWC XL.1 en el Perú es Energía Innovadora SAC (Arequipa) y de Bornay es CIME Comercial S.A.[11]

TABLA N° 3.1 Especificaciones de Aerogeneradores

		AEROGENERADORES	
		BWC XL.1	BORNAY 1500
ESPECIFICACIONES	Fabricante	Bergey Windpower Co.	Bornay
	País	EEUU	ESPAÑA
	FISICAS		
	Diámetro del rotor	2.5 m	2.86 m
	Numero de Alabes	3	2
	Peso de Aerogenerador	34 kg	41 kg
	Regulación Max. Velocidad	cola pivotante	regulador electrónico/ pasivo por inclinación
	OPERACIÓN		
	Velocidad de Arranque	3 m/s	3.5 m/s
	Velocidad de Inicio de carga	2.5 m/s	—
	Potencia Nominal	1000 W	1500 W
	Velocidad Nominal	11 m/s	12 m/s
	Potencia Pico	1200 W	1700 W
	Velocidad de Protección Aerodinámica	13 m/s	14 m/s
	ELECTRICAS		
	Voltaje - carga de baterías	24 VDC	24 , 48 , 120 VDC
	Regulador de voltaje	Power Center	24V- 80 A
	TORRES		
	Tipo : Tubular / Estructural	Tubular ϕ 89 mm (3.5')	Torre auto soportada ϕ 50mm espesor
	Alturas	9 ; 13 ; 20 ; 26 ; 32 m	14 m
INFORMACION EN ANEXOS	Anexo E	Anexo E	

3.6.2 Opciones de controladores de carga

En la tabla n° 3.2. Se muestran especificaciones de controladores de carga o reguladores de voltaje que tienen aplicaciones en sistemas híbridos , en lo que respecta a Xantrex si cuenta con representante en el mercado local, el distribuidor en el Perú es CIME Comercial S.A.

Estos reguladores tienen uso en las siguientes aplicaciones:

- Sistemas eólicos, sistemas hidráulicos, sistemas híbridos (solar, eólica, hidráulica)
Conexión de una carga de disipación al sistema mientras se regula el voltaje con tecnología PWM.
- Desconexión de bajo voltaje (LVD)
Desconexión de la alimentación de las baterías a las cargas de consumo cuando las baterías alcanzan su voltaje mínimo de operación.

TABLA N° 3.2 Especificaciones de controladores de carga

	CONTROLADORES DE CARGA		
	C35	C40	C60
Fabricante	XANTREX	XANTREX	XANTREX
País	Canadá	Canadá	Canadá
Voltajes de Carga (V)	12 y 24	12, 24 y 48	12 y 24
Corriente Nominal(A)	35	40	60
Algoritmo de Operación	PWM	PWM	PWM
Dimensiones (mm)	203 x127 x 64	254 x 127 x 64	254 x 127 x 64
Peso (Kg)	1.2	1.4	1.4

3.6.3 Opciones de batería

La tabla n° 3.3 muestra especificaciones de la baterías TROJAN presente en el mercado local. Por lo general sistemas pequeños requieren capacidades nominales de 100 A-h, sistemas medianos unos 200 A-h y sistemas grandes más de 350 A-h. uno de los distribuidores de baterías Trojan en el Perú es : VEIZHA SAC.[16]

TABLA N° 3.3 Especificaciones de Baterías

	BATERIAS	
	T-105	J185H
Fabricante	TROJAN	TROJAN
País	EEUU	EEUU
V (Nominal)	6	12
Capacidad a 20 Horas (A-h)	225	225
Capacidad a 100 Horas (A-h)	250	249
Aleación placas / electrolito	Pb-Sb / Acido sulfúrico	Pb-Sb / Acido sulfúrico
largo x Ancho x Altura (mm3)	264 x 181 x 276	380 x 176 x 374
Peso (Kg)	28	58
Información en Anexos	Anexo F	Anexo F

3.6.4 Opciones de inversores

Algunos inversores se muestran en la tabla n° 3.4. El inversor EXELTECH , no cuentan con representantes en el mercado local.[17]

TABLA N° 3.4 Especificaciones de inversores

	INVERSORES	
	Serie MX	Phoenix 1200 VA
Fabricante	EXELTECH	BORNAY
País	EEUU	ESPAÑA
Onda de Salida	Senoidal	Senoidal
Potencia Nominal (W)	Módulos 1000W (de 1kW a 20kW)	1000W
Voltaje de Entrada (VDC)	12 ; 24 ; 32 ; 48 ; 66 ; 108	12 ; 24 ; 48
Voltaje de Salida (VAC)	100 ; 120 ; 220	220
Frecuencia (Hz)	50 ; 60 ; 400	50
Dimensiones (mm)	178 x 253 x 381 (1 a 3 Kw)	108 x 165 x 305
Peso	3.4 kg por modulo	8.5 kg
Información en Anexos	Anexo G	Anexo G

CAPITULO IV

ANALISIS Y RESULTADOS

4.1 Evaluación de los recursos eólicos

La información utilizada para evaluar el potencial eólico, corresponde a los datos recopilados por la estación Meteorológica Convencional La Esperanza, Ubicado en Piura , Provincia de Paita , distrito de Colan. Dicha estación Monitorea la temperatura máxima y mínima, las precipitaciones y la velocidad del viento.



Fig. 4.1 Estación Meteorológica " La Esperanza "

Como se ha mencionado previamente, los parámetros de interés para evaluar el potencial eólico son la velocidad del viento y la dirección del viento, siendo de mayor interés , el primero de ellos.

Actualmente la estación meteorológica "LA ESPERANZA", ubicada en Piura, Paita es de tipo convencional.[8]

Toda la información recopilada por la estación meteorológica se encuentra en el Anexo H (promedio diario de la velocidad de viento, temperatura), para obtener los parámetros de weibull se han procesado los datos correspondientes a los meses de funcionamiento del Hotel , que va a ser los meses de verano.

4.1.1 Determinación de parámetros de distribución Weibull

Los datos de velocidad de viento se procesan de modo que se tenga el número de horas de ocurrencia de una determinada velocidad de viento (Distribución de frecuencias) y el número de horas acumuladas en que la velocidad del viento es menor a un valor dado (Distribución acumulada). Esto lo realizamos como un ejercicio , debido a que no contamos con registros anuales de velocidad del viento y solo se ha considerado los meses de funcionamiento del hotel. Se ha contabilizado que tenemos en dicho periodo 3600 Horas.

TABLA N° 4.1 Distribución de frecuencias y distribución acumulada - verano 2013

V (m/s) (U)	Dist. De Frecuencias p(U) (N° Horas al año)	Dist. Acumulada P(U)	F(U)= P(U)/3600
1	0	0	0.00000
2	72	72	0.02000
3	0	72	0.02000
4	384	456	0.12667
5	0	456	0.12667
6	1680	2136	0.59333
7	0	2136	0.59333
8	1248	3384	0.94000
9	0	3384	0.94000
10	216	3600	1.00000
11	0	3600	1.00000

para determinar los parámetros "c" y "k" se utiliza el método de la grafica de Weibull detallado previamente. Para este método es necesario que $F(U)$ sea expresado como fracción del número de horas totales 3600.

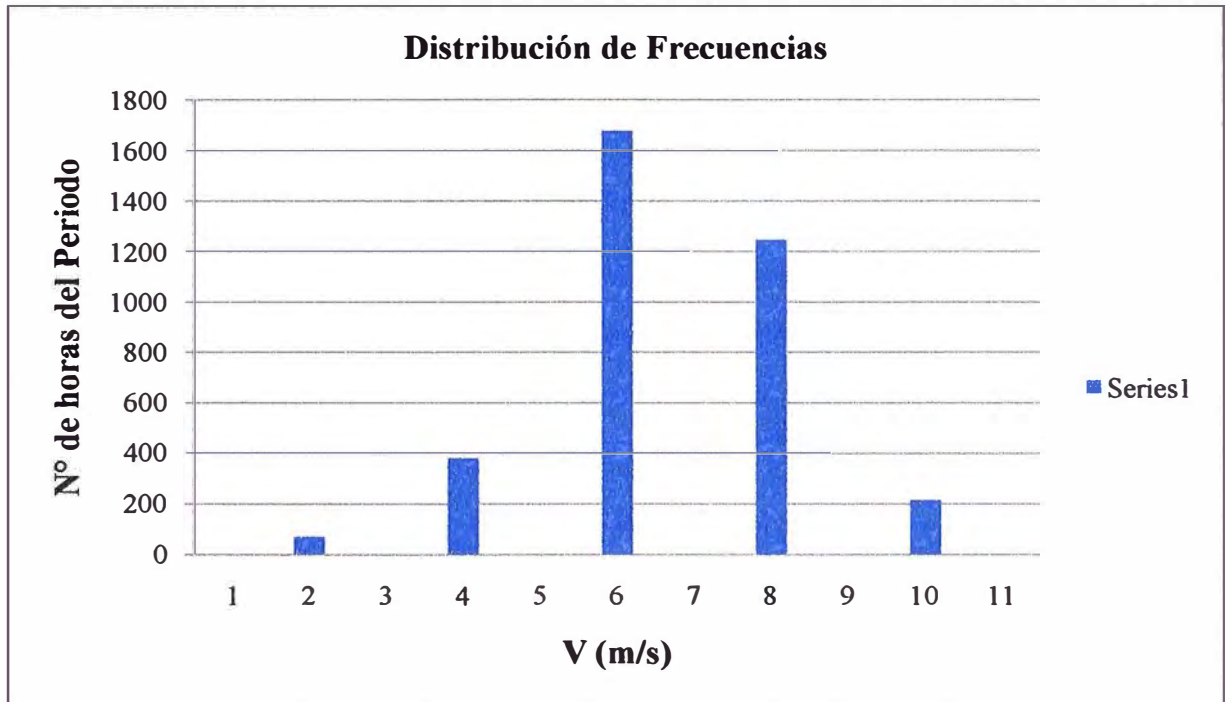


Fig. 4.2 Distribución de Frecuencias

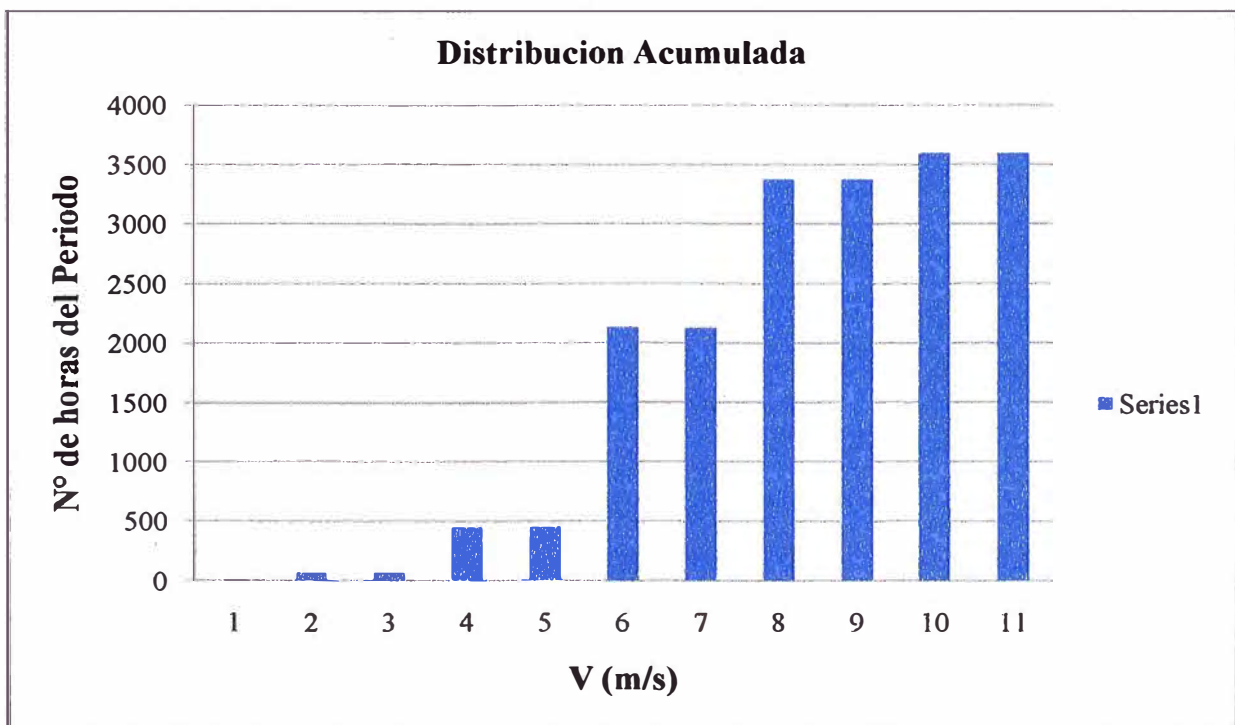


Fig. 4.3 Distribución Acumulada

Los valores hallados para $F(U)$ mostrados en la tabla n° 4.1 se utilizan para dar forma a la recta expresada en la ecuación (2.39), la cual puede ser expresada :

$$Y = k \cdot X + B \quad (4.1)$$

Siendo:

$$Y = \ln(\ln[1 - F(U)]^{-1}) \quad (4.2)$$

$$X = \ln(U) \quad (4.3)$$

$$B = -k \cdot \ln(c) \quad (4.4)$$

De acuerdo a lo expuesto anteriormente (k) es el parámetro de forma y (c) el parámetro de escala. Al graficar los valores de X vs Y para los valores de $F(U)$ mostrados en la tabla n° 4.1, se obtiene lo siguiente.

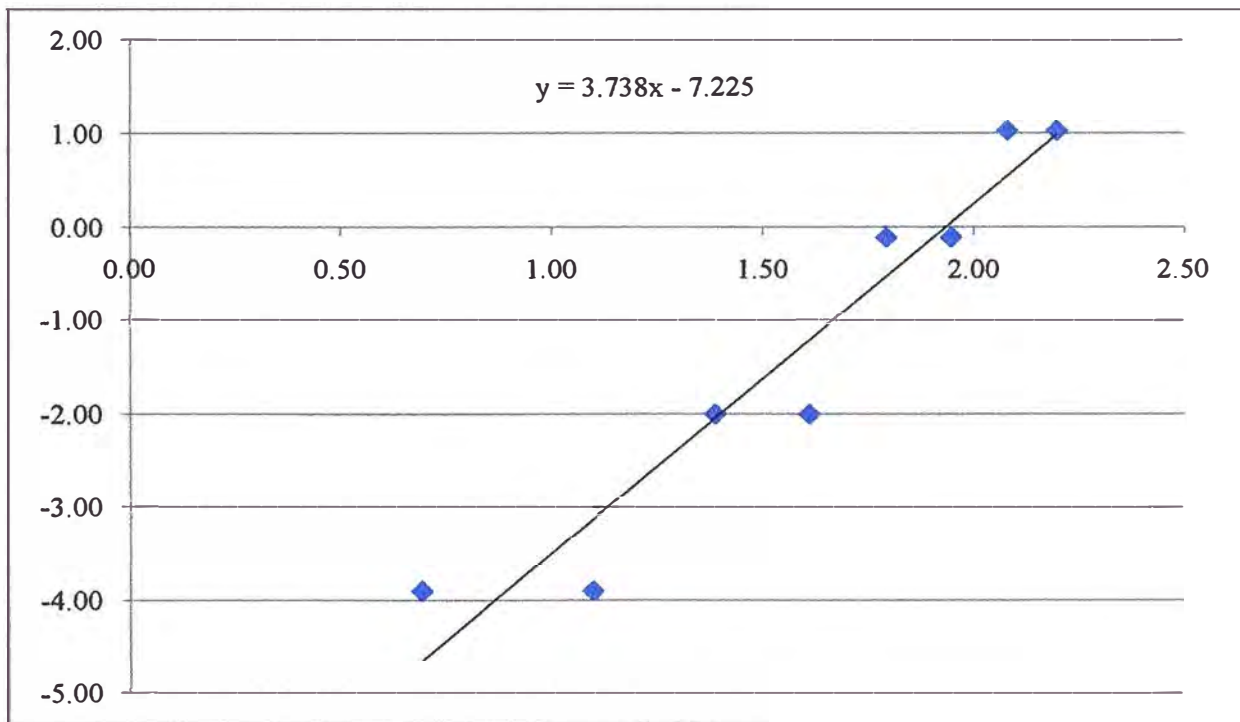


Fig. 4.4 Grafica Weibull

Se muestra en la grafica la ecuación de recta de ajuste, para los valores dados:

$$Y = 3.738 \cdot X - 7.225 \quad (4.5)$$

Esta recta corresponde a la forma dada en la ecuación (4.1), por lo que identificandolos términos, se deduce

$$k = 3.738$$

De la ecuación (4.4) $c = 6.909 \text{ m/s}$

Para obtener la ecuación de la recta mostrada en la ecuación (4.5) que corresponde a la recta de mejor ajuste de los datos mostrado en la Fig. 4.4 , se ha utilizado el método de regresión lineal.

Conocidos los parámetros "k" y "c" las ecuaciones (2.30) y (2.31) correspondientes a la función de densidad de probabilidad y función de densidad acumulada , pueden ser graficadas para diferentes valores de velocidad de viento.

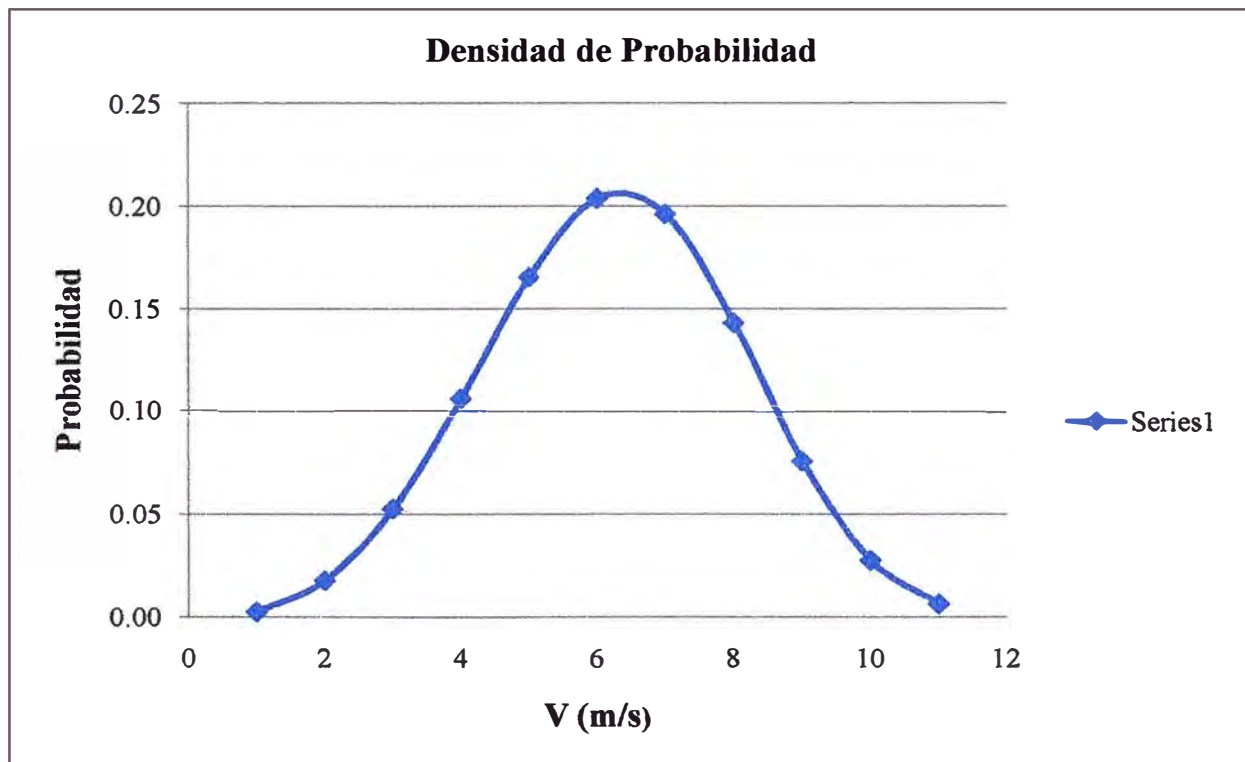


Fig. 4.5 Función de densidad de probabilidad

De la tabla nº 2.3 y con el valor del coeficiente "k" , se determina el valor de la función Gamma, y aplicando la ecuación (2.32) se halla el valor de la velocidad promedio para el periodo de verano 2013 , en la localidad de Playa Colan - Piura.

Para un valor de $k = 3.738$, se ha realizado una interpolación lineal, para lo cual se ha obtenido un valor de:

$$\Gamma_{(1+\frac{1}{k})} = 0.902915 \quad \text{para } k = 3.738$$

Luego: $\bar{U} = c \cdot \Gamma_{(1+\frac{1}{k})}$ con $c = 6.909 \text{ m/s}$

$$\bar{U} = 6.24 \text{ m/s}$$

La Función de densidad de probabilidad puede ser expresada de forma discreta para valores puntuales de velocidad de viento, esto tiene particular utilidad para estimar la salida eléctrica de los aerogeneradores, pues los fabricantes proporcionan datos de potencia vs velocidad de viento de manera similar.

La ecuación (2.30) con los parámetros $k = 3.738$ y $c = 6.909 \text{ m/s}$ permiten hallar dichos valores de probabilidad para valores específicos de velocidad de viento.

TABLA N° 4.2 Probabilidad de velocidad de viento

V(m/s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P(U) %	0.27	1.80	5.27	10.64	16.56	20.38	19.62	14.33	7.60	2.77	0.65

Los datos de la función de densidad de Weibull de la Fig. 4.5 o hallados mediante la ecuación (2.35) aplicados a un número de horas de funcionamiento del hotel 3600 horas tienen como resultado el número de horas en que puede expresarse una determinada velocidad de viento.

TABLA N° 4.3 Horas de viento en el periodo de funcionamiento del hotel

V(m/s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Horas	10	65	190	383	596	734	706	516	274	100	23

Los valores de la tabla n° 4.3 pueden expresarse gráficamente en la Fig. 4.6

La velocidad promedio (\bar{U}) puede ser también calculada utilizando los datos reales de distribución de frecuencias mostrado en la tabla (4.1), según la siguiente relación.

$$\bar{U} = \frac{\sum_{j=1}^{11} U_j \cdot N_j}{\sum_{j=1}^{11} N_j} = 6.64 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (4.6)$$

Siendo: U_j : Velocidad del viento

N_j : Numero de horas en que ocurre N_j

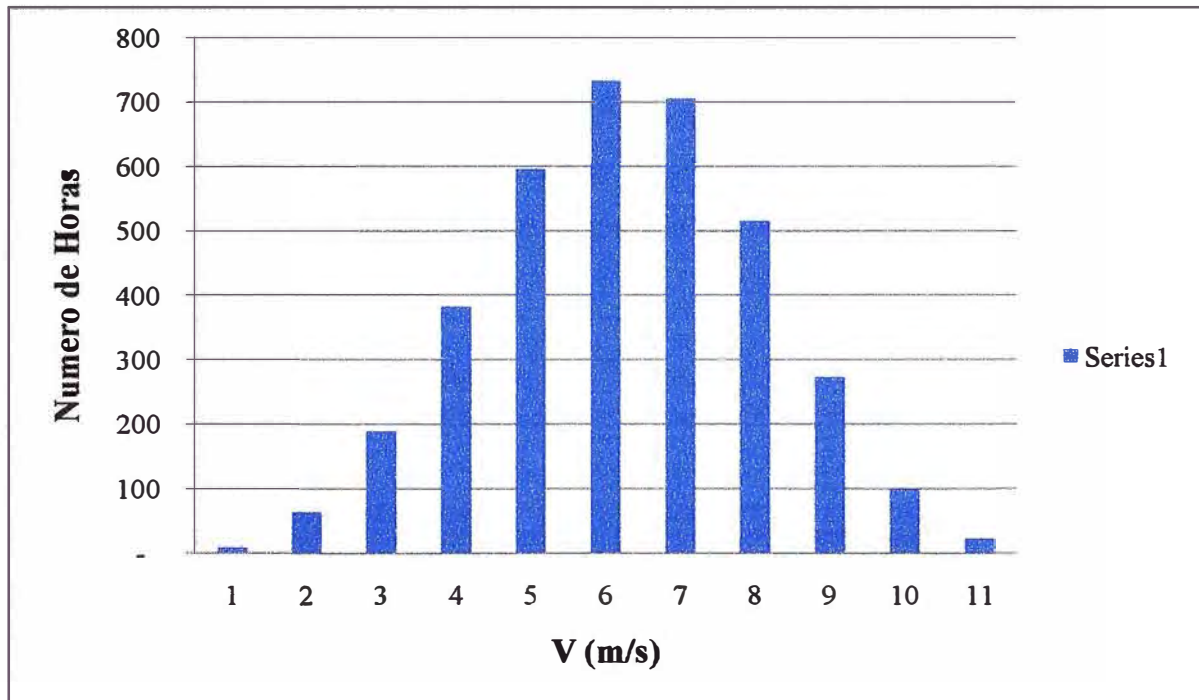


Fig. 4.6 Numero de Horas por velocidad de viento

4.2 Salida eléctrica de aerogeneradores

Generalmente los fabricantes de aerogeneradores proporcionan como información técnica de sus productos las siguientes curvas características.

- Potencia vs Velocidad de viento. Indica la Potencia eléctrica útil que un aerogenerador produce a una determinada velocidad de viento.
- Salida de energía mensual o anual vs velocidad promedio de viento. Indica la energía eléctrica útil que un aerogenerador puede producir según la velocidad promedio de viento presente en el lugar de instalación del equipo. Generalmente se presenta este valor estimado al mes o al año.

Para utilizar correctamente la información del fabricante es necesario contar con datos de viento del lugar donde se va a realizar la instalación del aerogenerador , como por ejemplo la distribución de frecuencias. (Fig. 4.2).

La estimación de la salida de energía se hace aproximando la distribución de frecuencias de velocidades de viento a distribuciones matemáticas como la de Weibull o de Rayleigh, lo cual es , comúnmente, especificado en las fichas técnicas.

A continuación se muestra una selección de los aerogeneradores que podrían ser considerados en la instalación, para lo cual se muestra la tabla de datos técnicos, como son diámetro entre aspas, área de barrido, velocidad de arranque, velocidad nominal y velocidad de corte, también se muestra el tipo de generador que utilizan así como su curva de generación. Los generadores que se analizan son los indicados en el apartado 3.6.1.

4.2.1 Aerogenerador Bornay 1500

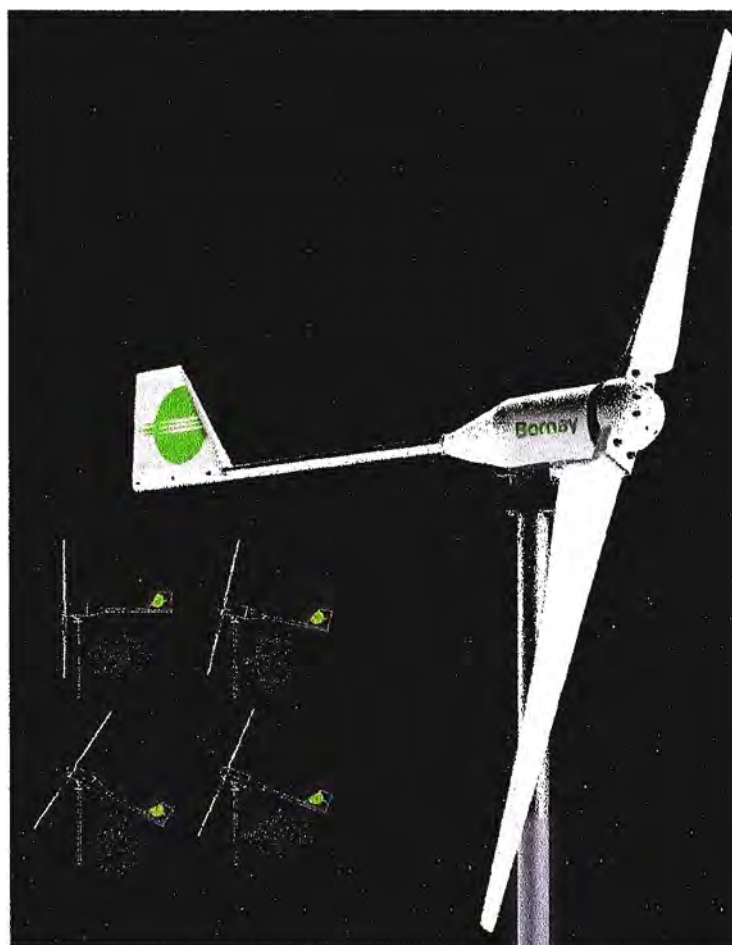
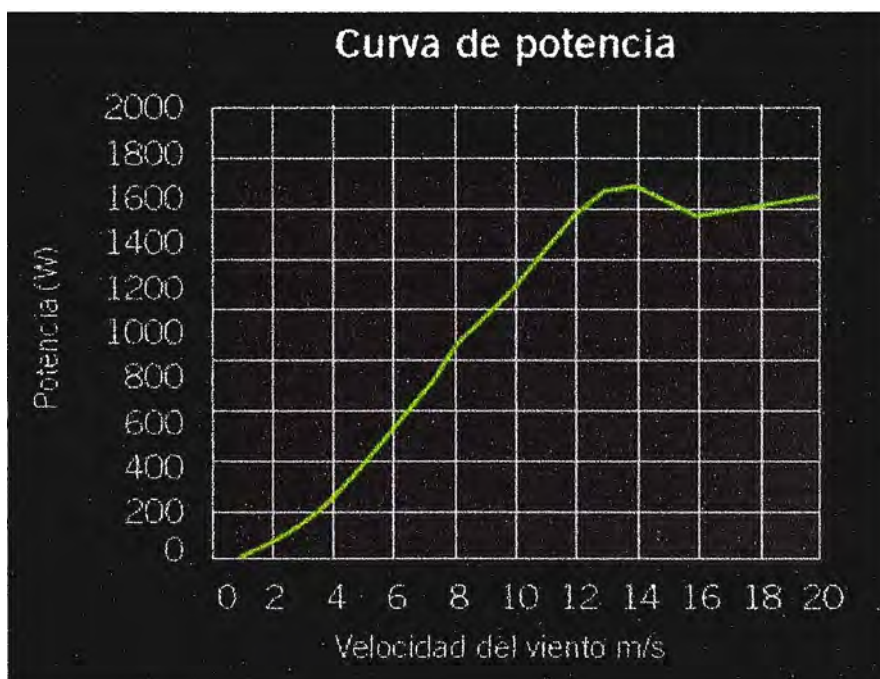


Fig. 4.7 Aerogenerador Bornay 1500

TABLA N° 4.4 Especificaciones Técnicas Aerogenerador Bornay 1500

ESPECIFICACIONES BORNAY 1500	
Diámetro del rotor	2.86 m
Numero de Alabes	2
Peso	41 kg
Regulación máxima	Regulador electrónico Pasivo por inclinación
Velocidad de arranque	3.5 m/s
Velocidad de inicio de carga	
Potencia Nominal	1500 W
Velocidad nominal	12 m/s
Potencia Pico	1700 W
Velocidad de protección	14 m/s
Voltaje de carga de baterías	24 V DC

**Fig. 4.8** Curva de Potencia Bornay 1500

Si analizamos la grafica (Fig.4.8) muestra la curva de potencia de salida para el aerogenerador Bornay 1500 , se puede observar, que la velocidad de arranque (3.5 m/s) está por debajo de la velocidad promedio del periodo a evaluar y cuando alcanza una velocidad promedio (periodo de verano) 6.64 m/s , se tiene una potencia aproximadamente 600 W.

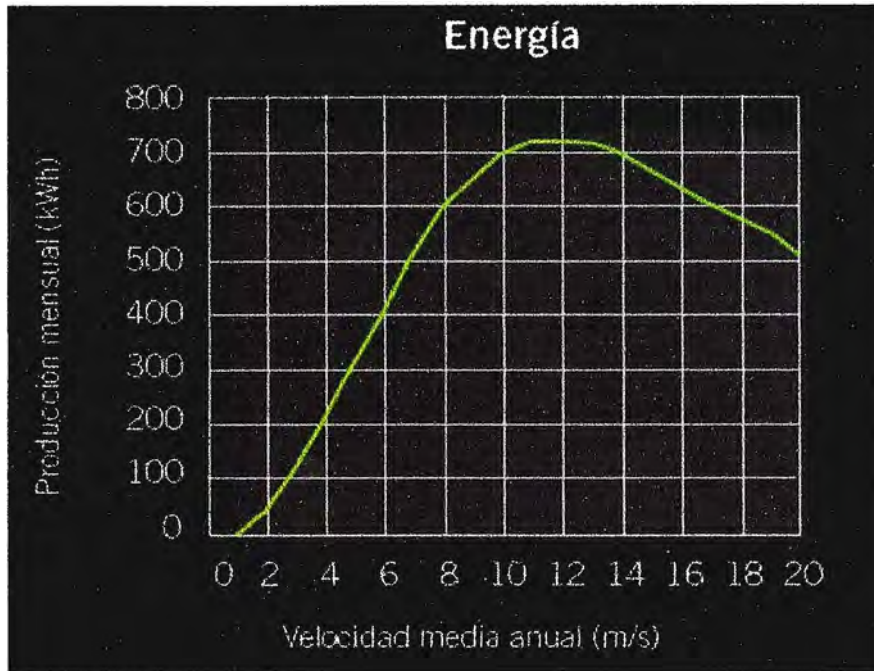


Fig. 4.9 Curva de Energía mensual

La siguiente grafica (Fig. 4.9), se muestra la energía mensual que brinda el aerogenerador, para nuestra velocidad promedio de 6.64 m/s tendremos aproximadamente 500 kWh por mes. Si deseamos calcular el valor de C_p del aerogenerador, lo primero que debemos calcular es la potencia extraíble del viento, para lo cual utilizaremos la ecuación (2.14).

Considerando:

$$\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{radio del aerogenerador} = 1.43 \text{ m}$$

$$\text{Velocidad promedio de viento (U)} = 6.64 \text{ m/s}$$

$$\text{Reemplazando valores: } P = \frac{1}{2} \left(1.225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \left(6.64 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^3 \cdot \pi (1.43 \text{ m})^2 = 1151.9 \text{ W}$$

En base a los resultados de la grafica (Fig. 4.8) y la Potencia extraíble del viento para una velocidad promedio 6.64 m/s, según la ecuación (2.14) $C_p = 0.52$, dicho coeficiente no es constante y varía con la velocidad del viento, la velocidad de rotación de la turbina y parámetros de las hélices.

Para nuestro Informe calcularemos la energía producida por el aerogenerador, usando los datos de la tabla n° 4.1, que son las velocidades del viento que se presentan en la temporada de verano 2013, además los valores de la potencia eléctrica útil del aerogenerador han sido tomados de las curvas que proporciona los fabricantes en su información técnica. (Fig. 4.8)

TABLA N° 4.5 Salida eléctrica Aerogenerador Bornay 1500

Energía Generada Aerogenerador Bornay 1500			
Velocidad Viento (m/s)	N° Horas Periodo Verano	Potencia (w)	Energía Kw-h
1	0	0	0
2	72	0	0
3	0	0	0
4	384	220	84
5	0	310	0
6	1680	420	706
7	0	510	0
8	1248	600	749
9	0	650	0
10	216	700	151
11	0	720	0
			1690

4.2.2 Aerogenerador Bergey BWC XL.1

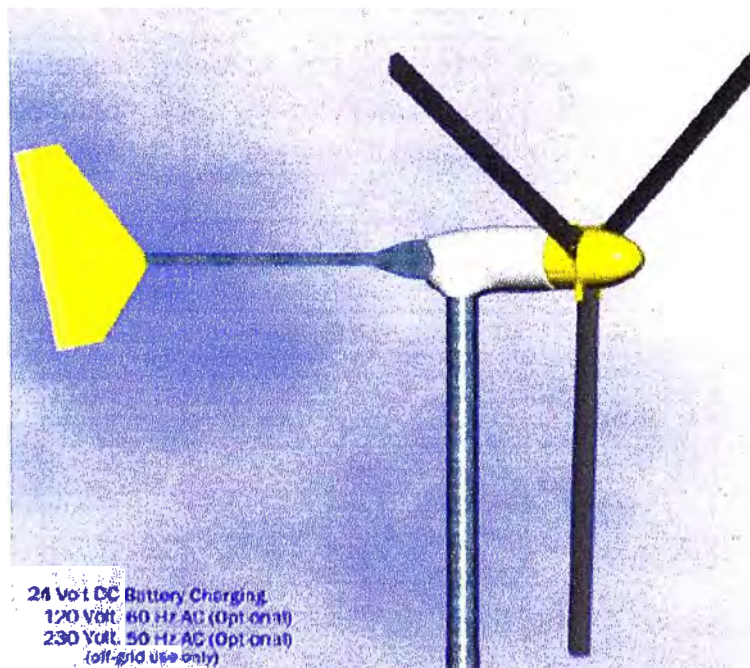
**Fig. 4.10 Aerogenerador Bergey BWC XL.1**

TABLA N° 4.6 Especificaciones Técnicas Aerogenerador Bergey BWC XL.1

ESPECIFICACIONES TECNICAS BWC XL.1	
Diámetro del rotor	2.5 m
Numero de Alabes	3
Peso	34 kg
Regulación máxima	Cola pivotante
Velocidad de arranque	3 m/s
Velocidad de inicio de carga	2.5 m/s
Potencia Nominal	1000 W
Velocidad nominal	11 m/s
Potencia Pico	1200 W
Velocidad de protección	13 m/s
Voltaje de carga de baterías	24 V DC

En este caso el fabricante presenta una tabla de de salida de potencia eléctrica para las distintas velocidades del viento , las cuales se encuentran en la Información técnica del fabricante. (Anexo E)

TABLA N° 4.7 Salida eléctrica Aerogenerador Bergey BWC XL.1

Energía Generada Aerogenerador Bergey BWC XL.1			
Velocidad Viento (m/s)	N° Horas Periodo Verano	Potencia (w)	Energía Kw-h
1	0	0	0
2	72	0	0
3	0	22	0
4	384	60	23
5	0	125	0
6	1680	230	386
7	0	375	0
8	1248	530	661
9	0	700	0
10	216	880	190
11	0	1070	0
			1260

Cada valor de salida de energía (o salida eléctrica) se calcula multiplicando la potencia por el número de horas (periodo de funcionamiento del hotel) de una determinada velocidad de viento.

$$E_i = P_i \times t_i \quad (4.7)$$

Donde : E_i : Energía calculada a la velocidad de "i" m/s

P_i : Potencia eléctrica que produce el aerogenerador a la velocidad "i" m/s

t_i : Numero de horas en que se presenta la velocidad "i" m/s

Luego la salida de energía Total (E) se calcula mediante :

$$E = \sum_{i=1}^{11} (E_i) = \sum_{i=1}^{11} (P_i \times t_i) \quad (4.8)$$

4.3 Configuración de sistema eólico

De la tabla n° 4.5 y 4.7 se observa que el aerogenerador Bornay 1500 tiene una mayor salida de energía , además de contar con un representante local, y ofrecer la gran variedad de aerogeneradores en el mercado a través de su página en Internet www.bornay.com , se eligió este aerogenerador que además incluye su regulador.

Los componentes del sistema se muestran de manera grafica en la Fig. 4.11, en donde se muestra el aerogenerador Bornay 1500, el controlador Bornay , el banco de baterías y el inversor.

Los componentes seleccionados hasta el momento son

1. Un (01) aerogenerador Bornay 1500 de aprox. 1700W pico de potencia y voltaje de carga a 24V, con controlador de carga Bornay. (24 V- 80 A)
2. Una (01) Torre de 14m de altura para aerogenerador Bornay 1500

La selección de baterías e inversor se realizara de acuerdo a la demanda de energía, lo cual se trata en los apartados 4.4 a 4.7.

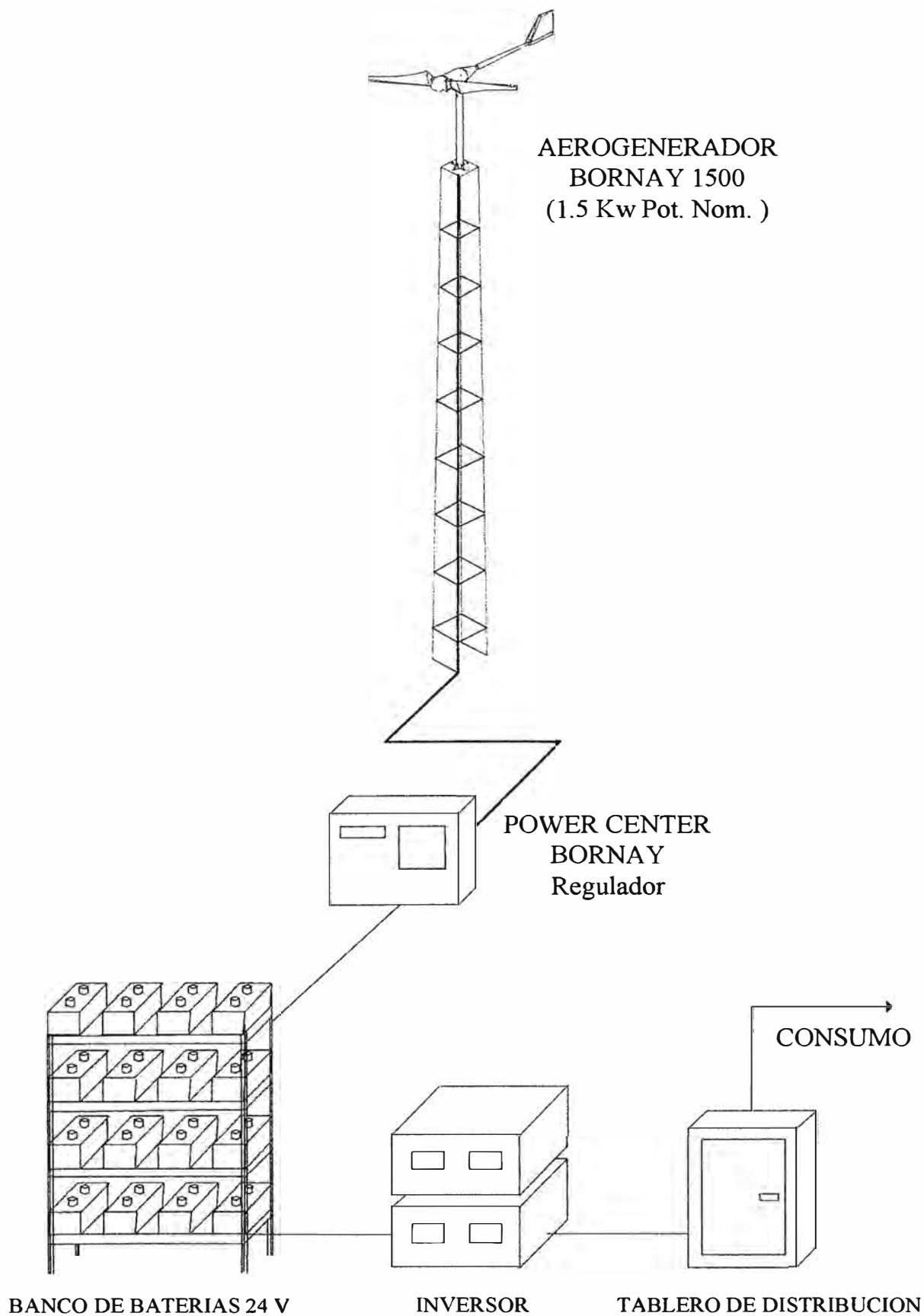


Fig. 4.11 Esquema del sistema Eólico

4.4 Demanda de energía

La demanda de energía se establecerá en función a un caso típico. Este caso corresponde al de un pequeño Hotel de playa, de la costa peruana en el departamento de Piura, compuesto por 10 Habitaciones. El sistema Eólico satisficiera las necesidades de agua y energía de los huéspedes, siendo el agua almacenada en un tanque elevado que será de uso común. Una persona alojada en el hotel tiene una demanda determinada de agua, así como los servicios del hotel (cocina, lavandería, comedor). Estos datos se presentan en la tabla n° 4.8[15]

TABLA N° 4.8 Demanda de Agua para un Hotel

Ambientes	Cantidad	Litros/día	TOTAL litros/día
Habitaciones	10	500 x hab.	5000
Comedor	Hasta 40m2	2000	2000
Lavandería	10 kg	40.0 x kg	400
Zona Usos Múltiples	24 personas	1.0 x persona	24
Jardín	30 m2	2.0 x m2	60
Estacionamiento	65 m2	2.0 x m2	130
		TOTAL	7614

Fuente: Normas Legales 321155 III.3 Instalaciones sanitarias
Instalaciones Sanitarias – Dotación de Agua

Los datos de consumo y/o dotación de agua litros/día, fueron obtenidos del Reglamento Nacional de Edificaciones (Instalaciones Sanitarias para Edificaciones). El total de consumo de agua para el hotel es de 7,614 l/día, considerando las necesidades de aseo y otros usos, es decir 7.614 m3/día de agua. Por lo tanto será suficiente un tanque de 8 m3 para el uso del Hotel.

En la zona de playa , el hotel es surtido de agua a través de camiones cisternas , la cual es almacenada en una cisterna enterrada. Para este caso se considera una profundidad de la cisterna de 3 m y el tanque elevado con capacidad de 8 m³ a una altura de 7m.

El equipo de bombeo consta de una bomba centrífuga Hidrostal A1C-0.6M con tubería de 2", además de la altura física de bombeo de 10 m se debe considerar las pérdidas por fricción h_{ff} en tuberías y accesorios, las cuales se evalúan mediante la fórmula de Hazen-Williams, aplicables a tuberías de diámetros a partir de 2" o 50mm

$$h_{ff} = 10.643L \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.85} D^{-4.87} \quad (4.9)$$

Donde :	h_{ff}	:	Perdida dinámica en tubería	(m)
	Q	:	Caudal	(m ³ /s)
	L	:	Longitud	(m)
	D	:	Diámetro	(m)
	C	:	Coeficiente según el material de la tubería.	

Consultando la curva de la bomba (Anexo I), para una altura manométrica algo mayor que 10m, el caudal Q es de 1.4 l/s (0.0014 m³/s). Considerando que la tubería es de PVC, el valor del coeficiente C es 140. Además se considera la existencia de 4 codos de 90° de radio medio cuya longitud equivalente en tubería es de 1.4m. Reemplazando en la ecuación (4.9)

$$h_{ff} = 10.643(15.6) \left(\frac{0.0014}{140} \right)^{1.85} (0.050)^{-4.87} = 0.202\text{m}$$

El nuevo valor de la altura manométrica es 10.202m que es un valor cercano a 10m y de poca influencia en la variación del caudal asumido de 1.4 l/s. De acuerdo a la curva de la bomba (Anexo I), a un caudal de 1.4 l/s corresponde una altura manométrica de 10.4 m, exceso que puede cubrir pérdidas adicionales que se pueden presentar.

Con el valor de caudal de 1.4 l/s y el volumen del tanque de 8 m³ (8000 litros), el tiempo de llenado del tanque es de 5714.3 s, lo que es igual a 1.587 horas (1h 35min aprox.).

La bomba centrífuga Hidrostral A1C-0.6M posee un motor eléctrico monofásico de 0.6HP equivalente a 448 W, considerando una eficiencia de 60% y corrección de factor de potencia del motor, la potencia en operación requerida por el motor es 747 W.

Teniendo en cuenta que el motor debe operar durante 1.587 horas para llenar el tanque de 8 m³ requiriendo una potencia de 747 W, entonces la demanda de energía para disponer de agua es de: 747W x 1.587h = 1185.50 Wh/día.

Es importante considerar que la demanda de energía no se refiere únicamente a satisfacer la disponibilidad de agua, debe tenerse en cuenta el uso de electrodomésticos y necesidades de iluminación. En la tabla n° 4.9, 4.10, 4.11 se establecen las demandas de energía, empleando el método por ambiente para el circuito de alumbrado y tomacorrientes, en la cual se consideran los posibles equipos electrónicos (electrodomésticos), además se estimara el tiempo horas/día de funcionamiento de las cargas.

TABLA N° 4.9 Equipos de Alumbrado

AMBIENTE	ALUMBRADO			TOTAL (W)	Horas/día Función. (h)	Consumo (W-h/día)
	Equipos	Alumbrado	Potencia			
PRIMER NIVEL						
Estacionamiento	3	Lámpara led	7	21	2	42
Exterior	6	Lámpara led	7	42	6	252
Sala Comedor	2	Lámpara led	7	14	3	42
Patio lavandería	1	Lámpara led	7	7	1	7
Cocina	1	Lámpara led	7	7	2	14
Deposito	1	Lámpara led	7	7	0.5	3.5
Sala de Estar 1	2	Lámpara led	7	14	2	28
Habitación 1	1	Lámpara led	7	7	2	14
Baño Hab.1	1	Lámpara led	7	7	0.5	3.5
Habitación 2	1	Lámpara led	7	7	2	14
Baño Hab. 2	1	Lámpara led	7	7	0.5	3.5
Habitación 3	1	Lámpara led	7	7	0.5	3.5
Baño Hab. 3	1	Lámpara led	7	7	0.5	3.5
Baño I	1	Lámpara led	7	7	0.5	3.5
Habitación 4	1	Lámpara led	7	7	2	14
Pasadizos	4	Lámparas led	7	28	0.5	14
Zona uso Múltiple	4	Lámpara led	7	28	2	56
Baño ZM	1	Lámpara led	7	7	0.5	3.5
Cuarto de Control	1	Lámpara led	7	7	0.5	3.5
Zona Reservada	4	Lámpara led	7	28	0.5	14
SEGUNDO NIVEL						
Recepción	1	Lámpara led	7	7	6	42
Baño Recepción	1	Lámpara led	7	7	0.5	3.5
Sala Estar 2	1	Lámpara led	7	7	2	14
Habitacion5	1	Lámpara led	7	7	2	14
Baño Hab. 5	1	Lámpara led	7	7	0.5	3.5
Habitación 6	1	Lámpara led	7	7	2	14
Baño Hab. 6	1	Lámpara led	7	7	0.5	3.5
Habitación 7	1	Lámpara led	7	7	2	14
Baño Hab. 7	1	Lámpara led	7	7	0.5	3.5
Habitación 8	1	Lámpara led	7	7	2	14
Baño Hab. 8	1	Lámpara led	7	7	0.5	3.5
Habitación 9	1	Lámpara led	7	7	2	14
Baño Hab. 9	1	Lámpara led	7	7	0.5	3.5
Habitación 10	1	Lámpara led	7	7	2	14
Baño Hab. 10	1	Lámpara led	7	7	0.5	3.5
Pasadizos	3	Lámpara led	7	21	0.5	10.5
Total de Equipos	56 Lámparas Led de 7W , 220V AC			392	53	714

TABLA N° 4.10 Estimación de cargas de los tomacorrientes - Primer Nivel

AMBIENTE	TOMACORRIENTES			Total (W)	Horas/día (h)	Consumo (Wh/día)
	Equipos	Posible Equipo Electrónico	Potencia (W)			
Estacionamiento	0	-----	0	0	0	0
Sala Comedor	1	Televisor 32" Led	65	365	2	130
	1	Reproductor Bluray	20		2	40
	1	Radio	30		0.5	15
	1	Ventilador	250		0.5	125
Patio lavandería	1	Lavadora	600	600	1	600
Cocina	1	Licuadaora	300	500	0.5	150
	1	Refrigeradora	200		3	600
Deposito	0	-----	0	0	0	0
Sala de Estar 1	1	Televisor 32" Led	65	105	2	130
	1	Laptop	40		2	80
Habitación 1	1	Televisor 32" Led	65	85	1	65
	1	Cargador Celular	20		2	40
Baño Hab. 1	1	Secadora de cabello	500	500	0.1	50
Habitación 2	1	Televisor 32" Led	65	85	1	65
	1	Cargador Celular	20		2	40
Baño Hab. 2	1	Secadora de cabello	500	500	0.1	50
Habitación 3	1	Televisor 32" Led	65	85	1	65
	1	Cargador Celular	20		2	40
Baño Hab. 3	1	Secadora de cabello	500	500	0.1	50
Baño I	0	-----	0	0	0	0
Habitación 4	1	Televisor 32" Led	65	85	1	65
	1	Cargador celular	20		2	40
Pasadizos	0	-----	0	0	0	0
Zona Múltiple	1	Equipo de sonido	100	100	0.5	50
Baño ZM	0	-----	0	0	0	0
Cuarto de Control	0	-----	0	0	0	0
Zona Reservada	0	-----	0	0	0	0
Total Equipos			3510	3510		2490

TABLA N° 4.11 Estimación de cargas de los tomacorrientes - Segundo Nivel

AMBIENTE	TOMACORRIENTES			Total (W)	Horas/día (h)	Consumo (Wh/día)
	Equipos	Posible Equipo Electrónico	Potencia (W)			
Recepción	1	Central Telefónica	50	100	24	1200
	1	Timbre	10		0.5	5
	1	Laptop	40		3	120
Baño recepción	0	-----	0	0	0	0
Sala Estar 2	1	Televisor 32" Led	65	95	3	195
	1	Señal WiFi	30		16	480
Habitación 5	1	Televisor 32" Led	65	85	1	65
	1	Cargador celular	20		2	40
Baño Hab.5	0	-----	0	0	0	0
Habitación 6	1	Televisor 32" Led	65	85	1	65
	1	Cargador celular	20		2	40
Baño Hab. 6	0	-----	0	0	0	0
Habitación 7	1	Televisor 32" Led	65	85	1	65
	1	Cargador celular	20		2	40
Baño Hab. 7	0	-----	0	0	0	0
Habitación 8	1	Televisor 32" Led	65	85	1	65
	1	Cargador celular	20		2	40
Baño Hab. 8	0	-----	0	0	0	0
Habitación 9	1	Televisor 32" Led	65	85	1	65
	1	Cargador celular	20		2	40
Baño Hab. 9	0	-----	0	0	0	0
Habitación 10	1	Televisor 32" Led	65	125	1	65
	1	Cargador celular	20		2	40
	1	Laptop	40		1	40
Baño Hab.10	0	-----	0	0	0.1	0
Pasadizos	-----	-----	0	0	0	0
Total de Equipos			745	745		2670

La demanda total de energía del Hotel es la suma de la energía requerida para abastecimiento de agua y la energía demandada por el hotel por concepto de alumbrado y el uso de algunos equipos electrónicos (ver tabla n° 4.12).

TABLA N° 4.12 Consumo diario de Energía por Sector

Sector	Energía Demandada al día (Wh)
Sistema de Bombeo	1185.50
Consumo de Alumbrado	714.00
Consumo de Tomacorrientes	5160.00
TOTAL	7059.50

Esto representa una demanda o necesidad de energía (E_D) al periodo de verano de:

$$E_D = (150 \text{ días}) \cdot (7059.50 \text{ Wh/día}) = 1058.93 \text{ kWh}$$

4.5 Cálculo de la energía necesaria

El sistema de suministro de energía se compone de un aerogenerador Bornay de 1500W de potencia nominal. En el apartado 4.2.1 se determinó la salida eléctrica del aerogenerador en 1690 kWh. Esta es la energía entregada por el sistema eólico.

Desde el punto de vista de la carga existe una energía requerida o demandada (E_D) la cual a su vez determina una energía necesaria (E_N) que debe ser suministrada por el sistema. Esta energía necesaria (E_N), que satisface la energía demandada por la carga (E_D), depende de un factor de pérdidas (F) el cual es función de los factores de pérdidas de los equipos que componen el sistema.

$$E_N = \frac{E_D}{F} \quad (4.10)$$

La energía necesaria E_N puede ser expresada en función de la energía demandada E_D y las pérdidas debido a los diferentes efectos mencionados.

$$E_N = E_D + E_a + E_b + E_i + E_j \quad (4.11)$$

Donde :

E_a : Energía perdida por la autodescarga

E_b : Energía perdida debido a la eficiencia de la batería

E_i : Energía perdida debido a la eficiencia del inversor

E_j : Energía perdida debido a calentamiento, conexiones etc.

PD_{max} : Profundidad de descarga máxima admisible en las baterías

Dividiendo ambos miembros de la ecuación (4.11) entre E_N se tiene :

$$1 = \frac{E_D + E_a + E_b + E_i + E_j}{E_N} \quad (4.12)$$

Las fracciones de energía son factores de pérdidas de energía, de esta forma la ecuación (4.12) puede ser escrita según :

$$1 - \frac{E_a}{E_N} - f_b - f_i - f_j = \frac{E_D}{E_N} = F \quad (4.13)$$

La autodescarga afecta a toda la energía contenida en la batería, entonces:

$$E_a = \left(\frac{E_N}{PD_{max}} \right) \cdot f_a \cdot A \quad (4.14)$$

Reemplazando en la ecuación (4.13) :

$$1 - \frac{f_a \cdot A}{PD_{max}} - f_b - f_i - f_j = F \quad (4.15)$$

Se debe mencionar que la autodescarga ha sido considerada para los días en que el sistema no produce energía debido a la ausencia del recurso, dicho número de días se conoce como autonomía del sistema, la consideración permite dimensionar el sistema de tal forma que cuando se presenta la eventualidad de falta del recurso entonces el banco de baterías es capaz de continuar suministrando energía. Un valor razonable de autonomía (A) del sistema es 3 días.

Se consideran los siguientes valores para los factores de pérdidas de acuerdo a la literatura utilizada.[10]

$$\begin{array}{lll} f_a = 0.005 & f_b = 0.05 & A = 3 \\ f_i = 0.13 & f_j = 0.05 & \end{array}$$

En cuanto a la profundidad de descarga de las baterías esto dependerá del tipo de batería, para el caso de plomo Antimonio (Pb-Sb) es recomendable que la profundidad de descarga este entre 60% a 70% de su capacidad nominal. Se considera 65%

$$PD_{max} = 0.65$$

Reemplazando valores en la ecuación (4.15), se obtiene el valor de las pérdidas.

$$F = 0.747$$

En el apartado 4.4 se determino una demanda de energía (E_D) de 1058.93 kWh , aplicando la ecuación (4.10) se determina la energía necesaria que debe ser suministrada por el sistema.

$$E_N = 1417.6 \text{ kWh}$$

Se puede concluir que la energía necesaria (E_N) es menor a la energía que es capaz de suministrar el sistema eólico (aerogenerador bornay). El exceso de energía cubrirá las necesidades de energía en los días en que el viento este muy por debajo del promedio mensual.

4.6 Cálculo del número de baterías

El tipo de batería a utilizar es de ciclo profundo de Pb-Sb con una profundidad máxima de descarga (PD_{max}) que no supere el 70% de su capacidad nominal, la batería que se utilizara es la Trojan T-105 de 6 V y capacidad nominal de 225 Ah con un tiempo de descarga de 20h.

En el apartado 4.2.1 se determino que la energía entregada por el sistema es de 1690 kWh, pero para determinar la capacidad nominal de las baterías (C_N), usaremos la energía necesaria ($E_N = 1417.6 \text{ kWh}$) . Esta energía es la demandada por el hotel, en la cual se han considerado las pérdidas de los equipos que componen el sistema eólico.

Para el dimensionamiento del banco de baterías hay que considerar una energía suministrada diariamente ya que las baterías entregaran energía diariamente y el sistema debe reponer esa energía también en forma diaria.

La capacidad útil es

$$C_N = \frac{E_N}{150 \cdot PD_{max} \cdot V} \quad (4.16)$$

Donde :

C_N : Capacidad nominal de las baterías (Ah)

E_N : Energía Necesaria que debe suministrar el sistema eólico para satisfacer la demanda del hotel en el periodo de verano (150días)

V : Voltaje del banco de baterías 24V

De la ecuación (4.16) se obtiene el valor de la capacidad nominal:

$$C_N = 606 \text{ Ah}$$

La batería a utilizar es la Trojan T-105 de 6V y 225 Ah , entonces para lograr el nivel de 24 V se requiere colocar en serie 4 baterías de 6V, esta serie tendrá una capacidad total de 225 Ah , el número de series requerido se obtiene de dividir la capacidad nominal requerida entre la capacidad de una serie de baterías, es decir

$$N_{series} = \frac{C_N}{225} = \frac{606}{225} = 2.69 \approx 3$$

Entonces el número total de baterías es de 12 baterías de 225 Ah y 6V cada una colocadas en 3 grupos en paralelo y cada grupo compuesto por 4 baterías seriadas.

Sin embargo como se ha establecido una autonomía de 3 días, es necesario aumentar el banco de baterías en 3 veces, de esta manera si no hay viento el sistema podrá continuar operando 3 días como máximo.

Por tanto el banco de baterías final será :

$$N_{series} = (2.69). (3) = 8.08 \approx 9$$

Se seleccionan 8 series de 4 baterías de 6 V cada una con el fin de no aumentar el costo en la inversión de baterías. En esta situación la capacidad nominal diaria de las baterías es de $9 \times 225 / 3 = 675 \text{ Ah}$, recalculando en la ecuación (4.16) se tiene en este caso la profundidad de descarga debería ser de 58.3% lo cual está dentro del rango de profundidad de descarga recomendado para baterías de ciclo profundo.

4.7 Selección del inversor

para seleccionar el inversor es necesario conocer la potencia pico requerida por las cargas, esto depende de los equipos que se utilicen y su hora de uso.

- De la tabla n° 4.9 , el máximo consumo de alumbrado del hotel es de 392 W
- De la tabla n° 4.10 y 4.11 , corresponden al consumo de potencia de electrodomésticos del primer nivel y segundo nivel del hotel de 4255 W que las baterías deben proveer y el inversor debe soportar.

- El encendido del motor eléctrico de la bomba requiere mayor potencia debido a la mayor corriente de arranque que debe recibir el motor. Para el motor monofásico de la bomba Hidrostral A1C-0.6M se considera una corriente de arranque de 5 veces su valor nominal. La potencia de arranque aumenta en el mismo factor.
- La bomba se enciende en horas de madrugada para llenar el tanque elevado cuando la posibilidad de que haya cargas adicionales encendidas sea mínima. En este momento el motor de la bomba de 747 W de potencia nominal requiere una potencia eléctrica de $747 \times 5 = 3735 \text{ W}$, dado que el arranque del motor, momento en que necesita este pico de potencia, requerirá no más de 6 segundos, el inversor estará en capacidad de soportar este incremento en la potencia solicitada.

Todo esto se resume en la tabla n° 4.13, la potencia demandada y la hora de uso

TABLA N° 4.13 Demanda de Potencia y hora de uso

Cargas	Potencia (W)	Horas de uso
Consumo de Alumbrado + Tomacorrientes	4647	8 - 9pm (Hora Punta)
Sistema de Bombeo (Arranque)	3735	5:00 am
Sistema de Bombeo (Operación)	747	5:00 - 6:35 am

El inversor que se selecciona para esta instalación es el Exeltech MX, un sistema modular de 1000 W por modulo con capacidad de ser expandible. Este sistema de 5 módulos de 5000 W de potencia nominal en total tiene la capacidad de soportar hasta 11000 W durante un pequeño intervalo de tiempo y puede suministrar la potencia de arranque requerida por el motor de la bomba según se puede observar en la tabla 4.13.

Además el sistema está en la capacidad de satisfacer de manera continua una posible demanda pico de potencia de consumo del hotel de 4647 W (tabla 4.13) el cual es el caso más crítico en el que todas las cargas se enciendan en un determinado instante.

La elección de este inversor se debió a su sistema modular, cuyas características modulares son: voltaje de entrada de 24 VDC y salida 230 VAC, onda senoidal y capacidad por modulo de 1000 W de soportar 2200 W durante cortos periodos de tiempo.

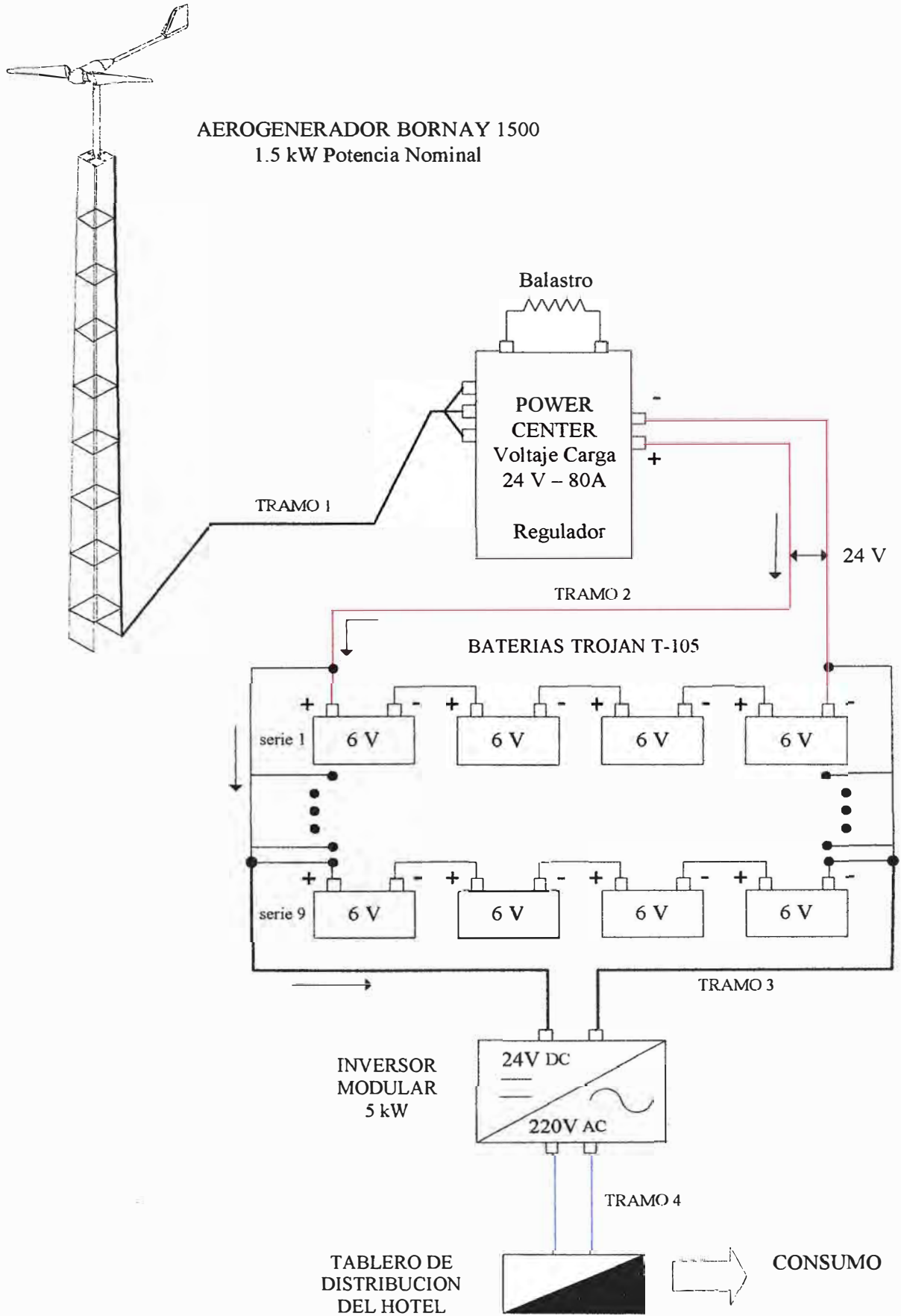


Fig. 4.12 Esquema de conexiones eléctricas Sistema Eólico

4.8 Montaje del sistema eólico

Antes de empezar, se deben de tener en cuenta los pasos a seguir para el correcto montaje del aerogenerador y tomar una serie de precauciones importantes.(Fig. 4.13)[11]



Fig. 4.13 Pasos para realizar un correcto montaje del aerogenerador

Las precauciones a seguir deben ser

- No planifique la instalación del aerogenerador en días de viento.
- No deje el aerogenerador funcionando libremente, con el aerogenerador funcionando libremente, el sistema de frenado automático por inclinación no funciona, esto podría producir daños irreparables en el aerogenerador.
- Utilice el cableado adecuado.

4.8.1 Montaje de la torre

Es aconsejable colocar el aerogenerador sobre una torre independiente separada de la vivienda para evitar que esta pueda provocar turbulencias, así como cualquier tipo de vibración que pueda ser transmitida al hotel.

El anclaje de la torre será fijada firmemente al suelo , generalmente con una cimentación de hormigón, totalmente vertical y nivelada para evitar un mal funcionamiento del aerogenerador (Fig. 4.14)

En el caso de torres de poca base que precisen tensores, una vez anclada la base y colocada la torre, se le colocan 3 o 4 tensores cuyos soportes se anclaran firmemente al suelo, generalmente con una base de hormigón.

La torre debe quedar totalmente inmóvil y consistente. Los tensores deberán ser cables de acero de 6 a 10 mm. de grosor, y su sujeción a la torre en la parte alta deberá estar por debajo del diámetro de las hélices.

Para una mayor seguridad eléctrica es recomendable la instalación de una placa toma-tierra conectada a la base de la torre y situada a unos metros de la base de la misma. No es recomendable la instalación de para-rayos cercanos, dentro del área del aerogenerador.

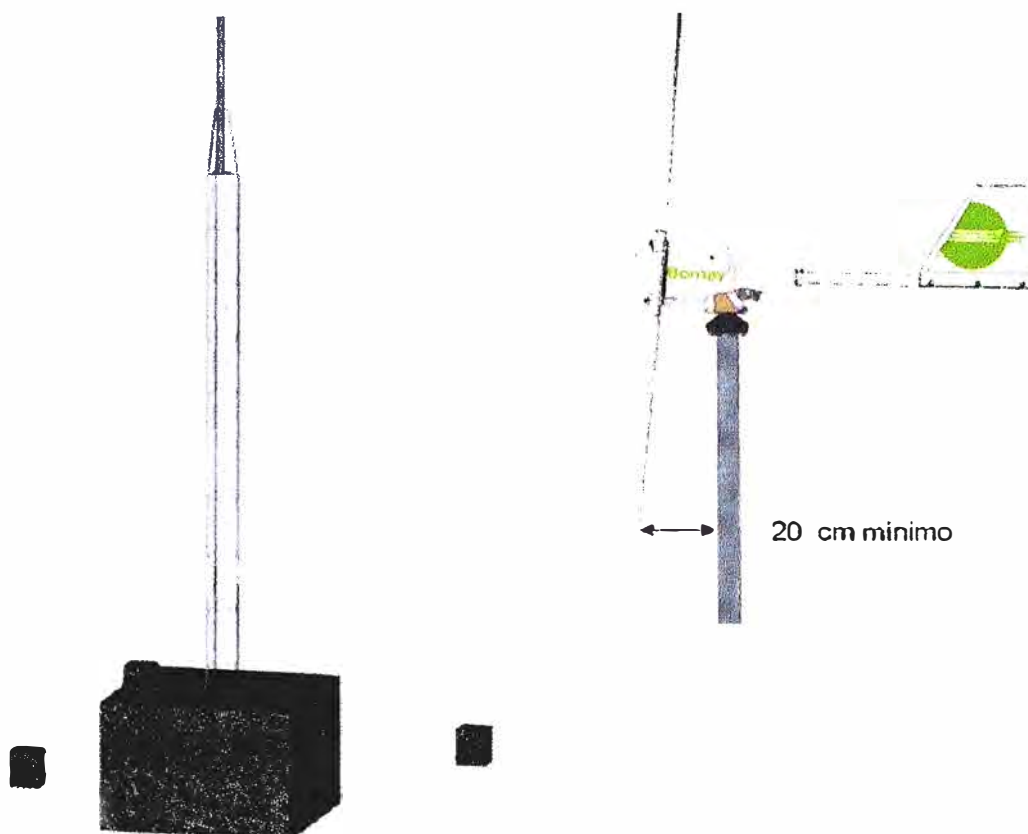


Fig. 4.14 Disposición de la Torre y el aerogenerador

Una vez instalado el aerogenerador sobre la torre, deberá comprobarse que este es capaz de girar libremente y que no existe, ningún obstáculo dentro del diámetro de las hélices.

Las hélices ante la presión del viento pueden llegar a tener una torsión de hasta 15 cm. por lo que es necesario que entre las hélices y el punto más cercano exista como mínimo una distancia de 20 cm.

4.8.2 Cableado eléctrico

Previo a la instalación del aerogenerador y una vez instalada la torre, deberá de realizarse el cableado eléctrico. El primer paso en el conexionado eléctrico, es colocar el banco de baterías, en su configuración correcta y conexionado conforme a las especificaciones del fabricante, obteniendo como resultado el voltaje y capacidad adecuados para la instalación que vamos a realizar.[11]

Las recomendaciones mínimas de instalación así como del cableado entre la batería y el regulador son los que se indica según la tabla nº 4.14.

TABLA N° 4.14 Recomendaciones mínimas del fabricante para el cableado
Regulador - Baterías

Modelo	Cable Batería	Batería Mínima
Bornay 600 / 24V	16 mm ²	250 Ah C ₁₀₀
Bornay 600 / 48V	10 mm ²	150 Ah C ₁₀₀
Bornay 1500 / 24V	25 mm ²	660 Ah C ₁₀₀
Bornay 1500 / 48V	16 mm ²	350 Ah C ₁₀₀
Bornay 3000 / 24V	35 mm ²	1100 Ah C ₁₀₀
Bornay 3000 / 48V	25 mm ²	600 Ah C ₁₀₀

Con la batería montada en la instalación, se procederá a instalar el regulador sobre la pared, este se fijara a través de los cuatro orificios situados en la carcasa metálica del mismo, dos superiores y dos inferiores. La fijación a la pared se hará mediante tirafondos y tacos plásticos.

El regulador posee unas resistencias internas de disipación, y la parte superior del regulador puede calentarse en día de viento, una vez que las baterías están cargadas. No cubrir la parte superior del regulador, los orificios de la tapa superior deben de estar descubiertos para una correcta ventilación.

El regulador debe ser colocado en un lugar ventilado, en posición vertical a una altura aproximada de 1.20 m. del suelo y mínimo 50 cm. de las baterías para prevenir el contacto con los gases producidos por estas (Fig. 4.15) .

El cuadro de regulación, baterías y el inversor deberán estar colocados en un punto centralizado próximo al consumo, y lo más próximo posible entre ellos.

Tipo o método de instalación.

En el Tramo1 (aerogenerador-regulador) se utilizara cable multipolar directamente enterrado (método de Instalación D), en el Tramo2 (regulador-batería) y Tramo3 (batería-inversor) se utilizara cable unipolar sobre una pared (método de instalación C), para el Tramo4 (inversor-tablero de distribución) se utilizara tubo empotrado en la pared (método de Instalación A1).[12]

Tipo de Cable

En todos los tramos se usara cables con aislamiento de PVC para una temperatura de servicio de 70°C.

con esta corriente revisamos el C.N.E. (tabla2)[14] y tipo de instalación C y elegimos el calibre del conductor 25mm² ; ahora verificamos la caída de tensión, para esto utilizamos la ecuación (4.18).

Reemplazando valores:

$$\Delta V = 2. (94.2). (0.0209). \frac{(1.5)}{(25)} = 0.24 \text{ V} \quad \text{Cumple}$$

Para el presente informe nuestro sistema cumple con las especificaciones mínimas de la batería (675 Ah) y con los resultados de la caída de tensión (<1%) la sección del cable seleccionado de 25 mm² Regulador - Batería, cumple con las características técnicas permitidas y recomendaciones del fabricante.

Recomendaciones

A la hora de conectar el regulador se ha de seguir los siguientes pasos

- Conectar el negativo de la batería al regulador, asegurarse la correcta polaridad
- Conectar el cable positivo de la batería al regulador.
- Conectar los cables trifásicos del aerogenerador al regulador. Por tratarse de una conexión trifásica alterna no importa el orden de los cables. Esta conexión se realiza previa al montaje del aerogenerador, de lo contrario el aerogenerador debe estar frenado.[11]

En el caso de que haya que desconectar el regulador por algún motivo, durante la instalación o durante la vida útil de su instalación, se han de seguir los pasos siguientes:

- Cortocircuitar el aerogenerador, juntando los tres cables de bajada dejándolo frenado.
- Comprobar que el aerogenerador está totalmente frenado y desconectar los cables del aerogenerador.
- Desconectar el cable positivo de la batería.
- Desconectar por último el cable negativo.

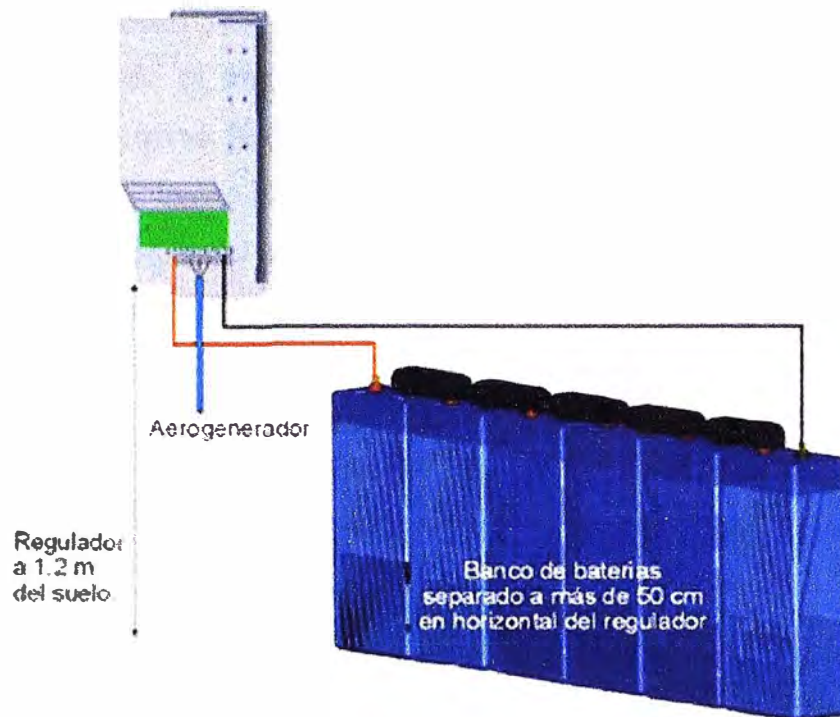


Fig. 4.15 Conexión del Regulador - Banco de Baterías

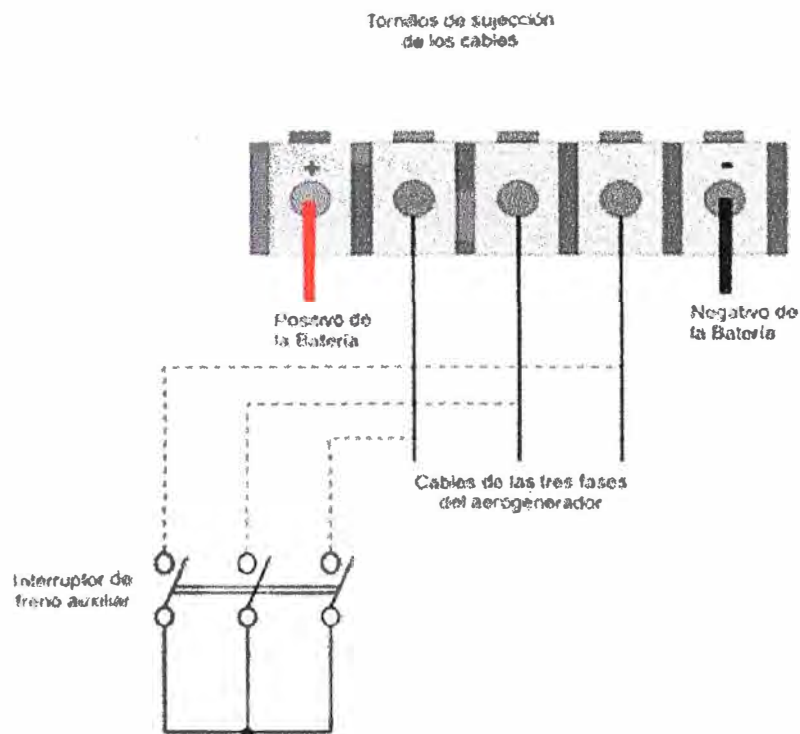


Fig. 4.16 Terminal de conexiones del Regulador

Calculo del cableado eléctrico Aerogenerador-Regulador: (Tramo1)

Una vez instalada las baterías y conexas el regulador, pasaremos a cablear entre el regulador y la punta de la torre donde se instalara el aerogenerador. Con el fin de minimizar perdidas eléctricas, la distancia entre el aerogenerador y el cuadro de regulación deberá ser la menor posible, sin superar en ningún caso los cien metros.[11]

Para determinar la sección del cable de bajada que deberá utilizar, en función de las características del aerogenerador y la distancia que lo separa de su cuadro de control.

TABLA N° 4.16 Recomendación del Fabricante para el cable de bajada
Regulado - Aerogenerador

Modelo	Iac x Fase (A)	0 - 20 (m)	20 - 40 (m)	40 - 60 (m)	60 - 80 (m)	80 - 100 (m)
Bornay 600 / 24V	8.8	6 mm ²	10 mm ²	16 mm ²	25 mm ²	35 mm ²
Bornay 600 / 48V	4.5	4 mm ²	6 mm ²	10 mm ²	16 mm ²	25 mm ²
Bornay 1500 / 24V	22	10 mm ²	16 mm ²	25 mm ²	25 mm ²	35 mm ²
Bornay 1500 / 48V	11	6 mm ²	10 mm ²	16 mm ²	25 mm ²	35 mm ²
Bornay 3000 / 24V	42	10 mm ²	16 mm ²	25 mm ²	35 mm ²	50 mm ²
Bornay 3000 / 48V	21	4 mm ²	6 mm ²	10 mm ²	16 mm ²	25 mm ²

Para el cálculo del cableado eléctrico nos hemos basado en la siguiente ecuación, la cual es aplicable para un sistema trifásico, para el tramo de cable que comprende aerogenerador-regulador

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos}\varphi \quad (4.19)$$

Además se sabe que la caída de tensión que experimenta un cable trifásico viene dado por la siguiente expresión:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I \cdot \rho_{70} \times \frac{L}{S} \quad (4.20)$$

Donde :

P : Potencia del Aerogenerador (se considera la potencia máxima pico 1700w)

V : Tensión que genera el aerogenerador (30Vac)

L : Longitud del cable de bajada del aerogenerador (65m)

ρ_{70} : Resistividad del cobre a la temperatura 70°C ($\rho_{70} = 0.0209 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

ΔV : Caída de tensión

$\text{Cos}\varphi$: Factor de Potencia del aerogenerador (Asumiremos 0.85)

Reemplazando valores en la ecuación (4.19)

$$1700 = \sqrt{3} \cdot (30) \cdot I \cdot (0.85)$$

$$I = \frac{1700}{\sqrt{3} \cdot (30) \cdot (0.85)} = 38.5 \text{ A}$$

considerando una corriente de diseño 25% mas : $I_{\text{diseño}} = (1.25) \cdot (38.5) = 48.1 \text{ A}$

además si consideramos la temperatura ambiente promedio de 35°C donde se ubica el hotel, se aplicara un factor de corrección ($f_c = 0.84$) según C.N.E (tabla 5A)[14], para cables en ductos enterrados. Por lo que la nueva corriente de diseño corregida es :

$$I_{\text{diseño}'} = \frac{I_{\text{diseño}}}{f_c} = \frac{(48.1)}{(0.84)} = 57.3 \text{ A}$$

Ahora con esta corriente revisamos el C.N.E. (tabla2)[14] y tipo de instalación D y elegimos el calibre del conductor 16mm² ; ahora verificamos la caída de tensión, para esto utilizamos la ecuación (4.20).

Reemplazando valores:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot (38.5) \cdot (0.0209) \cdot \frac{(65)}{(16)} = 5.7 \text{ V} \quad \text{No Cumple}$$

Como el cable es largo , para cumplir con la caída de tensión , aumentaremos la sección del conductor a : 25 mm². Recalculando

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot (38.5) \cdot (0.0209) \cdot \frac{(65)}{(25)} = 3.6 \text{ V} \quad \text{Mejor}$$

Por lo tanto el calibre seleccionado de 25 mm² Aerogenerador - Regulador, cumple con las recomendaciones indicadas por el fabricante. Además dicho calibre se ha seleccionado considerando la potencia máxima que alcanza el aerogenerador cuando esta próximo a la velocidad de parada (14 m/s).

Protección Aerogenerador - Regulador - Baterías

Nunca se debe instalar algún tipo de protección entre el aerogenerador y el regulador o entre este y la batería [11]. El regulador ya realiza estas funciones de protección. En caso de instalar una protección intermedia y que este desconecte la conexión eléctrica, el aerogenerador quedaría libre sin carga y esto puede producir daños irreparables en el aerogenerador o regulador. Se ha considerado instalar un seccionador entre el regulador y las baterías en el caso se desmontara el regulador.

Calculo del cableado eléctrico Baterías - Inversor: (tramo3)

Para el cálculo del cableado eléctrico Batería-Inversor hemos aplicado la ecuación (4.17) la cual es aplicable para corriente continua.

Donde :

P : Potencia del Inversor (5000w)

V : Tensión de entrada (24V)

I : Corriente (A)

Reemplazando valores en la ecuación (4.17)

$$5000 = (24) \cdot I$$

$$I = \frac{5000}{24} = 208.3 \text{ A}$$

considerando una corriente de diseño 25% mas : $I_{\text{diseño}} = (1.25) \cdot (208.3) = 260.4 \text{ A}$

además si consideramos la temperatura ambiente promedio de 35°C donde se ubica el hotel, se aplicara un factor de corrección ($f_c = 0.94$) según C.N.E (tabla 5A)[14], para cables al aire. Por lo que la nueva corriente de diseño corregida es

$$I_{\text{diseño}'} = \frac{I_{\text{diseño}}}{f_c} = \frac{(260.4)}{(0.94)} = 277 \text{ A}$$

con esta corriente revisamos el C.N.E.(tabla2)[14] y tipo de instalación C y elegimos el calibre del conductor 120mm² ; ahora verificamos la caída de tensión, para esto utilizamos la ecuación (4.18).

Donde :

L : Longitud del conductor (1.5m)

ΔV : Caída de tensión permitida

ρ_{70} : Resistividad del cobre a la temperatura 70°C ($\rho_{70} = 0.0209 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

Reemplazando valores:

$$\Delta V = 2 \cdot (208.3) \cdot (0.0209) \cdot \frac{(1.5)}{(120)} = 0.10 \text{ V} \quad \text{Cumple}$$

Protección Baterías-Inversor:

Se considera un seccionador porta fusible como protección para proteger al equipo ante posibles cortocircuitos que pudieran ocurrir durante el suministro de energía.

La protección incluye un fusible de 280A que protege al conductor de 120 mm²

Calculo del cableado eléctrico inversor - tablero de distribución: (tramo4)

Ahora para el cableado Inversor - Tablero de distribución usaremos la ecuación (4.17) aplicable para sistema monofásico.

Donde :

P : Potencia del Inversor (5000w)

V : Tensión (220V)

I : Corriente (A)

Reemplazando valores :

$$5000 = (220).I$$

$$I = \frac{5000}{220} = 22.72 \text{ A}$$

considerando una corriente de diseño 25% mas : $I_{\text{diseño}} = (1.25). (22.70) = 28.4 \text{ A}$

además si consideramos la temperatura ambiente promedio de 35°C donde se ubica el hotel, se aplicara un factor de corrección ($f_c = 0.84$) según C.N.E (tabla 5A)[14], para cables en ductos enterrados. Por lo que la nueva corriente de diseño corregida es :

$$I_{\text{diseño}'} = \frac{I_{\text{diseño}}}{f_c} = \frac{(28.4)}{(0.84)} = 33.8 \text{ A}$$

con esta corriente revisamos el C.N.E. (tabla2)[14] y tipo de instalación A1, elegimos el calibre del conductor : 6mm²

Ahora verificamos la caída de tensión, para esto utilizamos la ecuación (4.18)

Donde :

L : Longitud del conductor (3.6m)

ΔV : Caída de tensión permitida

ρ_{70} : Resistividad del cobre a la temperatura 70°C ($\rho_{70} = 0.0209 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

Reemplazando valores

$$\Delta V = 2. (22.72). (0.0209). \frac{(3.6)}{(6)} = 0.6 \text{ V} \quad \text{Cumple}$$

El calibre seleccionado de 6 mm² cumple con las características técnicas permitidas para la selección de un conductor.

Protección Inversor - Tablero general

La protección principal del inversor se sitúa en el tablero general de distribución (Fig. 4.17) , que protege al equipo de posibles cortocircuitos y sobrecarga que pudiesen ocurrir durante el consumo de la energía suministrada por el sistema eólico.

La protección incluye un relé termomagnético de 30A que protege al conductor de 6 mm²

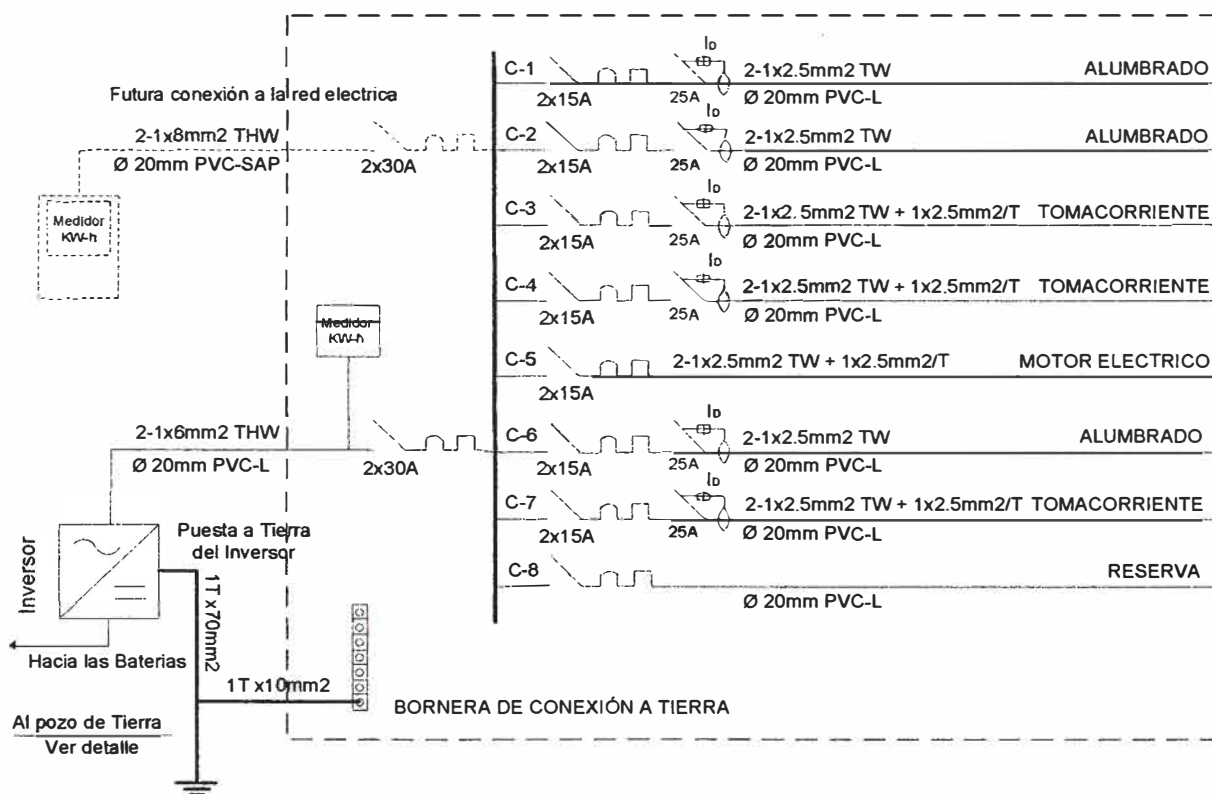


Fig. 4.17 Diagrama unifilar del tablero de distribución del hotel

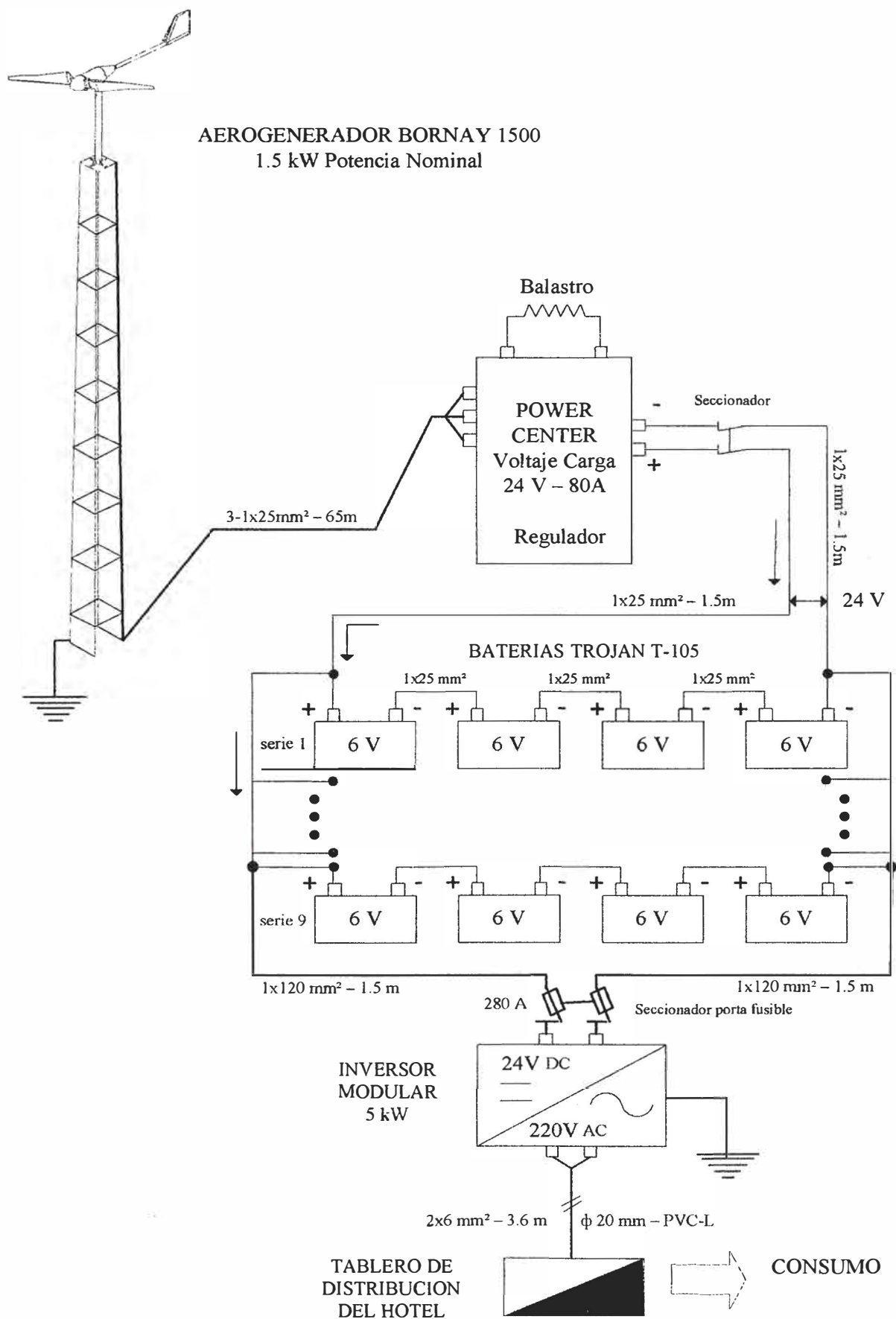


Fig. 4.18 Esquema de conexiones eléctricas final

4.8.3 Montaje del aerogenerador

Antes de realizar el montaje del aerogenerador sobre la torre se debe de realizar la instalación eléctrica, y la conexión de las baterías y el regulador. Una vez que dispongamos de la instalación de los elementos eléctricos y el cableado procederemos al montaje del aerogenerador.

Para poder colocar fácilmente el aerogenerador sobre la torre puede utilizarse un soporte vertical sujeto a la torre con una polea, según la Fig. 4.19

El soporte que se utiliza deberá estar bien sujeto a la torre, con una polea en el extremo a la que se le pasara una cuerda, con la que se atara el aerogenerador. Con este sistema se puede izarse el aerogenerador sin problemas.

La unión entre la torre y el aerogenerador se hace a través de la pletina de fijación , una de ellas soldada en la torre y la otra en el aerogenerador. Fig.4.20.

Precauciones

- No manipule el aerogenerador ni el cuadro de control en días de viento
- No deje el generador funcionando libremente (si conectar a las baterías), podrá dañar el sistema de carga. En caso de que sea necesario desconectarlo de las baterías, dejarlo frenado.
- Con el aerogenerador funcionando libremente, el sistema de frenado automático por inclinación no funciona, con lo cual podrían producirse daños irreparables en el aerogenerador.
- No manipule las resistencias del regulador.
- No invierta la polaridad.
- Utilice el cableado adecuado.

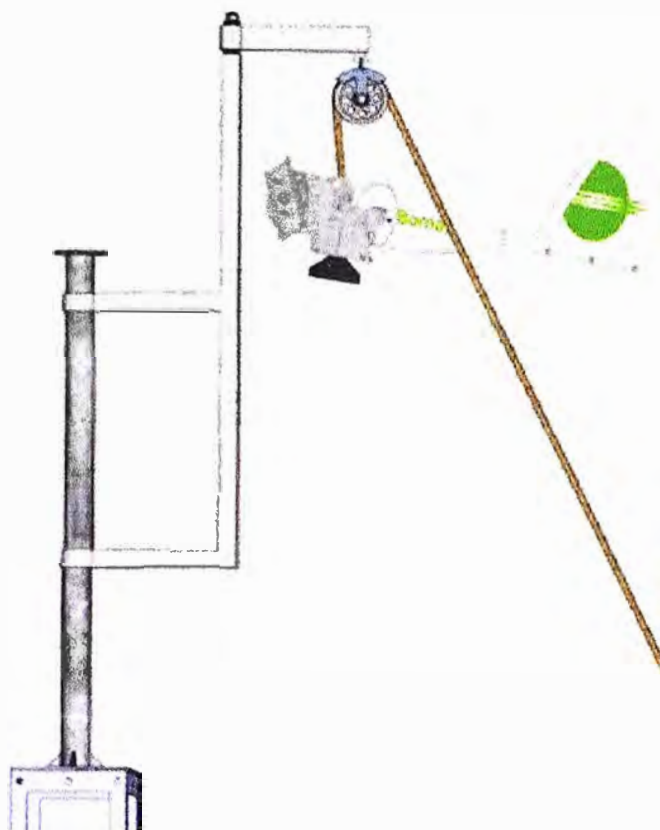


Fig. 4.19 Montaje del aerogenerador

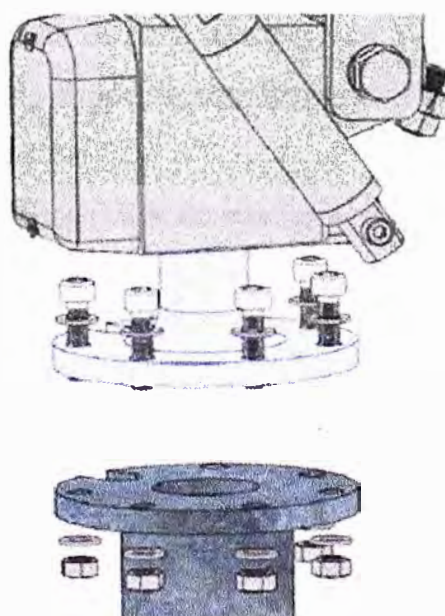


Fig. 4.20 Pletina de fijación

4.9 Presupuesto

El parámetro que permite evaluar el suministro de energía es el costo de la misma, es decir, el costo del kWh a lo largo de la vida útil del sistema.

La alternativa energética para el hotel con suministro aislado puede ser también un generador eléctrico impulsado por motor de combustión, sistema conocido como grupo electrógeno.

La alternativa del grupo electrógeno es diferente al uso de un sistema eólico, pues el primero requiere el uso de combustibles fósil el cual deberá ser suministrado diariamente, adicionalmente esta la necesidad de mantenimiento especializado y repuesto. En el caso del sistema eólico la dificultad está en la elevada inversión inicial, aunque este aspecto se ve compensado por el hecho de que los sistemas requieren poco mantenimiento, salvo reemplazar en cada cierto tiempo algunos componentes como la baterías.

La vida útil del sistema es de 20 años, esto según datos de los fabricantes de aerogeneradores.

4.9.1 Inversión inicial

De acuerdo a lo tratado en el acápite 4.3 ; 4.6 ; 4.7 , el sistema eólico está compuesto de :

- Un (01) aerogenerador Bornay 1500 de aprox. 1700W pico de potencia y voltaje de carga a 24V, con controlador de carga Bornay. (24 V- 80 A)
- Una (01) Torre de 14 m de altura para aerogenerador Bornay 1500
- 36 baterías Trojan T-105
- Inversor modular Exeltech de 5 kW de potencia nominal
- Obras civiles como casa de fuerza y cimentación requeridas

Algunos equipos deben ser importados directamente, esto debido a que no se ha encontrado un representante y/o distribuidor local. Para conocer el precio del equipo en nuestro país el precio FOB mas el flete deben ser afectados por los impuestos de importación y el IGV, en general esto representa un aumento del 60% sobre el precio FOB del equipo.

TABLA N° 4.17 Costos de equipos e Instalación del sistema eólico

EQUIPO	CANT	FOB (US \$)	LOCAL (US \$)
Aerogenerador Bornay 1500 + Regulador	1		9676.00
Torre auto soportada de 14 m	1		2000.00
Varilla de Toma a Tierra - Torre	2		300.00
Inversor Modular Exeltech 1 kW	5	5045.00	8072.00
Baterías Trojan T-105	36		8554.00
Pozo a Tierra	1		1200.00
Cable Trifásico de 25mm ² THW	65m		650.00
Cable 25mm ² THW	20m		100.00
Cable 120mm ² THW	5m		75.00
Seccionador 24V , 80A	1		100.00
Seccionador porta fusible 280A	1		180.00
Termomagnético 30A	1		10.00
Obras civiles, Incluye instalación del cuarto de control, cimentación de torre, cableado , accesorios y pago a técnicos			3000.00
		TOTAL	33917.00

El costo total de la instalación determinado en la tabla n° 4.17 , representa la inversión inicial del sistema eólico para suministro de energía.

A lo largo de la vida útil del sistema , se deberá considerar el cambio de baterías cada 4 años, la cual incurrirá en un costo adicional de US \$ 8554 , todos estos costos deben ser llevados al presente, es decir al momento en que se hace la inversión inicial. De esta forma será posible conocer el costo de operación del sistema a lo largo de su vida útil estimada en 20 años y conociendo la energía que suministra el sistema en esos 20 años será factible conocer el costo de la energía del sistema eólico.

4.9.2 Inversión en el tiempo y costo de la energía

El dinero varía en su poder adquisitivo a través del tiempo al ser afectado por dos factores, la tasa de interés y la inflación.

El conocer estos factores permite calcular el valor de una inversión futura en el momento de interés, por ejemplo al momento de realizar la inversión inicial. Esto comúnmente se

conoce como llevar al año cero las inversiones futuras o también como Valor Presente Neto (VPN)

$$VP = VF \cdot \left[\frac{(1+f)^n}{(1+i)^n} \right] \quad (4.21)$$

Donde :

VP	:	Valor presente
f	:	Tasa de inflación por periodo de tiempo
i	:	Tasa de interés por periodo considerado (anual)
n	:	Numero de periodos de tiempo considerados

La tasa de inflación anual puede considerarse en 5% anual y la tasa de interés es la que corresponde a la ofrecida por los bancos y oscila entre 17% anual en US \$. (valor promedio del sistema financiero).

En el año cero todos los costos involucrados constituyen en valor presente neto (VPN) y se calcula según :

$$VPN = I_0 + 8554 \cdot \left[\left(\frac{1+0.05}{1+0.17} \right)^4 + \left(\frac{1+0.05}{1+0.17} \right)^8 + \left(\frac{1+0.05}{1+0.17} \right)^{12} + \left(\frac{1+0.05}{1+0.17} \right)^{16} \right]$$

Siendo : $I_0 = \text{US } \$ 33917.00$ la inversión Inicial

Por lo tanto en 20 años la inversión total llevada al año cero representa :

$$VPN = \text{US } \$ 46909.67$$

Además se determino la Energía total necesaria que demanda el hotel y debe ser satisfecha por el aerogenerador es igual a $E_N = 1513 \text{ kWh}$ durante el periodo de verano (se ha considerado 5 meses). Por lo tanto en 20 años el sistema suministrara una energía igual a 73633 kWh . Entonces el costo de la energía generada en 20 años es :

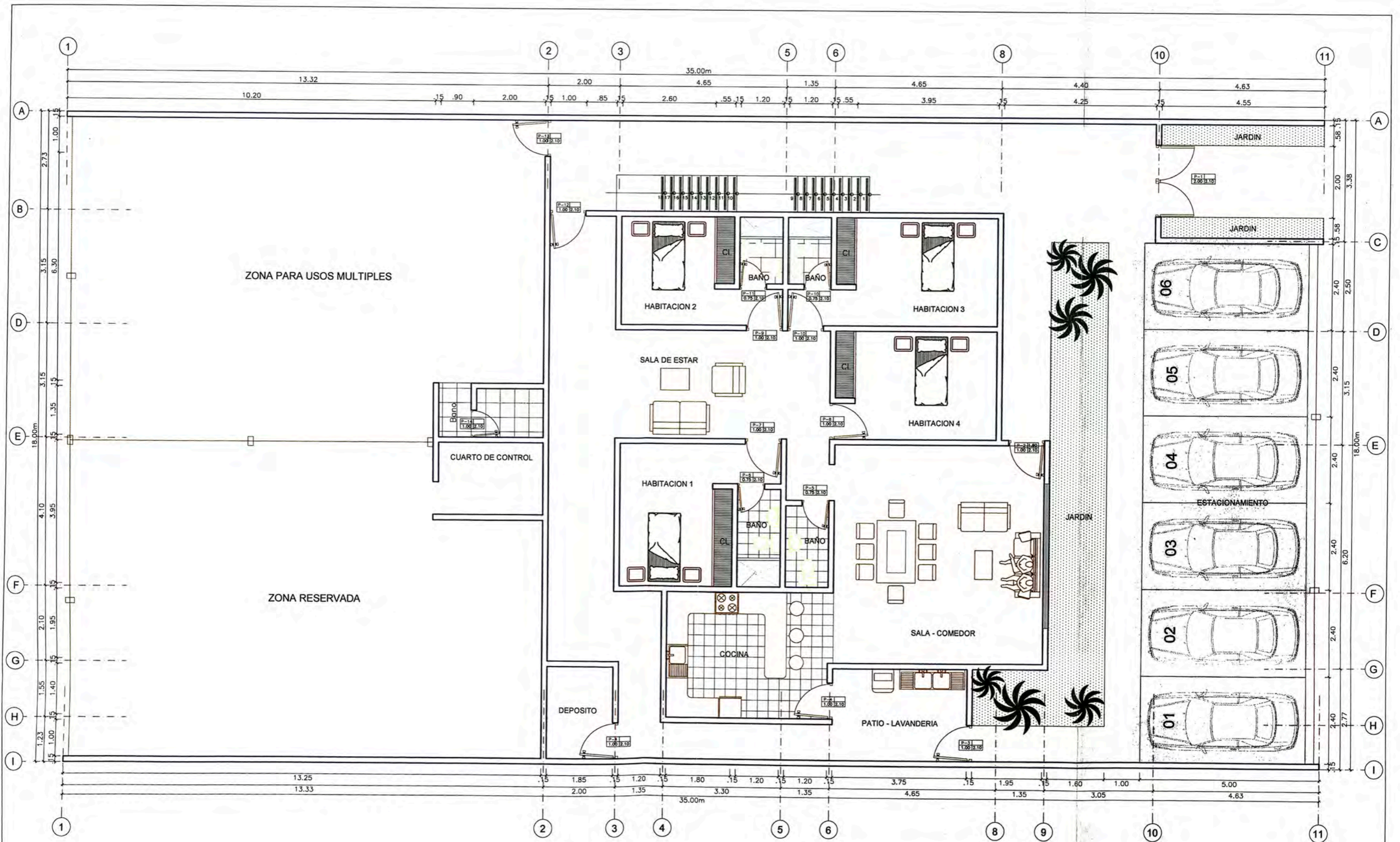
$$\text{Costo Energía} = \frac{\text{US } \$ 46909.67}{\left(1513 \frac{\text{kWh}}{\text{verano}} \right) \left(\frac{\text{verano}}{150 \text{ días}} \right) \cdot \left(\frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \right) \cdot (20 \text{ años})} = 0.637 \text{ US\$ / kWh}$$

CONCLUSIONES

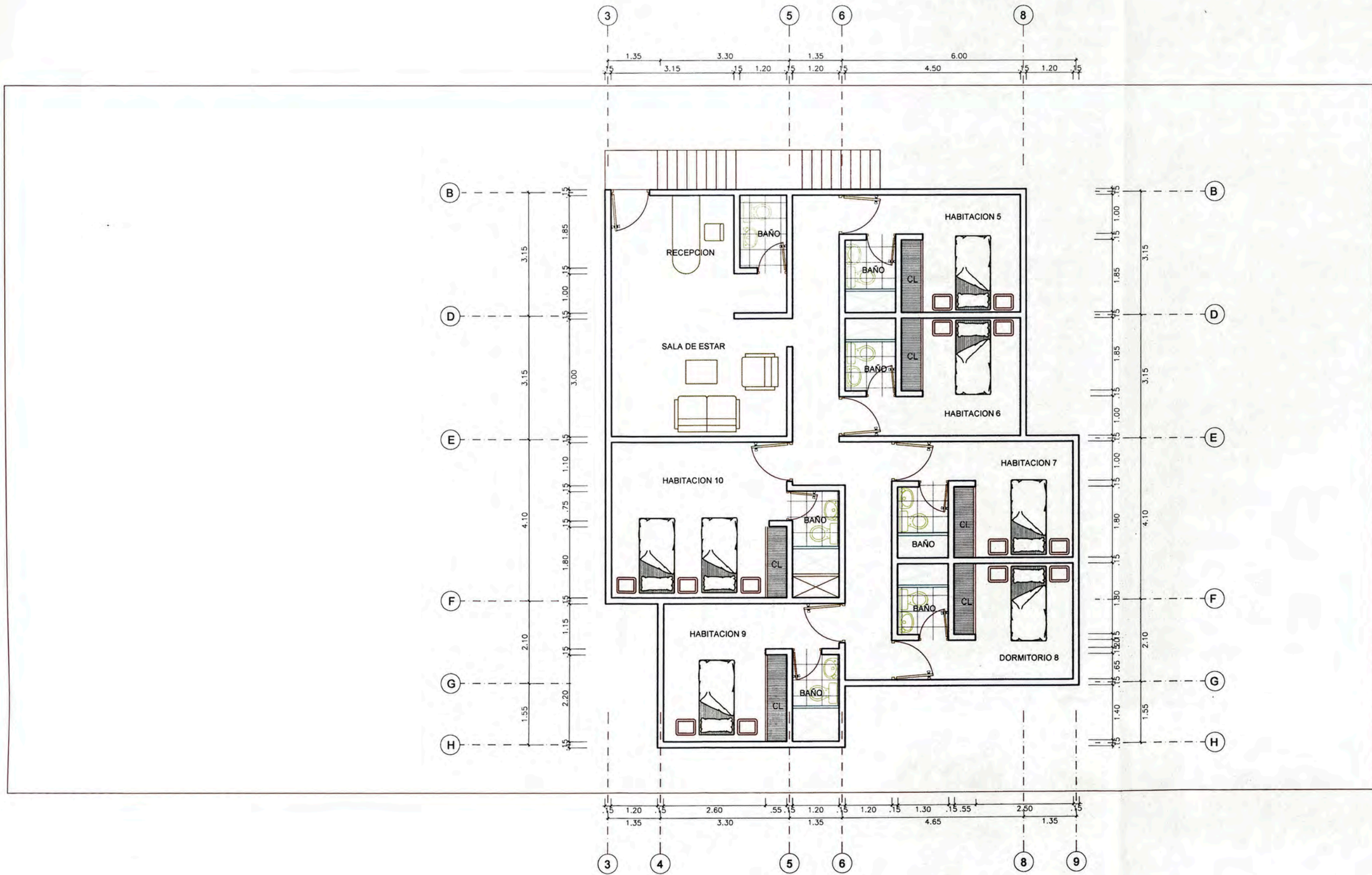
1. La Principal conclusión del presente informe , es el haber demostrado , que el uso de energías alternativas, como la energía eólica , representa una opción altamente competitiva, para sistemas aislados (no conectados a red) , los costos de energía para este caso están del orden de 0.637 US\$/kWh.
2. En base al mapa eólico y los datos recopilados por la estación meteorológica " La Esperanza" en Paita (Piura) , además del estudio de los vientos queda demostrado el gran potencial eólico en la zona. Además se observa que el potencial de energía solar es bastante susceptible de ser aprovechado.
3. La energía demandada por el hotel de playa (por dotación de agua, alumbrado y uso de electrodomésticos) , en nuestro caso es satisfecha por un solo aerogenerador , para el caso que hubiera resultado insuficiente la producción de energía por un solo aerogenerador , el sistema eólico se adapta para que se pueda utilizar un segundo aerogenerador.
4. La elección del aerogenerador , regulador , baterías e inversor , se ha tratado en lo posible , que puedan ser adquiridos en el país a través de un representante local, en lo que respecta a baterías Trojan la elección obedeció al modelo más comercial, y el inversor Exeltech MX seleccionado fue por su diseño modular y expandible.

ANEXOS

ANEXO A
PLANOS DE DISTRIBUCIÓN DEL HOTEL DE PLAYA

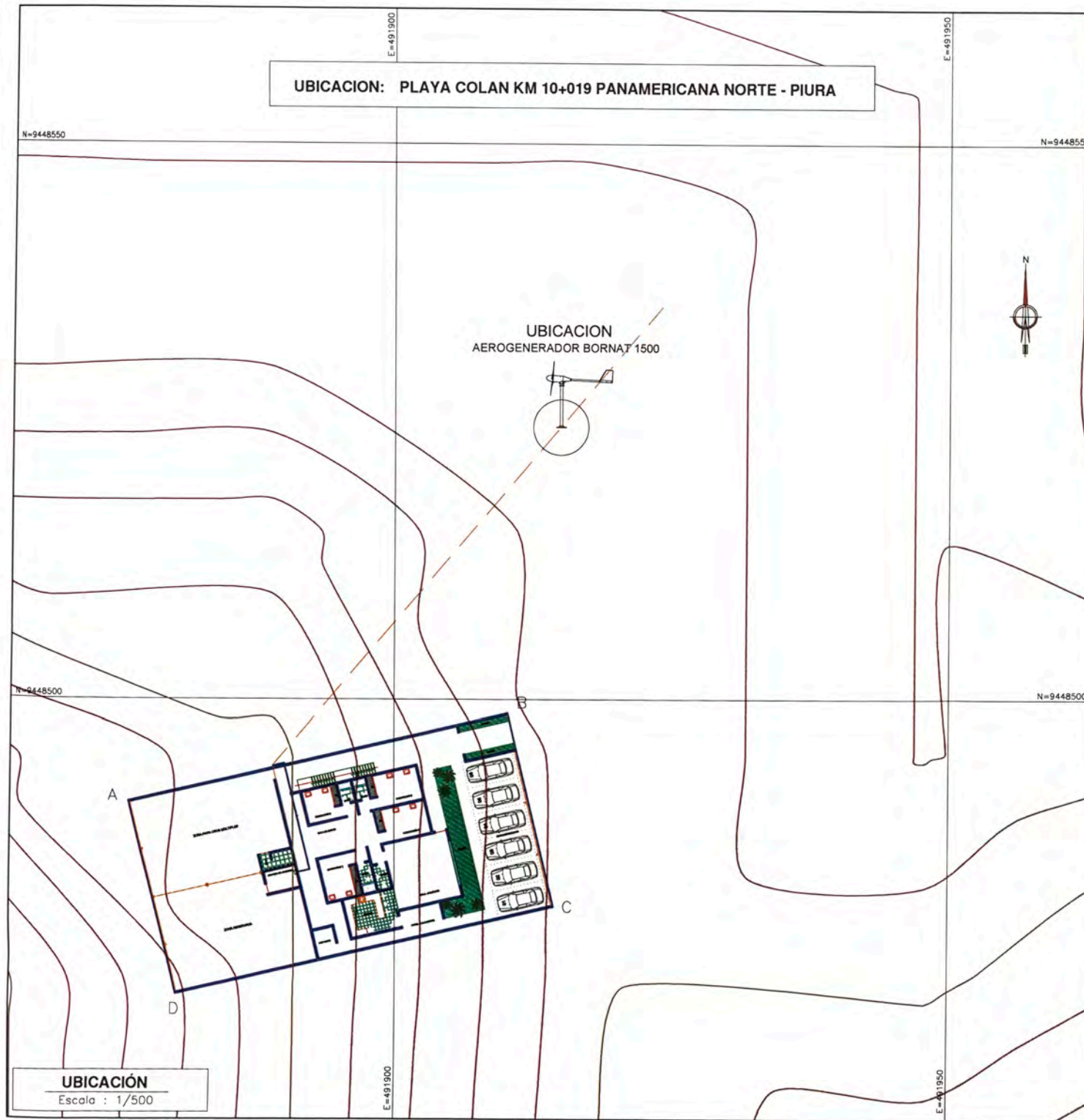


	Fecha	Nombre	HOTEL DE PLAYA
Dibujado	Enero 2014	Fernando Javier Alcala Marcos	
Comprobado	Enero 2014	Fernando Javier Alcala Marcos	
Firma			
Escala	PLANO DE DISTRIBUCION PRIMER NIVEL		PROYECTO A1001 Plano: P-01
1/100			Sustituye a
			Sustituido por



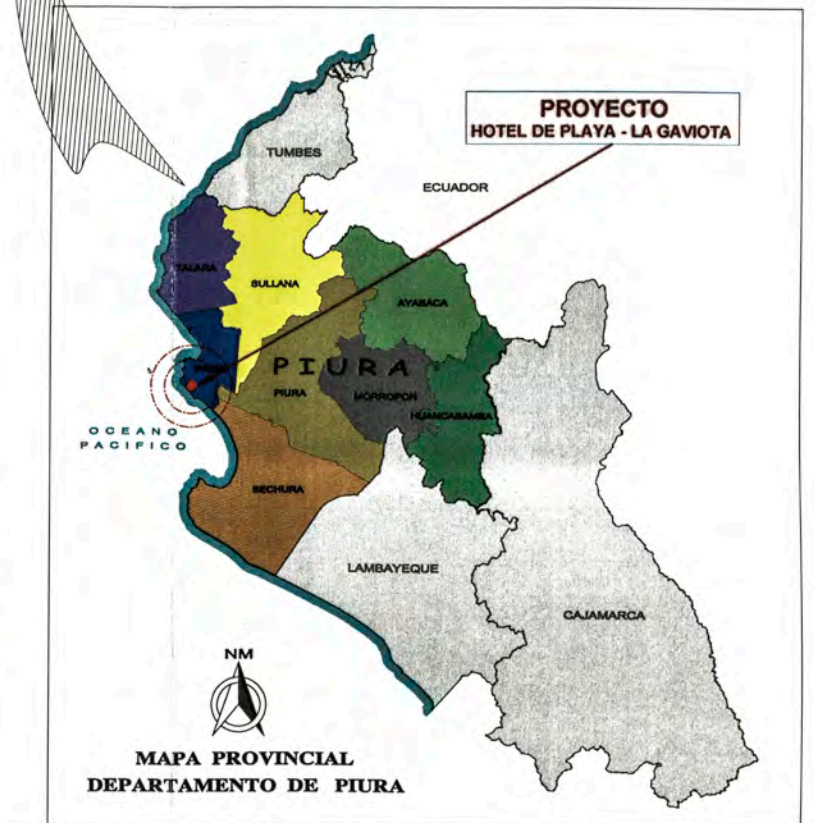
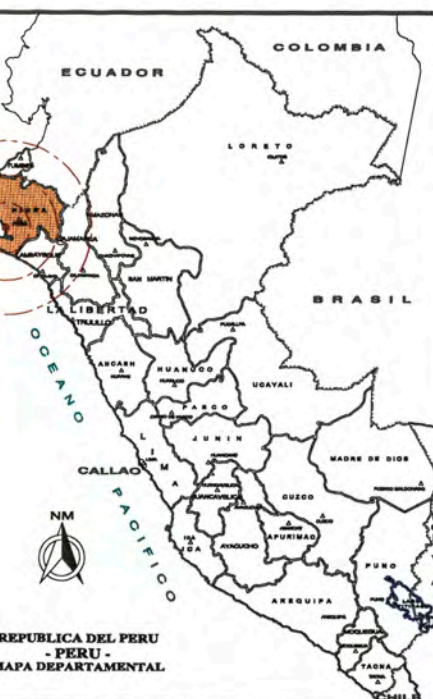
	Fecha	Nombre	HOTEL DE PLAYA
Dibujado	Enero 2014	Fernando Javier Alcala Marcos	
Comprobado	Enero 2014	Fernando Javier Alcala Marcos	
Firma			
Escala	PLANO DE DISTRIBUCION SEGUNDO NIVEL		PROYECTO A1001 Plano: P-02
1/100			Sustituye a Sustituido por

ANEXO B
PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL HOTEL



DATOS TECNICOS DE LA UBICACIÓN DEL PREDIO (POLIGONAL)

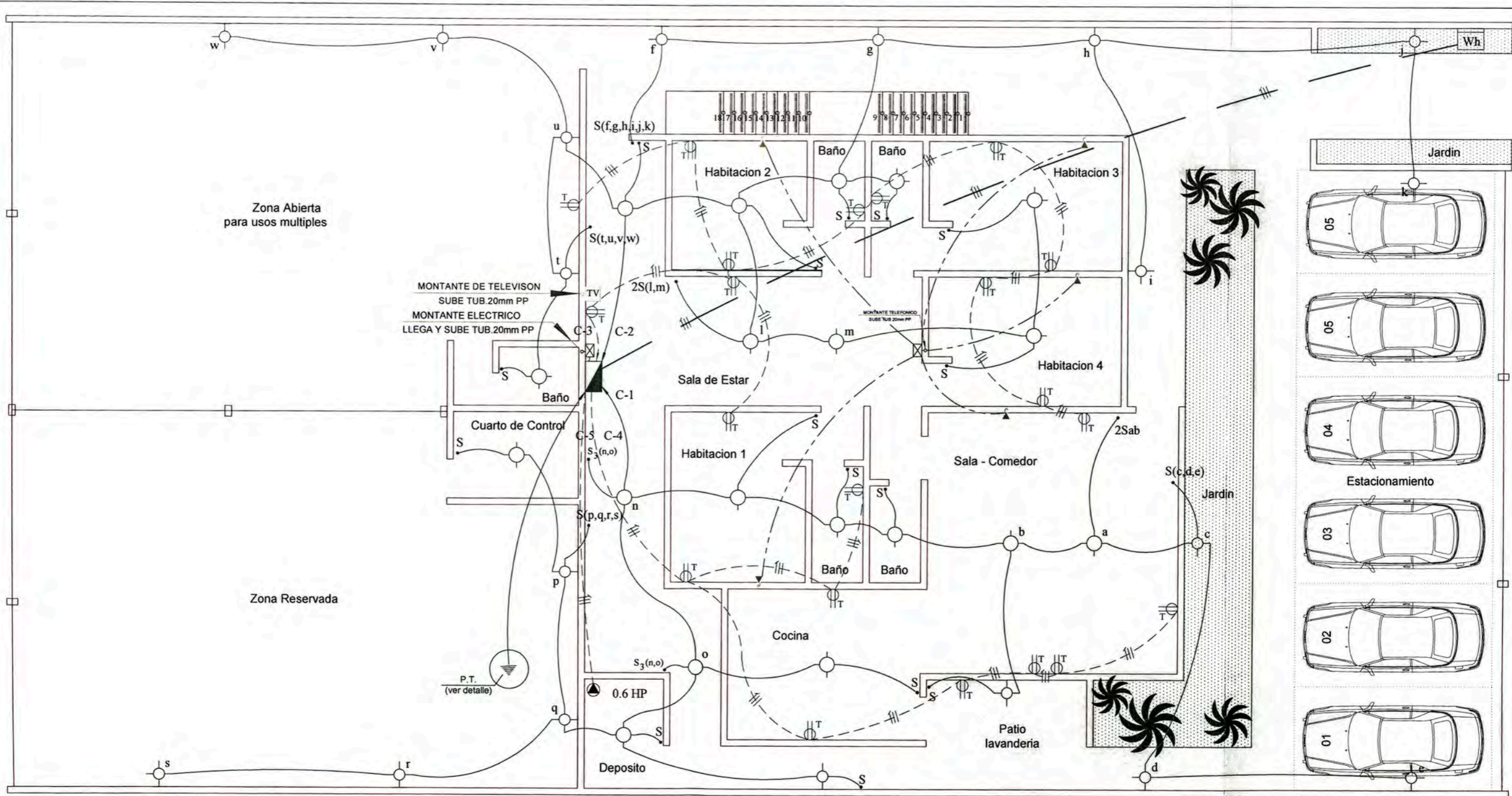
VERTICE	LADO	DISTANCIA	ANGULO INTERNO	Sistema de Proyección UTM Datum WGS-84, Zona 17S		Sistema de Coordenadas Geográficas	
				Este	Norte	Longitud	Latitud
A	A-B	35.000	90°00'00"	491876.123	9448490.833	81°04'23.8190"W	4°59'22.3652"S
B	B-C	18.000	90°00'00"	491910.200	9448498.816	81°04'22.7124"W	4°59'22.1053"S
C	C-D	35.000	90°00'00"	491914.306	9448481.291	81°04'22.5791"W	4°59'22.6761"S
D	D-A	18.000	90°00'00"	491880.228	9448473.308	81°04'23.6858"W	4°59'22.9360"S



Dibujado	Fecha	Nombre	DISEÑO Y CALCULO DE UN GENERADOR EOLICO AISLADO DE LA RED
Comprobado	Enero 2014	Fernando Javier Alcala Marcos	
Firma	Enero 2014	Fernando Javier Alcala Marcos	
Escala	INDICADA		PROYECTO A1001 Plano: P-UB-01
UBICACION Y LOCALIZACION			Sustituye a
			Sustituido por

ANEXO B
PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL HOTEL

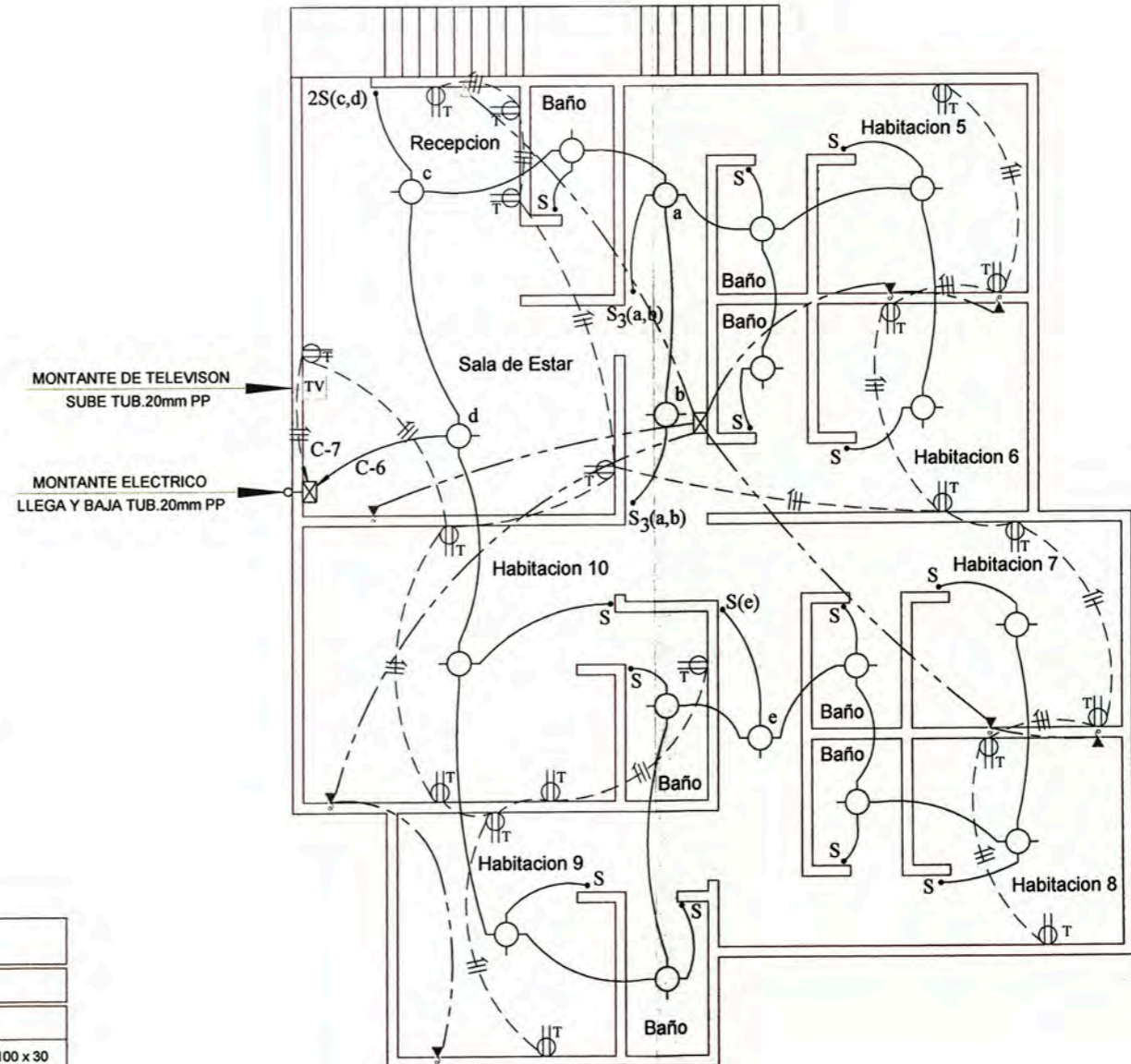
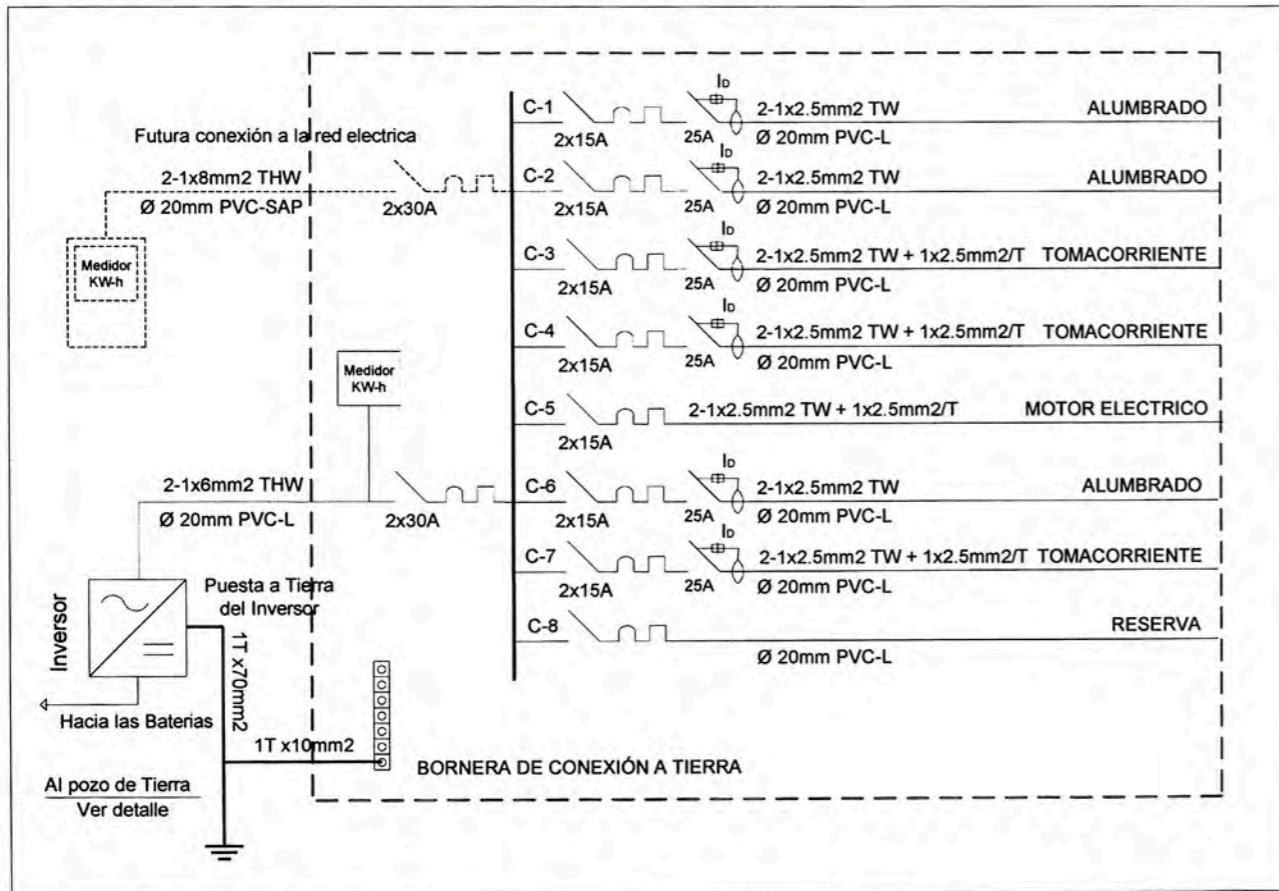
ANEXO C
PLANO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS



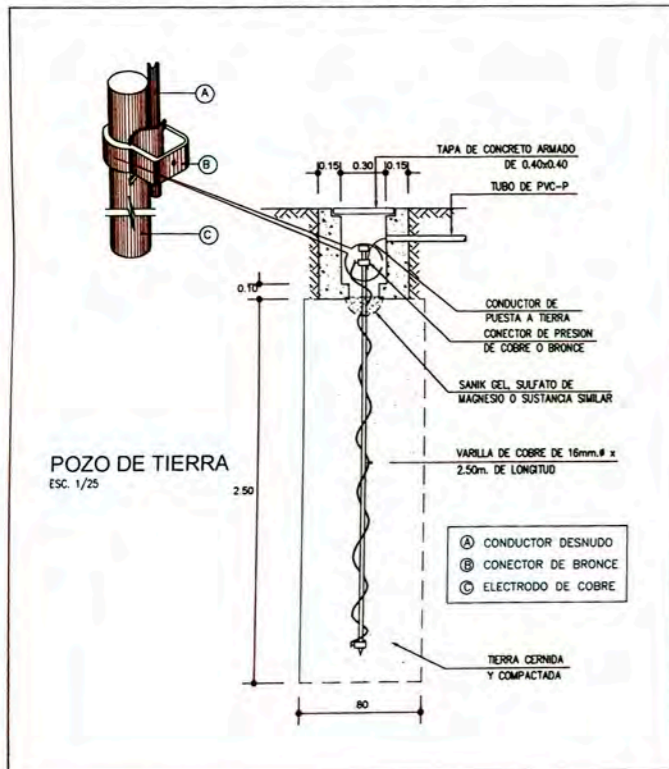
L E Y E N D A	
SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
	SALIDA PARA ALUMBRADO EN LA PARED
	SALIDA PARA ALUMBRADO EN TECHO EN CAJA OCTOGONAL DE 100 x 30
	TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE CON HORQUILLAS REDONDAS/ CAJA
	TABLERO DE DISTRIBUCION ELECTRICA h=1.80 SNPT BORDE SUPERIOR
	MEDIDOR DE KWH PARA SU INSTALACION
	INTERRUPTOR UNIPOLAR SIMPLE, DOBLE, TRIPLE EN CAJA F°G° 100 x 53 x 28 h=1.20 SNPT
	INTERRUPTOR DE CONMUTACION EN CAJA DE 100 x 43 x 28 h=1.20 SNPT
	SALIDA PARA TELEFONO INTERNO EN PARED CAJA 100 x 53 x 28 h=1.20 SNPT
	SALIDA PARA TELEFONO EXTERNO EN PARED CAJA 100 x 53 x 28 h=1.20 SNPT
	POZO DE TIERRA (ver detalle)
	TUB. EMPOTRADA EN TECHO Y/O PARED Ø INDICADO EN DIAGRAMA UNIFILAR PARA ALUMBRADO
	TUBERIA EMPOTRADA EN PISO Ø INDICADO EN DIAGRAMA UNIFILAR PARA TOMACORRIENTE
	TUB. EMPOTRADA EN PISO Ø 15mm TELEFONO INTERNO
	CAJA DE PASE CUADRADA PARA TELEFONO INTERNO
	SALIDA PARA ANTENA TV y/b CABLE CAJA F°G° 100 x 55 x 28 h= .30 SNPT
	SALIDA PARA BOMBA DE AGUA

Dibujado	Enero 2014	Fernando Javier Alcala Marcos	DISEÑO Y CALCULO DE UN GENERADOR EOLICO AISLADO DE LA RED
Comprobado	Enero 2014	Fernando Javier Alcala Marcos	
Firma			
Escala	1/100		PROYECTO A1001 Plano: P-IE-01
PLANO DE INSTALACIONES ELECTRICAS PRIMER NIVEL			Sustituye o Sustituido por

TABLERO DE DISTRIBUCION DEL HOTEL



DETALLE PUESTA A TIERRA



L E Y E N D A	
SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
	SALIDA PARA ALUMBRADO EN LA PARED
	SALIDA PARA ALUMBRADO EN TECHO EN CAJA OCTOGONAL DE 100 x 30
	TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE CON HORQUILLAS REDONDAS/T CAJA
	TABLERO DE DISTRIBUCION ELECTRICA h=1.80 SNPT BORDE SUPERIOR
	MEDIDOR DE KWH PARA SU INSTALACION
	INTERRUPTOR UNIPOLAR SIMPLE, DOBLE, TRIPLE EN CAJA F°G° 100 x 53 x 28 h=1.20 SNPT
	INTERRUPTOR DE CONMUTACION EN CAJA DE 100 x 43 x 28 h=1.20 SNPT
	SALIDA PARA TELEFONO INTERNO EN PARED CAJA 100 x 53 x 28 h=1.20 SNPT
	SALIDA PARA TELEFONO EXTERNO EN PARED CAJA 100 x 53 x 28 h=1.20 SNPT
	POZO DE TIERRA (ver detalle)
	TUB. EMPOTRADA EN TECHO Y/O PARED Ø INDICADO EN DIAGRAMA UNIFILAR PARA ALUMBRADO
	TUBERIA EMPOTRADA EN PISO Ø INDICADO EN DIAGRAMA UNIFILAR PARA TOMACORRIENTE
	TUB. EMPOTRADA EN PISO Ø 15mm TELEFONO INTERNO
	CAJA DE PASE CUADRADA PARA TELEFONO INTERNO
	SALIDA PARA ANTENA TV y/o CABLE CAJA F°G° 100 x 55 x 28 h=.30 SNPT
	SALIDA PARA BOMBA DE AGUA

	Fecha	Nombre	DISEÑO Y CALCULO DE UN GENERADOR EOLICO AISLADO DE LA RED
Dibujado	Enero 2014	Fernando Javier Alcala Marcos	
Comprobado	Enero 2014	Fernando Javier Alcala Marcos	
Firma			
Escala	PLANO DE INSTALACIONES ELECTRICAS SEGUNDO NIVEL		PROYECTO A1001 Plano: P-IE-02
1/100			Sustituye a
			Sustituido por

ANEXO D
DETALLE DE INSTALACIÓN DEL AEROGENERADOR

PERFIL DEL TERRENO
ESCALA - 1/200

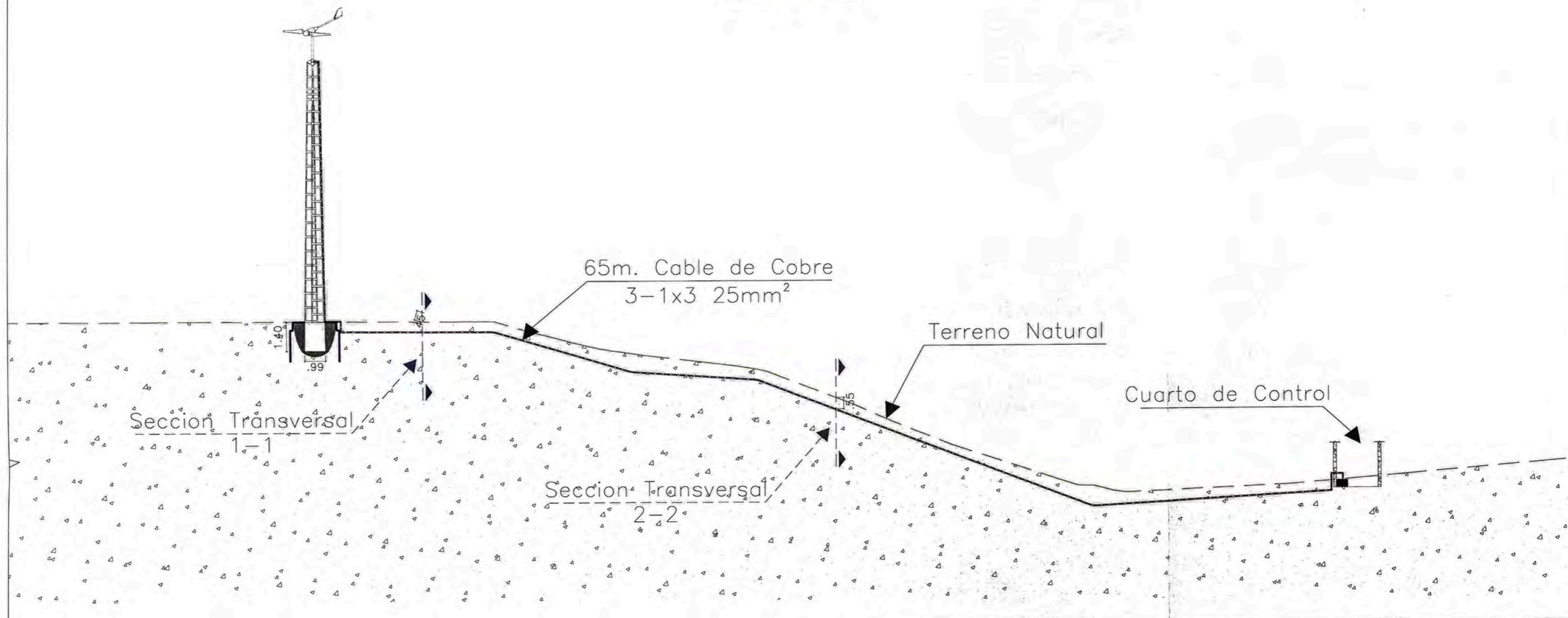


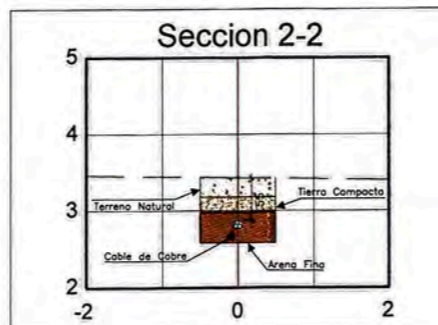
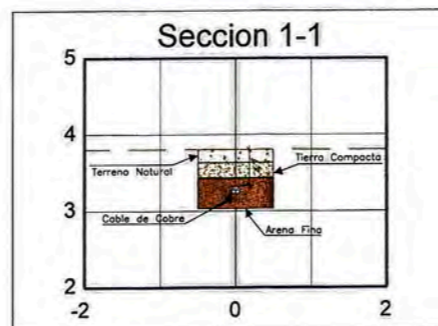
Tabla de Equivalencia

Sección mm ²	4	6	10	16	25	35	50
Sección AWG	11	9	7	5	3	1	0.000
Diámetro (mm)	2.260	2.760	3.570	4.510	5.640	6.680	7.980
Diámetro (in)	0.088	0.108	0.141	0.178	0.222	0.263	0.314

Recomendación del Fabricante para el cable de bajada
Regulador - Aerogenerador

Modelo	Iac x Fase	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100
	(A)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Bornay 600 / 12V	17.000	10 mm ²	16 mm ²	25 mm ²	35 mm ²	50 mm ²
Bornay 600 / 24V	8.800	6 mm ²	10 mm ²	16 mm ²	25 mm ²	35 mm ²
Bornay 600 / 48V	4.500	4 mm ²	6 mm ²	10 mm ²	16 mm ²	25 mm ²
Bornay 1500 / 24V	22.000	10 mm ²	16 mm ²	25 mm ²	25 mm ²	35 mm ²
Bornay 1500 / 48V	11.000	6 mm ²	10 mm ²	16 mm ²	25 mm ²	35 mm ²
Bornay 3000 / 24V	42.000	10 mm ²	16 mm ²	25 mm ²	35 mm ²	50 mm ²
Bornay 3000 / 48V	21.000	4 mm ²	6 mm ²	10 mm ²	16 mm ²	25 mm ²
Bornay 6000 / 48V	42.000	6 mm ²	10 mm ²	16 mm ²	25 mm ²	35 mm ²

SECCIONES TRANSVERSALES
ESCALA - 1/100



Recomendaciones mínimas del fabricante para el cableado
Regulador - Baterías

Modelo	Cable Batería	Batería Mínima
Bornay 600 / 12V	16 mm ²	550 Ah C100
Bornay 600 / 24V	16 mm ²	250 Ah C100
Bornay 600 / 48V	10 mm ²	150 Ah C100
Bornay 1500 / 24V	25 mm ²	660 Ah C100
Bornay 1500 / 48V	16 mm ²	350 Ah C100
Bornay 3000 / 24V	35 mm ²	1100 Ah C100
Bornay 3000 / 48V	25 mm ²	600 Ah C100
Bornay 6000 / 48V	50 mm ²	1200 Ah C100

Dibujado	Fecha	Nombre
Comprobado	Enero 2014	Fernando Javier Alcala Marcos
Firma	Enero 2014	Fernando Javier Alcala Marcos
Escala	INDICADA	

DISEÑO Y CALCULO
DE UN GENERADOR EOLICO
AISLADO DE LA RED

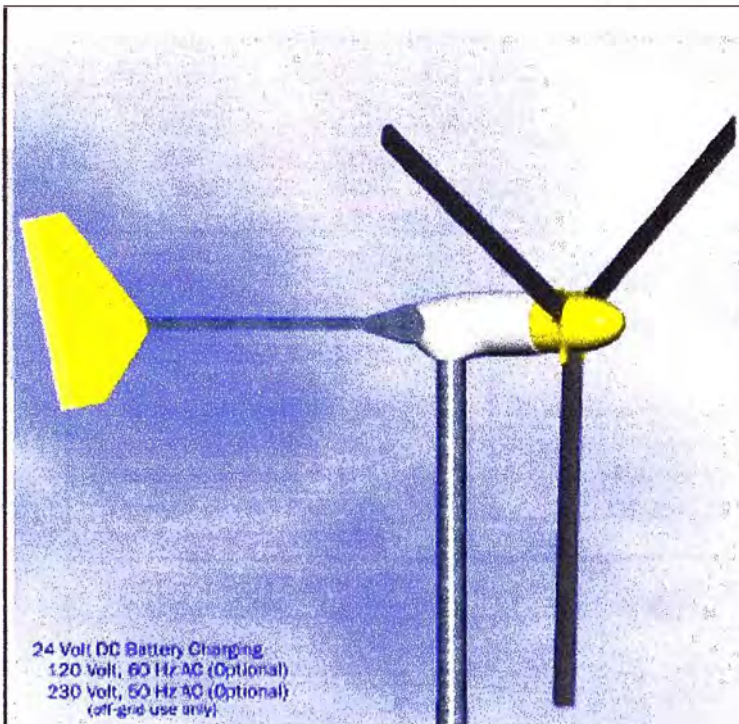
DETALLE DE INSTALACION
DEL AEROGENERADOR

PROYECTO A1001
Plano: P-IE-03

Sustituye a
Sustituido por

ANEXO E
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE AEROGENERADORES PROPUESTOS

Características técnicas del Aerogenerador Bergey BWC XL.1



24 Volt DC Battery Charging
120 Volt, 60 Hz AC (Optional)
230 Volt, 60 Hz AC (Optional)
(off-grid use only)

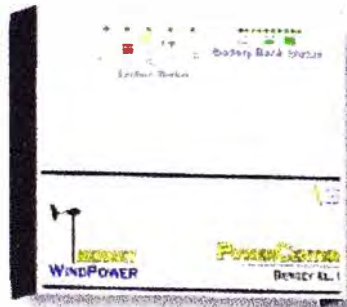


BWC XL.1 1 kW CLASS WIND TURBINE

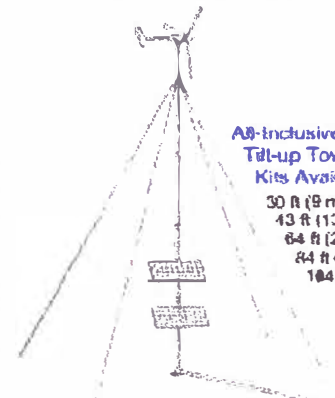
- 5-YEAR WARRANTY
- MAINTENANCE FREE DESIGN
- NEARLY SILENT OPERATION
- EXCELLENT LOW WIND PERFORMANCE
- AUTOFURL. AUTOMATIC STORM PROTECTION
- STATE-OF-THE-ART AIRFOIL (PAT. PENDING)
- DIRECT-DRIVE NEODYMIUM PM ALTERNATOR
- POWERCENTER MULTI-FUNCTION CONTROLLER
- BATTERY-FRIENDLY OPTIC-CHARGE REGULATION
- OPTIONAL INTEGRATED 500 W SINE INVERTER
- COMPLETE TUBULAR TILT-UP TOWERS AVAILABLE
- COMPLETE "PLUG AND PLAY" SYSTEMS AVAILABLE

The Bergey XL.1 is the most technically advanced small wind turbine ever. It comes from the world's leading manufacturer of small wind turbines and is backed by a full 5-year warranty. The XL.1 wind turbine is designed for high reliability, low maintenance, and automatic operation in adverse weather conditions. And the XL.1's 'all-in-one' PowerCenter provides complete hybrid system integration, including an optional on-board sine wave inverter. Owner installations are a snap with Tilt-up Tower options from 30 - 104 ft.

Easy to install, extremely reliable, and a solid value, the Bergey XL.1 is the clear choice for your home energy system.



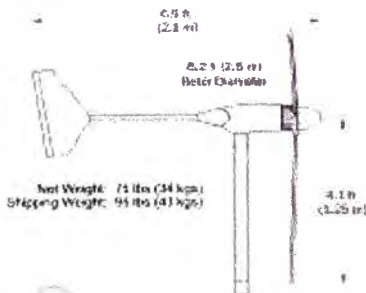
BWC XL.1 PowerCenter Controller



All-Inclusive Tilt-up Tower Kits Available:
30 ft (9 m)
43 ft (13 m)
64 ft (20 m)
84 ft (26 m)
104 ft (32 m)

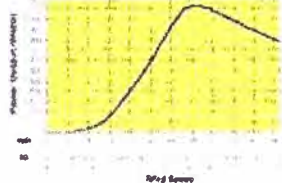
30 ft Tilt-up Tower with Optional 200 W Solar Array

THE ONLY MOVING PARTS ARE THE PARTS YOU SEE MOVING



Performance

Start-up Wind Speed ... 6.7 mph (3 m/s)
Cut-in Wind Speed ... 9.6 mph (4.3 m/s)
Rated Power ... 1000 Watts
Rated Wind Speed ... 24.6 mph (11 m/s)
Rated Rotor Speed ... 400 RPM
Furling Wind Speed ... 25 mph (11.3 m/s)
Max. Design Wind Speed ... 120 mph (54 m/s)



Predicted Energy Production

Wind Speeds Taken at Top of Tower

Annual Average Wind Speed (mph)	1.5	2	3	4	5	6	8
Annual Average Wind Speed (mph)	7.8	8.9	10.1	11.2	12.1	13.4	14.5
Production	0.0	7.8	7.8	5.1	6.6	7.1	8.9
in kWh (kWh)	0.0	95	100	105	100	100	100
in kWh (kWh)	0.0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Wind Speeds Taken at 10 meters (per standard wind resource maps)

US DMC Wind Power Class	1	2	3	4	5	6	7
Annual Average Wind Speed (mph)	6.5	10.7	10.3	11.0	11.0	11.0	11.0
Annual Average Wind Speed (m/s)	2.9	4.8	4.6	4.8	4.8	4.8	4.8
Production	0.0	7.8	8.7	1.8	1.8	7.8	8.7
in kWh (kWh)	0.0	95	100	100	100	100	100
in kWh (kWh)	0.0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Notes: Daily energy output at 10 meters will be less than shown in this chart. Wind resource maps are based on 10 m observation tower data. Daily energy output at 10 meters will be less than shown in this chart. Wind resource maps are based on 10 m observation tower data.

Your Performance May Vary.

Dealer:



SIMPLICITY • RELIABILITY • PERFORMANCE

2001 PRIESTLEY AVE.
NORMAN, OK 73069
T: 405-266-4212
F: 405-266-2078
SALES@BERGEY.COM
www.bergey.com

WindCad Turbine Performance Model

BWC XL.1 Battery Charging Version

MS Excel, V.97 PC

Prepared For: **Fernando Alcala**
 Site Location: **Lima**
 Data Source: **Peru**
 Date: **12/12/2013**

1 kW

Inputs:	
Ave. Wind (m/s) =	6
Weibull K =	3.738
Site Altitude (m) =	0
Wind Shear Exp. =	0.200
Anem. Height (m) =	10
Tower Height (m) =	13
Turbulence Factor =	0.0%
Perf. Safety Margin =	0.0%

Results:	
Hub Average Wind Speed (m/s) =	6.32
Air Density Factor =	0.0%
Average Output Power (W) =	334
Daily Energy Output (kWh) =	8.0
Annual Energy Output (kWh) =	2,929
Monthly Energy Output =	244
Percent Operating Time =	98.1%

1 m/s = 2.2369 mph

Weibull Performance Calculations

Wind Speed Bin (m/s)	Power (W)	Wind Probability (f)	Net W @ V
1	0	0.25%	0.00
2	2	1.62%	0.03
3	22	4.77%	1.05
4	60	9.71%	5.83
5	125	15.36%	19.21
6	230	19.46%	44.77
7	375	19.62%	73.56
8	530	15.33%	81.23
9	700	8.94%	62.55
10	880	3.71%	32.63
11	1,070	1.04%	11.09
12	1,200	0.18%	2.20
13	1,230	0.02%	0.24
14	1,200	0.00%	0.01
15	1,150	0.00%	0.00
16	1,095	0.00%	0.00
17	1,040	0.00%	0.00
18	990	0.00%	0.00
19	940	0.00%	0.00
20	890	0.00%	0.00
2000. Bergye Windpower Co. Totals:		100.00%	334.39

Weibull Calculations:
 Wind speed probability is calculated as a Weibull curve defined by the average wind speed and a shape factor, K. To facilitate piece-wise integration, the wind speed range is broken down into "bins" of 1 m/s in width (Column 1). For each wind speed bin, instantaneous wind turbine power (W, Column 2) is multiplied by the Weibull wind speed probability (f, Column 3). This cross product (Net W, Column 4) is the contribution to average turbine power output contributed by wind speeds in that bin. The sum of these contributions is the average power output of the turbine on a continuous, 24 hour, basis. Best results are achieved using annual or monthly average wind speeds. Use of daily or hourly average speeds is not

Instructions:

Inputs: Use annual or monthly Average Wind speeds. If Weibull K is not known, use K = 2 for inland sites, use 3 for coastal sites, and use 4 for island sites and trade wind regimes. Site Altitude is meters above sea level. Wind Shear Exponent is best assumed as 0.18. For rough terrain or high turbulence use 0.22. For very smooth terrain or open water use 0.110. Anemometer Height is for the data used for the Average Wind speed. If unknown, use 10 meters. Tower Height is the nominal height, eg. 24 meters. Turbulence Factor is a derating for turbulence, product variability, and other performance influencing factors. Use 0.00 (0%) - 0.05 (5%) is most cases. **Performance Safety Margin** is a derating that accounts for unuseable energy (eg., batteries full) and adds a margin of safety in satisfying the load requirements. Use 0.05 (5%) for remote homes and village power sites with back-up power. Use 0.15 (15%) - 0.25 (25%) for telecommunication applications with back-up power. Use 0.2 (20%) - 0.4 (40%) for high-priority loads at sites without back-up power (should have solar component). **Results:** Hub Average Wind Speed is corrected for wind shear and used to calculate the Weibull wind speed probability. Air Density Factor is the reduction from sea level performance. Average Power Output is the average 24-hour power produced, without the performance safety margin adjustment. Daily Energy Output includes all deratings and is the primary performance parameter. Annual and Monthly Energy Outputs are calculated for the Daily value. Percent Operating Time is the time the turbine should be producing some power. **Limitations:** This model uses a mathematical idealization of the wind speed probability. The validity of this assumption is reduced as the time period under consideration (ie. the wind speed averaging period) is reduced. This model is best used with annual or monthly average wind speeds. Use of this model with daily or hourly average wind speed data is not recommended because the wind will not follow a Weibull distribution over short periods. Consult Bergye Windpower Co for special needs. **Actual Performance May Vary !**

Características técnicas

Número de hélices	2
Diámetro	2,86 mts
Material	Fibra de vidrio/carbono
Dirección de rotación	En sentido contrario a las agujas del reloj
Sistema de control	1. Regulador electrónico 2. Pasivo por inclinación

Características eléctricas

Alternador	Trifásico de imanes permanentes
Imanes	Neodimio
Potencia nominal	1500 w
Voltaje	24, 48, 120 v
RPM	@ 700
Regulador	24 v 80 Amp 48 v 40 Amp 120v. Conexión red

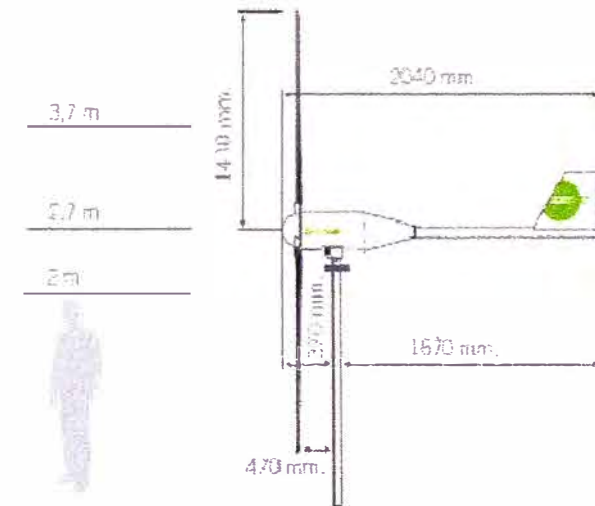
Velocidad del viento

Para arranque	3,5 m/s
Para potencia nominal	12 m/s
Para frenado automático	14 m/s
Máxima velocidad del viento	60 m/s

Características físicas

Peso aerogenerador	41 kg
Peso regulador	8 kg
Embalaje	50 x 77 x 57 cm - 57 kg
Dimensiones - peso	153 x 27 x 7 cm - 6,8 kg
Total	0,23 m ³ - 61,8 Kgr
Garantía	3 años

Bornay 



ANEXO F
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE BATERÍAS TROJAN



T-105 DATA SHEET

MODEL: T-105 with Bayonet Cap
DIMENSIONS: inches (mm)
BATTERY: Flooded/wet lead-acid battery
COLOR: Maroon (case/cover)
MATERIAL: Polypropylene



PRODUCT SPECIFICATION

BCI GROUP SIZE	TYPE	CAPACITY ^A Minutes		CAPACITY ^B Amp-Hours (AH)				ENERGY (KWH)	TERMINAL Type	DIMENSIONS ^C inches (mm)			WEIGHT lbs. (kg)
		@25 Amps	@75 Amps	5-Hr Rate	20-Hr Rate	100-Hr Rate	100-Hr Rate			Length	Width	Height ^D	
5 VOLT DEEP CYCLE BATTERY - with T2 TECHNOLOGY™													
G22	T-105	447	115	185	225	250	1.5	1, 2, 3, 4, 5	10-3/8 (264)	7-1/8 (181)	10-7/8 (276)	62 (28)	

- A. The number of minutes a battery can deliver when discharged at a constant rate at 86°F (30°C) and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on nominal performance.
 - B. The amount of amp-hours (AH) a battery can deliver when discharged at a constant rate at 86°F (30°C) for the 20-hour and 100-hour rates and 86°F (30°C) for the 5-hour rate and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on nominal performance.
 - C. Dimensions are based on nominal size. Dimensions may vary depending on type of handle or terminal.
 - D. Dimensions taken from bottom of the battery to the high points on the battery. Heights may vary depending on type of terminal.
- Trojan's battery testing procedures adhere to both BCI and IEC test standards.

CHARGING INSTRUCTIONS

CHARGER VOLTAGE SETTINGS (AT 77°F/25°C)

System Voltage	6V	12V	24V	36V	48V
Daily Charge	7.40	14.8	29.6	44.4	59.2
Float	6.60	13.2	26.4	39.6	52.8
Equalize	7.75	15.5	31.0	46.5	62.0

Do not install or charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Constant under or over charging will damage the battery and shorten its life as with any battery.

CHARGING TEMPERATURE COMPENSATION

.028 VPC for every 10°F (5.55°C) above or below 77°F (25°C) (add .028 VPC for every 10°F (5.55°C) below 77°F and subtract .028 VPC for every 10°C above 77°F).

OPERATIONAL DATA

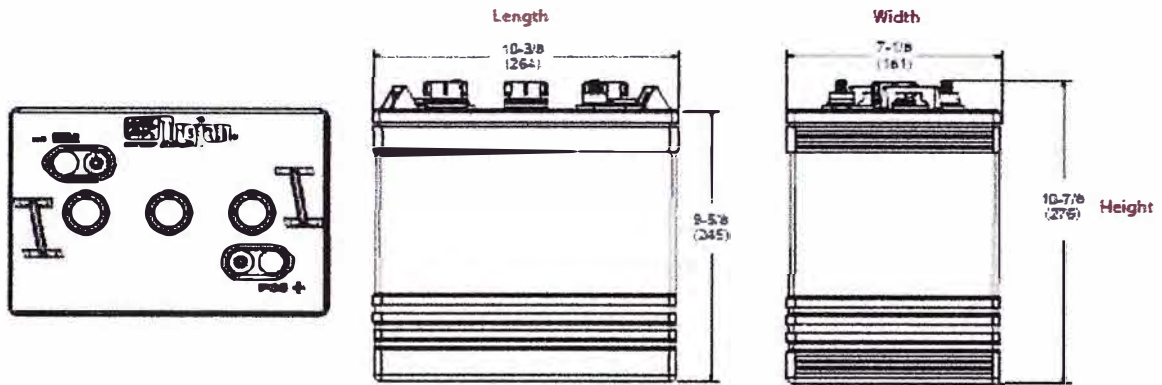
Operating Temperature	Self-discharge
-4°F to 113°F (-20°C to +45°C). At temperatures below 32°F (0°C) maintain a state of charge greater than 60%.	5 - 15% per month depending on storage temperature conditions.

TERMINAL CONFIGURATIONS

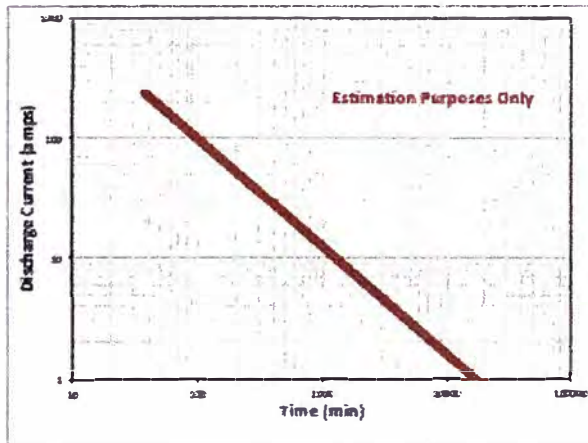
1	EUT	Embedded Low Profile Terminal	 <p>Terminal Height (inches) (mm) 1.7/32 (311) Torque Values in-lb (Nm) 05-105 (10.7 - 11.9) Shank Size 5/16 - 18</p>
2	HPT	Embedded High Profile Terminal	 <p>Terminal Height (inches) (mm) 1-1/2 (38) Torque Values in-lb (Nm) 05-105 (10.7 - 11.9) Shank Size 5/16 - 18</p>
3	EAP	Embedded Automotive Post Terminal	 <p>Terminal Height (inches) (mm) 15/16 (24) Torque Values in-lb (Nm) 50-70 (5.6 - 7.9)</p>
4	EUT	Embedded Universal Terminal	 <p>Terminal Height (inches) (mm) 1-1/8 (28) Torque Values in-lb (Nm) 05-105 (10.7 - 11.9) Through-hole Diameter (mm) 5/16 - 18</p>
5	LT	L-Terminal	 <p>Terminal Height (inches) (mm) 1-3/4 (43) Torque Values in-lb (Nm) 100 - 120 (11 - 14) Through-hole Diameter (mm) 3/8 (9.5)</p>

T-105 DATA SHEET

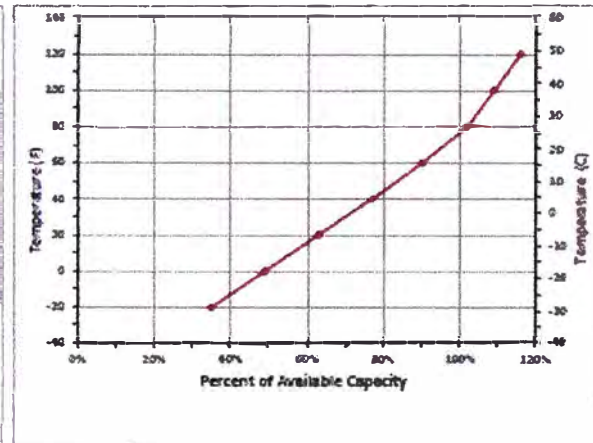
BATTERY DIMENSIONS (shown with ELPT)



TROJAN T-105 PERFORMANCE



PERCENT CAPACITY VS. TEMPERATURE



Trojan batteries are available worldwide through Trojan's Master Distributor Network. We offer outstanding technical support, provided by full-time application engineers.

For a Trojan Master Distributor near you, call 800.423.6569 or + 1.562.236.3000 or visit www.trojanbattery.com

12380 Clark Street, Santa Fe Springs, CA 90670 • USA



J185H-AC DATA SHEET

MODEL: J185H-AC with Bayonet Cap
VOLTAGE: 12
DIMENSIONS: Inches (mm)
BATTERY: Flooded/wet lead-acid battery
COLOR: Maroon (case/cover)
MATERIAL: Polypropylene
WATERING SYSTEM: Single-Point Watering Kit



PRODUCT SPECIFICATIONS

SO GROUP SIZE	TYPE	CAPACITY - Minutes		CAPACITY - Amp-Hours (AH)				ENERGY (Wh)	TERMINAL Type ¹	DIMENSIONS ² inches (mm)			WEIGHT (kg, Lbs)
		95 Amps	975 Amps	5-Hr Rate	10-Hr Rate	20-Hr Rate	100-Hr Rate			100-Hr Rate	Length	Width	
12 VOLT DEEP CYCLE BATTERY - with T2 TECHNOLOGY™													
527	J185H-AC*	440	121	185	207	225	349	2,99	6	14.97 (380)	6.91 (176)	14.71 (374)	128 (58)

- A. The number of minutes a battery can deliver when discharged at a constant rate at 80°F (27°C), and the reserve voltage above 1.75V/cell. Capacities are based on peak performance.
 - B. The amount of amp-hours a battery can deliver when discharged at a constant rate at 80°F (27°C) for the 20-Hour and 100-Hour rates and 80°F (27°C) for the 5-Hour rate and reserve at a voltage above 1.75V/cell. Capacities are based on peak performance.
 - C. Dimensions are based on nominal size. Deviations may vary depending on type of handle or terminal.
 - D. Dimensions taken from bottom of the battery to the highest point on the battery. Heights may vary depending on type of terminal.
 - E. Terminal images are representative only.
- Trojan's battery testing procedures adhere to both IEC and SAE test standards.

CHARGING INSTRUCTIONS

CHARGER VOLTAGE SETTINGS (AT 77°F/25°C)				
System Voltage	12V	24V	36V	48V
Absorption Charge	14.0	29.6	44.4	59.2
Float Charge	13.2	26.4	39.6	52.8
Equalize Charge	15.5	31.0	46.5	62.0

Do not install or charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Constant under or overcharging will damage the battery and shorten its life as with any battery.

CHARGING TEMPERATURE COMPENSATION

.028 VPC for every 10°F (5.55°C) above or below 77°F (25°C) (add .028 VPC for every 10°F (5.55°C) below 77°F and subtract .028 VPC for every 10°C above 77°F).

OPERATIONAL DATA

Operating Temperature	Self Discharge
-4°F to 113°F (-20°C to +45°C). At temperatures below 32°F (0°C) maintain a state of charge greater than 60%.	5 - 15% per month depending on storage temperature conditions.

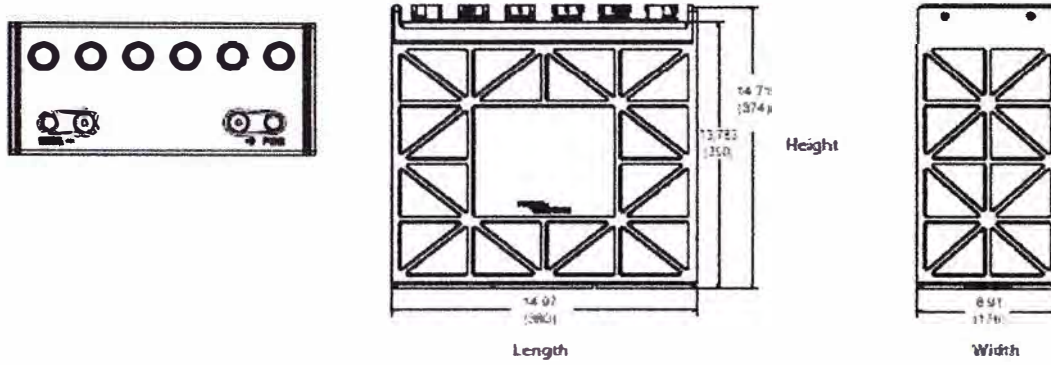
TERMINAL CONFIGURATIONS

Automotive Post & Stud Terminal	
	Terminal Height (inches (mm))
	.79 (20)
	Terminal Width (inches (mm))
	.86 (22)
	AP: 50 - 70 (6 - 8)
Stud Size	5/16 - 1/8

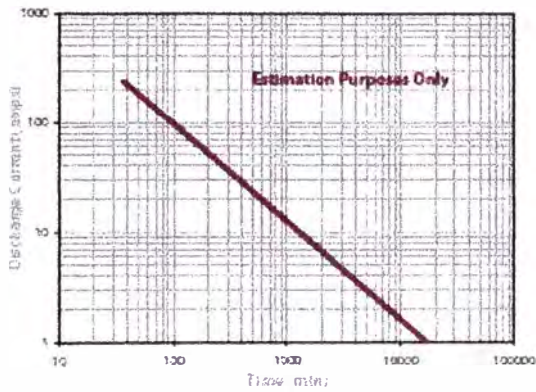


J185H-AC DATA SHEET

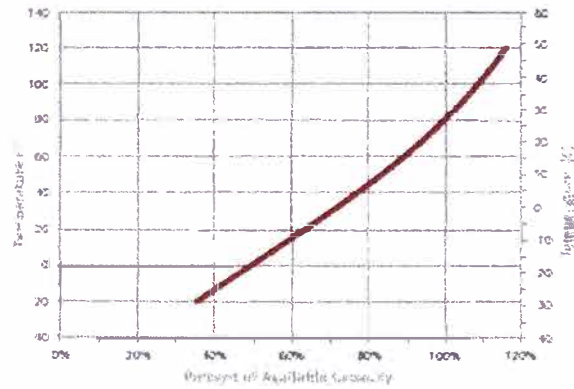
BATTERY DIMENSIONS (shown with DT)



TROJAN J185H-AC PERFORMANCE



PERCENT CAPACITY VS. TEMPERATURE



TROJAN BATTERY COMPANY WITH QUALITY SYSTEM CERTIFIED BY DNV
DNV ISO 9001:2008



Trojan batteries are available worldwide through Trojan's Master Distributor Network. We offer outstanding technical support, provided by full-time application engineers.

For a Trojan Master Distributor near you, call 800.423.6569 or + 1.562.236.3000 or visit www.trojanbattery.com

12380 Clark Street, Santa Fe Springs, CA 90670 • USA

ANEXO G
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL INVERSOR

Características técnicas del Inversor EXELTECH

MX SERIES POWER INVERTER SPECIFICATIONS

OUTPUT POWER

CONTINUOUS POWER	SURGE POWER (3 seconds)	NO LOAD POWER	OUTPUT VOLTAGE	OUTPUT CURRENT	WEIGHT LBS.
1000W	2200W	20W	230+/-5%	4.3	7.5
1000W	2200W	20W	117+/-5%	8.6	7.5
1000W	2200W	20W	100+/-5%	10.0	7.5

INPUT

MODEL VOLTAGE	MINIMUM (TYPICAL)	SYSTEM (TYPICAL)	MAXIMUM (TYPICAL)	TYPICAL EFFICIENCY @ FULL POWER	PEAK EFFICIENCY @ 1/3 POWER
12V	10.4/10.5*	13.8V	17V	85%	87%
24V	19.2/1V*	27.6V	34V	87%	89%
32V	26.5/28V*	36.8V	45V	87%	85%
48V	41.5/42.5V*	55.2V	62V	87%	89%
66V	57.5/58.5V*	75.9V	94V	88%	90%
108V	94/95V*	124V	149V	88%	90%

*indicates typical cut-off voltage/warning buzzer voltage

GENERAL

CONDITIONS	MINIMUM	TYPICAL	MAXIMUM
WAVEFORM	-	SINUSOIDAL	-
LINE REGULATION	-	.1%	.5%
LOAD REGULATION	-	.3%	.5%
DISTORTION	-	1.5%	2%
FREQUENCY*	-1%	NOMINAL	+1%

*50, 60, 400Hz nominal

See www.exeltech.com for more data regarding MX Series inverters.

PROTECTION CIRCUITRY

Over Voltage:	Shutoff at maximum input voltage, per input conditions.
Under Voltage:	Shutoff at minimum input voltage, per input conditions.
Thermal:	105 C internal temperature. Warning buzz 5 C before shutoff.
Output Short:	Unit shuts off. Circuit breaker protected and electronically limited.

ENVIRONMENTAL

Temperature:	-25 to 40 C full power, derate 20% per 10 C. Above 40 C.
Humidity:	5 to 95% non-condensing
Altitude:	-200 to 10k feet full power, derated above 10k
Audible Noise:	Less than 45dbA
Cooling:	1KW-Thermostatically controlled forced air
Finish:	Polyurethane base paint
Warranty:	Full year parts and labor.

MECHANICAL

Four case sizes are available; all are: 7" high X 15" deep.	
19 inch Wide:	(includes hardware for rack or shelf mounting)
23 inch Wide:	(includes hardware for rack or shelf mounting)
9.97 inch Wide:	(for 1 to 3KW applications; surface mounting only)
7 inch Wide:	(for 1 or 2KW applications; surface mounting only)
Available in other sizes including metric. Call factory for sizes.	

	12/100 + 24/100	12/360 + 24/360 + 40/360	12/600 + 24/600 + 40/600	12/1200 + 24/1200 + 40/1200
Especificaciones eléctricas				
Potencia de salida continua 23°C	180 VA	360 VA	600 VA	1200 VA
Potencia de salida continua 15/40°C	175 / 150 W	300 / 250 W	700 / 650 W	1000 / 900 W
Potencia máxima de arranque	260 W	700 W	1600 W	2400 W
Voltaje de salida	230 Vac \pm 3%	230 Vac \pm 3%	230 Vac \pm 3%	230 Vac \pm 3%
Frecuencia de salida	60 Hz \pm 0,1 %	60 Hz \pm 0,1 %	60 Hz \pm 0,1 %	60 Hz \pm 0,1 %
Tipo de onda	Senoidal	Senoidal	Senoidal	Senoidal
Eficiencia máxima 12/0°C IEC60904	87 / 98 %	89 / 89 / 90 %	91 / 93 / 94 %	92 / 91 / 91 %
Consumo en reposo (I _{sc}) 12/0°C	2,6 / 3,8 W	3,1 / 5 / 5 W	6 / 6 / 6 W	8 / 9 / 8 W
Regulación voltaje de salida	10,5 – 15,5 / 21 – 31 Vcc	10,5 – 15,5 / 21 – 31 / 42 – 60 Vcc	9,2 – 17,3 / 18,1 – 31 / 36,8 – 60 Vcc	9,2 – 17,3 / 18,1 – 31 / 36,8 – 60 Vcc
Regulación corriente	11 / 22 Vcc	11 / 22 / 44 Vcc	10,9 / 21,8 / 43,6 Vcc	10,9 / 21,8 / 43,6 Vcc
Regulación potencia	10,5 / 21 Vcc	10,5 / 21 / 42 Vcc	9,2 / 18,4 / 36,8 Vcc	9,2 / 18,4 / 36,8 Vcc
Reserva por batería (20°C)	12,5 / 25 Vcc	12,5 / 25 / 50 Vcc	12,5 / 25 / 50 Vcc	12,5 / 25 / 50 Vcc
Protecciones	Cortacircuito de salida / Temperatura	Cortacircuito de salida / Temperatura	Cortacircuito de salida / Temperatura	Cortacircuito de salida / Temperatura
Especificaciones generales				
Rango de temperatura	-40°C – 60°C	-40°C – 60°C	-40°C – 60°C	-40°C – 60°C
Formato IEC	Schuko / IEC / Nema	Schuko / IEC / Nema	Schuko / IEC / Nema	Schuko / IEC / Nema
Cable de salida (m)	Toma para automóvil	Cable 1,5 m	Cable 1,5 m	Cable 1,5 m
Dimensiones	72 x 132 x 200 mm	72 x 155 x 267 mm	103 x 165 x 305 mm	106 x 165 x 305 mm
Peso	0,7 Kg	3,6 Kg	6,5 Kg	9,5 Kg
Garantía	2 años	2 años	2 años	2 años
Modelo: 1200-40-1200-40-1200-40-1200-40				

ANEXO H
DATOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO ESTACIÓN "LA ESPERANZA"

DICIEMBRE 2012

Estación : LA ESPERANZA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : PIURA

Provincia : PAITA

Distrito : COLAN

Ir : 2012-12

Latitud : 4° 55' 55"

Longitud : 81° 4' 4"

Altitud : 6

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitación (mm)		Dirección del Viento 12h	Velocidad del Viento 12h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Dic-2012	26.7	18.1	20	25.8	19	18	21	17.5			SW	8
02-Dic-2012	24.9	18.3	19.3	24.2	19.3	17.7	20.1	17.6			SW	4
03-Dic-2012	25.8	17.8	20.4	24.8	21.1	18.4	20.3	18.3			SW	6
04-Dic-2012	26.9	19.6	19.6	26.9	20.9	18	21.1	17.9			S	2
05-Dic-2012	26.3	19.4	19.4	24.3	19.8	17.8	20.2	17.4			SW	8
06-Dic-2012	27	16.8	19.9	24.8	18.5	18	20.3	17.6			SW	8
07-Dic-2012	24.7	16	16.8	23.7	19.3	16.3	19.7	17.7			SW	8
08-Dic-2012	26.8	18	19.9	24.9	20.4	18.4	20.4	18.4			SW	10
09-Dic-2012	26.8	19.6	21.1	25.7	20.4	18.5	20.2	18.7			SW	8
10-Dic-2012	26.6	19.6	20.8	24.9	20.1	18.8	21.6	18.6			SW	8
11-Dic-2012	27.2	19.7	20.5	26.4	19.4	18.5	21.2	18.6			SW	6
12-Dic-2012	27.6	19.2	20.6	26.6	21.2	18.5	21.1	18.6			SW	10
13-Dic-2012	29.8	20.1	21.1	29.8	21.2	19.2	22.8	18.8			SW	6
14-Dic-2012	27.1	18.8	20.1	25.1	21	18.5	20.9	19			SW	10
15-Dic-2012	28.3	17.6	19.1	28.3	20.4	18	21.9	18.8			SW	6
16-Dic-2012	28.6	19.1	20	28.1	21.8	18.5	21.8	19.2			SW	6
17-Dic-2012	28.8	19.2	19.8	28.5	23.8	18.6	22.2	19			SW	8
18-Dic-2012	29.8	18.5	20.4	28.9	19.8	18.2	21.8	18.3			SW	8
19-Dic-2012	29.1	18.6	19.8	25.9	21.6	18.5	21	19			SW	6
20-Dic-2012	28.7	20.5	21	24.5	20	19	20.5	18.4			SW	10
21-Dic-2012	28.2	20.5	21.6	25.5	22.6	19.3	20.4	18.6			SW	10
22-Dic-2012	28.4	21.1	21.2	25.9	20.5	18.3	21.6	19.1			SW	8
23-Dic-2012	28.6	20.3	21.1	27.8	21.9	19	21.9	19.2			SW	8
24-Dic-2012	30.2	21.2	21.5	28	22.3	19.3	22.1	19.3			SW	6
25-Dic-2012	29.1	20.8	20.8	28.1	22.5	18.3	21.8	19.4			SW	8
26-Dic-2012	29	20.8	21.3	26.3	20.5	19.3	21.5	19.3			SW	8
27-Dic-2012	28.2	20	21.2	27.8	20.6	18.3	21.9	19.1			SW	8
28-Dic-2012	27.7	20.5	21	27.3	20.8	19.7	22	19	.4		SW	6
29-Dic-2012	30.2	20.5	20.8	29.8	21.4	18.4	22.3	19.2			SW	6
30-Dic-2012	28.3	21.2	21.8	26.8	22.3	19.2	21.9	19.6			SW	8
31-Dic-2012	28.1	21	22.4	27.3	23.1	19.7	22	19.9			SW	6

* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística
 * Información sin Control de Calidad

ENERO 2013

Estación : LA ESPERANZA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : PIURA

Provincia : PAITA

Distrito : COLAN

Tr : 2013-01

Latitud : 4° 55' 55"

Longitud : 81° 4' 4"

Altitud : 6

Día/mes/año	Temperatura Max (°C)	Temperatura Min (°C)	Temperatura Bulbo Seco (°C)			Temperatura Bulbo Humedo (°C)			Precipitación (mm)		Dirección del Viento 12h	Velocidad del Viento 12h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Ene-2013	29.3	21.5	21.9	28.3	21.4	19.8	22.1	19.8			SW	8
02-Ene-2013	29.2	20.6	21.3	27.8	23.6	19.5	22.1	20.1			SW	8
03-Ene-2013	30.3	21.4	21.4	29.5	25.2	19.5	22.6	20.4			SW	8
04-Ene-2013	31.3	21.8	21.9	30.8	24.9	19.5	23	20.6			SW	6
05-Ene-2013	29.1	21.2	21.4	27.3	22.3	19.4	22	20.2			SW	8
06-Ene-2013	30.1	22.1	22.1	29.4	22.7	19.9	22.5	20.2			SW	10
07-Ene-2013	30.9	22.8	23	30.9	24.1	19.7	22.9	20.3			SW	8
08-Ene-2013	28.4	20.5	20.9	27.9	24.3	19.3	22.4	20.6			SW	6
09-Ene-2013	27.4	21.2	21.9	26.6	21.7	19.8	21.8	20.1			SW	10
10-Ene-2013	29.9	21.7	22.5	28.7	23.2	20.2	22.7	20.5			SW	6
11-Ene-2013	28.7	21	22.1	27.3	22	19.6	22.4	20.5			SW	8
12-Ene-2013	28.1	22	22.9	27.4	23.5	20.5	20.7	20.5			SW	8
13-Ene-2013	29.4	23.6	23.9	29.1	23.9	19.9	22.5	20.7			SW	8
14-Ene-2013	30.2	23.5	23.8	30	23.2	20.3	23	20.9			SW	6
15-Ene-2013	29.2	22.6	23.5	28.1	24.5	20.6	22.6	21.2			SW	4
16-Ene-2013	27.8	22.7	23	26.6	23.1	20.6	22.5	21			SW	10
17-Ene-2013	29.6	23	24	27.5	23.1	20.8	22.6	20.8			SW	8
18-Ene-2013	29.2	20.8	23.1	29	25.5	20.6	22.8	20.6			SW	6
19-Ene-2013	30.1	22.8	23.1	29.3	22.6	20.6	23.1	20.9			SW	6
20-Ene-2013	30.3	22.6	23.1	30.3	25.5	20.4	23.3	21			SW	6
21-Ene-2013	30.7	22.6	22.6	29.8	24.5	19.9	22.6	21.1			SW	6
22-Ene-2013	30.4	23	23	30.4	23.5	19.9	22.8	20.6			SW	6
23-Ene-2013	31.1	21.8	21.9	29.5	24.1	20.4	22.7	21.1			SW	8
24-Ene-2013	30.1	24	24.2	30.1	24.5	21.5	24.2	21			SW	6
25-Ene-2013	30.2	24.1	24.5	30.2	23.6	20.5	24	20.9			SW	2
26-Ene-2013	30.7	23.2	24.5	28.4	23.5	21.2	22.3	21.1			SW	6
27-Ene-2013	31.1	23.7	24.6	30	25.5	20.8	23.2	22			SW	6
28-Ene-2013	30.3	24	24.1	27.8	24.3	20.9	22.6	21.6			SW	6
29-Ene-2013	31.2	22.8	23	30.6	24.1	20.7	23.4	21.6			SW	10
30-Ene-2013	30.2	23.1	23.7	30.1	25.3	20.8	23.5	21.7			SW	6
31-Ene-2013	30.3	21.7	22	30.6	25.2	19.8	23	21			SW	8

* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística

* Información sin Control de Calidad

FEBRERO 2013

Estación : LA ESPERANZA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : PIURA

Provincia : PAITA

Distrito : COLAN

Ir: 2013-02

Latitud : 4° 55' 55"

Longitud : 81° 4' 4"

Altitud : 6

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo (°c)			Precipitación (mm)		Dirección del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Feb-2013	30.5	23.6	24	30	26.2	20.1	22.9	21			SW	4
02-Feb-2013	29.6	23.8	24.1	29.4	23.1	20.6	24	20.9			SW	8
03-Feb-2013	30.3	22.2	23.9	29.4	24.9	20.1	22.4	21.8			SW	6
04-Feb-2013	29.6	22.4	22.4	29.5	23.9	21	23.8	21			C	
05-Feb-2013	28	22.3	22.3	28	24	20.9	22.7	20.9	.5		SW	2
06-Feb-2013	31.7	21.9	21.9	30.4	23.3	20.3	22.9	21.3			SW	8
07-Feb-2013	30	22.5	22.5	28.7	23.4	21.1	21.6	20.8			SW	8
08-Feb-2013	30.9	22.3	23.2	30.5	24.6	20.5	22.7	21.2			SW	6
09-Feb-2013	32	22.8	24.2	31.7	24.7	20.5	23.2	21.5			SW	6
10-Feb-2013	31.9	21.2	22	30.8	25	20.1	23.7	22.1			SW	8
11-Feb-2013	32.1	21	22.8	31.5	23.7	20.8	23.6	21.6			SW	8
12-Feb-2013	31.7	21.6	22.2	29.9	23.7	20.9	24	21.9			SW	6
13-Feb-2013	29.7	21.7	22.2	29.4	23.6	20.9	23.2	21.8			SW	6
14-Feb-2013	30.7	22.5	23.3	30.8	25	20.9	22.9	21.6			SW	8
15-Feb-2013	31.6	19.7	20.5	30.9	23.9	19.2	22.9	21.3			SW	8
16-Feb-2013	31.3	21.7	21.7	31.3	24.3	20.5	23.3	21.4			SW	6
17-Feb-2013	29.6	23.4	23.9	29.6	23.2	21.5	23.9	21.9			SW	6
18-Feb-2013	31.1	22.6	22.8	29.7	24.1	21.6	23	21.2			SW	6
19-Feb-2013	30.6	23.1	23.1	30	23.6	21.5	23.5	21.3			SW	6
20-Feb-2013	29.9	22.6	22.6	29.5	23.4	20.6	23	20.7			SW	8
21-Feb-2013	32.6	21.8	22	31.3	23	19.9	23.3	20.5			SW	6
22-Feb-2013	32.6	22.3	24.5	32	23.7	20.5	23.3	20.7			SW	6
23-Feb-2013	30.3	23.2	23.4	29.5	25.3	20.7	22.7	21.3			SW	8
24-Feb-2013	31.6	20.6	20.8	30.9	23	19.8	23.8	20.1			SW	8
25-Feb-2013	32.2	22.5	23.6	32.2	25.8	20.6	23.4	22			SW	8
26-Feb-2013	32	24	24.3	31.4	26.1	20.7	23.1	21.7			SW	8
27-Feb-2013	33.8	23.3	23.4	31.5	24	21	24.3	21.5			SW	6
28-Feb-2013	30.7	24	24	30.7	24.2	21.6	23.4	22.1			SW	8

* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística

* Información sin Control de Calidad

* El uso de esta Información es bajo su entera Responsabilidad

MARZO 2013

Estación : LA ESPERANZA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : PIURA

Provincia : PAITA

Distrito : COLAN

Ir : 2013-03

Latitud : 4° 55' 55"

Longitud : 81° 4' 4"

Altitud : 6

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitación (mm)		Dirección del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	15	19	07	15	19	07	19		
01-Mar-2013	32.1	23.8	24.1	29.3	24.6	21.9	23	22.1			SW	6
02-Mar-2013	32.3	22.8	24	32.3	25.2	22.7	25.3	23.3	1.5		SW	6
03-Mar-2013	30.4	22.7	22.8	30.4	26.4	22.5	25.5	24.3	29.2	10.7	W	8
04-Mar-2013	30.4	23.4	23.9	30.4	25.4	23.7	24.7	24.3	19		SW	6
05-Mar-2013	29.8	23.5	23.9	29	25.9	23.2	25.3	23.8	1.4		SW	4
06-Mar-2013	30.2	24.2	24.2	30.2	25.4	23.4	24.5	23.7	1		SW	6
07-Mar-2013	32.2	24.9	24.9	30.1	25.5	22.9	25.3	24.2			SW	6
08-Mar-2013	30.3	23.2	23.4	29.6	25.7	21.3	24.7	22.9			SW	8
09-Mar-2013	30.2	23	23.2	30.2	25.4	21.6	24.6	22.6			SW	6
10-Mar-2013	29.7	23	23.5	29.7	24.8	21.6	24.2	22.8			SW	6
11-Mar-2013	32.6	24.6	25.5	32.6	26.4	22	25.2	22.7			SW	6
12-Mar-2013	32.7	25	25.2	32.2	24.4	21.3	25.1	22.3			SW	6
13-Mar-2013	32.3	23.7	24.3	31.6	24.2	23.3	25.9	22.7	1.6		SW	6
14-Mar-2013	31.6	23.5	24.1	29.4	24.3	23	25.4	22.7	2		SW	6
15-Mar-2013	31.2	24.2	24.8	31.2	24.7	21.9	25	22.2			W	4
16-Mar-2013	32.4	24.8	25	32.4	25.8	22.5	25.3	22.5			SW	6
17-Mar-2013	29	24	24.1	26	24.9	21.6	23.6	22.9			SE	4
18-Mar-2013	28.6	23.9	24.2	26.9	24.2	22.2	23.6	21.7			SW	6
19-Mar-2013	30.6	23.5	23.7	28.8	22.9	21.7	23.6	20.9			SW	8
20-Mar-2013	30.3	22.1	22.2	29.9	23.6	20.4	23.8	21.1			SW	6
21-Mar-2013	30.8	21.5	22.1	30.1	23.5	19.8	24	21.4			SW	4
22-Mar-2013	30.1	21	21.9	29.4	25.3	20.2	24.9	21.4			SW	8
23-Mar-2013	30.1	21.8	22.2	28.3	24.4	19.3	23.3	21.7			SW	4
24-Mar-2013	30.9	21.7	21.7	30.5	25.1	19.9	23	21.1			SW	6
25-Mar-2013	30	20.6	21.6	28.9	23.6	19.1	22.7	20.4			SW	6
26-Mar-2013	31.6	20.7	21.1	30.5	23.1	19.5	23.3	20			SW	6
27-Mar-2013	29.2	21.6	21.6	29.2	22.9	20.2	23.6	20			SW	6
28-Mar-2013	30.2	22	22.4	28.3	22.6	20.6	23.1	20.1			SW	6
29-Mar-2013	28.1	21.6	22.5	27	27	20	22.3	21.1			SW	4
30-Mar-2013	32	21.6	21.8	31.6	24.2	19.3	23.9	20.1			SW	6
31-Mar-2013	31.7	20.2	20.3	31.7	21.9	18.5	23.2	19.2			SW	8

* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística

* Información sin Control de Calidad

ABRIL 2013

Estación : LA ESPERANZA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : PIURA

Provincia : PAITA

Distrito : COLAN

Ir : 2013-04 ▼

Latitud : 4° 55' 55"

Longitud : 81° 4' 4"

Altitud : 6

Día/mes/año	Temperatura Max (°C)	Temperatura Min (°C)	Temperatura Eubo Seco (°C)			Temperatura Eubo Humedo (°C)			Precipitación (mm)		Dirección del Viento (dir)	Velocidad del Viento (km/h)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Abr-2013	31.7	20	20.3	31.6	25.3	18.7	23.3	20			SW	6
02-Abr-2013	31.4	21.7	22.2	31.2	25.2	19.3	23.2	21.1			SW	4
03-Abr-2013	28.5	21.4	21.4	28.5	25.9	19.4	23.1	19.9			SW	6
04-Abr-2013	29.3	22.1	22.5	27.1	22	19.3	21.3	19.3			SW	6
05-Abr-2013	30.9	21	22.7	30.2	23.1	19.5	22.9	19.9			SW	8
06-Abr-2013	31.7	20.5	20.7	30.5	20.7	18.8	22.8	18.8			SW	6
07-Abr-2013	31.3	19.7	21.5	29.1	21.6	19.4	22.4	19.1			SW	6
08-Abr-2013	29.2	21.7	21.8	27.8	23.4	19.3	22.1	20.5			SW	4
09-Abr-2013	30.6	22.2	22.4	30.1	24	19.3	22.9	20			SW	8
10-Abr-2013	29.3	20.4	20.9	29.3	21.7	18.9	22.4	20.1			SW	4
11-Abr-2013	31.1	22	22.1	30.1	25.2	19	22.4	20			SW	8
12-Abr-2013	30.6	20.4	20.7	29.1	22.9	18.2	21.9	19.9			SW	8
13-Abr-2013	31.7	19.8	20.3	31	22.9	18.3	22.6	19.9			SE	4
14-Abr-2013	30.5	20.1	20.4	29.3	21.6	18.4	22.9	19.6			SW	6
15-Abr-2013	30.6	19.7	20.2	30.4	20.9	18.1	22.9	19.3			SW	6
16-Abr-2013	29.7	19.8	19.8	29.2	21.6	17.8	21.1	19.5			SW	8
17-Abr-2013	30.3	18.6	18.9	30.3	22.1	17.2	22.5	19.8			SW	6
18-Abr-2013	31.1	20.2	20.4	30.6	26.4	18.1	22.7	21.1			SW	8
19-Abr-2013	32.3	23.1	23.1	29.6	21.8	19.3	22.1	19.6			SW	6
20-Abr-2013	28.8	20.7	20.7	28.8	21	19.6	23.3	19.6	.8	.7	SW	6
21-Abr-2013	30.5	19.3	19.3	30.5	20.7	18.1	22.7	19.5			SW	4
22-Abr-2013	28.7	19.6	19.8	28.7	22.4	17.9	21.9	18.8			S	4
23-Abr-2013	30	18.9	19.2	30	20.2	17.3	22.3	18.5			SW	8
24-Abr-2013	28.6	19.7	20.1	28.2	20.1	18.1	21.7	18.8			SW	6
25-Abr-2013	25.7	18.7	19.8	24.5	22.2	18.4	20.3	19.1			SW	6
26-Abr-2013	28.5	18	18.7	25.5	20.4	17.2	20.5	18.5			SW	8
27-Abr-2013	29.8	19.4	19.5	29.8	23.6	18	22	19.8			SW	8
28-Abr-2013	29.7	19.2	20	28.5	21.6	18	21.7	19.1			SW	6
29-Abr-2013	28.3	18.5	18.9	26.5	19.4	17.7	21.3	18.3			SW	4
30-Abr-2013	26.2	18.5	18.7	26.2	22.3	17.9	20.6	19.1			SW	6

* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística

* Información sin Control de Calidad

* El uso de esta Información es bajo su entera Responsabilidad

ANEXO I
ELECTROBOMBA DE AGUA HIDROSTAL



A1E



A1C



A1I

ELECTROBOMBA CENTRIFUGA MONOBLOCK SERIE A

DESCRIPCION GENERAL

Equipo de bombeo compacto y robusto. Un mínimo de componentes garantiza un servicio eficiente y libre de mantenimiento. Diseñada para trabajo pesado. Tiene un bajo nivel de ruido.

DETALLES CONSTRUCTIVOS

Motor: Eléctrico monofásico abierto para suministro eléctrico de 220 V / 110 V, 60 Hz, 3450 RPM; protegido contra sobrecargas por un protector térmico. Alternativamente las bombas A1E y A1I pueden equiparse con motores trifásicos abiertos de 1.9 HP, 220 / 440 V, 60 Hz. Los rodamientos de ambos motores son sellados y prelubricados. Eje en acero inoxidable AISI 420. No requiere mantenimiento.

Caja: De hierro fundido gris. Probada hidrostáticamente.

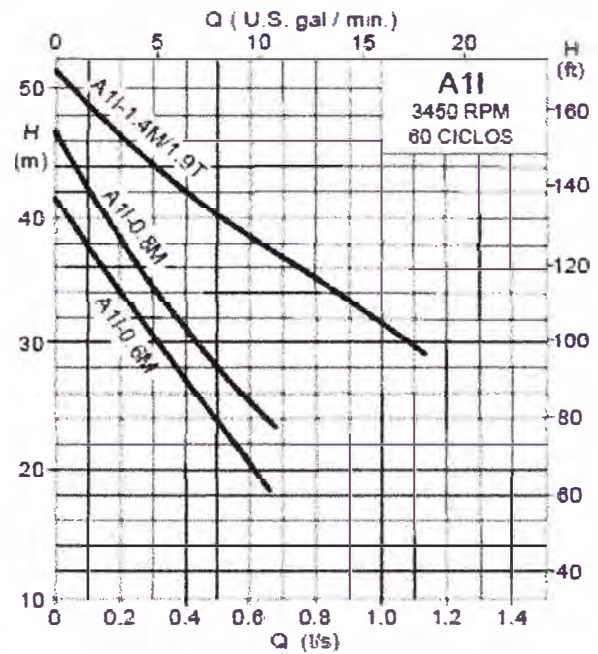
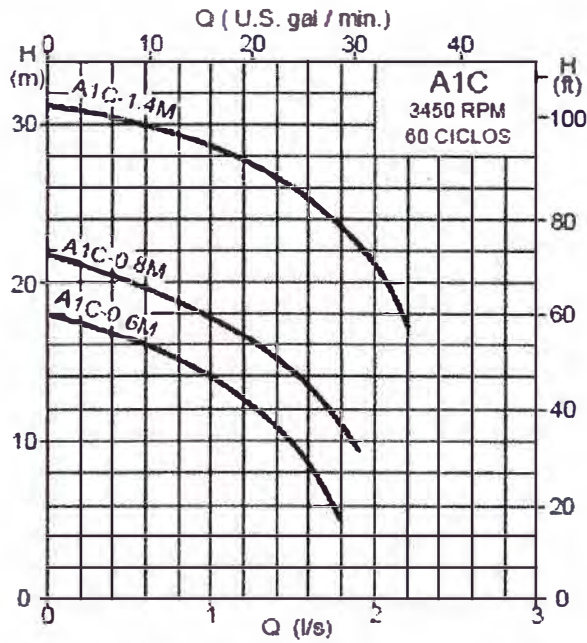
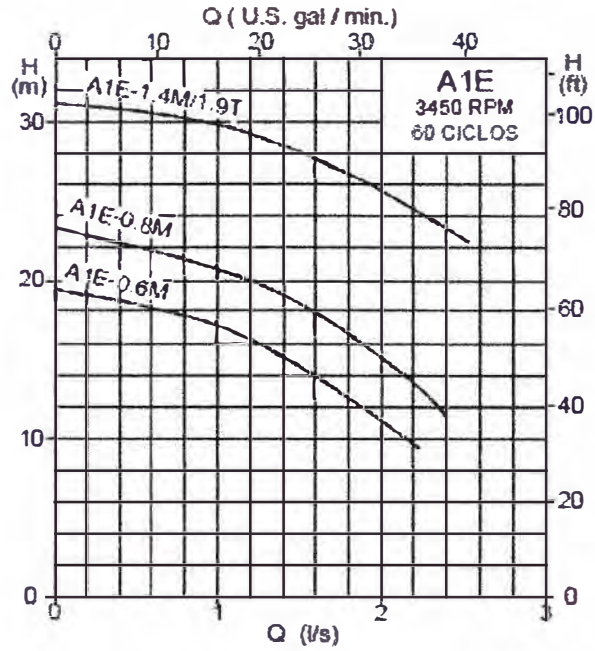
Impulsor: Tipo centrífugo. Fabricado en acero inoxidable, tiene alta resistencia a la corrosión y al desgaste. Balanceado estática y dinámicamente. Diseñado para una máxima eficiencia.

Sello mecánico: Marca John Crane Tipo 6, permite operaciones en condiciones severas de hasta 90°C y 75 PSI No requiere ajuste ni mantenimiento.

APLICACIONES

Bomba diseñada especialmente para el suministro de agua potable en viviendas y edificios.

CURVAS DE OPERACION A 60 Hz



CURVAS EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACION (AGUA LIMPIA A 20°C); DE ACUERDO A NORMA ISO 9906:2012 GRADO 2B.

ANEXO J
REGULADOR DEL GENERADOR

Charge Controller.

A simple charge controller suitable for wind or solar applications. Uses a TL-084 Op Amp, automotive spotlight relay and a handful of other components. The same circuit could also be used as a low voltage cut off to disconnect your battery before its fully discharged. Suitable for 12 and 24v operation.

The controller uses two trimpots to set a **low** and **high** switching voltage. When the applied voltage (battery) exceeds the high voltage setting, a relay is turned on. The relay will remain on until the applied voltage drops below the low voltage setting.

For a typical windmill or solar charging application, using a 12v battery, the high trimpot could be set at 15 volts, and the low trimpot could be set at 12 volts. The source (windmill / solar panel) is connected to the battery through the relay's normally closed contacts. When the battery voltage reaches 15 volts, the controller will energise the relay, switching the contact and diverting the source into a dump load (dump loads are not required for solar panels, but are a must for wind generators).

When the battery voltage drops to 12v, as preset by the low trimpot, the controller will release the relay, reconnecting the source to the battery.

There are two LED's, one indicates power, and the other lights up when the relay is energised. The second LED I've called the Dump On led, as it indicates the source is connected to the dump load instead of the battery.

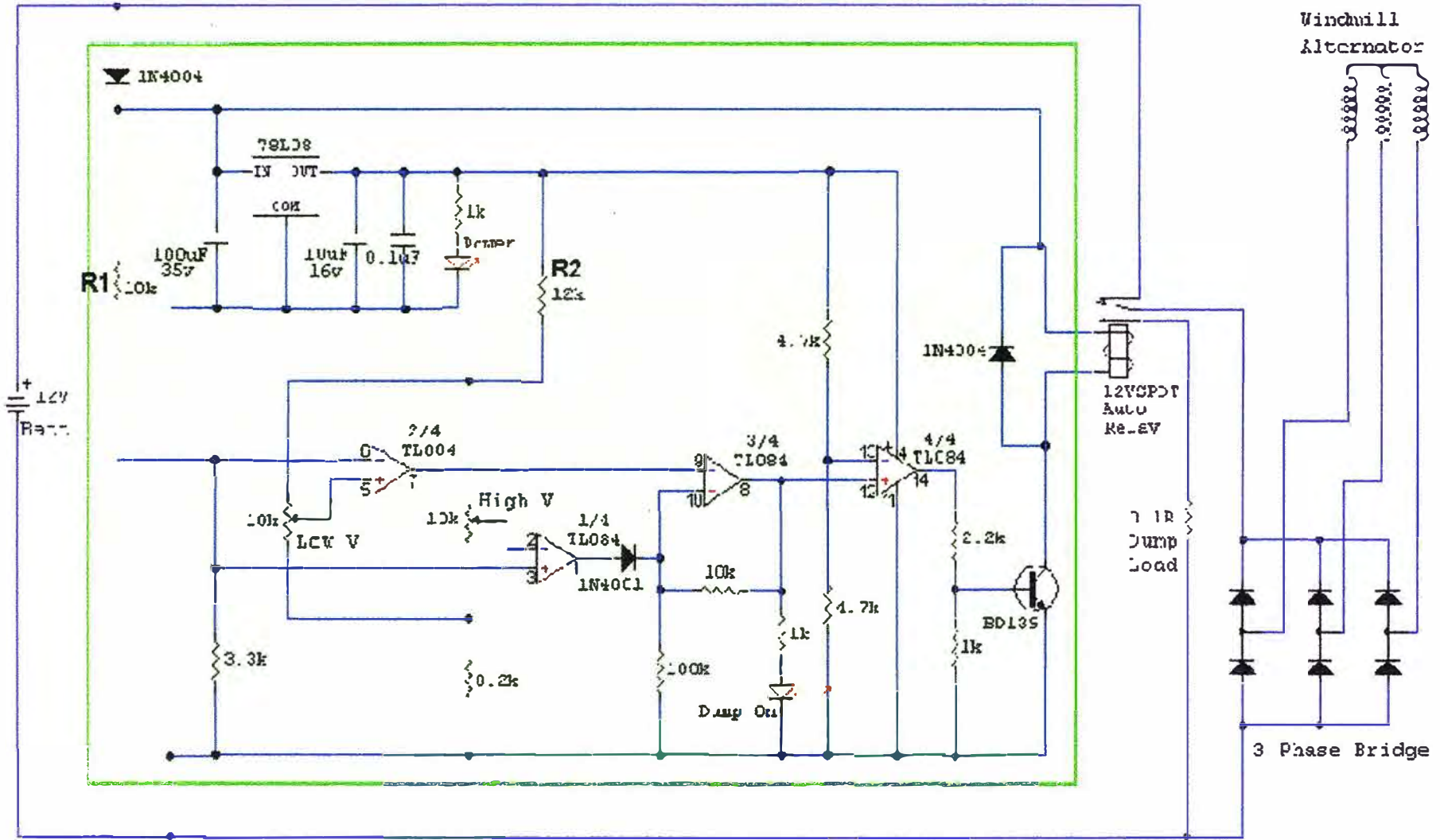
To set up the charge controller, you will need a [variable power supply](#) and volt meter to measure its output voltage.

- Turn the Low trimpot to min (ccw) and the High trimpot to max (cw).
- Attach the variable power supply and adjust its voltage to upper charging voltage limit, eg 15v.
- Turn high side pot down until the LED lights up and the relay clicks in.
- Adjust the power supply to lower limit, eg 12v.
- Adjust low trimpot till relay drops out.
- Now raise and lower the voltage, checking the relay clicks in and out correctly.
- Finished.

The circuit below is for a typical 12v battery. The trimpots have a range from approx 11.5 to 18 volts.

For 24v operation, change R1 from 10k to 22k. This will give the trimpots a range of approx 21 to 32 volts. You would also need to use a 24v relay.

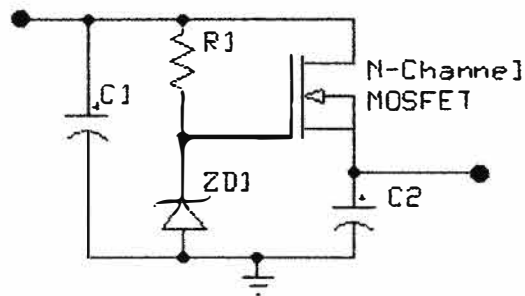
The circuit is based on the TL084 quad op amp. Other OpAmps could be used but this would mean a different veroboard layout and resistor values.



Circuit Diagram. 12V Version

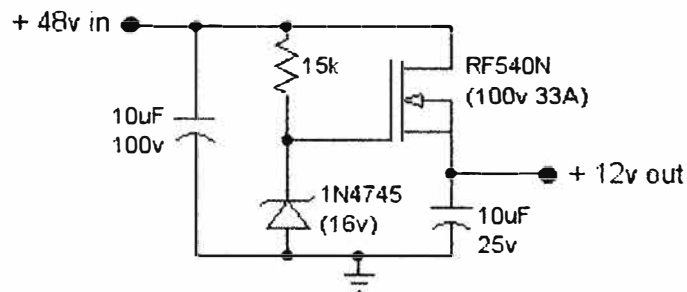
Adding a pre-regulator.

What about higher voltages, like 32 or 48 volts? The 7805 voltage regulator won't handle voltages much over 30 volts, so we need to add a pre-regulator if we want to use voltages over 30 volts on our controller. The circuit shown to the right will regulate higher voltages down to a voltage that's safe to feed into the charge controller. Any N channel power MOSFET will work, so long as its rated voltage is higher than the supply voltage. Choose a zener voltage between 16 and 28 volts, depending on your relays coil voltage, the MOSFET has a gate threshold voltage around 3 to 4 volts, so we subtract this from our zener voltage to get the output voltage. eg, a 16 volt zener will give us a 12v to 13v output, a 28 volt zener will give us about 24 volts. For R1 a 10k to 20k resistor should work, we want to pass a few milliamps through the zener to keep it regulating. C1 and C2 are to filter the supply voltage and stop any unexpected oscillating on the output. 10uF should be enough



An example of a 48v to 12v regulator

The MOSFET will need a heatsink. The MOSFET in this example is dropping 36 volts. If we are passing 1 amp, then that's 36 watts (volts x amps) the MOSFET needs to dissipate. 36 watts is a lot of power for the small metal tab on the MOSFET to radiate, and without a heatsink attached it would burn out within a few seconds.



On the controller circuit, R1 will need to be connected to the input of this pre-regulator. Also R1 would need to be about 27k for 32 volts and 39k for 48 volts.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Jaime Marangues y Alfredo Rapallini. "Energía Eólica". Instituto Argentino de la Energía - General Mosconi.
- [2] Departamento de Energía EE.UU. "Sistemas Eólicos pequeños para Generación de Electricidad". Departamento de Energía EE.UU.
- [3] Cádiz Deleito, Juan Carlos. "La Energía Eólica, tecnología e historia". Madrid - España H. Blume, 1984
- [4] Manwell, J.F. "Wind energy explained : Theory, design and application". John Wiley & Sons Ltd, 2002
- [5] Pedro Fernández Diez. "Estudio Sinóptico de los vientos en las regiones de España". Universidad de Cantabria. (www.energiasargentinas.com.ar), España. 2014
- [6] Ministerio de Energía y Minas. "Atlas Eólico del Perú" Dirección General de Electrificación Rural, Noviembre 2008 - Perú
- [7] OPEX energy. "Principales elementos de los Aerogeneradores". OPEX energy Operación y mantenimiento S.L. Madrid –España
- [8] Ministerio de Ambiente, SENAMHI. Servicio nacional de Meteorología e Hidrología Estación de monitoreo Ambiental, La Esperanza. Colan - Piura 2013
- [9] Msc. Ernesto Farias Wong. "Estudio de Aerogeneradores de Pequeña Potencia". Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Noviembre 2006 - Cuba
- [10] CENSOLAR. "Instalaciones de energía Solar". PROGNSA, 1992 Sevilla -España
- [11] BORNAY. "Manual de usuario Aerogeneradores Bornay 1500". Montaje-Operación-Mantenimiento, Alicante - España. 2014
- [12] Agustín Castrejon, Germán Santamaría. "Instalaciones Solares Fotovoltaicas" EDITEX, España 2004
- [13] Tomas Hualpa Huamani. "Estudio de factibilidad de sistemas híbridos eólico-solar en el departamento de Moquegua". Pontificia Universidad católica del Perú. Tesis 2006
- [14] Ministerio de Energía y Minas. "Código Nacional de Electricidad". Dirección General de Electricidad , Utilización 2006

- [15] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
"Reglamento Nacional de Edificaciones", III.3 Instalaciones sanitarias Norma IS.010
Instalaciones sanitarias para edificaciones, 2006

- [16] TROJAN. "Baterías de ciclo profundo"
www.trojanbattery.com , Trojan battery Company, US & Canadá 2014

- [17] EXELTECH. "MX series Power Inverters".
www.exeltech.com. Inversores modulares

- [18] Bergey Windpower. "Aerogeneradores Bergey BWX XL.1".
www.bergey.com , Bergey wind power 2011-2012