



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“DISEÑO DE UNA CENTRAL GENERADORA EÓLICA PARA UN SISTEMA DE BOMBEO HÍDRICO EN LA COMUNIDAD DE MACA ATÁPULO PARROQUIA POALÓ CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI.”

Autores:

Paredes Mejía Andrés Eduardo

Villavicencio Novillo Lenin Omar

Tutor:

MsC.Ing. Marco León Segovia

Latacunga - Ecuador

Enero 2019



DECLARACIÓN DE AUDITORIA

Nosotros, **Paredes Mejía Andrés Eduardo** y **Villavicencio Novillo Lenin Omar** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“DISEÑO DE UNA CENTRAL GENERADORA EÓLICA PARA UN SISTEMA DE BOMBEO HÍDRICO EN LA COMUNIDAD DE MACA ATÁPULO PARROQUIA POALÓ CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI.”**, siendo **MsC. Ing. Marco León Segovia** director el presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Paredes Mejía Andrés Eduardo
C.I. 1722947247

Villavicencio Novillo Lenin Omar
C.I. 092840130-6



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el título:

“DISEÑO DE UNA CENTRAL GENERADORA EÓLICA PARA UN SISTEMA DE BOMBEO HÍDRICO EN LA COMUNIDAD DE MACA ATÁPULO PARROQUIA POALÓ CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI.”, de **Paredes Mejía Andrés Eduardo** y **Villavicencio Novillo Lenin Omar**, de la carrera de **Ingeniería Eléctrica**, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos- técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, enero 2019.

El tutor

MsC. Ing. Marco León Segovia



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: **Paredes Mejía Andrés Eduardo** y **Villavicencio Novillo Lenin Omar** con el título de Proyecto de Investigación: **“DISEÑO DE UNA CENTRAL GENERADORA EÓLICA PARA UN SISTEMA DE BOMBEO HÍDRICO EN LA COMUNIDAD DE MACA ATÁPULO PARROQUIA POALÓ CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI.”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, febrero 2019:

Para constancia firman:

Lector 1
MsC.Ing. Carlos Pacheco
C.I. 050307290-2

lector 2
MsC. Ing. Wilian Guamán
C.I. 0603578956

Lector 3
MsC. Gabriel Pesantez
C.I. 030189388-9

AGRADECIMIENTO

En estas líneas quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron en los momentos difíciles, alegres y tristes.

A mis padres y mis hermanas por todo su amor, comprensión y apoyo, gracias por darme la libertad de desenvolverme como ser humano, ustedes son mis pilares de la vida.

A mis amigos aquellos con los que compartí dentro y fuera de las aulas y aquellos que serán mis colegas, gracias por todo su apoyo y diversión.

Y por supuesto a mi querida universidad y a todas las autoridades, por permitirme concluir una etapa más de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de esta investigación

ANDRÉS

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sentido agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a la carrera de ingeniería Eléctrica y al cuerpo de docente que la conforman, por su dedicación y comprensión durante todo el tiempo de estudio brindando la oportunidad de obtener un título universitario a todos los ecuatorianos, promoviendo la investigación y la vinculación con el pueblo.

A la comunidad de Maca Atápulo parroquia Poaló por dar accesibilidad al lugar de estudio, seguridad para los equipos de medición y la ayuda en la instalación de la torre para la toma de datos, brindándonos la confianza para realizar el estudio eólico.

A mis padres Lenin y Cumanda, hermanos y amigos los cuales me brindaron todo su apoyo en determinados momentos de mi carrera universitaria y vida personal.

Al docente tutor de nuestro proyecto de tesis Msc. Ing Marco león y al Ing. Renana Lara por guiarnos en el estudio y diseño del sistema eólico y del sistema de bombeo.

LENIN

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUDITORIA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xii
ACRÓNIMOS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xvii
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. RESUMEN.....	1
3. JUSTIFICACIÓN.....	2
4. BENEFICIARIOS.....	3
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
6. OBJETIVOS:	3
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	4
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	4
GENERALIDADES	4
EL AGUA EN LOS PÁRAMOS.....	5
ESTACIONES DE BOMBEO.....	5
ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO DE LA BOMBA.....	6
CAPACIDAD DE BOMBEO	8
CABALLOS DE FUERZA NECESARIOS	8
ENERGÍA EÓLICA	8
DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA EÓLICA	10
UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA	10
AEROGENERADOR	12
CLASIFICACIÓN DE LOS AEROGENERADORES EÓLICOS.	13
COMPORTAMIENTO GENERAL DEL VIENTO Y TIPOS DE VIENTOS.....	15
VIENTO.....	16
DISPOSITIVOS PARA MEDIR EL VIENTO.....	16
CRITERIOS TÉCNICOS PARA ESTACIONES ANEMOMÉTRICAS.....	17
CALCULO DE ENERGÍA QUE CONTIENE EL VIENTO	18

PERFILES LA VARIACIÓN VERTICAL DE VIENTO	19
ESTUDIO DEL POTENCIAL DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA EN LA ZONA DEL PÁRAMO.....	19
DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL	20
POTENCIAL EÓLICO EN EL ECUADOR	21
9. HIPÓTESIS:.....	21
10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL:.....	22
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	23
ESTIMACIÓN CAPACIDAD DE BOMBEO	23
SELECCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO	24
SELECCIÓN DE LA TUBERÍA	24
PÉRDIDAS DEL SISTEMA	25
PÉRDIDAS EN ACCESORIOS	26
CÁLCULO DE LA ALTURA DINÁMICA O MANOMÉTRICA TOTAL	29
CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO.....	30
CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA	30
CURVA DE PRESTACIONES PARA DETERMINAR EL RENDIMIENTO.....	31
CÁLCULO DE LA DEMANDA DE LA BOMBA.....	31
DEMANDA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE BOMBEO	33
ELEMENTOS NECESARIOS PARA EL CONTROL DEL SISTEMA DE BOMBEO.....	34
DIMENSIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR PARA EL SISTEMA DE BOMBEO.....	35
ESTUDIO DEL POTENCIAL EÓLICO.....	35
PROCESAMIENTO DE DATOS.....	35
VARIACIONES DE LA VELOCIDAD DE VIENTO.....	36
VARIACIONES VERTICALES DE LA VELOCIDAD CON RESPECTO A LA ALTURA.....	37
TURBULENCIA.....	38
CURVAS DE FRECUENCIA DE VELOCIDADES Y FRECUENCIA RELATIVA DEL VIENTO	39
ROSA DE VIENTO	40
CALCULO DE LA DENSIDAD DE AIRE	41
DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL	41
CUANTIFICACIÓN DE LA POTENCIA HA SER CUBIERTO POR LA CENTRAL GENERADORA	42
POTENCIA EÓLICA APROVECHABLE	43

GENERADORES TIPOS	44
ALTERNATIVAS PARA EL TIPO DE AEROGENERADOR	45
SELECCIÓN DEL AEROGENERADOR.....	45
EMPLAZAMIENTO	47
UBICACIÓN DE LA CENTRAL GENERADORA	47
CON UN PARQUE INDIVIDUAL.....	47
EQUIPOS DE TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO, CONTROL Y PROTECCIÓN DE ENERGÍA.....	47
BANCO DE BATERÍAS	47
INVERSOR.....	51
PUESTA A TIERRA	52
TIPO DE PROTECCIÓN A TIERRA	53
PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	54
CELDA PARA MEDIA TENSIÓN	54
CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	55
ANÁLISIS DE VIABILIDAD PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE BOMBEO PROPUESTO	56
ANÁLISIS DE COSTOS PARA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE BOMBEO	56
ESTUDIO DE COSTO DE UNA CENTRAL GENERADORA EÓLICA.....	56
COSTOS UNITARIOS DE UN PARQUE EÓLICO	57
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	57
VIDA ÚTIL.....	58
BENEFICIOS	58
INGRESOS POR PRODUCCIÓN COMO ALTERNATIVA DE CONEXIÓN A LA RED DE DISTRIBUCIÓN	58
CRITERIOS DE RENTABILIDAD	60
TASA INTERNA DE RETORNO Y VALOR ACTUAL NETO	60
CÁLCULO DE LA VENTA DE ENERGÍA.....	61
DESVENTAJAS	62
ALTERNATIVAS DE ALIMENTACIÓN PARA EL SISTEMA DE BOMBEO	62
ALIMENTADOR DE 13.8 KV CONECTADO A LA RED DE ELEPCO	62
12. IMPACTOS SOCIALES, AMBIENTALES	63
13. PRESUPUESTO DEL PROYECTO:	64
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES.....	66

15. BIBLIOGRAFÍA	68
16. ANEXOS.....	71
Anexo 1. DATOS INTEGRANTES	71
Anexo 2. ENCUESTA	72
Anexo 3. BENEFICIARIOS	73
Anexo 4. IMÁGENES	75
Fuente. [ROLLS].	95
Anexo 5. TABLAS	96
Anexo 6. PRESUPUESTO PARA EL SISTEMA DE BOMBEO	130
Anexo 7. EXTENSION DE RED	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas.....	4
Tabla 2. Caudal disponible para el bombeo de agua.	7
Tabla 3. elementos que conforman el sistema eléctrico de bombeo y las instalaciones.	33
Tabla 4. Variaciones verticales de velocidad.	37
Tabla 5. Intensidad de turbulencia obtenida para el mes de enero.	38
Tabla 6. Disposición de potencia para grupo generador.	43
Tabla 7. Potencia aprovechable por aerogeneradores propuestos	43
Tabla 8. Especificaciones técnicas para el aerogenerador modelo ElectriaWind.	46
Tabla 9. Partes constitutivas del aerogenerador modelo ElectriaWind.	46
Tabla 10. Costo por tipo de generador.	57
Tabla 11. Valor unitario para el estado del buen vivir.	61
Tabla 12. Valuar anual para el estado del buen vivir.	61
Tabla 13. Precios preferenciales energía renovable.	61
Tabla 14. Precios preferenciales energía renovable.	62
Tabla 11. Presupuesto.....	64
Tabla A3.1. Beneficiarios del proyecto.	73
Tabla A3.2. Tablas características de la población.	73
Tabla A3.3. Características de utilización del agua.....	74
Tabla T1. Requisitos en agua en galones por día para diferentes especies.	96
Tabla T2. Estimación del valor α para distintos terrenos.	96
Tabla T3. Equivalentes de la escala Beaufort.....	96
Tabla T4. Variación de la densidad, temperatura y presión con la altitud en una atmósfera estándar.....	97
Tabla T5. Clases y longitudes de rugosidad.....	97
Tabla T6. Potencial eólico de la provincia de Cotopaxi.....	98
Tabla T7. Selección del nivel de servicio según uso del agua.	98
Tabla T8. Dotaciones de Agua para los diferentes niveles de servicio.	99
Tabla T9. Datos de tubería obtenidos del fabricante.	99
Tabla T10. Valores de coeficiente “c” de Hazen-Williams para diferentes materiales de tubería	99

Tabla T11. coeficiente de perdidas locales de accesorios comúnmente usados en acueductos.	100
Tabla T12. Clases de seguridad para tipos de vientos.	100
Tabla T13. Tabla para selección de bomba.	100
Tabla T14. Datos obtenidos de estaciones meteorológicas.	101
Tabla T15. Recopilación de frecuencia obtenidas de datos eólicos en el tiempo de estudio.	101
Tabla T16. Recopilación de velocidades con su frecuencia para el mes de septiembre.	103
Tabla T17. Recopilación de velocidades con su frecuencia para el mes de octubre.	104
Tabla T18. Recopilación de velocidades con su frecuencia para el mes de noviembre.	105
Tabla T19. Recopilación de velocidades con su frecuencia para el mes de diciembre.	105
Tabla T20. Recopilación de velocidades con su frecuencia para los días de enero.	106
Tabla T21. Variación vertical de velocidad para los aerogeneradores propuestos.	107
Tabla T22. Variación vertical de velocidades para el mes de noviembre.	109
Tabla T23. Intensidad de turbulencia obtenida para los datos del mes de noviembre.	110
Tabla T24. Intensidad de turbulencia para el mes de enero.	110
Tabla T25. Frecuencias de velocidades para el mes de septiembre.	111
Tabla T26. Frecuencias de velocidades para el mes de octubre.	112
Tabla T27. Frecuencias de velocidades para el mes de noviembre.	114
Tabla T28. Frecuencias de velocidades para el mes de diciembre.	114
Tabla T29. Frecuencias de velocidades para los días de enero.	115
Tabla T30. Frecuencias de velocidades para los días de estudio.	116
Tabla T31. Variación de la densidad, temperatura y presión con la altitud en una atmósfera estándar.	118
Tabla T32. Tabla para selección del grupo generador.	118
Tabla T33. Potencia aprovechable en las velocidades descritas para los días de estudio.	119
Tabla T34. Tipos de aerogeneradores dispuestos a para velocidades de viento disponibles.	120
Tabla T35. Planilla de supuesto pago para estación de bombeo propuesta.	121
Tabla T36. Valores del factor de potencia preestablecidos para receptores habituales.	121
Tabla T37. Características para conductor de media tensión.	122
Tabla T40. tabla ara representación de rentabilidad.	124
Tabla T41. Condiciones climatológicas para descargas de baterías.	124
Tabla T42. Tipos de baterías con porcentaje de descarga.	124
Tabla T43. Promedio de velocidades para el mes de septiembre.	125
Tabla T44. Promedio de velocidades para el mes de octubre.	126
Tabla T45. Promedio de velocidades para el mes de noviembre.	127
Tabla T46. Promedio de velocidades para el mes de diciembre.	128
Tabla T47. Promedio de velocidades para el mes de enero.	129
Tabla 7.1. Presupuesto destinado para el sistema de bombeo.	130
Tabla 6.1. Tablas requeridas para extensión de red.	135
Tabla 6.2. Tablas requeridas para extensión de red.	135
Tabla 6.3. Tablas requeridas para centro de transformación.	135
Tabla 6.4. Estudio de cargas para la estación propuesta.	137
Tabla 6.5. Hoja de estancamiento de redes de distribución proyectadas.	138
Tabla 6.6. Calculo de regulación en medio voltaje.	139
Tabla 6.7. Presupuesto para la extensión propuesta.	140

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1. Potencial hídrico para la estación de bombeo	5
Figura 2. Distancia y ángulo de inclinación aproximado de transporte de líquido.	6
Figura 3. Vertedero de 90°	7
Figura 4. Diagrama de flujo “metodología para el proyecto”.	22
Figura 5. Bomba centrífuga normalizada.	24
Figura 6. Válvula de compuerta abierta.....	27
Figura 7. Funcionamiento de válvula de control.	28
Figura 8. Ejemplo de pérdida por ensanchamiento.	28
Figura 9. Frecuencias relativas para los días de estudio.....	39
Figura 10. Frecuencias relativas acumuladas para los días de estudio.....	40
Figura 11. Rosa de viento para los días de estudio.....	40
Figura 12. Rosa de viento en el lugar de estudio.....	41
Figura 13. Histograma para distribución de Weibull para los días de estudio.	42
Figura 14. pendiente para el parámetro K para los días de estudio.	42
Figura 15. Curva de potencia para aerogenerador marca Electria Wind de 100 kW.	45
Figura 16. Partes constitutivas del aerogenerador modelo ElectriaWind.....	46
Figura 17. Ciclo de vida vs profundidad de descarga batería ROLLS 210Ah.	48
Figura. 17. Forma de onda típicas de una rama de puente inversor	51
Figura 18. Forma de onda trifásica obtenida del inversor	51
Figura A3.1. Resultado encuestas de beneficiarios del proyecto.	73
Figura A3.2. tipo de vivienda por familia.	74
Figura A3.3. Utilización del agua.....	74
Figura A1. Ubicación geográfica Cerros de Milin.	75
Figura A2. Parque Villonaco ubicado en Loja – Ecuador.....	75
Figura A3. Paso de velocidad a potencia eléctrica (curva potencia –velocidad).	75
Figura A4. Velocidades del viento Ecuatoriano.....	76
Figura A5. Velocidad del viento en los cerros de Milin.....	76
Figura A6. Ubicación de estación de monitoreo meteorológico del INAMHI.	76
Figura A7. Velocidades de viento en la provincia de Cotopaxi.	77
Figura A8. Recursos eólicos de América latina continental.....	77
Figura A9. Cuadro para selección del tipo de bomba.....	78
Figura A10. Curva típica de rendimiento para bombas.....	79
Figura 11. Sistema compacto de control de bombeo vía Wireless.....	79
Figura A12. Sistema de control de nivel con sensores WF.902. (a) y (b).....	79
Figura A13. histograma de frecuencias relativas para el mes de septiembre.	80
Figura A14. Frecuencias relativas acumuladas para el mes de septiembre.....	80
Figura A15. histograma de frecuencias relativas para el mes de octubre.....	80
Figura A16. Frecuencias relativas acumuladas para el mes de octubre.	81
Figura A17. histograma de frecuencias relativas para el mes de noviembre.	81
Figura A18. Frecuencias relativas acumuladas para el mes de noviembre.	81
Figura A19. histograma de frecuencias relativas para el mes de diciembre.....	82
Figura A20. Frecuencias relativas acumuladas para el mes de diciembre.,	82
Figura A21. Pendiente para el parámetro K correspondiente al mes de septiembre.	82
Figura A22. Pendiente para el parámetro K correspondiente al mes de octubre.....	83

Figura A23. Pendiente para el parámetro K correspondiente al mes de noviembre.	83
Figura A24. Pendiente para el parámetro K correspondiente al mes de diciembre.....	83
Figura A25. curva de potencia para aerogenerador marca Electria Wind de 100 kW.	84
Figura A26. Curva de potencia para el aerogenerador modelo Vestas de 100 kW.	84
Figura A27. curva de potencia para el aerogenerador modelo ADES de 100 kW.	84
Figura A28. curva de potencia para el aerogenerador modelo ACSA de 225 kW.	84
Figura A29. Curva de potencia para el modelo de generador propuesto.	85
Figura A30. Mapa eólico de Cotopaxi.....	85
Figura A25. Visita de campo al lugar de trabajo.	86
Figura A26. Lugar establecido para recurso hídrico.	86
Figura A27. Visita de campo al lugar de trabajo.	86
Figura A28. Recurso hídrico disponible para la estación de bombeo.	87
Figura A29. Velocidad del viento obtenida con la estación meteorológica WatchDog.....	87
Figura A30. Visita de campo al lugar de trabajo.	87
Figura A31. Lugar establecido para recurso hídrico.	88
Figura A32. Visita de campo al lugar de trabajo.	88
Figura A33. Torre puesta para obtención de datos.	88
Figura A34. Datos técnicos para aerogenerador propuesto.	89
Figura A35. Minga para colocación de torre en lugar de estudio	90
Figura A36. Torre puesta para estudio de potencial eólico	90
Figura A37. Diseño de puesta a tierra.	91
Figura A38. Conexión de aerogenerador a tierra.	91
Figura A39. Elementos que componen el sistema de puesta a tierra de un aerogenerador.....	92
Figura A40. Propuesta de sistema de bombeo alimentado con generación eólica.	92
Figura A41. Datos técnicos del inversor.	93
Figura A42. Certificados y normativas para módulo de protección DVCAS.	94
Figura A43. Baterías de ion-litio.	94
Figura A44. Representación de la rentabilidad.	95
Figura 7.1. Plano de MT elaborado en AUTOCAD.....	141

ACRÓNIMOS

UTC	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
C. I. Y. A	CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
IE	INGENIERÍA ELÉCTRICA
EA	ENERGÍAS ALTERNATIVAS
MW	MEGA WATTS
kW	KILO WATT
OMM	ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL
msnm	METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
m/s	METRO SOBRE SEGUNDO
rpm	REVOLUCIONES POR MINUTO
m	METROS
WD	WATCHDOG
INAMHI	INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
AC	CORRIENTE ALTERNA
DC	CORRIENTE DIRECTA
V	VOLTIOS
Kv	KILO VOLTIOS
lps	LITROS POR SEGUNDO
gpm	GALONES POR MINUTO
pc	PERDIDA DE CARGA
v	VELOCIDAD EN METROS POR SEGUNDOS (M/S)
l	LITROS
AP	AGUA POTABLE
EE	ELIMINACIÓN DE EXCRETAS
ERL	ELIMINACIÓN DE RESIDUOS LÍQUIDOS
hab	HABITANTES

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Título: “DISEÑO DE UNA CENTRAL GENERADORA EÓLICA PARA UN SISTEMA DE BOMBEO HÍDRICO EN LA COMUNIDAD DE MACA ATÁPULO PARROQUIA POALÓ CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI.”

Autores: Paredes Mejía Andrés Eduardo
Villavicencio Novillo Lenin Omar

RESUMEN

El sistema energético ecuatoriano está basado en generadoras eléctricas cuyas fuentes primarias de energía constan de origen fósil y energías renovables, siendo esta última la de mayor peso dentro de la producción total de potencia eléctrica disponible dentro del Ecuador. En las cifras de centro de generación eléctrica ecuatoriana, tenemos una pequeña proporción en la explotación de energía eólica, siendo aprovechada en nuestro país en la isla San Cristóbal con 2.4 MW de capacidad y en la provincia de Loja en el cerro Villonaco con 16.5 MW.

La investigación que se presenta se orienta al estudio del potencial de la energía eólica para generación de energía eléctrica en la zona conocida como cerros de Milin, zona alta de la cordillera andina, ubicada en los límites de los municipios del cantón Pujilí y el cantón Saquisilí. Donde se determina mediante investigación bibliográfica y un estudio de campo con la aplicación de una estación meteorológica, los distintos componentes y parámetros que afectan a los sistemas de generación eólicos como se observa en estas superficies y que pueden ser afectados por los flujos de aire variando los campos de presión, todo esto determinando la existencia de vientos locales persistentes en ciclos estacionales, obteniendo así la existencia del recurso eólico para la aplicación y diseño de una central eléctrica óptima, capaz de satisfacer la demanda de potencia de un sistema de bombeo de agua beneficiando aproximadamente a unos 700 habitantes en la comunidad de “Maca Atápulo” ubicada en la parroquia Poaló cantón Latacunga provincia de Cotopaxi

Para esto, se requiere analizar el potencial eólico de los cerros de Milin, estableciendo condiciones aerodinámicas que brinden el mayor rendimiento al momento de convertir la energía cinética disponible en la corriente del aire, en energía eléctrica obteniendo el mayor potencial en nuestra zona de trabajo.

Palabras claves: potencia eléctrica, energía eólica.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

ACADEMIC UNIT OF ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED

Title: "DESIGN OF A WIND POWER GENERATOR FOR A WATER PUMPING SYSTEM IN THE COMMUNITY OF MACA ATÁPULO POALÓ PARISH LATACUNGA CANTON COTOPAXI PROVINCE."

Authors: Paredes Mejía Andrés Eduardo
Villavicencio Novillo Lenin Omar

ABSTRACT

The Ecuadorian energy system is based on electrical generators which the primary energy sources consist of fossil origin and renewable energies, the latter being the most weight in the total production of electric power available within Ecuador. In the figures of Ecuadorian electricity generation, we have a small proportion in the exploitation of wind energy, being used in our country in San Cristóbal Island with 2.4 MW of capacity and in the province of Loja on Cerro Villonaco with 16.5 MW.

The research that is presented, is directed to the study of the potential of the wind energy for generation of electric energy in the zone known as Hills of Milin, high zone of the Andean Mountain range, located in the limits of the municipalities of Pujilí Canton and the Saquisilí Canton. Where it is determined by bibliographic research and a field study with the application of a meteorological station, the different components and parameters that affect the wind generation systems as observed in these surfaces and that can be affected by the air flows varying the pressure fields, all this determining the existence of persistent local winds in seasonal cycles, thus obtaining the existence of the wind resource for the application and design of an optimal power plant, capable of satisfying the power demand of a water pumping system benefiting approximately 700 inhabitants in the community of "Maca Atápulo" located in the Poaló parish, Latacunga canton, Cotopaxi province.

For this, it is necessary to analyze the wind potential of the Milin hills, establishing aerodynamic conditions that provide the highest performance when converting the available kinetic energy into the air current, into electrical energy obtaining the greatest potential in our work area.

Keywords: electric power, wind energy.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: la traducción del resumen de proyecto de investigación al idioma inglés presentando por los señores de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de CIYA: **Paredes Mejía Andrés Eduardo** con número de cédula 172294724-7 y **Villavicencio Novillo Lenin Omar** con número de cédula 092840130-6, cuyo título versa “**DISEÑO DE UNA CENTRAL GENERADORA EÓLICA PARA UN SISTEMA DE BOMBEO HÍDRICO EN LA COMUNIDAD DE MACA ATÁPULO PARROQUIA POALÓ CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI.**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta escritura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, febrero 2019.

Atentamente,

Msc. Vladimir Sandoval V.
DOCENTE DE IDIOMAS
CC:050210421-9



1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto

Diseño De Una Central Generadora Eólica Para Un Sistema De Bombeo Hídrico.

Fecha de inicio: abril 2018

Fecha de finalización: enero 2019

Lugar de ejecución: Comunidad De Maca Atápulo Parroquia Poaló Cantón Latacunga Provincia De Cotopaxi.

Facultad que auspicia: Ciencias De La Ingeniería y Aplicadas (C. I. Y. A)

Carrera que auspicia: Ingeniería Eléctrica

Proyecto de investigación vinculado: Proyecto de carrera vinculado con la sociedad.

Equipo de Trabajo:

- Ing. Marco León Segovia (Tutor)
- Paredes Mejía Andrés Eduardo
- Villavicencio Novillo Lenin Omar

En el anexo 1 se adjunta hoja de vida de los investigadores.

Área de Conocimiento: Energías Alternativas.

Línea de investigación: Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental.

Sub líneas de investigación de la carrera:

Aprovechamiento de las energías alternativas y renovables, fomentar y promocionar el uso eficiente de la energía eficiencia energética en el sector residencial - agrícola, y reducir el impacto medioambiental derivado de la utilización de los recursos energéticos.

2. RESUMEN

El sistema energético ecuatoriano está basado en generadoras eléctricas cuyas fuentes primarias de energía constan de origen fósil y energías renovables, siendo esta última la de mayor peso dentro de la producción total de potencia eléctrica disponible dentro del Ecuador. En las cifras de centro de generación eléctrica ecuatoriana, tenemos una pequeña proporción en la explotación de energía eólica, siendo aprovechada en nuestro país en la isla San Cristóbal con 2.4 MW de capacidad y en la provincia de Loja en el cerro Villonaco con 16.5 MW.

La investigación que se presenta se orienta al estudio del potencial de la energía eólica para generación de energía eléctrica en la zona conocida como cerros de Milin zona alta parte de la cordillera andina, ubicada en los límites de los municipios del cantón Pujilí y el cantón Saquisilí. Donde se determina mediante investigación bibliográfica y un estudio de campo con la aplicación de una estación meteorológica, los distintos componentes y parámetros que afectan a los sistemas de generación eólicos como se observa en estas superficies y que pueden ser afectados por los flujos de aire variando los campos de presión, todo esto determinando la existencia de vientos locales persistentes en ciclos estacionales o diarios adecuados, obteniendo así la existencia del recurso eólico para la aplicación y diseño de una central eléctrica optima, capaz de satisfacer la demanda de potencia de un sistema de bombeo de agua beneficiando aproximadamente a unos 700 habitantes en la comunidad de “Maca Atápulo” ubicada en la parroquia Poaló cantón Latacunga provincia de Cotopaxi

Debido a la remota ubicación del sistema de bombeo se hace difícil para la empresa eléctrica distribuidora llegar con el suministro de energía, con una extensión de red la cual tendría un costo elevado, mediante el aprovechamiento del viento se podrán desarrollar proyectos de generación eólica en comunidades alejadas, y que no tengan acceso, ni suministro de energía eléctrica, que les signifique un ahorro o la opción de la implementación del sistema de generación eólica, destacando el ahorro económico en un determinado tiempo con respecto al valor que se pagará en la planilla y la inversión inicial de la implementación de red.

Para esto, se requiere analizar el potencial eólico de los cerros de Milin, estableciendo condiciones aerodinámicas que brinden el mayor rendimiento al momento de convertir la energía cinética disponible en la corriente del aire, en energía eléctrica obteniendo el mayor potencial en nuestra zona de trabajo.

3. JUSTIFICACIÓN

La necesidad de una fuente de energía eléctrica que satisfaga la implementación de un sistema de bombeo hídrico para la comunidad de Maca Atápulo, conformada por alrededor de 700 habitantes, conlleva al desarrollo de una metodología de eficiencia energética aplicable en la ubicación de la extracción líquida estudiando dos posibles alternativas, a la hora de hacer frente a la propuesta de abastecimiento de energía eléctrica para el sistema de bombeo., alternativa de alimentación eléctrica mediante una central eólica con capacidad suficiente para alimentar el sistema de bombeo, alternativa de la alimentación eléctrica utilizando la red disponible. Tras realizar un primer estudio de la ubicación topográfica, desviaciones, pérdidas de carga y se propone un sistema de bombeo el cual será alimentado con el sistema de generación eólica,

mismo que será proyectado acorde el estudio de viento realizado en la zona de estudio. Este proyecto busca la aplicación de una fuente de energía natural, para abastecer de energía eléctrica a un sistema de bombeo hídrico y así permitir que la comunidad de Maca Atápulo obtengan autonomía en el abastecimiento y almacenamiento de agua utilizada tanto para consumo como para riego.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

El proyecto está dirigido a mejorar la calidad de vida para los habitantes de la comunidad de Maca Atápulo, mediante un sistema de bombeo hídrico alimentado por una estación eléctrica de generación eólica, se pretende brindar a alrededor de 700 personas de descendencia indígena el suministro de líquido vital para su consumo personal y uso agrícola. Se beneficia con un análisis de costos para la alimentación eléctrica de un sistema de bombeo hídrico, analizando la utilización de energía eólica para la producción de potencia eléctrica.

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La falta de extracción de agua en los cerros de Milin, afecta a la población ubicada en la comunidad de Maca Atápulo, ya que esta requiere del servicio hídrico como plan de mejoramiento de su calidad de vida, lo que conlleva diseñar un sistema de bombeo requiriendo analizar la ubicación topográfica de los elementos que constituyen la estación de bombeo. La falta de estudio en el diseño de alimentación eléctrica para un sistema de bombeo de agua en la comunidad de Maca Atápulo, busca, en forma práctica estimar la potencia energética del viento como variable dependiente a partir de mediciones de su velocidad, siendo esta la variable independiente en una zona de alta montaña ubicada en la cordillera andina, se trata una investigación experimental, la cual es de tipo cuantitativa dado que se tiene datos específicos requeridos para el diseño eléctrico.

6. OBJETIVOS:

General

Diseñar una central eólica para abastecer de energía eléctrica a un sistema de bombeo hídrico perteneciente a la comunidad de Maca Atápulo ubicada en la parroquia Poaló Cantón de Latacunga provincia de Cotopaxi.

Específicos

- Realizar el estudio del potencial eólico como fuente de energía alternativa para la alimentación eléctrica de un sistema de bombeo hídrico propuesto, ubicado en los cerros de Milin.

- Desarrollar un análisis de las variables de velocidad, dirección del viento, densidad y potencial de la energía eólica, con el fin de conocer el comportamiento de los vientos en las zonas de los páramos andinos.
- Evaluar la viabilidad de los impactos económicos, técnicos y ambientales de la implementación de una mini central de generación eólica, con respecto a una extensión de red como opción de alimentación eléctrica.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas.

Objetivo	Actividad	Resultado de la actividad	Medios de verificación
Estudio del potencial eólico en la zona propuesta.	Analizar mediante un estudio de campo las mediciones del viento en la zona.	Recopilación de datos reales en la zona de estudio	Utilización de anemómetro WatchDog y estación Renkforce, para obtención real de valores variables
Análisis de las variables de velocidad viento, densidad y potencia del viento.	Analizar las características de cada una de las variables que afectan a la generación de energía eólica	Recopilación de información bibliográfica para la interpretación de las variables que afectan el viento	Investigar en archivos bibliográficos información relevante para el estudio de viento disponible en una localidad
Analizar el costos-beneficios	Estimación del costo de construcción e implementación de un aerogenerador junto con un sistema de bombeo	Obtención de datos económicos.	Indagar costos de construcción en generadores eólicos y de posibles conexiones a la red, así como costos para instalaciones de bombeo.

[Autores]

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

GENERALIDADES

Los cerros de Milin limitan al norte con la parroquia Atápulo, al sur-este con la parroquia de Pujilí, al este con la ciudad de Latacunga, siendo parte del macizo montañoso del páramo de Milin, formado parte de un ecosistema de alto paramo que a pesar de la explotación agrícola a sus alrededores se ha conservado en un ambiente saludable, la ubicación geográfica se muestra en el Anexo 4, Figura A1.

Los páramos se encuentran encima de los 3 400 msnm y debido a las fuerzas de los vientos están constituidos por pajonales y frailejones pequeños, en la zona se encuentra un sistema de micro cuencas cuyas corrientes están alimentadas por vertientes que captan el agua y se forman en la zona más alta como se observa en la figura 1.

Figura 1. Potencial hídrico para la estación de bombeo



[Autores].

EL AGUA EN LOS PÁRAMOS

Cuando se habla de los páramos siempre se piensa en lugares fríos, pero en realidad, son mucho más que eso. Están ubicados en zonas montañosas entre los 2 900 y los 5 000 metros de altura, siendo Ecuador un país con el privilegio de tener páramos [1].

Con la existencia de páramos en Venezuela, Ecuador, Costa Rica y Panamá., se ha observado que estos lugares se caracterizan por ser zonas muy húmedas.

ESTACIONES DE BOMBEO

Se conocen por ser un conjunto de obras civiles, tuberías, equipos y accesorios, que toman el líquido directa o directamente de fuentes de abastecimiento impulsándola hacia reservorios de almacenamiento. [2].

Elementos de una estación de bombeo

Como componentes básicos de una estación de bombeo de agua tenemos los siguientes:

- Vertedero de acopio
- Dique o toma
- Cámara de captación
- Grupo generador de energía y fuerza motriz
- Grupo y tubería
- Válvulas de regulación y control.
- Sistema de control de nivel.
- Tableros de protección y control eléctrico.

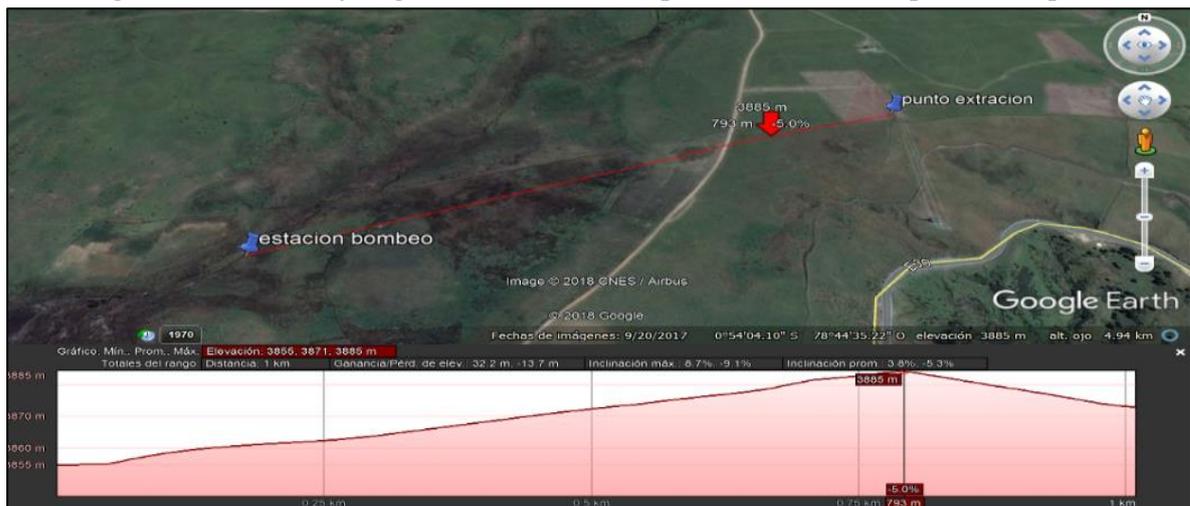
ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO DE LA BOMBA

Para el método de transportación del agua desde la vertiente principal hasta un tanque de almacenamiento se utilizan bombas, para estimar el tamaño de la bomba debemos satisfacer las necesidades considerando varios factores:

- La cantidad de líquido disponible y necesaria para transportar.
- La capacidad de bombeo o número de galones por hora que la bomba debe ser capaz de elevar.
- La cantidad de caballos de fuerza requerida para transportar la cantidad de agua deseada.

Para determinar las necesidades de bombeo, calcularemos cuánta agua se utilizará diariamente, la distancia y el ángulo de inclinación que tendrá al momento de ser transportada. [8]. En la figura 2 se muestra la distancia y ángulo aproximado de transporte de líquido, describiendo el perfil de elevación desde la estación de bombeo hasta un punto de acopio del agua.

Figura 2. Distancia y ángulo de inclinación aproximado de transporte de líquido.



Fuente [Google Earth].

Para estimar los requerimientos de la disponibilidad de agua, hemos tomado los valores obtenidos por la siguiente ecuación (1).

$$Q = C.H^{2,47} \quad (1)$$

Donde:

- Q = Caudal [m/s]
- C = constante hidráulica
- H = altura [m]

Obteniendo el siguiente caudal (Q) en la tabla 2, con un vertedero instalado como se muestra en la figura 3 y 4.

**CALCULO DEL CAUDAL EN EL VERTEDEDOR
TRIANGULAR DE 90°, DE PARED DELGADA**
FORMULA UTILIZADA $Q = C.H^{2,47}$

Tabla 2. Caudal disponible para el bombeo de agua.

H (m)	C	Q (l/seg)
VERTEDERO NUMERO 1		
0.060	1.35	1.29529
0.061	1.35	1.34927
0.062	1.35	1.40456
0.060	1.35	1.29529
VERTEDERO NUMERO 2		
0.041	1.35	0.50572
0.041	1.35	0.50572
0.041	1.35	0.50572

Fuente. [R. Lara].

El caudal recolectado será igual a la suma de los resultados arrojados por los vertederos 1 y 2, lo cual nos da un caudal de recolección, utilizando la ecuación 2.

$$Qr = Vr1 + Vr2 \quad (2)$$

Donde

Qr : caudal recolectado (l/seg)

$Vr1$: caudal del vertedero 1 (l/seg)

$Vr2$: caudal del vertedero 2 (l/seg)

La instalación de los vertederos se realizó en la parte baja de los canales donde se tiene mayor cantidad de agua, obteniendo la medición de agua que se acumula de cada canal, determinando el caudal con que cada uno aporta al acuífero tal como se observa en la figura 3 y 4.

Figura 3. Vertedero de 90° instalado en la sequía número 1.



Figura 4. Vertedero de 90° instalado en la sequía número 2.



[AUTORES].

CAPACIDAD DE BOMBEO

La determinación de la capacidad de bombeo se realiza, dividiendo el número de galones necesarios al día por el número de horas disponibles para recolectar, teniendo en cuenta el Anexo 5, tabla T1, consumo de líquido, con el que se pretende abastecer a la comunidad.

CABALLOS DE FUERZA NECESARIOS

Para determinar la capacidad de caballos de fuerza necesarios, multiplicaremos la capacidad de bombeo por la elevación, la cual es la distancia que debemos transportar el líquido y esto dividido entre 3.960, como se muestra en la ecuación (2) [2].

$$HP = \frac{Q*H}{3.960} \quad (3)$$

Donde:

- HP= caballos de fuerza
- Q= capacidad de bombeo en galones por minuto
- H= elevación en pies

SISTEMA AUTOMATICO DE CONTROL DE NIVEL

El sistema de suministro de agua va a tener diferentes tiempos de utilización por lo cual necesita de un sistema preciso de control haciéndolo preciso en el vaciado y llenado del tanque, de acuerdo a las características del sistema por la gran distancia entre la bomba y el reservorio se utilizará un sistema de alerta GSM mediante notificación de mensaje electrónico y el acoplamiento de elementos electromecánicos y electrónicos que acoplándolos al sistema de control hacen posible la automatización dos sistema de bombeo.

La industria Wireless ha desarrollado un sistema de control llamado “Radiotelefonía GSM Móvil” siendo el elemento principal el cual satisface las características de instalación, siendo un sistema abierto para la comunicación móvil internacional el cual no tiene límite de alcance, lo que hace preciso su uso en el control del sistema de bombeo.

ENERGÍA EÓLICA

Al hablarse de energía eólica se hace referencia a las tecnologías que aprovechan la energía cinética del viento, convirtiéndola en energía mecánica y por ende en eléctrica.

“La energía eólica es la energía renovable más eficiente y desarrollada de las energías renovables, genera electricidad mediante la utilización de la energía cinética producida por efecto de las corrientes de aire, es una fuente de energía limpia e inagotable” [1].

“Al aprovechamiento de la energía eólica se le considera como una atractiva fuente para la generación eléctrica, con atractivas ventajas al momento de brindar el servicio de suministro eléctrico a empresas públicas como privadas” [1].

La utilización del viento es una de las fuentes de energía más conocidas, este consiste en el movimiento del aire que está presente en la atmosfera, y es producto de causas naturales.

La explotación del viento viene desde hace cinco mil años, cuando se estima que comenzó la navegación a vela. Fue a partir del invento del aspa del molino con perfil de vela o ala lo que actualmente en aerodinámica se le conoce como “perfil alar”

La explotación de la energía eólica viene desde tiempos remotos, esta se utilizaba para la navegación, molinos de viento, generación eléctrica, entre otros. Con el pasar del tiempo la utilización de la generación de electricidad en grandes parques eólicos o a menor escala va en aumento hacia las zonas rurales situadas en lugares apartados. La posible utilización de energía eólica va en aumento, debido a la nueva tecnología y materiales mejorados.

“El poder generar energía eléctrica sin la existencia de un proceso de combustión o una etapa de transformación térmica, desde el punto de vista medioambiental, se mira como un procedimiento muy favorable por ser limpio, exento de problemas de contaminación, etc.,” [1].

Al momento de utilizar energía eólica para la generación de electricidad, la interacción con el medio ambiente presenta nula incidencia sobre las características físicas - químicas del suelo o su erosionabilidad, no produce ningún contaminante que incida sobre este medio.

La generación eléctrica mediante energía eólica no produce gases tóxicos ni tampoco contribuye al efecto invernadero, es decir no destruye la capa de ozono, ni crea lluvia ácida, es decir es una generación limpia que no origina productos secundarios ni residuos contaminantes.

A continuación, la cantidad generada por energía eólica en lugar de carbón, evita:

- 0.60 kg de CO₂, dióxido de carbono.
- 1,33 gr de SO₂, dióxido de azufre.
- 1,67 gr de NO_x, óxido de nitrógeno.

El aprovechamiento de la energía eólica se lo puede lograr en casi cualquier lugar, la energía potencial que se podrá obtener gracias a la energía eólica es impresionante, la electricidad que puede producir un aerogenerador, evita que diariamente se gaste miles de litros de combustible que se utiliza en las centrales térmicas de generación.

Un aerogenerador puede producir la suficiente potencia eléctrica que se obtendría por quemar diariamente 1 000 kg de petróleo. Al no quemarse esos kg. de carbón, se evita la emisión de 4 109 Kg. de CO₂, lográndose un efecto similar al producido por 200 árboles. Logrando impedir

la emisión de 66 kg de dióxido de azufre y de 10 kg de óxido de nitrógeno los cuales son los principales agentes causantes de la lluvia ácida.

DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA EÓLICA

Algunos problemas al momento de utilizar energía eólica vienen dados por:

Las direcciones del viento, siendo esta variable aleatoria tanto en dirección como en velocidad, impide que no en todos los lugares sea viable la explotación técnica y económicamente viable de energía eólica.

Los parques eólicos al ubicarse en áreas de montaña, en posiciones próximas a las líneas de cumbre, en donde suele manifestarse un alto potencial de recurso eólico. Estas áreas se caracterizan por un nivel de conservación natural, bueno y a veces con alto valor paisajístico o cultural de la zona. Los aerogeneradores constan de elementos visibles en el paisaje, es por esto que son situados adecuadamente desde un punto de vista meteorológico. En el Anexo 4 figura A2 muestra el parque eólico Villonaco (Ecuador). En el último caso el impacto visual es algo consustancial a esta forma de producir energía eléctrica.

Tiende a tener un impacto ambiental mínimo y este viene dado por:

- Impacto visual
- Aumento del nivel de ruido en las proximidades del aerogenerador
- Ocupación del suelo para parques que no se ubican en el mar
- En ciertos casos el rotor puede producir interferencias con campos electromagnéticos, lo que produce interferencias electromagnéticas.
- Impacto sobre la fauna en la existencia de aves en los alrededores del parque eólico.
- Tiende a tener dependencia debido a los cambios meteorológicos.

“La energía eólica produce un impacto visual inevitable, sus características al momento de seleccionar el emplazamiento resulta ser lo que más evidencia presencia de máquinas. La implantación de energía eólica a gran escala, logra producir una alteración sobre el paisaje, esto se debe evaluar en función de la situación previa de cada lugar de estudio”

UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica se puede aprovechar de diferentes formas, pero cada una con rasgos bien diferenciados, es así que tenemos por una parte la utilización para sacar agua de pozos, este tipo de uso eólico son más conocidas como Aero-bombas, están caracterizadas por ser maquinas tipos molinos multipala del tipo americano, su función es extraer agua de los pozos directamente a través de la energía mecánica o mediante bombas sin más ayuda que la del

viento. En otro contexto tenemos a la energía eólica como la energía principal disponible al momento de generar electricidad, este tipo se caracteriza por llevar un generador eléctrico y producen corriente al momento de que el viento sopla, estos reciben el nombre de aerogeneradores. En el Anexo 4. Figura A3 se muestra el funcionamiento de una turbina eólica o aerogenerador al momento de producir energía eléctrica, se visualiza una función de la velocidad del viento, obteniendo una relación entre la velocidad del viento y la energía que está definida por la curva de potencia que es única para cada modelo de turbina y en algunos casos única para las características de sitios geográficos específicos.

Según estudios, se estima que la mayoría de aerogeneradores comienzan a producir energía a velocidades de unos 4 m/s, consiguiendo una potencia nominal a velocidades aproximadas a los 13 m/s, y detienen la producción de energía a 25 m/s, el recurso eólico al ser un recurso variable hace que los aerogeneradores funcionen continuamente cambiando los niveles de potencia.

“La velocidad de arranque es la mínima velocidad del viento a la que las palas rotaran y generar potencia utilizable, típicamente esta entre 3 y 4 m/s” [1].

Para el diseño de aerogeneradores se debe tener en cuenta una velocidad nominal de viento, esta será la velocidad a la que la turbina eólica generará su potencia nominal de diseño. En ciertos casos se ha visualizado para un aerogenerador de 10 kW por ejemplo no generará su potencia nominal hasta que el viento alcance una velocidad nominal, las velocidades del viento consisten en velocidad de arranque y las velocidades nominales, la potencia que otorgara es proporcional al cubo de la velocidad del viento. [1]

“En la mayoría de turbinas se visualiza su arranque a partir de velocidades del viento de entre 3 a 4 m/s, y tienden a llegar a su potencia nominal entre 12 y 15 m/s” [1].

Las condiciones del viento vienen dadas con aspectos que afectan a la velocidad que este tomara teniendo las siguientes.

- Rugosidad. Esta define a las superficies muy rugosas o con aglomeración de estructuras que afecten la velocidad del viento, esto también podría causar turbulencia, mientras que superficies lisas favorecen al desplazamiento del aire.
- Altura. Según la rugosidad del terreno la necesidad de ganar altura para los aerogeneradores es necesaria, ya que a una determinada altura el aerogenerador alcanzara la misma velocidad del viento.

Para conocer las características que el viento obtendrá en un punto determinado se analizan tanto los vientos globales como los locales. A veces los vientos globales serán los que

predominen sobre los locales, y otras al revés. Los dos valores clave para analizar el viento son su velocidad mediante un anemómetro y su dirección mediante una veleta. No podemos generar energía con cualquier viento, por lo general para que las palas o ejes de un aerogenerador de gran magnitud giren estas necesitaran vientos moderados por encima de los 4 m/s y por debajo de los 25 m/s [2].

Hoy en día los fabricantes de turbinas diseñan estas máquinas para determinadas velocidades de viento, consiguiendo generar la máxima potencia. El aumento de la velocidad del viento en función de la altura, en terrenos no demasiados complejos, puede evaluarse mediante la siguiente ecuación (3):

$$V(h) = V_o * \left(\frac{h}{h_o}\right)^\alpha \quad (4)$$

Donde:

- $V(h)$ = velocidad del viento que se desea estimar, a la altura h del suelo.
- V_o = Velocidad del viento conocida a una altura h_o .
- h = Altura a la que se quiere estimar la velocidad del viento.
- h_o = Altura conocida.
- α = Valor que depende de la rugosidad existente en el emplazamiento según Anexo 5, tabla T2.

AEROGENERADOR

- La torre. Soporta la góndola y el rotor, suelen ser tubulares de acero, las de celosía son económicas, pero han dejado de usarse por estética y por ser más económicas e insegura para los trabajadores. En terrenos rugoso, las torres más altas captaran vientos de mayor velocidad [3].
- Rotor. Es una estructura formada por el conjunto de palas y el buje que las une. Sirve para transformar la energía cinética del viento en energía mecánica. Cuanto mayor sea el área barrida del rotor mayor será la producción, los rotores pueden ser de paso variable el que permiten girar sobre si mismas a las palas o de paso fijo en el que no pueden girar, también puede ser de velocidad variable cuando la velocidad de giro del rotor es variable o constante [3].
- Las palas. Las palas o hélices de un aerogenerador son la parte constitutiva que recibirá la energía cinética del viento, estas son similares a las hélices de un avión, hoy en día la mayoría de las turbinas aerogeneradores cuentan con tres palas, y suelen ser de poliéster o epoxi reforzado con fibra de vidrio [3].

- **Góndola.** Es la estructura que contendrá los dispositivos que transformaran la energía mecánica del rotor en energía eléctrica, en diferentes aerogeneradores se observa en su exterior un anemómetro y una veleta, los que tienen como objetivo facilitar información continua a para el control del sistema de generación [3].
- **Multiplicador.** Tiene como funcionalidad principal el multiplicar la velocidad de giro en el eje de baja velocidad., el movimiento de giro de los aerogeneradores suelen ser bastante lento, el rotor de una turbina de 1 500 kW de potencia, suelen girar a una velocidad de entre 10 y 20 revoluciones por minuto (r.p.m.), debido a las frecuencias existentes en las redes nacionales (60 Hz) e internacionales (50 Hz) la velocidad de giro es insuficiente teniendo que ser elevada a un régimen de giro en alrededor a 1 200 – 1 800 rpm según el tipo de generador y frecuencia utilizada [2].
- **Generador.** Transforma la energía mecánica en energía eléctrica, tal y como hace la dinamo de una bicicleta, aunque generando normalmente corriente altera, el alternador puede ser síncrono a asíncrono, el primero suministra una anergia de mayor calidad, pero es más caro y complejo, esta es la razón por la que el asíncrono es el más utilizado de los dos [3].
- **Controlador electrónico.** En distintos tipos de aerogeneradores es tiene ordenadores, los que controlan continuamente las condiciones de funcionamiento del aerogenerador, tienden a tener un análisis de las señales captadas por múltiples sensores que miden temperaturas, tensión e intensidades eléctricas, vibraciones, presiones, velocidad y dirección del viento [2].
- **Sistemas hidráulicos.** Estos son elementos auxiliares que permiten accionar el giro de las palas sobre su eje, así como el frenado del rotor o el giro y frenado de la góndola [2].
- **Sistema de orientación.** En algunos aerogeneradores se dispone de un sistema de orientación que, con ayuda de los datos recogidos por la veleta, coloca siempre el rotor de manera perpendicular al viento [2].

CLASIFICACIÓN DE LOS AEROGENERADORES EÓLICOS.

Micro turbinas <3 kW

Utilizadas por pequeños consumidores de energía, sistemas aislados de telecomunicaciones, viviendas aisladas, caravanas, barcos, etc. Producen electricidad que sirve para ser almacenada en bancos de baterías. Este tipo de generador eléctrico se caracteriza por ser de imanes permanentes y por ser accionado directamente por la turbina eólica sin que haya caja multiplicadora de velocidad entre el eje del rotor del generador y el generador eléctrico. Son

eólicas rápidos de eje horizontal preferentemente de tres palas, con pequeños diámetros del orden de 1 a 5 m, que trabajan a velocidad de rotación elevada y generalmente variable, la velocidad lineal de la punta de la pala, puede alcanzar valores del orden de 100 a 120 m/s [4]. A este tipo de micro turbinas pertenecen las eólicas lentas de eje horizontal con multi-palas, cuya curva característica par-velocidad es adecuada para el accionamiento directo de bombas hidráulicas para la extracción de agua de pozos [4].

Pequeños aerogeneradores. Se usan en sistemas híbridos para abastecer núcleos de población aislados. Estos sistemas combinan la anergia eólica con algún otro tipo. En el rango de 2 a 10 kW, el sistema de accionamiento y el tipo de generador suelen ser igual que en las micro turbinas. Se introducen cajas de engranajes entre el eje del rotor. El generador eléctrico es síncrono o asíncrono, pero funcionando con una velocidad mucho mayor que la del rotor de la turbina. En estas condiciones, los aerogeneradores suelen trabajar en régimen de velocidad de rotación constante [4].

Grandes aerogeneradores Su función consiste en producir electricidad para su inyección a la red. Estos aerogeneradores se caracterizan por se rápidos de eje horizontal, preferentemente con rotor tripala, entre estos tipos se pueden conseguir potencias de entre 100 y 850 kW, con diámetros entre 25 y 55 m. el rotor gira a una velocidad constante entre 15 y 50 rpm, y la velocidad de la punta de la pala no supera los 65 a 70 m/s para limitar la emisión de ruido y la acción de la fuerza centrífuga. Van dotados de caja de engranajes ara amplificar la velocidad y accionar el generador eléctrico. Las palas del rotor son provistas de algún sistema de regulación, mediante el que se controla la potencia de rotor en función de la velocidad del viento [4].

Aerogeneradores de eje vertical La instalación de estos aerogeneradores no es necesaria para la dirección del viento por lo cual se les llama panemonus (de todos los vientos) por lo cual se instalan en sectores urbanos, el diseño de estos aerogeneradores es más flexibles en cuanto a ubicar un lugar que reúna las condiciones adecuadas [5].

En estos el eje de rotación es perpendicular a la dirección del viento y existen dos tipos básicos:

- Tipo Savonius: en 1 924, el ingeniero Savonius diseño un rotor cuya principal ventaja consiste en trabajar con velocidades de viento muy bajas, se componen de dos semicilindros de igual diámetro situado paralelamente del eje vertical del giro.
- Tipo Darrieus: este tipo de aerogenerador fue patentado por el Francés G.J.M Darrieus, están formado por dos o tres palas de forma ovalada de perfil aerodinámico, presentando un par de arranque muy pequeño.

Aerogenerador de eje horizontal. Las más comunes son las turbinas de eje horizontal que constan de una, dos o tres palas, tienen la ventaja de que las palas están situadas a elevadas alturas, cual la velocidad media del viento es mayor y la intensidad de turbulencia es mayor, que a nivel de terreno. Las turbinas de eje horizontal pueden clasificarse a su vez según la disposición del rotor, que pueden estar ubicado por delante o por detrás del rotor [6].

Estas turbinas exigen una orientación continua de su eje de rotación, el cual siempre debe estar paralelo al piso y por lo tanto deberá mantenerse paralelo a la dirección del viento, solo en esta posición las palas estarán de cara al viento permanentemente [7].

- Turbina de alta velocidad pocas palas: este tipo de velocidad de rotación es la indicada para la generación de energía eléctrica ya que su alta velocidad permite acoplar generadores de todo tipo de velocidades de giro [7].

COMPORTAMIENTO GENERAL DEL VIENTO Y TIPOS DE VIENTOS.

La producción del viento se genera por el movimiento de masas de aire en la troposfera, esta es la capa más baja de la atmósfera dentro de ella existen vientos que producen interés desde el punto de vista energético.

El conocimiento de los vientos generales no es suficiente para evaluar su potencial eólico, razón por la cual se requiere conocer algunos factores tales como el axioma (Bjerknes) que indica el movimiento o sentido de giro del viento [4].

Cuando el gradiente de presión y el gradiente de temperatura tienen distinta dirección, se produce una circulación de aire de sentido al camino más corto desde el gradiente de presión al de temperatura. Lo anterior indica que en general los desplazamientos verticales del aire son pequeños en relación a los desplazamientos horizontales, por lo que se puede considerar que la dirección del viento es sensiblemente horizontal y se determina y refiere mediante el ángulo que conforma respecto a una dirección fija, que es la del Norte geográfico, este es el principio de la construcción de la rosa de los vientos. Por otra parte, se debe tener en cuenta que la dirección del viento medida a algunos metros sobre el nivel del suelo está fuertemente influenciada por la situación topográfica del lugar considerado. Finalmente, la frecuencia de las direcciones está relacionada con la presión atmosférica, la densidad del aire y la topografía. Así, por ejemplo, en las faldas de las montañas el aire se calienta durante el día y se va hacia las alturas, mientras en la noche el aire frío, más pesado baja hacia los valles [5].

VIENTO

Movimiento del aire con respecto a la superficie de la tierra. Las direcciones se toman de donde viene o procede el viento y las velocidades en metros por segundo [12].

El INAMHI en su página web, facilita datos meteorológicos del pronóstico climático que el Ecuador atraviesa en el presente, el INAMHI otorga datos de velocidades promedio en los vientos en todo el estado ecuatoriano como se muestra en el Anexo 4, figura A4, A5, y la ubicación de la estación meteorológica, dispuesta por el INAMHI, más cercana al lugar de estudio en la figura A6. Para la descripción del viento en la provincia de Cotopaxi, identificando un estimado de velocidad promedio del viento que se tiene en la provincia, según datos que registra el INAMHI, como se muestra en el Anexo 4, figura A8. Se muestra la velocidad promedio que se registra en los cerros de Milin dándonos un estimado del comportamiento del viento en la zona de estudio, según los datos que registra el INAMHI diariamente. Anexo 4, figura A5. Se muestra la ubicación de la estación meteorológica Rumipamba Salcedo de propiedad del INAMHI como la más cercana a la zona de estudio, tomando como principal referencia los datos de velocidad y dirección del viento para el desarrollo de la investigación. Anexo 4, Figura A6. Así también se presenta en el Anexo 4, figura A8, el mapa que integra las velocidades del viento según la distribución geográfica dentro de América Latina.

DISPOSITIVOS PARA MEDIR EL VIENTO

El instrumento que mide las diferentes magnitudes del viento de manera directa es normalmente el anemómetro, se utilizará el anemómetro marca WatchDog y Renkforce, permitiendo medir velocidad del viento, dirección del viento, temperatura, humedad relativa y precipitaciones teniendo un diseño en el cual tiene montado sobre un pequeño eje montada tres cazoletas que varían en proporción a la dirección del viento y una veleta la cual nos indica la dirección del viento [8].

Aspa de Wild (Veleta): Es un instrumento muy robusto, pero no es muy preciso para la medición y velocidad del viento. Este equipo se caracteriza por tener una placa metálica que oscila como péndulo en un eje horizontal, a esta se adhiere la veleta la cual siempre tiene un flanco expuesto al flujo del viento, con ayuda de una escala orientada en los ocho puntos cardinales [9].

Anemómetro totalizador: Anemómetro de cazoletas o molinete donde la rotación se transmite a un contador mecánico indicado directamente al movimiento del aire que pasa por el

anemómetro, es decir, mide el recorrido del aire a partir del cual se calcula la velocidad media del viento (flujo del aire) en Km/h.

En [10]. Nos explica que “este aparato se debe encontrar instalado a diez metros de altura”.

CRITERIOS TÉCNICOS PARA ESTACIONES ANEMOMÉTRICAS

Cuando se escogen los instrumentos, en particular cualesquiera el sistema y procesos de datos y transmisión conexas, debería adoptarse los 10 principios de vigilancia del clima. Al cumplir con estos principios deberán tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- La fiabilidad
- La idoneidad para el entorno operativo de la estación en la que se utilizaran
- La exactitud
- La simplicidad del diseño y los motivos para la realización de observaciones.

Para que el instrumento sea fiable, es preciso que funcione conforme a los requisitos de su diseño [11].

Con el fin de que las mediciones realizadas en diferentes estaciones puedan ser comparables entre sí se ha convenido estandarizar las variables que pueden alterar las mediciones.

La inadecuada ubicación de los sensores de viento en las ciudades en causa de un considerable malgasto de recursos y de esfuerzos, y pueden traducirse cálculos erróneos de la dispersión de los contaminantes.

Naturalmente, ese tipo de situaciones plantea también dificultades en terrenos despejados, debido a los obstáculos y a los efectos topográficos. A ello se debe la altura estándar de las observaciones de viento en terrenos rurales de 10 metros sobre tierra, y no a nivel de la garita y en que el anemómetro no esté a una distancia horizontal de las obstrucciones inferiores a diez veces la altura del obstáculo [12].

UNIDADES Y ESCALAS

La necesidad del estudio del viento nos permite que lo determinemos con su módulo y su ángulo, para su módulo se mide en m/s y es el más habitual para el estudio de recurso eólico [8].

La dirección del viento en meteorología se mide en grados sexagesimales, como se muestra en el Anexo 5, tabla T3, pero el criterio empleado es diferente del matemático habitual.

En primer lugar, siempre nos referimos a la dirección de la que viene el viento, no hacia dónde va. Se consideran cero grados u origen al viento que viene del norte, y la escala es creciente hasta los 360 grados en el sentido de las agujas del reloj [8].

ROSA DE VIENTO

La información que se obtiene del viento en una determinada zona geográfica se reúne en la denominada: “la rosa de vientos es una representación gráfica de la frecuencia de dirección y velocidad” [13].

Es fundamental para la caracterización del mismo en conocimiento de las direcciones que se distribuye en una ubicación correcta, en el caso de los estudios para la ubicación de un parque eólico, este factor es específicamente crítico, puesto que condiciona su diseño [8].

La dirección se puede dar en 8 o 16 sectores de 45° o 22.5° respectivamente, denominado según las direcciones cardinales: norte, sur, este, y oeste teniendo los puntos laterales que están entre ellos Noreste (NE), Sureste (SE), Suroeste (SW), y Noroeste (NW). Entre los, puntos cardinales encontraremos los puntos colaterales; el Nor-Noroeste (NNE), Este-Noreste(ENE), Este-Sureste (ESE), Sur-Suroeste (SSW), Oeste-Suroeste (WSW), Este-Noreste (WNW), Nor-Noreste (NMW) [14]. Para aplicación de generación eólica la rosa habitual es útil, pero es necesario considerar una modificación a la misma, además de la frecuencia con que el viento sopla en una dirección, lo que interesa en el caso de la energía del mismo en las diferentes direcciones por lo cual se suele representar en colores diferentes en el mismo círculo las dos magnitudes; la frecuencia temporal y la fracción de energía en cada uno de los sectores como se puede observar en la figura 13.

CALCULO DE ENERGÍA QUE CONTIENE EL VIENTO

Para realizar el cálculo, consideremos un flujo de viento de velocidad U que atraviesa un volumen de longitud diferencial y sección transversal A , como se muestra en el Anexo 4, figura A4, así como la variación de la densidad, temperatura y presión en una atmósfera en el Anexo 5, tabla T4. En la ecuación (5), se puede definir una nueva magnitud, que mostrará la potencia por unidad de la sección transversal (área barrida), o densidad de potencia, y que vendrá expresada por:

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho \cdot U^3 \quad (5)$$

Donde:

P = potencia por unidad

A = área de barrido del aerogenerador

ρ = densidad que contiene el aire

U = velocidad de viento

PERFILES LA VARIACIÓN VERTICAL DE VIENTO

El perfil vertical del viento se entiende que es la variación de la velocidad del viento en su eje horizontal, con respecto a la altura sobre el suelo, este es un parámetro muy importante en con respecto a la canalización de la energía eólica en los primeros metros de la atmosfera, dependiendo de la estabilidad atmosférica, el tipo de terreno y su topografía. La ecuación logarítmica proporciona una buena aproximación al perfil vertical como se muestra en la ecuación (6).

$$v_2 = v_1 \cdot \frac{\ln\left(\frac{h_2}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{h_1}{z_0}\right)} \quad (6)$$

Donde v_1 es la velocidad del viento a la altura h_1 , v_2 es la velocidad del viento a la altura h_2 y z_0 es la longitud de rugosidad (o rugosidad del terreno). El parámetro de rugosidad varía con el tipo de suelo, y refleja el hecho experimental e incluso intuitivo de que la disminución de la velocidad horizontal del viento a medida que nos aproximamos a la superficie se produce a ritmos diferentes según si estamos sobre el océano, una pradera, un bosque o una ciudad [8]. En el anexo 5, tabla T5, se muestra una clasificación de la rugosidad orientativas.

LEY DE BETZ

La ley de Betz representa el funcionamiento de un aerogenerador con un flujo lamina de aire que está sometido a un proceso de compresión y descompresión, a modo de expresar la eficiencia del generador en términos de propiedades de flujo antes y después de pasar por el generador [15].” La máxima eficiencia que puede obtener de un generador puede determinarse mediante la Ley de Betz”.

ESTUDIO DEL POTENCIAL DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA EN LA ZONA DEL PÁRAMO.

Este tiene por objetivo determinar el potencial eólico de generación existente en el sector de los cerros de Milin, se obtienen datos con existencias de datos con la flecha de la dirección y velocidad del viento, lo cuales se obtendrán del laboratorio meteorológico WatchDog que pertenece a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Se determina la velocidad media diaria del viento para poder analizar en qué intervalos del día ocurren las mayores y menores velocidades del viento, determinando a qué hora se obtiene la mayor cantidad de energía eólica.

La velocidad del viento (m/s) se promedió en función de las horas del día en forma anual. Se determinará a través de la frecuencia de distribución de los datos de velocidad anual con la ayuda del modelo de probabilidad Weibull.

PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento de la información se estiman cada una de las ocho o dieciséis direcciones cardinales (N, NE, E, SE, E, SW, W, Y NW) se obtienen valores medios mensuales de la velocidad dada en (m/s), con base de los requisitos medios diarios calculados con las tres observaciones diarias, igualmente se determina el porcentaje de la frecuencia, con relación a las observaciones de viento realizadas.

Para la evaluación de resultados y la determinación de la potencia eólica disponible de velocidad y frecuencia, los datos serán tratados estadísticamente para establecer la velocidad promedio mensual, la frecuencia y la dirección predominante como parámetro más importante para determinar con exactitud la orientación.

Se aplica la distribución de Weibull para determinar los parámetros correspondientes, al terminar los 12 meses de estudios que son imprescindibles al momento de tomar decisiones de factibilidad [16].

DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL

“La distribución de Weibull permite calcular la probabilidad de que existan probabilidades de viento superiores o menores a una velocidad determinada” [17].

La distribución de Weibull se describe según los parámetros de forma, escala y valor umbral. El caso en que el parámetro de valor umbral es cero se conoce como la distribución de Weibull de 2 parámetros. La distribución de Weibull se define solo para variables no negativas. Dependiendo de los valores de los parámetros, la distribución de Weibull puede adoptar varias formas [2].

En la mayoría de los casos de interés energético, la distribución de probabilidad de la velocidad del viento sigue aproximadamente la función densidad $p_{(v)}$ de probabilidad de Weibull. [2].

El método de distribución Weibull asume como hipótesis que la variable de la velocidad del viento sigue una misma distribución la cual nos dará un promedio ponderado de potencia obtenida.

Experimentalmente se observa que la distribución de la frecuencia de una serie de vientos (esto es la proporción relativa de los diferentes rangos de velocidades) se puede ajustar a una

distribución de densidad de probabilidad de uno o dos parámetros. Esto es útil puesto que la densidad de probabilidad tiene una expresión analítica [8].

La expresión de la función de la densidad de probabilidad de Weibull es función (8):

$$p(U) = \frac{K}{c} * \left(\frac{U}{c}\right)^{k-1} * \exp\left[-\left(\frac{U}{c}\right)^k\right] \quad (8)$$

Válida para valores de variables v iguales o mayores a cero, valores de los parámetros k y c mayores que cero y valores positivos.

Donde:

K: es el parámetro de forma adimensional de la distribución de Weibull.

C: es el parámetro de escala, cuya dimensión depende de las variables de cada caso

U es la variable del viento

p(U): indica la probabilidad de observar cada velocidad del viento [18]

Su correspondiente función de distribución acumulativa presenta la siguiente expresión matemática (9) [8].

$$F(U) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{U}{c}\right)^k\right] \quad (9).$$

POTENCIAL EÓLICO EN EL ECUADOR

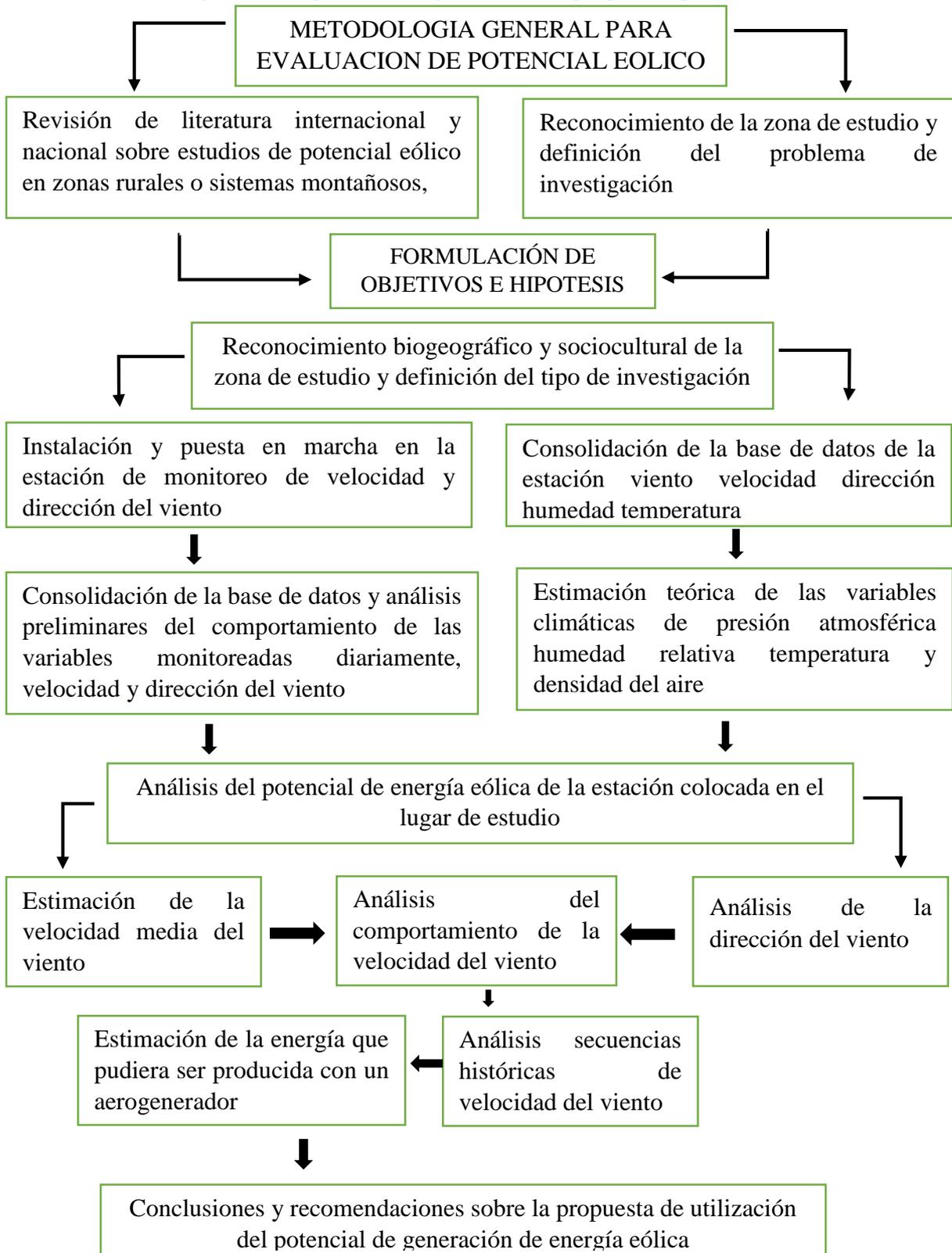
El estado ecuatoriano se ubica en una zona montañosa, lo que nos permite a los habitantes tener en cuenta el potencial eólico, existente en los lugares más altos del país, en el Anexo 5, tabla T6, se observa el potencial eólico disponible para la provincia de Cotopaxi.

9. HIPÓTESIS:

Mediante el estudio de la capacidad de generación eólica existente en los cerros de Milin, se plantea como alternativa para el bombeo de agua hacia la comunidad del Maca Atápulo, la utilización de la energía del viento como fuente ideal para la generación de energía limpia, segura y autosustentable en su funcionamiento, disminuyendo la contaminación ambiental, realizada de acuerdo a las normas técnicas de calidad, seguridad y gestión ambiental vigentes permitiendo mejorar la calidad de vida de las personas que conforman la comunidad.

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL:

Figura 4. Diagrama de flujo “metodología para el proyecto”.



[AUTORES].

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

ESTIMACIÓN CAPACIDAD DE BOMBEO

Para la estimación de la capacidad de bombeo se determinarán los valores arrojados por los vertederos antes mencionados y con la utilización de la ecuación (2), mencionada en apartados anteriores siendo nuestro caudal de recolección como se muestra en la ecuación (10).

$$Qr = 1,3(\text{l/seg}) * 0,5(\text{l/seg}). \quad (10)$$

Obteniendo:

$$Qr = 1,8 (\text{l/seg})$$

Transformando a m^3/s , se divide este valor entre 100 para obtener la ecuación (11).

$$Qr = 1,8 ((\text{l/seg})/100) \quad (11)$$

Obteniendo:

$$Qr = (0,018) m^3/s$$

Dándonos una recolección diaria en el sitio de extracción de:

$$1\ 555,2 m^3/d \equiv 155\ 520 (\text{l} / \text{d}).$$

Para la estimación de consumo y la capacidad de bombeo se toma en cuenta la utilización que se le va a dar al agua, para lo cual se toma como referencia el Anexo 5, tabla T7, mediante conversación con los dirigentes de la comunidad y valores que establece el SENAGUA, se estableció el nivel de servicio que tendrá la comunidad.

Del cual se llegó a definir que se tendrá en la comunidad de Maca Atápulo grifos público más unidades de agua para lavar ropa y baños lo cual le da un nivel de servicio “1b”. Esta denominación permite saber la dotación correspondiente según la región como se muestra en el Anexo 5, tabla T8.

Teniendo un consumo estimado para los 700 habitantes de la comunidad de Maca Atápulo se obtendrá del valor de la tabla de niveles de servicio sugerida por la “SENAGUA” tendremos el consumo promedio diario en la ecuación (12).

$$700\text{hab} * 50 \frac{\text{l}}{\text{hab}*\text{día}} = 3\ 5000 \frac{\text{l}}{\text{hab}*\text{día}} \quad (12)$$

Del caudal que se recoge diariamente en el sitio de extracción es 155 520 (l / día), a través de un análisis se observa en la ecuación (13), que es suficiente la cantidad de agua recolectada para satisfacer la demanda de consumo de los habitantes diariamente que es:

$$3\ 5000 (\text{l} / \text{día}) \equiv 0,40 (\text{l} / \text{s}) \quad (13)$$

Para nuestro diseño se tomará los valores del caudal que soportará la tubería elegida para el sistema de bombeo.

SELECCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO

Para determinar la potencia necesaria del sistema de bombeo para uso de la comunidad de Maca Atápulo se han tomado en cuenta todas las pérdidas de carga que suceden en la tubería y en los accesorios, obteniendo la potencia real necesaria que deberá abastecer el sistema de generación eólico. El sistema se lo realizó tomando en cuenta las necesidades de consumo y el tipo de utilización que se le dará al agua, respetando los límites establecidos y normados por la Secretaria del Agua la cual es un Instituto del Estado que ejerce la Rectoría, Planificación y Gestiona el recurso hídrico en el Ecuador.

Utilizando un electro bomba centrifuga normalizada “EN733” de marca Pedrollo como se muestra en la figura 5, ya que es una de las más utilizadas en el medio local y por su costo accesible a comparación de bombas importadas, satisfaciendo todas las necesidades del sistema de bombeo teniendo un diseño el cual hará fácil la instalación.

Figura 5. Bomba centrifuga normalizada.



Fuente. [UNATSABAR].

SELECCIÓN DE LA TUBERÍA

Mediante un análisis de costo de implementación y del rendimiento que se necesita de la tubería para su aplicación en el páramo, eligiendo la tubería PVC por su fácil adquisición en el mercado local, precio accesible y el cumplimiento de las condiciones técnicas de flujo requeridas en el sistema de bombeo. Estando estas tuberías fabricadas bajo las normas de calidad vigentes en el país [12]:” La fabricación y control de calidad de la línea de tuberías y accesorios de PVC para presión se basan en la norma técnica ecuatoriana INEN 1373, mientras que la fabricación y control de calidad de la tubería PVC de baja presión para uso agrícola se basan en la norma técnica ecuatoriana INEN 1369”. El diámetro de la tubería va a estar limitado al dimensionamiento al caudal de agua del sistema y por el diámetro establecido de diseño la bomba, el cual será de 4 pulg 101,06 mm, con una longitud equivalente de 670 metros tomando en cuenta la altura de succión y de los accesorios. En el Anexo, tabla T9, de un manual técnico de la marca Plastigama. La cual hemos elegido a nuestra conveniencia como se resalta en el anexo 5, tabla T9.

PÉRDIDAS DEL SISTEMA

PÉRDIDAS DE ENERGÍA POR FRICCIÓN

El agua como fluido en su movimiento turbulento genera pérdidas debido a el choque que se produce en las paredes teniendo en cuenta el grado de rugosidad de la tubería y los diferentes accesorios de las mismas, es muy importante calcularlas debido a que estas será un variable a tomar en cuenta en el momento de seleccionar el sistema de bombeo.

PÉRDIDAS EN LA TUBERÍA POR HAZEN-WILLIAMS

Esta es una ecuación empírica de extendido uso en el campo de la ingeniería civil para el cálculo de pérdidas por fricción en conducciones a presión, surge a principios de los siglos XX como una tendencia de hacer más fácil el cálculo de estas pérdidas longitudinales.

Utilizado para el flujo de agua [13] “La fórmula de Hazen y Williams es una de las más populares para el diseño y análisis de sistemas hidráulicos su uso se limita a tuberías con diámetro mayores a 2.0 pulg y menores a 72 pulg”, sus valores se determinan por medio de la ecuación (14), y coeficientes que se visualizan en el Anexo 5, Tabla T10.

$$hf_{(m)} = 10,67 * \left(\frac{Q \left(\frac{m^3}{s} \right)}{C} \right)^{1,852} * \frac{L(m)}{D^{4,87}(m)} \quad (14).$$

Donde

$hf_{(m)}$: pérdida de energía por fricción en el tramo de tubería (m)

Q : caudal de agua circulando por el tramo de tubería en $\left(\frac{m^3}{s} \right)$

C : coeficiente de fricción de Hazen y Williams

L : longitud del tramo de tubería en (m)

D : diámetro de la tubería en (m)

Con el valor del coeficiente “C”, obtenido del Anexo 5, tabla T10, y conociendo el caudal, longitud de tubería, diámetro de la tubería y aplicando la fórmula de Hazen y Williams se obtiene el valor de la pérdida de carga por fricción, mediante la ecuación (15). Reemplazamos valores que hemos obtenido mediante el desarrollo de la investigación y se obtiene.

$$hf_{(m)} = 10,67 * \left(\frac{0,013 \left(\frac{m^3}{s} \right)}{150} \right)^{1,852} * \frac{660(m)}{0.101^{4,87}(m)} \quad (15)$$

Obteniendo:

$$hf_{(m)} = 13,52 \equiv 14 (m)$$

PÉRDIDAS POR ACCESORIOS Y EXPANSIÓN SÚBITA

Aunque en algunos libros de textos las pérdidas por accesorios son despreciables por ser bajas en sistemas de bombeo con longitudes extensas en nuestro caso calcularemos esas pérdidas con el fin de obtener todas las variables que afectan al sistema.

En la mayoría de los sistemas [19]: “Las pérdidas de energía son proporcionadas a la cabeza de velocidad del fluido al fluir este alrededor de un codo, a través de una dilatación o contracción de la sección de flujo, o a través de una válvula”.

El valor de la pérdida ocurrido en una línea de flujo depende de la velocidad de entrada al accesorio y de un coeficiente “K” que es en función del tipo de elemento que provoca la pérdida, donde se multiplicara por el valor de “n” el cual es el número de accesorios que tendrá el sistema de bombeo. Expresando la ecuación (16) como:

$$H_l = n * K \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad (1)$$

Donde:

K: coeficiente de pérdida local

V: velocidad del fluido de entrada al accesorio (m/s)

G: aceleración de gravedad (g = 9,8 m/s²)

Hl: pérdidas locales en accesorio (m)

N: número de accesorios que se utilizaran

La facilidad con que se realiza la aceleración determina la cantidad de pérdida de energía, por lo tanto, el valor del coeficiente de resistencia de entrada depende de la geometría de la entrada. Los valores típicos de los coeficientes de pérdidas más habituales se muestran en el Anexo 5, tabla T11.

PÉRDIDAS EN ACCESORIOS

PÉRDIDAS EN ACCESORIOS (CODO DE 90°)

En la trayectoria que toma la tubería se encontrarán instalados 5 codos de 90° los cuales tendrán una pérdida de carga al variar la dirección del fluido, se obtendrá el valor de pérdida en metros a través de la ecuación (23) que producen los codos de 90° en la trayectoria de la tubería.

Obteniendo:

H_{lc} : pérdidas por accesorios (codo)

$$H_{lc} = 5 * 0,9 \left(\frac{(1,3)^2 m/s}{(2 * 9,81) m/s^2} \right)$$

$$H_{lc} = 0,46 \text{ m}$$

PÉRDIDAS EN ACCESORIOS (VÁLVULA DE COMPUERTA ABIERTA)

Según la empresa fabricante [15]. “Las válvulas de compuerta son válvulas que se encargan de abrir o levantar una compuerta o cuchilla para permitir el libre paso de fluidos”.

La característica que distingue a las válvulas de este tipo es el sello que poseen, el cual se da mediante el asiento del disco en dos áreas distribuidas en los contornos de ambas caras del disco, como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Válvula de compuerta abierta.



Fuente. [L. MOTT].

Utilizando la ecuación (16), y la tabla 14, se obtendrá el valor de la pérdida de fricción en metros que tendrá al pasar el fluido por esta válvula de compuerta.

Obteniendo:

H_{l-ca} : pérdidas en accesorio (compuerta abierta)

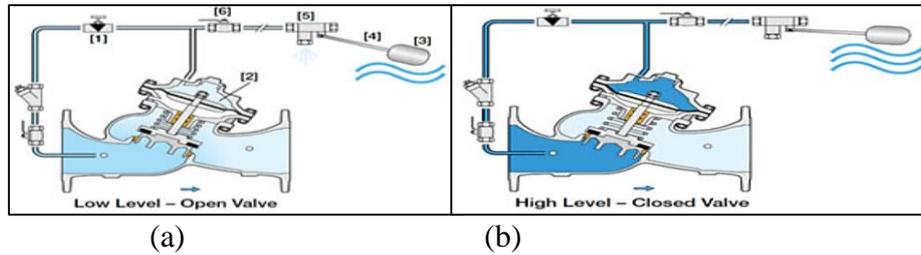
$$H_{l-ca} = 0,2 \left(\frac{(1,3)^2 m/s}{(2*9,81) m/s^2} \right)$$

$$H_{l-ca} = 0,01722 \text{ m}$$

PÉRDIDAS EN ACCESORIOS (VÁLVULA DE CONTROL)

Las válvulas de control de nivel con flotador horizontal modulan una válvula de control, accionada por diafragma controlada hidráulicamente que controla el llenado del reservorio para mantener el nivel de agua constante, utilizando un flotador eléctrico, haciendo el control (On/Off). El funcionamiento de este tipo de válvula de control es indispensable debido a la acción que ejerce controlando el encendido y apagado de la bomba, explicaremos su funcionamiento. Según la empresa distribuidora NEOVIS [20], en la figura 7(a) y 8(b), la válvula de aguja [1] permite continuamente el flujo desde la entrada de la válvula a la cámara de control superior [2]. El flotador [3] está unido a el brazo del piloto del flotador [4]. La ubicación del conjunto del flotador y la posición del flotador determinan el ajuste de nivel, si el nivel sube hacia el punto de ajuste, el piloto del flotador [5], la presión en la cámara de control superior se acumula probando que la válvula principal cierre, reduciendo la tasa de llenado y eventualmente cerrando totalmente si el nivel cae. La llave [6] permite el cierre manual.

Figura 7. Funcionamiento de válvula de control.



Fuente. [L- MOTT].

Utilizando la ecuación (16), y la tabla 14, se obtendrá el valor de la pérdida de fricción en metros que tendrá al pasar el fluido por esta válvula de control.

Obteniendo:

H_{l-vc} : pérdida en accesorio (válvula controladora)

$$H_{l-vc} = 3 * \left(\frac{(1,3)^2 m/s}{(2*9,81) m/s^2} \right)$$

$$H_{l-vc} = 0,2584 \text{ m}$$

PÉRDIDAS POR ENSANCHAMIENTO SÚBITO

Al existir un ensanchamiento súbito como se muestra en la figura 8, Robert L. Mott, afirma que al fluir un fluido de un conducto de menor a uno mayor a través de una dilatación súbita, su velocidad disminuye abruptamente, ocasionando una turbulencia y por consiguiente, la cantidad de pérdida de energía, depende del coeficiente de los tamaños de los dos conductores [21]. Expresando la ecuación (17) como:

$$hfs = K \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad (17)$$

Donde

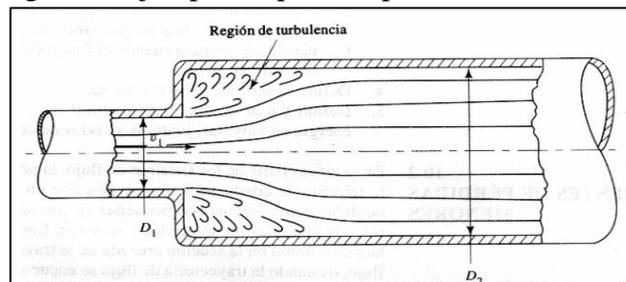
K : coeficiente de pérdida local

V^2 : velocidad del fluido de entrada al accesorio (m/s)

g : aceleración de gravedad ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$)

hfs : pérdidas por ensanchamiento súbito de la tubería (m)

Figura 8. Ejemplo de pérdida por ensanchamiento.



Fuente. [L. MOTT].

Siendo el valor de “K” depende tanto de los valores de los tamaños de los dos conductores como de la magnitud de la velocidad de flujo, al hacer ciertas suposiciones de simplificación respecto del carácter de la corriente de flujo al expandirse a través de una dilatación súbita es posible predecir analíticamente el valor de “K” a partir de la ecuación (18) [21].

$$k = [1 - (\frac{D_1}{D_2})^2]^2 \quad (18)$$

Donde:

K: valor de constate adimensional “K”

D_1 : valor del diámetro de entrada (m)

D_2 : valor del diámetro de salida (m)

Obteniendo:

$$k = [1 - (\frac{0,0508}{0,1016})^2]^2$$

$$k = 0,5625 m$$

Reemplazando los valores del coeficiente “K” en la ecuación (17) se obtiene las perdidas por ensanchamiento súbito de la tubería, obtendremos:

$$hfs = 0,5625 \left(\frac{(2,58)^2 m/s}{(2*9,81)m/s^2} \right)$$

$$hfs = 0,19 m$$

CÁLCULO DE LA ALTURA DINÁMICA O MANOMÉTRICA TOTAL

La altura dinámica puede ser definida como el incremento total de carga de flujo a través de la bomba es la suma de la carga de succión más la carga de impulsión.

Teniendo que la presión de una bomba o energía mecánica transmitida al líquido debe ser tal, que le permita al agua vencer la altura estática que es la diferencia de nivel entre la toma y la entrega de agua, las perdidas por carga o fricción del fluido con la tubería y las perdidas por singularidades o accesorios las cuales ya hemos obtenido. Formando la ecuación (19).

$$Hm = h_f + h_{lc} + h_{l-va} + h_{l-vc} + hfs + hi \quad (19)$$

Donde

Hm = altura dinámica o manométrica

h_f perdida por fricción en la tubería

h_{lc} : perdidas por accesorios (por codos)

h_{l-va} : perdida en accesorios por (válvula de compuerta)

h_{l-vc} : perdida en accesorios por (válvula de control)

hfs : perdidas por ensamamiento súbito

hi : altura inicial

Obteniendo:

$$Hm = 14 m + 0,0172 + 0,2584 + 0,46 m + 0,19m + 40 m$$

$$Hm = 54,92m \equiv 55 m$$

CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO

Para el cálculo del caudal se tomará como referencia los valores que están señalado en la tabla 2 de velocidad y caudal.

Donde la cantidad de flujo q flujo en un sistema por unidad de tiempo expresado en términos de rapidez de flujo del volumen “ Q ” que se calcula con la ecuación (20) [21].

$$Q = A^2 * v \quad (20)$$

Donde

A: es el área de la sección m^2 , ecuación (21)

V: velocidad promedio del flujo m/s

Q: caudal que pasara por la sección de tubería. m^3/s

$$A = * \frac{D^2 * \pi}{4} \quad (21)$$

Trabajaremos con el diámetro de la tubería de 4 pulg, =0,1016 m;

Obtendremos:

$$A = * \frac{0,1016^2 * \pi}{4}$$

$$A = 0,0081 m^2$$

Entonces se tiene una velocidad media de 1.6 m/s;

Obtendremos:

$$Q = 0,0081 m^2 * 1,6 m^3/s$$

$$Q = 0,0129 m^3/s \equiv 0,013 m^3/s$$

$$1 \frac{m^3}{s} = 60000 L/min$$

$$Q = 780 L/min \equiv 800 L/min$$

CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA

Para el cálculo de la potencia de la bomba estimaremos todas las pérdidas que ocurren en la trayectoria de la tubería hasta su descarga mediante los valores ya obtenidos previamente.

La fórmula de la potencia teórica de una bomba hidráulica la describiremos como: “la potencia que se calcula con la multiplicación de la energía transferida en watts del fluido por el flujo en peso” [21]. Y la describiremos como la ecuación (22):

$$Pb = Q * g * \rho * Hm \quad (22)$$

Donde

P_b : potencia teorica de la bomba (W)

Q : caudal del sistema en nuestro caso ($0,013 \text{ m}^3/\text{s}$)

g : aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$)

H_m : altura manométrica (sumatoria de toda la perdida en m)

ρ : densidad del fluido (agua $1\,000 \text{ Kg/m}^3$)

Al haber obtenido ya estos resultados remplazamos en la ecuación (22);

Obteniendo:

$$P_b = 0,013 * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 1\,000 \text{ Kg/m}^3 * 55 \text{ m}$$

$$P_b = 7014,15 \text{ W} \equiv 7,1 \text{ Kw}$$

El termino eficiencia se utiliza para denotar la relación de la potencia transmitida por la bomba al fluido, y a la potencia que se suministra a la bomba, el valor de la eficiencia mecánica de las bombas no solo depende del diseño de estas, sino también de las condiciones en que operan, particular de la carga total y del flujo volumétrico [22]. Obteniendo la potencia real que necesitará la bomba, la cual se podrá visualizar en el Anexo 4, figura A9, y en el Anexo 5, tabla T13.

CURVA DE PRESTACIONES PARA DETERMINAR EL RENDIMIENTO

Mediante las curvas de rendimiento obtenidas del fabricante, a través de un análisis de resultados se obtendrá el rendimiento de la bomba trabajando en condiciones reales tal cual como se muestra en el Anexo 4, figura A10.

Obteniendo un rendimiento de 62% bombeando 175 galones por minuto (g.p.m)

Por lo tanto, la potencia real de la bomba vendrá dada por la ecuación (23).

$$P_r = \frac{7,1}{0,62} \tag{23}$$

$$P_r = 11,45 \text{ Kw}$$

Por las características de bombeo y la selección del tipo de bomba, la cual tendrá una potencia activa de placa de 18,5 kW. Para fuentes de sistemas de bombeo, varios autores recomiendan, que esta potencia real de la bomba en su momento de arranque tiende a incrementarse al doble de la potencia nominal de placa, por lo que al realizar el estudio de la demanda del sistema eléctrico propuesto la potencia de la bomba se colocara el valor resultante de esta multiplicación, siendo en nuestro caso 37 kW.

CÁLCULO DE LA DEMANDA DE LA BOMBA

El tiempo de utilización del sistema de bombeo va a estar limitado por la capacidad del reservorio y la demanda de agua que se necesitará al día vendrá dado por la ecuación (24):

Consumo diario: 35000 l/hab*día

Volumen del reservorio V_r : 10000 litros

Caudal Q : 780 l/min

$$T_{ll} = \frac{V_r}{Q} \quad (24)$$

Donde

T_{ll} : tiempo de llenado min

Obteniendo:

$$T_{ll} = \frac{10000 \text{ l}}{780 \text{ l/min}}$$

$$T_{ll} = 12,8 \text{ min}$$

Teniendo un tiempo de llenado de 12,8 minutos por lo cual, para satisfacer la necesidad de consumo de la comunidad la bomba tendrá que funcionar 3.5 veces bombeando 10000 litros por cada vez de funcionamiento, teniendo un tiempo de funcionamiento diario estimado según la ecuación (25):

$$T_d = n_{vc} * T_{ll} \quad (25)$$

Donde:

T_d : tiempo llenado diario min

n_{vc} : número de veces que funciona la bomba

T_{ll} : tiempo de llenado min

Obteniendo:

$$T_d = 3,5 * 12,8 \text{ min}$$

$$T_d = 44,8 \equiv 45 \text{ min}$$

Dándonos un consumo de energía de energía mensual estimando, a la potencia nominal de la bomba 18,5 kW, en la ecuación (26):

$$C_e = T_D * P_r * \text{días mes} \quad (26)$$

Obteniendo:

$$C_e = 0,75 \text{ hra} * 18,5 \text{ Kw} * 30 \text{ dias}$$

$$C_e = 416,25 \text{ Kw/ hmes}$$

Por el tipo de servicio que se le otorgó como bombeo de agua comunitario y el tipo de equipos que tiene se catalogará el servicio con demanda horaria, con lo cual teniendo el estimado de consumo 417 kwh/mes se obtendrá el valor de la de la planilla eléctrica.

Tarifa general con demanda según el Pliego Tarifario que rige en el sector electico ecuatoriano, nos dice que la tarifa con demanda [1]. “se aplica a consumidores de categoría general de baja tensión cuya potencia o demanda facturable sea mayor a 10 KW, que disponen de un

registrador de demanda máxima o para aquellos que tienen una potencia calculada”, mayor a la establecida.

DEMANDA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE BOMBEO

Para la determinación de la demanda eléctrica que conformará nuestro sistema de bombeo, se realiza mediante un estudio de cargas las cuales se energizaran por este sistema eléctrico, así obtenemos datos de la potencia activa de cada uno de los elementos eléctricos que conforman el sistema de bombeo, teniendo en cuenta diversos factores que ayudaran a estimar la potencia del transformador como:

- Potencia nominal (Pn W)
- Carga instalada (CI W)
- Factor de utilización (FFU %)
- Carga instalada real (CIR W)
- Factor de simultaneidad (FSn %)
- Demanda media unitaria (DMU W)

Tabla 3. elementos que conforman el sistema eléctrico de bombeo y las instalaciones.

ESTUDIO DE CARGA Y DEMANDA							CT-1
NOMBRE DEL PROYECTO: EXTENSIÓN DE RED CERROS DE MILIN							
LOCALIZACIÓN: Pujilí - MILIN							
USUARIO TIPO: "SERVICIO COMUNITARIO"							
DESCRIPCIÓN	CA NT	Pn (W)	CI (W)	FFU (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
BOMBA CENTRIFUGA	1	37000	37000	100	37000	100	37000
SISTEMA DE CONTROL ELECTRICO	1	1500	1500	100	1500	100	1500
SISTEMA DE ILUMINACIÓN	6	100	600	50	300	10	30
TOMACORRIENTES	2	150	300	10	30	10	3
TOTALES			39400		38830		38533
PERDIDAS INTERNAS DEL TRANSFORMADOR W 2 %					770,66		
CARGA TOTAL DEL TRANSFORMADOR kW					39,30366		
FACTOR DE POTENCIA fp DE DISEÑO					0,8		
DEMANDA MEDIA UNITARIA					DMU (KVA) 49,13		
TRANSFORMADOR NECESARIO					50 KVA		

[AUTORES].

Con la ayuda de la tabla 3, los datos obtenidos nos permiten determinar una potencia de 50 KVA, asegurándonos el correcto funcionamiento de todos los componentes del sistema eléctrico.

ELEMENTOS NECESARIOS PARA EL CONTROL DEL SISTEMA DE BOMBEO E/S WIRELESS RELÉ SMS ALARMA Y CONMUTACIÓN POR SMS

Es un sistema compacto de mensajes t telecontrol, mediante notificación por SMS a través de la red de telefonía móvil GSM se monitorizan y controlan seis entradas digitales o entradas configurables como analógicas o digitales y cuatro salidas por relé con contacto conmutados como se muestra en el Anexo 4, figura A11.

CONTACTOR

Un contacto es un dispositivo electromecánico que posee la capacidad de interrumpir o establecer la corriente eléctrica, dependiendo de su estado abierto o cerrado.

PULSADORES PARO-MARCHA

El pulsador de paro y marcha respectivamente color rojo y verde es un dispositivo utilizado para realizar la función de encender y apagar en su totalidad el sistema de mando y control del circuito eléctrico. Permite o interrumpe el paso de la corriente mientras este presionado o accionado, y cuando deje de presionarse vuelve a su estado original.

INTERRUPTORES TERMO-MAGNETICOS

Los interruptores termo-magnéticos son dispositivos de protección con la capacidad de cortar el paso de la corriente eléctrica hacia la carga, mediante un mecanismo de disparo el cual se acciona a la variación de la corriente establecidos por efecto de alguna perturbación en la instalación aguas abajo. Basando su funcionamiento en los efectos producidos por la circulación de corriente en un circuito, además de la desconexión automática el aparato está provisto de una palanca que permite la desconexión manual.

RELÉ

El relé termo-magnético es un dispositivo de protección contra sobrecargas realizando la desconexión del circuito de mando instantáneamente, su funcionamiento se basa en la deformación de ciertos elementos y metales, bajo el efecto de la temperatura para accionar cuando este alcanza ciertos valores y unos cuantos contactos auxiliares que desactiven todo el circuito y energicen al mismo tiempo haciendo posible el control de la bomba.

LUCES PILOTO

La luz piloto en un sistema de mando y control tiene como propósito dar un aviso visual del correcto funcionamiento del sistema de bombeo.

SENSOR DE NIVEL

Para el sistema de control de nivel se utilizarán sensores WF.902 capaz de controlar el nivel de agua y es compatibles con el relé SMS, el sistema ha sido diseñado para bajo consumo de energía la unidad tiene cuatro entradas de interruptor de nivel de agua, un sensor de alarma de entrada y dos salidas de relé como se muestra en el Anexo 4, figura A12 (a) y (b).

DIMENSIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR PARA EL SISTEMA DE BOMBEO

Para el dimensionamiento del transformador proyectado para el sistema de bombeo con sus diversos componentes de control, se realizó un estudio de cargas a instalarse, asegurando así un correcto funcionamiento del transformador y ende así del sistema. La carga instalada del transformador será una carga que sufrirá poca variación con respecto a la demanda de potencia del sistema, debido a que esta se encuentra conformada por elementos pre establecidos, lo cual implica que no se deberá proyectar la demanda ya que solo se pretende satisfacer una carga ya estimada. En el Anexo 5, tabla T36, se visualizan valores del factor de potencia preestablecidos para receptores habituales. Mediante esta tabla se puede estimar un valor valido para estimar la potencia aparente de nuestro transformador, utilizando un factor de potencia optimo, asegurando que el aprovechamiento sea el máximo para el equipo. “Desde un punto de vista técnico, una instalación correctamente dimensionada puede funcionar con normalidad incluso con presencia de un bajo factor de potencia; por este motivo no existen normas que indique el valor exacto del factor de potencia que debe tener una instalación eléctrica, más bien teniendo un estimado de un correcto factor de potencia mayor a 0.8”

ESTUDIO DEL POTENCIAL EÓLICO

Hoy en día el aprovechamiento de la energía eólica es primordial al ser utilizada para generar electricidad, recalando que el viento es una fuente de energía renovable. [23].

La caracterización del potencial eólico se realiza a través del registro de variables del viento como dirección y velocidad, estos obtenidos por la estación meteorológica Renkforce y WatchDog.

PROCESAMIENTO DE DATOS

Para la evaluación de resultados y la determinación de la potencia eólica se dispone de variables como son dirección, velocidad y su frecuencia, estos datos serán tratados estadísticamente para establecer la velocidad promedio mensual, la frecuencia y la dirección predominante como parámetro más importante para determinar con exactitud la orientación del viento. [23].

Se aplica la distribución de Weibull para determinar los parámetros correspondientes, al terminar los meses de estudios que son imprescindibles al momento de tomar decisiones de factibilidad [23]. Una parte de los datos obtenidos por la estación meteorológica Renkforce y WatchDog se pueden visualizar en el Anexo 5, tabla T14. Para el procesamiento de datos eólicos se debe tomar en cuenta la velocidad del viento en el tiempo de estudio, así como su dirección y su límite de rafagosidad, como se puede visualizar en el Anexo 5, tabla T15.

Clases de seguridad para vientos Según la norma de seguridad sugerida en la IEC 61400-1, existen dos tipos de clases de seguridad:

- Cuando se aplica la hipótesis de un fracaso que afecta el riesgo de daño corporal o mejor dicho consecuencias económicas y sociales.
- Cuando las exigencias de seguridad son determinadas según las regulaciones locales y/o las exigencias de seguridad que acuerden el fabricante y el cliente.

Este estándar internacional se perfila a las exigencias mínimas de seguridad que un sistema de generación eólica debe poseer, tomando en cuenta los procesamientos de los datos de velocidades de viento disponibles en el lugar de emplazamiento, el Anexo 5, tabla T12, nos presenta las clases de seguridad a considerarse en el diseño la central generadora [24].

VARIACIONES DE LA VELOCIDAD DE VIENTO

Las variaciones de la velocidad del viento varían en función del tiempo, es decir en intervalos que pueden ser registrados para su comprensión. Para nuestro proyecto se utiliza un intervalo de 10 minutos para el acopio de variables de viento, tiempo que es sugerido en normas internacionales [10].

Variaciones estacionales: debido a las áreas geográficas por la acción de la radiación solar, posición de anticiclones, etc.

Variaciones diarias: debido a los efectos de variación de temperatura por el cambio diurno a nocturno se producen variaciones de carácter cíclico en el viento (Esteban, 2011).

Influencia del relieve en el terreno: las elevaciones pueden ocasionar un aumento de velocidad acorde al perfil de pendiente suave, en tanto la velocidad suele disminuir si se trata de fuertes pendientes, crestas o bordes agudos.

- Velocidad promedio para el mes de septiembre: 7,320289855 m/s, los datos se pueden visualizar en el Anexo 5, tabla T16.
- Velocidad promedio para el mes de octubre: 7,967272727 m/s, los datos se pueden visualizar en el Anexo 5, tabla T17.

- Velocidad promedio para el mes de noviembre: 4,466666667m/s, los datos se pueden visualizar en el Anexo 5, tabla T18.
- Velocidad promedio para el mes de diciembre: 6,6375 m/s, los datos se pueden visualizar en el Anexo 5, tabla T19.
- Velocidad promedio para los días del mes de enero: 7,989130435 m/s, los datos se pueden visualizar en el Anexo 5, tabla T20.

VARIACIONES VERTICALES DE LA VELOCIDAD CON RESPECTO A LA ALTURA

La variación de la velocidad del viento con respecto a la altura depende esencialmente de la rugosidad del terreno. Se logra determinar las velocidades medias a diferentes alturas, se realiza un análisis vertical del viento, para dicho análisis se determina un perfil con valores de altura por encima del valor estudiado en el presente proyecto, para determinar las velocidades medias a diferentes alturas se utilizará la siguiente ecuación (27) [24]:

$$V = V_m * \left(\frac{h}{h_0}\right)^\alpha \quad (27)$$

Donde:

V = velocidad del viento a la altura de la torre generadora.

V_m = velocidad del viento a la altura de estudio.

h = altura a la que se requiere calcular la velocidad del viento.

h_0 = altura a la que se realizó el estudio.

α = factor de rugosidad del terreno.

En nuestro caso, se utilizará una rugosidad del terreno acorde lo dispuesto en el Anexo 5, tabla T2. Estimación del valor α para distintos terrenos. Para los datos obtenidos en los meses de estudio, como se puede visualizar en el Anexo 5, tabla T21, se registra una variación vertical de viento máxima de 19,6 m/s para un generador de 50 metros de altura. Para el diseño del aerogenerador se ha tomado los datos respectivos del mes de noviembre ya que este es el mes donde se registraron los índices as bajos de velocidad de viento para los meses de estudio. Obteniendo las velocidades máximas, medias y las más bajas registradas para el mes de noviembre, se obtiene las variaciones de la velocidad del viento dependiendo de la altura, tal como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Variaciones verticales de velocidad.

Velocidades Máximas	Velocidades Más Bajas	Velocidad Media	Variación de Velocidades a 30 (m)	Variación de Velocidades a 40 (m)	Variación de Velocidades a 60 (m)
7,5	0,3	3,1	3,57591722	3,71218398	3,91310369
7,8	0,7	3,4	3,92197373	4,0714276	4,29179115

8,2	1	3,7	4,26803023	4,43067121	4,6704786
8,5	1,3	4,1	4,72943891	4,90966269	5,17539521
8,8	1,4	4,4	5,07549541	5,2689063	5,55408266

[AUTORES].

TURBULENCIA

Se definen como fluctuaciones de la velocidad del viento en una relativa escala de tiempo rápida en periodos breves [23]. El parámetro básico de turbulencia es la intensidad de turbulencia y está definido por la relación de la desviación estándar de la velocidad y la media, en este cálculo ambas velocidades son obtenidas durante un periodo de tiempo más largo que el de las fluctuaciones de la turbulencia, normalmente menor a una hora y por convención igual a 10 minutos.

La intensidad de turbulencia TI , está definida por la ecuación (28):

$$TI = \sigma_V / V \quad (28)$$

Donde σ_V = desviación estándar está dada por la ecuación (29):

$$\sigma_V = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (v_i - V)^2} \quad (29)$$

Donde:

n = numero d registros

v_i = velocidad instantánea

V = velocidad del viento promedio en el periodo

La intensidad de turbulencia normalmente se mantiene en el rango de 0.1 a 0.4, en general los valores altos de intensidad de turbulencia curren con bajas velocidades de viento. Para lo que se obtiene una intensidad de turbulencia para el mes de noviembre, siendo este el mes que menos intensidad presenta en sus velocidades de viento, para lo cual se visualiza en el Anexo 5, tabla T23, la intensidad de turbulencia igual 0.19, lo cual nos indica que se encuentra entre los estándares requeridos. Para el diseño de aerogenerador se presenta la intensidad de turbulencia para el mes que más intensidad en lo referente a la velocidad de viento presenta, para lo cual se presenta la intensidad de turbulencia en la tabla 5 para los datos referentes del mes de enero, los que se visualizan en el Anexo 5, tabla T24, el listado completo de datos.

Tabla 5. Intensidad de turbulencia obtenida para el mes de enero.

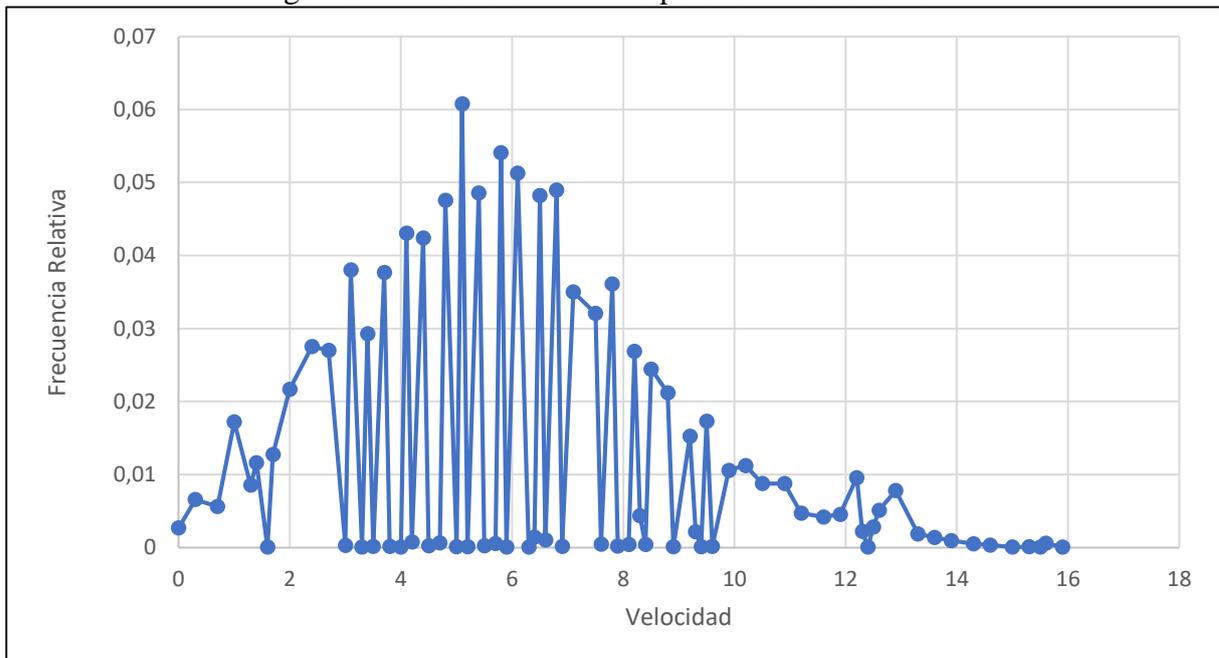
VELOCIDAD PROMEDIO	INTENSIDAD DE TURBULENCIA
7,98913043	0,4

[AUTORES].

CURVAS DE FRECUENCIA DE VELOCIDADES Y FRECUENCIA RELATIVA DEL VIENTO

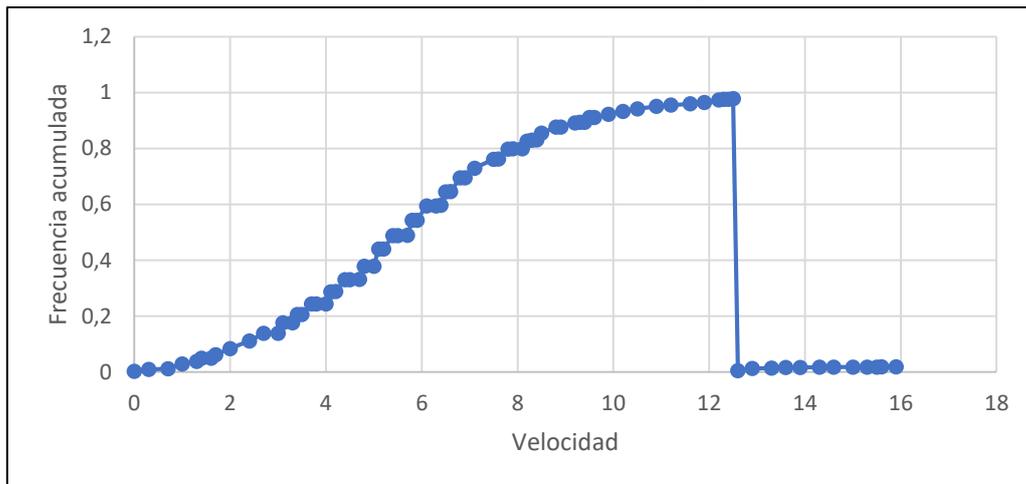
Al obtenerse registros continuos para un periodo de tiempo suficientemente largo de medición anemográfica. Estos registros se pueden traducir a una curva de frecuencia de velocidades, la cual es un histograma de velocidades, una curva de distribución que se realiza para cada mes y para los días de estudio. El agrupamiento mensual de datos nos permite determinar las variaciones estacionales indispensable para determinar la energía que puede entregar el viento. En el Anexo 4, imágenes A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20 se muestran la distribución de frecuencias relativas y acumuladas en histogramas para los meses de septiembre, octubre, noviembre, diciembre y los días de enero respectivamente, en lo que se puede tener una idea visual respecto a las probabilidades de ocurrencia en velocidades del viento. En el Anexo 5, tabla T25, T26, T27, T28, T29, se muestran la distribución de frecuencias para los meses de septiembre, octubre, noviembre, diciembre y los días de enero respectivamente. Con lo cual se obtiene numéricamente, la frecuencia de la concurrencia que tiene el viento en nuestro lugar de estudio. Para los meses de estudio se ha recopilado 19768 datos de dirección y velocidad de viento, como se puede visualizar en el Anexo 5, tabla T30, obteniendo así los histogramas de frecuencias relativas y frecuencia acumulada, como se muestra en la figura 9 y 10 respectivamente.

Figura 9. Frecuencias relativas para los días de estudio.



[AUTORES].

Figura 10. Frecuencias relativas acumuladas para los días de estudio.



[AUTORES].

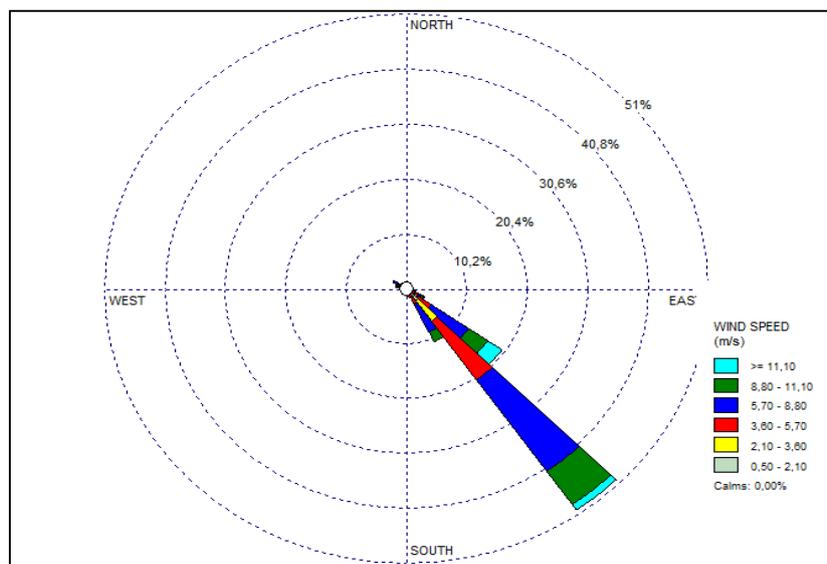
Se observa en la figura que se presenta 40% de los días contabilizados en los que la velocidad media será menor o igual a 5 m/s.

ROSA DE VIENTO

Para el emplazamiento de equipos aislados, en terrenos uniformes, o con obstáculos visibles, se debe presentar vital importancia las características direccionales del viento.

Para los datos registrados en los días de estudio, se presenta la representación gráfica de la rosa de vientos, la cual consiste en un diagrama polar definido para direcciones distintos relacionados con valores de velocidad del viento, la distribución de las velocidades para los días de estudio se muestra en las figuras 11 y 12, se puede visualizar una dirección SSE.

Figura 11. Rosa de viento para los días de estudio.



Fuente [WRPLOT]

Figura 12. Rosa de viento en el lugar de estudio.



Fuente [Google Earth]

CALCULO DE LA DENSIDAD DE AIRE

Para el cálculo de la densidad de aire se ha utilizado las variables de presión atmosférica, temperatura ambiente y humedad relativa, con la ayuda de la ecuación (30), esto, y tomando en referencia el Anexo 5, tabla T31, se determinó trabajar con el siguiente resultado: 0.738 kg/m^3
 Fórmula para el cálculo de la densidad del aire.

$$\rho = \frac{p.M_a}{Z.R.T} \left[1 - X_v \left(1 - \frac{M_v}{M_a} \right) \right] \quad (30)$$

Donde:

ρ = densidad del aire en kg/m^3

p = presión atmosférica

M_a = masa solar del aire seco 0.0289635 kg/m

Z = factor de compresibilidad adimensional

R constante molar de los gases 8.31451 J/K(mol)

T = temperatura termodinámica en K, $T=t+273015(t^\circ\text{C})$

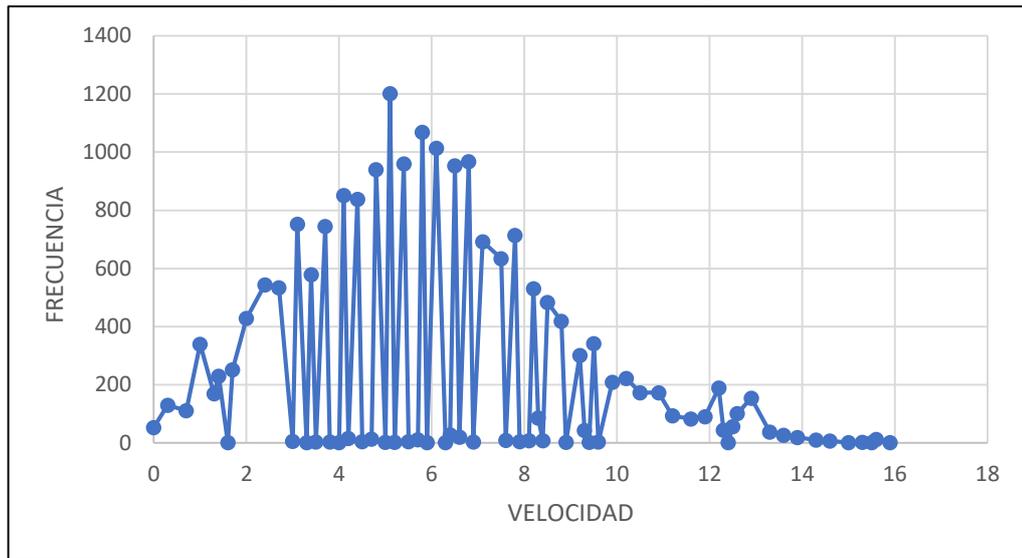
X_v = fracción molar de vapor de agua, adimensional

M_v = masa solar del vapor de agua, 0.018154 kg/mol .

DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL

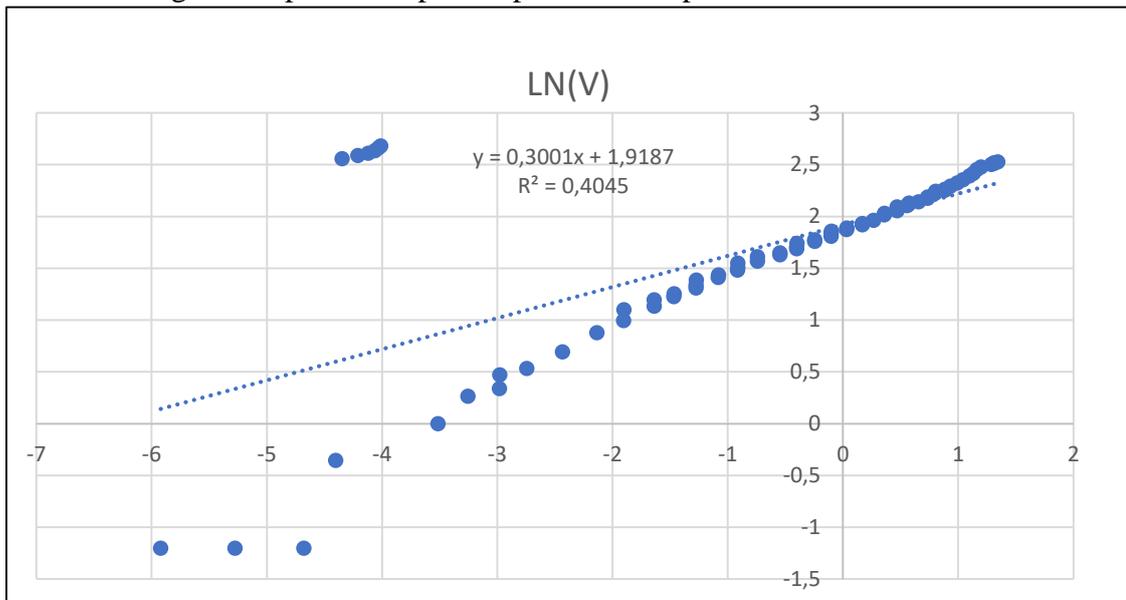
El método de distribución Weibull asume como hipótesis que la variable de la velocidad del viento sigue una misma distribución la cual nos dará un promedio ponderado de potencia obtenida. El precedente para la evaluación de una posible explotación del aprovechamiento energético se establece en una expresión analítica que determina la distribución de velocidades del viento para la ubicación de estudio. En el anexo 4, en las figuras A21, A22, A23, A24, se muestran las pendientes para los parámetros K, obteniendo los parámetros de distribución de Weibull, así también en el anexo 5, tabla T30, se muestran los parámetros de Weibull para cada velocidad descrita en los días de estudio. También se visualiza en la figura 13, la distribución de velocidades expresadas en un histograma, así como la figura 14, muestra la pendiente para el parámetro K para los días de estudio.

Figura 13. Histograma para distribución de Weibull para los días de estudio.



[AUTORES].

Figura 14. pendiente para el parámetro K para los días de estudio.



[AUTORES].

CUANTIFICACIÓN DE LA POTENCIA HA SER CUBIERTO POR LA CENTRAL GENERADORA

Mediante la cuantificación de conceptos físicos, obtenidos en datos de estudio de campo se determinó una estación de bombeo hídrico de 40 kW, por el cual, se recomienda que la potencia nominal de generación para el correcto funcionamiento del sistema de bombeo sea igual o mayor a 50 kW. Con lo cual tomando referencia el Anexo 5, tabla T32, se dispuso un sistema de generación de 40 kW como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Disposición de potencia para grupo generador.

POTENCIA MOTOR		POTENCIA DEL GENERADOR	
		ARRANQUE DIRECTO	
(kW)	(HP)	(kW)	(KVA)
18,5	25	40	50

[AUTORES].

POTENCIA EÓLICA APROVECHABLE

La potencia eólica que puede ser aprovechada por una maquina eólica, a la corriente de flujo de densidad ρ , y una velocidad promedio v , se puede expresar como un flujo de la energía, por consiguiente, la potencia eólica aprovechable en un área transversal perpendicular a la circulación de aire, se puede determinar con el flujo de energía cinética mediante la siguiente ecuación (31) [23]:

$$Pd = \frac{1}{2} \rho * A * v^3 \quad (31)$$

Donde:

Pd = potencia aprovechable

ρ = densidad del aire.

A = área de barrido de la maquina generadora.

v = velocidad del viento.

En la tabla 7, se puede visualizar la potencia aprovechable por cinco diferentes tipos de aerogeneradores con una potencia de 100 kW hasta 250kW.

Tabla 7. Potencia aprovechable por aerogeneradores propuestos.

VE LO CID AD (m/ s)	FR EC UE NCI A	den sida d del aire	área de barrido Electri ca Wind m ²	poten cia aprov echab le W	área de barri do Vesta s m ²	poten cia apro vec habl e W	área de barri do ADE S m ²	poten cia apro vec hab le W	área de barrido Enerco n m ²	poten cia apro vec hab le	área de barri do ACS A m ²	potenc ia aprove chable W
2	194	0,73	615,8	1817, 8416	314,2	927, 518 4	660,5	1949, 796	706,9	2086, 7688	573	1691,4 96
4,4	277	0,73	615,8	1935 6,377 4	314,2	987 6,21 5	660,5	2076 1,427 8	706,9	2221 9,914 1	573	18011, 0494
8,8	21	0,73	615,8	1548 51,01 9	314,2	790 09,7 2	660,5	1660 91,42 2	706,9	1777 59,31 3	573	14408 8,395

[AUTORES].

GENERADORES TIPOS

En el presente existen tipos de tecnologías aplicadas a la generación eléctrica con ayuda de grupos aerogeneradores de velocidad fija y variable. Los aerogeneradores empleados para la producción de energía eléctrica se detallan en breves configuraciones de cada generador siendo la máquina sincrónica y asincrónica.

GENERADOR SÍNCRONO

Una de las características de este tipo de equipos es de ser utilizado en sistemas aislados donde se pueden permitir variaciones pequeñas de la frecuencia. Es así que arranca a velocidad constante teniendo pares transitorios en la turbina, esto debido a la turbulencia lo que produce un esfuerzo mecánico en los engranajes disminuyendo la confiabilidad.

Los generadores síncronos tienden a utilizar multiplicadora dando una operación del generador de 1200 – 1500 rpm (60Hz).

AEROGENERADOR A VELOCIDAD VARIABLE ASÍNCRONO

Esta tecnología de aerogeneradores está basada en el generador asíncrono con doble alimentación. Esta configuración los devanados del rotor están alimentados a través de variadores de frecuencia con lo que se puede variar la frecuencia eléctrica aplicada al rotor, con esto se consigue que la frecuencia mecánica y eléctrica del rotor estén desacopladas, haciendo posible el funcionamiento del aerogenerador con velocidad variable.

GENERADOR DE INDUCCIÓN JAULA DE ARDILLA

Este tipo de generador opera a velocidades de entre 1000/1500 rpm (60Hz) con una caja multiplicadora correspondiente, funciona a una velocidad casi constante y necesita del aporte inicial de una potencia reactiva necesaria para magnetizar la máquina.

AEROGENERADOR A VELOCIDAD VARIABLE SÍNCRONO

Esta tecnología utiliza una turbina eólica a velocidad variable basada en un generador síncrono, el cual puede ser de rotor devanado o de imanes permanentes.

La turbina eólica no necesita caja multiplicadora, aunque el generador gire a bajas velocidades ya que el estator necesita ser acoplado a la red eléctrica mediante un convertidor de electrónica de potencia que varía la frecuencia del generador para ser acoplada a la frecuencia de la red.

ALTERNATIVAS PARA EL TIPO DE AEROGENERADOR

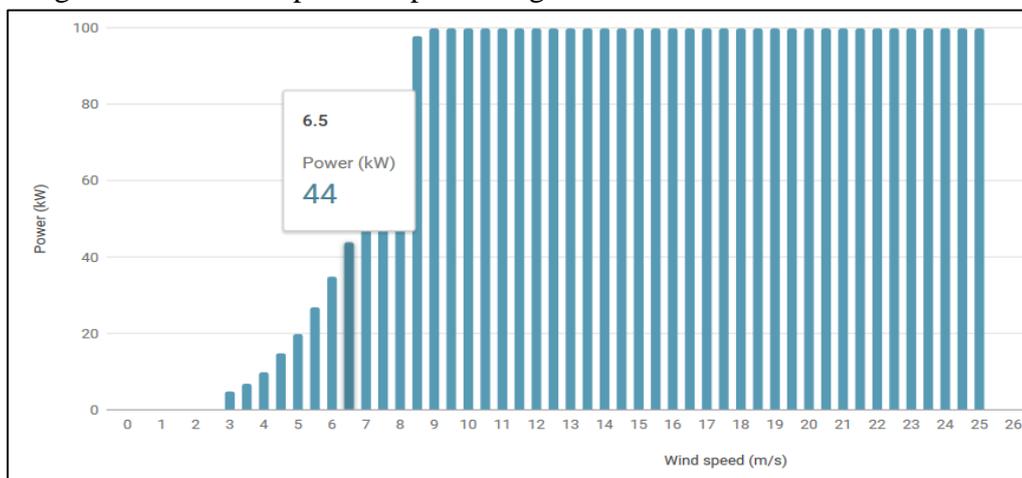
Para la selección del generador se ha tenido en cuenta el tipo de viento disponible para la explotación energética, escogiendo así, diversos tipos de aerogeneradores, los mismos que se pueden visualizar, con sus especificaciones técnicas marcados en el Anexo 5 tabla T34. Así como también se puede visualizar en el Anexo 4, figuras A25, A26, A27, A28, las curvas de potencia descritas por el fabricante de cada aerogenerador propuesto.

SELECCIÓN DEL AEROGENERADOR

Se determinará el aerogenerador acorde a los registros de datos eólicos, esto nos permitirá escoger el modelo óptimo, el objetivo es utilizar un generador eólico modelo Electria Wind de 100 kW., cuyo diámetro de palas tiene un valor de $615,8 \text{ m}^2$, obtenemos una potencia por unidad $95,86 \text{ kW}$, a una velocidad media obtenida en los días estudiados de 7.51 m/s , obteniendo una curva de potencia detallada en el Anexo 4, figura A29

Teniendo en cuenta el valor determinado de nuestra demanda de 40 kW , el generador eólico Electria Wind tiene un valor de potencia superior a la velocidad de viento determinado como se puede observar en su curva de potencia descrita en la figura 15.

Figura 15. Curva de potencia para aerogenerador marca Electria Wind de 100 kW.



Fuente. [ElectriaWind].

Los datos constructivos del aerogenerador propuesto, vienen determinada por las siguientes características, visibles en la tabla 21:

- Diseño según IEC / Germanischer Lloyd.
- Control de potencia activa – reactiva
- Filtro de armónicos según IEC
- Sistema de protección contra rayos
- Baja emisión de ruido.

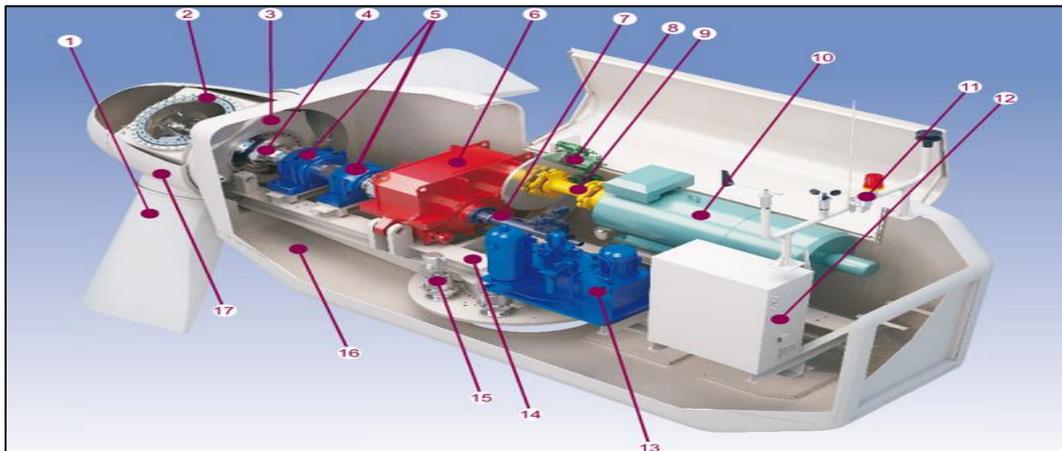
Tabla 8. Especificaciones técnicas para el aerogenerador modelo ElectriaWind.

DATOS GENERALES		ROTOR		GÓNDOLA		MULTIPLICADOR	
potencia de red	100 kW	numero de palas	3	estructura principal de acero		estados	2 en paralelo
clase de viento	IEC IIIA/IIA	posición	contra el viento	peso	11,500 kg	radio	9,85
diámetro del rotor	28 m	modelo de hoja	WN 135	control de modelo activo con tres motores reductores		no tiene sistema de refrigeración	
altura del cubo	35 m	longitud	13,5 m				
velocidad de encendido	2,5 m/s	velocidad del rotor	47,7 rpm				
velocidad de operación	9 m/s						
velocidad de apagado	25 m/s						

Fuente. [ElectriaWind].

En la figura 16, se puede visualizar las partes constitutivas del aerogenerador propuesto para el proyecto, mismo que es de una potencia nominal de 100 kW y modelo ElectriaWind, así como la descripción de sus partes en la tabla 9.

Figura 16. Partes constitutivas del aerogenerador modelo ElectriaWind.



Fuente. [ElectriaWind].

Tabla 9. Partes constitutivas del aerogenerador modelo ElectriaWind.

1	pala	7	accionamiento del pithc	12	armario de control
2	corona de pala	8	freno hidráulico	13	grupo hidráulico
3	buje	9	transmisión elástica	14	bancada de la góndola
4	eje de transmisión		generador síncrono de imanes permanentes	15	accionamiento de orientación
5	rodamiento del eje	10		16	careado de la góndola
6	multiplicadora	11	estación meteorológica	17	carenado del buje

Fuente. [ElectriaWind].

EMPLAZAMIENTO

UBICACIÓN DE LA CENTRAL GENERADORA

La justificación para la selección del emplazamiento del parque eólico se elabora acorde las características geográficas y eólicas de la zona., en el Anexo 4, figura A30, se puede observar un mapa del recurso eólico del cantón Latacunga. La zona seleccionada para la instalación del parque eólico corresponde a la sierra ecuatoriana, zona donde el viento se presenta con elevada frecuencia y con una velocidad media alta, requisitos indispensables al momento de desarrollar un parque eólico. Se considera que el emplazamiento del parque eólico es adecuado para la producción de energía eléctrica.

CON UN PARQUE INDIVIDUAL

Con el objetivo de satisfacer la demanda necesaria los usuarios suelen instalar un aerogenerador y de existir una sobreproducción de energía está puede ser comercializada directamente a la red de distribución disponible. Para la producción de la demanda determinada a la velocidad de viento disponible, se ha propuesto utilizar un aerogenerador modelo ElectriaWind. de 100 kW, cuyas especificaciones técnicas se adecuan a nuestro perfil de estudio.

EQUIPOS DE TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO, CONTROL Y PROTECCIÓN DE ENERGÍA

BANCO DE BATERÍAS

Para la elección del tipo y número de baterías se propone el análisis de dos casos, los cuales se mencionan a continuación:

Primer Caso

El banco de baterías debe ubicarse dentro de una caseta o cubierta especial, debidamente protegido, techado, ventilado y aislado, así como asegurado de terceros y de agentes meteorológicos externos [25].

Para la identificación del banco de baterías se debe tener en cuenta parámetros que serán aplicados a las baterías en watts por hora. En nuestro caso tenemos 38 533 W de energía que el sistema propuesto consumirá.

Tipo batería

Baterías ROLLS T12 250 SERIE 4000, son baterías de acumulación solar adaptándose a un nuevo enfoque en energía eólica, tienen una capacidad (100 Hr) de 210 ah, voltaje: 12 v, dimensiones L*A*AL: 55,9 cm * 28.6 cm * 46,4 cm

Características de la batería propuesta

Las características de la batería ROLLS, batería de ciclo profundo, vienen dadas por la tabla 10.

Tabla 10. Características batería ROLLS 210Ah.

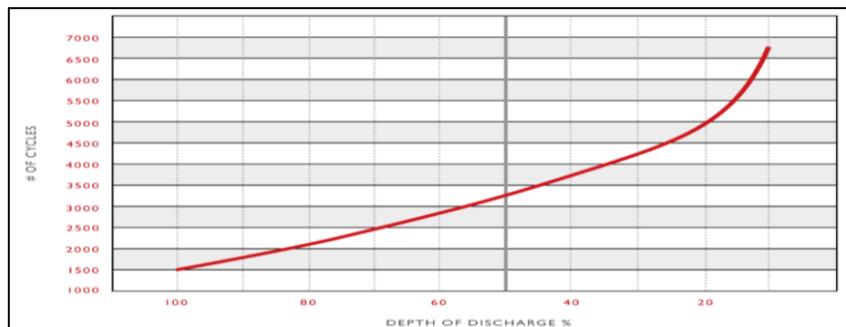
Series	5000
Voltaje	12
Celdas	6
Terminal Tipo	Bandera L
Cables	19" 4/0
Peso	123 Kg
Capacidad de Reserva (RC @ 25A)	857 Minutos
Capacidad de Reserva (RC @ 75A)	286 Minutos
Garantía	5 Años
Placas / Celda	11

Fuente. [ROLLS].

Ciclo de vida vs profundidad de descarga.

Se presenta gráficamente la profundidad de descarga de la batería propuesta en la figura 17.

Figura 17. Ciclo de vida vs profundidad de descarga batería ROLLS 210Ah.



Fuente. [ROLLS].

Capacidad de almacenamiento

Para la determinación de la capacidad de almacenamiento se utilizará la ecuación (32).

$$\frac{mAh \cdot v}{1000} = Wh \quad (32)$$

Donde:

Wh = capacidad de almacenamiento baterías

mAh = miliamperios hora

v = voltaje nominal de las baterías

Obteniendo

$$NB = \frac{210\,000 \cdot 12}{1000} = 2\,520 Wh$$

Número de baterías

Para la determinación del número de baterías necesarias para almacenar a energía, se utiliza la ecuación (33).

$$NB = DM * \frac{TA}{ALM * CM} \quad (33)$$

Donde:

NB = número de baterías.

DM = demanda máxima de consumo de energía.

TA = tiempo de autonomía del sistema en ausencia de generación eléctrica, caso elegido 3 días.

ALM = capacidad de almacenamiento de la batería, se eligieron baterías de 210 Ah con un total de 2 520 Wh

CM = valor de descarga recomendado 0,5.

Obteniendo

$$NB = 38\,533\,W * \frac{3}{2\,5\,Wh * 0,5} = 91,74 = 92 \text{ baterías}$$

Las baterías se conectarán en paralelo y la tensión de salida es de 12 v.

Segundo Caso

Se dispone de tres días de autonomía al visualizar que la potencia del viento es variable y la captación de agua deberá ser continua, con esto se deberá considerar 115 599 W de consumo para la determinación del banco de baterías.

- $C.Total = 38\,533\,W$
- $dias\ de\ autonomía = 3$

$$C.baterías = Ctotal * Dias autonomía \quad (32)$$

Obteniendo:

$$C.baterías = 38\,533 * 3 = 115\,599\,W$$

Se consideran baterías de ion litio con un porcentaje de descargar de 25%, esto obtenido del Anexo 5, tabla T42., esto significa que luego de extraer los 115 599 W la capacidad restante debería ser del 75%, con esto la capacidad de la batería debería ser un 75% mayor, obteniendo:

$$C.b = 115\,599\,W * 1,75 = 202\,298,2\,W$$

Consideraremos la temperatura media de la batería a 0° C, por la ubicación de la zona de estudio ya que se prevalecen bajas temperaturas conocidas como heladas, es decir la batería poseerá 85% de capacidad, con la ayuda del Anexo 5, tabla T41., se considera esta temperatura media de la batería, con lo que estima la capacidad de la batería de 115%, obteniendo el consumo en Ah con la ecuación (33) necesitando así cubrir un total de 232 643 W para baterías de 12 V con una capacidad de 19 386.9 Ah, o, 232 643 W para baterías de 24 V con una capacidad de 9 693,4 Ah.

$$C.b = 202\,298\,W * 1,15 = 232\,643\,W \quad (33)$$

Los sistemas de almacenamiento de energía aportan continuidad al suministro de energía eléctrica ante posibles cortes momentáneos o alargados en el tiempo, acoplados con dispositivos avanzados de electrónica de potencia que ayudan a mejorar la calidad de energía eliminando corrientes armónicas, sobretensiones y caídas de tensión.

Selección Del Tipo De Batería De entre todas las posibles aplicaciones que ofrecen los sistemas de almacenamiento de energía, estos deben brindar la seguridad en su aplicación obteniendo calidad en la energía asegurando la calidad en la energía entregada la continuidad del sistema ante conexiones y desconexiones en un tiempo de respuesta aceptable.

Los sistemas de almacenamiento de energía que se han tomado en consideración a la hora de hacer nuestro proyecto confiable, existiendo:

- Baterías de Ion Litio
- Baterías avanzadas de Plomo-Ácido
- Baterías de Sodio-Sulfuro
- Baterías de Redox de Vanadio

Para el tipo de batería, seleccionamos la batería compuesta por Ion Litio asegurando un funcionamiento adecuado de nuestros sistemas de baterías

El principio de funcionamiento radica en que una vez que la batería se está cargando los átomos de litio que hay en el cátodo pasan a ser iones y migran a través del electrolito hasta el ánodo de carbono, donde se combina con los electrones externos hasta depositarlos como átomos de litio entre las capas de carbono. Durante la descarga el proceso es inverso. Las baterías propuestas se visualizan en el Anexo 4, figura A43, así como sus características a continuación.

Características de batería:

- Consumo a cubrir: 20 000 Ah
- Voltaje requerido: 12 V por unidad.
- Alta densidad de energía: 300- 400 kWh/m³
- Alto rendimiento
- Largo ciclo de vida 4 500 ciclos equivalentes
- Mínimo estado de carga 10 %
- Debido a estas características se emplearán las baterías de Ion Litio.

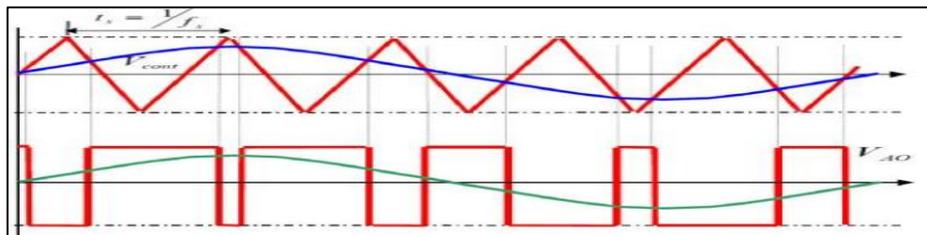
Baterías en Paralelo

El número de baterías en paralelo, vendría dado por la división de la capacidad necesitada en el sistema y la capacidad que ofrecen las baterías, obteniendo un total de 200 baterías conectadas en paralelo con una capacidad de 100 Ah y voltaje de 12 V, cada una. Se proponen baterías de ion-litio necesitando 100 baterías de 24 V, conectadas en paralelo, con una capacidad de 100 Ah por unidad.

INVERSOR

Mediante el desarrollo de la electrónica de potencia los inversores de CC/CA en la actualidad son ampliamente utilizados en el sector industrial y de generación de energía. El inversor convierte la corriente continua en corriente alterna, pero además puede obtener la intensidad y frecuencia que deseemos, el inversor pasará de un nivel de tensión fijo (cc) a una tensión con onda sinusoidal de (ca), donde se podrá variar la amplitud y el periodo de la forma de onda obtenida.

Figura. 18. Forma de onda típicas de una rama de puente inversor



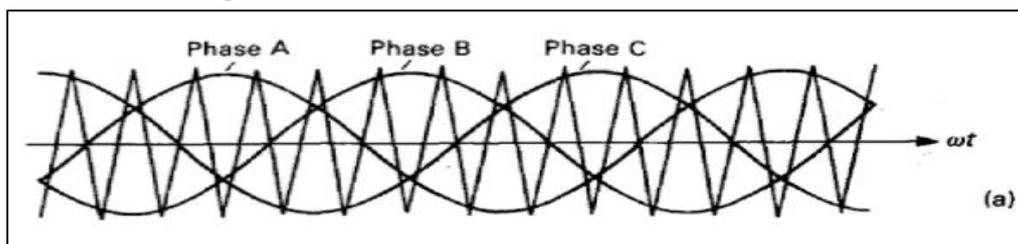
Fuente. [ARQUILEDA]

La clasificación de los tipos de convertidores CC/CA, no es única, sino que depende de las características constitutivas del aerogenerador a tomar en cuenta, ya sea por tipo de fuente, frecuencia, dispositivos, resonancia u otros aspectos a considerar.

En función de los dispositivos semiconductores nuestro inversor está constituido de IGBT's, los cuales se usan para potencias intermedias de varios centenares de Kilovatios también son fáciles de controlar, siendo un inversor controlado mediante la fuente de tensión (VSI), soportando altas tensiones y tienen altas velocidades de conmutación siendo capaces de operar con niveles altos de corriente, de baja frecuencia 50-60 Hz (onda cuadrada).

La variación de la tensión de salida de 0 voltio hasta la tensión máxima de salida se realiza mediante la variación de la amplitud de la señal sinodal de referencia la cual determina la variación del ancho del pulso desde un valor mínimo de 0° los inversores trifásicos obtienen tres tensiones sinodales, controlables en magnitud y frecuencia a partir de una fuente de tensiones continuas de entradas, el resultado será tres ondas sinodales de la misma frecuencia y desfasadas en 120° .

Figura 19. Forma de onda trifásica obtenida del inversor



Fuente. [ARQUILEDA]

Se recomienda la utilización de un inversor ABB string inverters., PCS 100 SFC. Convertidor de frecuencia estático 125 KVA a 2 MVA [25]., cuyas especificaciones técnicas se pueden visualizar en el Anexo 4, figura A41, el modelo ABB ofrece ser modular adaptado para centrales de generación eólica, en todo caso la capacidad de este equipo vendrá dispuesta por el fabricante de la turbina.

La potencia del inversor está dimensionada para cubrir la potencia máxima que se podrá obtener el aerogenerador la cual es de 100 kW al momento de alcanzar sus velocidades máximas, sin tomar en cuenta el consumo que se tendrá, asegurando cubrir el rango máximo de potencia generada.

CONDUCTORES

La potencia a generarse debe transportarse hacia un centro de transformación único, con la ayuda de conductores de cobre, se recomienda el tipo XLPE aislado para 15 kV, especialmente aislado para instalaciones soterradas.

Se propone conductores viakon de media tensión XLPE 15 kV, cuyas aplicaciones principales son en la alimentación y distribución primarias de energía eléctrica, donde las características ambientales son particularmente agresivas o donde se requiera protección contra humedad o agentes externos, pueden instalarse en ductos, charolas o directamente enterrados. [26]. Las especificaciones técnicas se pueden visualizar en el Anexo 5, tabla T37, con sus respectivos equipos de protección tanto a la salida del generador como a la llegada del centro de transformación [27].

PUESTA A TIERRA

Los aerogeneradores deben poseer un sistema de puesta a tierra conectado con el objetivo de: minimizar los peligros de muerte en personas y animales, establecer un camino de baja impedancia para las corrientes derivadas a tierra y por tanto una eficiente operación de las protecciones. Los aerogeneradores al igual que el resto de los equipos eléctricos necesitan ser conectados a tierra con la menor impedancia posible, generalmente esto abarca grandes áreas geográficas y en ocasiones varios kilómetros, para el caso de aerogeneradores se encuentra ubicados sobre terrenos montañosos o colinas con suelo de elevada resistividad.

Los aerogeneradores son construidos con un sistema e puesta a tierra colocando generalmente un anillo alrededor de la torre a una profundidad de 0.5 a 1 m y colocando electrodos verticales combinados con el anillo, comúnmente se interconecta el sistema de puesta a tierra con los

cimientos de la base de la torre, proporcionando una unión equipotencial contra los efectos de los rayos y las fallas a frecuencia del sistema [28].

Se recomienda el uso de los cimientos de la estructura con sistema de puesta a tierra debido a la protección que ofrece el concreto a la corrosión de los conductores. La IEC 61400-24 recomienda que el sistema e puesta a tierra para la protección contra descargas atmosféricas y la toma de tierra para protecciones normales, se realice en un único sistema de dispersión, con un límite de 200 kA, se recomienda incluir en el sistema a tierra las estructuras metálicas de la cimentación para reducir al máximo a resistencia de tierra y que el dispensor sea preferiblemente un electrodo en anillo que este al menos el 80% de su longuito enterrado. Además, se recomienda la utilización de varillas copperweld, así como conductor de cobre calibre 6 AWG, para la conexión de la puesta a tierra.

Para la estructura de puesta a tierra se deberá considerar lo establecido en la norma IEC 61024-1, donde nos especifica el nivel de protección previsto no menor a 10 ohmios compensado con varillas en las cimentaciones de la central Aero-generadora con longitudes individuales de electrodos determinados con las expresiones (34) y (35).

$$lr = l1 - r \quad (34)$$

$$lv = (l1 - r)/2 \quad (35)$$

Donde:

- lr = longitud requerida para el electrodo horizontal
- lv = longitud requerida para el electrodo vertical
- r = radio de electrodo-anillo
- $l1$ = longitud requerida para los electrodos por la norma IEC 61024-1

Estas longitudes pueden no tenerse en cuenta si se obtiene una resistencia de puesta a tierra de 10 ohmios o menor. El uso de electrodos horizontales o verticales dependerá de la disposición de la central eólica y de la estructura del suelo.

TIPO DE PROTECCIÓN A TIERRA

Se recomienda la construcción de un anillo interno a la torre y un anillo alrededor del perímetro interno de la torre, con esto un anillo concéntrico al exterior de la base de la torre sobre la cimentación de la misma y un anillo de forma cuadrada al exterior de la cimentación unido por cuatro puntos a los anillos redondos situados en los puntos medios, los tres anillos se unen formando una superficie equipotencial, como se observa en el Anexo 4, figura A37., en caso de no existir una resistencia adecuada, se sugiere añadir dos picas a un metro de distancia del cuadrado.

PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

En la actualidad las tecnologías en aerogeneradores han avanzado a pasos agigantados, las partes expuestas del aerogenerador son capaces de funcionar como una bajada eficaz para las descargas atmosféricas, esto basándose en un valor de diseño de 200 KA. En partículas la protección contra rayos se produce en las palas, estas serán capaces de descargar rayos sin sufrir daños gracias a una serie de receptores en ambos lados de la pala y en su punta, estos receptores sirven para conducir la energía del rayo hasta la torre, a través de un sistema interno de conductores. Se debe recalcar que tanto el aerogenerador como el sistema eléctrico debe estar incorporado a un sistema de protección contra sobretensiones., en el caso del aerogenerador propuesto este cuenta con un sistema ya incluido como elemento constitutivo.

Cuando un rayo impacta una turbina eólica, el potencial de la tierra alrededor de la misma se eleva, esto produce un excesivo potencial el cual puede causar daños en el transformador de la turbina eólica. En [TESICNOR], demuestran que las descargas atmosféricas incrementan las tensiones de paso y la impedancia del sistema de puesta a tierra., es por eso que se recomienda la conexión de puesta a tierra antes mencionada.

CELDAS PARA MEDIA TENSIÓN

Se propone celdas modulares o de disposición compacta, las cuales deberán estar equipadas con el fin de realizar las funciones de protección del transformador BT/MT, así como las conexiones de la línea de MT. Se proponen celdas DVCAS, estas son conocidas por ser un equipo compacto que resulta de la combinación de diferentes módulos para los centros de transformación en centros eólicos. En función de la potencia del transformador se pueden distinguir dos tipos de soluciones para la protección de los mismos.

Función 1P: es una protección con interruptor fusible combinado, en el cual el interruptor seccionador en combinación con fusibles, es capaz de proteger transformadores de hasta 1600 kVA en 20 kV. Este límite se establece cumpliendo las exigencias de la norma IEC 62271-105 para interruptores fusibles combinados.

Función 1A: es una protección con interruptor automático para potencias mayores que 1600 kVA en 20 kV. En el Anexo 4, figura A42, se puede visualizar el módulo de aparamenta propuesto para el sistema de protección energética.

Celda de línea: Esta celda deberá incluir es su interior, debidamente montados y conectados, los siguientes componentes:

- Detector de presencia trifásico

- Pastapas según norma IEC 50181 para conexiones de cables de potencia.
- Bridas para amarra cables de potencia
- Acceso a la pletina de puesta a tierra.

Celda de protección de transformador: deberá incluir en su interior, debidamente montados y conectados, los siguientes componentes:

- Un interruptor automático
- Un relé de protección con funciones:
 - Protección instantánea contra sobreintensidades.
 - Protección temporizada contra sobre intensidad de fase.
 - Disparo externo.
- Tres captadores toroidales de intensidad.

Celda de medidas de voltaje, intensidad y potencias: deberá incluir valores característicos como:

- De la red:
 - Tensión nominal de la red
 - Tensión nominal de evacuación
 - Frecuencia nominal
- De generación:
 - Tensión de generación
 - Potencia nominal por generador

CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Nuestros centros de transformación propuestos, están compuestos por, un módulo compacto Pad Mounted a la salida del aerogenerador y conectado por una línea de alimentación al centro de transformación dispuesto para el sistema de bombeo, este primer transformador está diseñado de 0,69/13,8 Kv, cuyas características estarán dispuestas por cada cubículo que contenga las etapas de conversión y distribución de la energía, este es un transformador de elevación único y estará integrado con una configuración de barra simple, tanto en el lado de 690 V como en el lado de 13,8 KV, su potencia nominal será acorde a la potencia de generación máxima siendo en el caso de nuestro generador 125KVA.

Para la alimentación de nuestro sistema de bombeo, se propone utilizar un transformador trifásico tipo Pad Mounted de 50 KVA, potencia que cubre las necesidades de nuestro sistema de bombeo.

ANÁLISIS DE VIABILIDAD PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE BOMBEO PROPUESTO

ANÁLISIS DE COSTOS PARA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE BOMBEO

Para la implementación del sistema de bombeo junto con su sistema de alimentación eléctrica la comunidad de Maca Atapúlo estará a cargo de la búsqueda de financiamiento por parte de gobiernos autónomos descentralizados de la provincia de Cotopaxi y entidades del estado, siendo la parte civil un aporte de los miembros de la comunidad los cuales gozan de la experiencia suficiente para realizar el trabajo civil, de soterramiento e instalación de la tubería y sus accesorios construcción de sedimentadores y pozo de almacenamiento todo esto acompañado de un asesoramiento técnico. Se han realizado la proforma del costo de los materiales que comprenden el sistema de bombeo los cuales se presentan en el Anexo 6.

ESTUDIO DE COSTO DE UNA CENTRAL GENERADORA EÓLICA

La implementación de una central generadora eólica involucra la participación de un equipo multidisciplinario de trabajo, el mismo que debe agrupar al personal con conocimientos de obra civil, eléctrica, financiera, ambiental, mecánica, etc., los que pueden ser detallados en los siguientes grupos:

- Diseñadores
- Organizadores
- Financiadores
- Constructores civiles
- Fabricantes
- Instaladores de aerogeneradores
- Instaladores eléctricos
- Instaladores de equipos de comunicación de datos
- Instaladores de monitoreo
- Equipos de mantenimiento eléctrico y mecánico
- Operadores de instalaciones
- Procuradores y dirigentes del parque eólico

Para la financiación se requiere analizar los posibles promotores del proyecto, los cuales deberán tomar el riesgo de identificación de la instalación, de diseño del proyecto de aprovechamiento, de evaluación de recurso eólico, de comisión de permisos, licencias y autorizaciones, de desarrollo y construcción del proyecto. Las entidades financieras tienden a

tener una alta intervención, por un lado y por otro los socios promotores del proyecto. La proporción razonable, dependiendo de las garantías adicionales que se aporten, se pueden estimar entre el 20 % y el 30% de fondos propios, todo esto respecto al total de la inversión. En nuestro caso, se propone que el tanto por ciento que aportará el promotor será del 20%, siendo el 80% sobrante, aportado por una entidad financiera estatal.

COTOS UNITARIOS DE UN PARQUE EÓLICO

Siendo la turbina el elemento más costoso, este oscila entre en 64 y el 85% del total. Los costos para parques generadores eólicos que serán conectados a la red, dependen si este será conectado a una red de transmisión o de distribución, esto incremento debido a las tecnologías de la transformación. El costo de potencia instalada en los últimos años se encuentra, mayoritariamente, en el rango de 1 700 y 1 250 USD/kW, esto para parques eólicos terrestres en países desarrollados, con lo que se ha obtenido la tabla 10, tipo de costos según el tipo de aerogenerador [23].

Tabla 10. Costo por tipo de generador.

DESCRIPCIÓN	COSTO ABSOLUTO POR GENERADOR			COSTO %
	40 m	65 m	85m	
ALTURA	40 m	65 m	85m	
POTENCIA	100k kW	2 500 kW	3 150 kW	
DESCRIPCIÓN				%
EVALUACIÓN DE RECURSO EÓLICO	60 500	75 600	84 000	0,8
LICENCIAS, PERMISOS	316 900	396 900	441 000	4,2
AEROGENERADOR	250000	6250 000	7833 000	74,6
OBRA CIVIL	457 600	585 900	651 000	6,2
INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA	750 000	850 500	945 000	9
LÍNEA DE EVACUACIÓN	355 100	491 400	546 000	5,2
COSTO TOTAL	2 190 100	8 650 300	10 500 000	100

Fuente. [L. CRUZ].

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se consideran estos como costo del parque en un 2% de su rentabilidad anual, dentro de esto se debe incluir mano de obra calificada que verifique constantemente el buen funcionamiento de la central eólica [27].

La parte de mantenimiento vendrá dada por la gestión de instalación, mantenimiento correspondiente a la seguridad, revisiones generales que permitan el funcionamiento correcto, el ajuste de componentes mecánicos, protección anticorrosiva, el mantenimiento de la obra civil, etc., [27].

VIDA ÚTIL

La vida útil del tipo de central generadora eólica propuesta, suele ser de 15 años, llegando a 20 años en funcionamiento normal con un mantenimiento cotidiano. Las características de parques eólicos actuales, viene dada por el análisis previo que se presenta en los equipos de Aero generación, esto da la confianza que se necesita para poder ser claros y precisos en la estimación de la vida útil de la central generadora de estudio en 25 años [23].

BENEFICIOS

Las características del generador propuesto, se visualiza en sus dimensiones, ya que estas facilitan el transporte, montaje y mantenimiento, lo que es un beneficio en países con vías en desarrollo. Los costos de generación son poco superiores a la gran producción de energía eólica, no obstante, esto se compensa por los menores costos en transporte, montaje y mantenimiento, permitiendo por su versatilidad, aprovechar los recursos eólicos que actualmente están dispuestos para grandes máquinas. En cuanto a las características del aerogenerador propuesto, se entiende que la obra civil sería más pequeña ya que no precisa de grandes caminos de acceso, ni cimentaciones complejas [29].

INGRESOS POR PRODUCCIÓN COMO ALTERNATIVA DE CONEXIÓN A LA RED DE DISTRIBUCIÓN

COSTO DE COMERCIALIZACIÓN

El costo de comercialización es un costo que viene preestablecido por el ARCONEL, independiente al consumo de energía el cual es un valor de 1,414 USD.

COSTO POR CONSUMO DE ENERGÍA

Las empresas eléctricas distribuidoras cobraran en la planilla un cargo por potencia en USD/KW, por cada kW de demanda facturable como mínimo de pago sin derecho a consumo.

Este va ser igual al consumo mensual que se tendrá en el sistema el cual se lo multiplicara por el valor de la energía consumida que lo estable el Pliego Tarifario que es de 0,070 USD

$$C_{ef} = C_e * 0,070 \text{ (USD/KWh)} \quad (36)$$

Donde:

C_{ef} : costo de la energía consumida

C_e : consumo de energía (416., 25 Kwh/mes)

0,070(USD/KWh): valor de la energía en Kwh

$$C_{ef} = 416,25 * 0,070$$

$$C_{ef} = 29,13 \text{ USD}$$

Lo cual nos da el valor a pagar por concepto de energía consumida

COSTO POR DEMANDA

El cargo por demanda se cobra en función de la energía consumida el mes de facturación. Para su aplicación se deberá establecer una demanda máxima mensual del consumo, mediante apreciación teniendo una demanda pico de la bomba de aproximadamente 20 kW y una potencia instalada de 40 kW la cual será nuestra demanda máxima, el cargo por demanda aplicados a estos tipo de consumidores debe ser ajustado mediante un factor de corrección(FC) y tomando en cuenta las perdidas internas que existen en el transformador (PIT) el cual será en el orden del 2% normado por la Agencia de Regulación y control de Electricidad en el Pliego Tarifario ecuatoriano. Se calcula el Factor general de corrección en cual no deberá ser menor de 0,6 y se obtendrá por la relación:

$$FC = \frac{Dp * (1,02)}{Dm * (1,02)} \quad ()$$

Donde:

Dp : demanda pico (20 KW).

Dm : potencia instalada (40 KW).

1,02: valor de las pérdidas del transformador (0.2).

FC : factor de coincidencia.

$$FC = \frac{20 * (1,02)}{40 * (1,02)}$$

$$FC = 0,5$$

Dado que no puede ser 0,5 se tomará este valor preestablecido 0,6.

$$D_c = FC * CDE$$

$$D_c = 0,6 * 4,790 = 2,874$$

Dándonos el costo de la energía consumida.

$$CDT = 2,874 * 40$$

$$CDT = 114,96 \text{ USD}$$

COSTO POR ALUMBRADO PUBLICO

el cual será 17% de la suma de los valores que comprenden comercialización, potencia a disposición y por consumo de energía.

$$AP = (Co + Dc + CDT) * 0,17$$

$$AP = (1,41 + 29,13 + 114,96) * 0,17$$

$$AP = 24,74 \text{ USD}$$

El valor de la planilla se puede visualizar en el Anexo 5, tabla T35. Dándonos un consumo estimado mensual de 170,24 USD dólares americanos, multiplicando por los 12 meses debido a que es una carga constante tendrá un estimado de consumo anual de 2042,88 USD.

CRITERIOS DE RENTABILIDAD

TASA INTERNA DE RETORNO Y VALOR ACTUAL NETO

Mediante la realización de un estudio de factibilidad de nuestro proyecto con respecto a la venta de energía con una posible conexión a la red de nuestra central generadora eólica, involucrando esto la compra de energía por parte de las empresas distribuidoras hacia la comunidad.

Mediante un análisis financiero del TIR (tasa interna de retorno) y el VAN (valor actual neto), brindándonos la rentabilidad de nuestro generador analizándolo en un lapso de tiempo de 25 años siendo esta la vida útil del generador.

Los fundamentos de análisis económicos defines al VAN [30] “el valor actual neto (VAN) es uno de los métodos financieros que si toman en cuenta los flujos de efectivo en función del tiempo, consiste en encontrar la diferencia entre el valor actualizado de los flujos de beneficio y el valor actualizado de las inversiones y otros egresos efectivos”.

$$VAN = I_0 + \frac{R_1}{(1+r)} + \frac{R_2}{(1+r)^2} + \frac{R_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{R_n}{(1+r)^n} +$$

Donde:

I_0 : inversión inicial en e periodo cero

R_1 : flujo neto

r : tasa de interes

Para definir la tasa interna de retorno (TIR) se lo define como [31] “un instrumento para evaluar el rendimiento de una inversión, determinando con base a sus flujos de fondos neto, el TIR representa la tasa de interés más alta que un producto podrá pagar sin perder dinero”

Para realizar un análisis de rentabilidad hemos realizado el cálculo de la planilla eléctrica del sistema de bombeo la cual se tomará como un egreso de dinero ya que al estar conectado a la red esta potencia que consume el sistema de bombeo no podrá ser puesta a disposición y por lo

tanto sería un valor negativo al no cobrar nada por esa energía consumida, este valor será al año de 2042,88 USD. Se tomara como un egreso en el análisis financiero la responsabilidad de las empresas públicas y sociedades anónimas que funciones como públicas para el estado del buen vivir territorial acogiéndose a la regulación No CONELEC – 004/11.”con el objetivo de disponer de recursos económicos que permitan financiar los programas para el Estado de Buen Vivir Territorial, en las zonas de influencia de los proyectos de generación las empresas públicas y las sociedades anónimas que funcionen como públicas y que se hayan acogido a esta regulación, crearan para el efecto una cuneta para el Estado del Buen Vivir Territorial que permita cubrir los gastos de responsabilidad social en favor de los gobierno autónomos descentralizados que se encuentren dentro de sus áreas de influencia.

Tabla 11. Valor unitario para el estado del buen vivir.

Valor Unitario para el Estado del Buen Vivir Territorial (cUSD/kwH-recaudado)		
Centrales	Territorio Continental	Territorio Insular Galapagos
Eólica	2,39	2,62
Fotovoltaica	11,8	12,99
solar termoelectrica	8,74	9,61

Fuente. [regulación conelec 004/11].

Calculando el valor anual

Tabla 12. Valuar anual para el estado del buen vivir.

Valor anual para el Estado del Buen Vivir Territorial (USD)			
Potencia Servida kW	Horas al año	Valor de energía	Total USD año
100	8769	0,0239 \$	20936,4 \$

Fuente. [CONELEC].

CÁLCULO DE LA VENTA DE ENERGÍA

Mediante la conexión de nuestro generador a la red eléctrica de distribución se dará la venta de energía eléctrica dándonos un ingreso mensual fijó el cual tomaremos como un ingreso en el estudio de la factibilidad económica. Según la regulación No CONELEC 004/11 los precios referenciales por la energía medida en el punto de entrega, expresados por centavos de dólar de los Estados Unidos por Kwh, son aquellos indicados en la tabla 13.

Tabla 13. Precios preferenciales energía renovable.

Precios Preferenciales Energía Renovables en (Cusd-KWh)		
Centrales	Territorio Continental	Territorio Insular Galapagos
Eólica	9,13	10,04
Fotovoltaica	40,03	44,03
solar termoelectrica	31,02	32,12

Fuente. [CONELEC].

Calculando un valor anual nos dará el mostrado en la tabla 14.

Tabla 14. Precios preferenciales energía renovable.

Precios Preferenciales Energía Renovables en (USD)			
Potencia Servida kw	Horas al año	Valor de energia (USD)	Total USD
100	8760	0,0913 \$	85147,2 \$

Fuente. [CONELEC].

Mediante un análisis utilizando el método TIR y VAN se pudo sacar la factibilidad del proyecto como se muestra en el Anexo 5, tabla T39.

Interpretación:

La tasa interna de retorno (TIR) en este caso es -0,12% es menor que la tasa de descuento inicial 5%, significa que el interés equivalente sobre el capital generado por el proyecto es inferior al interés mínimo aceptable del capital bancario.

En este caso, el proyecto no es aceptable por lo que se recomienda no ejecutarlo.

DESVENTAJAS

Generalmente los fabricantes de aerogeneradores garantizan la operación de sus máquinas por un periodo determinado de 3 a 5 años, después de transcurrido este tiempo, el mantenimiento mayor, antes del término de la vida útil, constituye un negocio adicional para ellos.

Una de las desventajas más considerables al momento de elegir la opción de Aero generación, se verá impuesta por las ganancias que obtendrán los inversionistas, esta se verá reflejada si el aerogenerador opera adecuadamente durante toda la vida útil proyectada,

ALTERNATIVAS DE ALIMENTACIÓN PARA EL SISTEMA DE BOMBEO

ALIMENTADOR DE 13.8 KV CONECTADO A LA RED DE ELEPCO

Mediante un análisis de costo entre la implementación del sistema de generación eólico el cual implica un alto costo en su implementación se ha brindado la alternativa de aplicar una extensión de red la cual tendrá un costo mucho más bajo en una fase inicial de aplicación.

Al implicar una extensión de red se debe tomar en cuenta el costo por consumo de energía e eléctrica por parte del sistema de bombeo el cual se le aplicara una tarifa referencial para sistemas de bombeo comunitario reduciendo así el costo de la energía eléctrica mensual.

En el Anexo 7, se podrá visualizar el diseño, costo y características constructivas que tendrá la extensión de red.

12. IMPACTOS SOCIALES, AMBIENTALES

En conforme con el capítulo segundo artículo 12 “el derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable el agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”

Además, en la ley orgánica de servicio público de energía eléctrica (LOSPEE), en el artículo 14 considera el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales desgarrados. Los efectos comunes que se ven reflejadas en las estaciones de generación eólica pueden sintetizarse en aspectos como: ruido, impacto sobre la flora, impacto visual y efectos sobre la avifauna.

Los efectos que las centrales eólicas pueden tener sobre la flora, estarán reflejados en la fase de construcción debido, al movimiento de tierras en la preparación de accesos y la realización de cimentaciones. En el caso de nuestra propuesta, el sector se tiene poca existencia de fauna propia de la zona al ser un sector de escasa densidad poblacional.

En el caso de la avifauna, se recomienda que la construcción de centrales eólicas debe evitarse en áreas como las rutas de migración y las zonas de residencia de especies sensible o en peligro de extinción, exceptuando aves planeadoras, que habitan normalmente en una zona de aerogeneradores ya que el peligro de choque es relativamente bajo, ya que este tipo de aves aprenden a evitar obstáculos y modifican su ruta de vuelo a gran distancia de las centrales eólicas. Para nuestro caso de estudio, al edificarse la central eólica este no afectaría a la avifauna ya que no hay registro de migración, ni aves en peligro de extinción.

El impacto visual y el ruido tienden a ser el impacto que supone es más significativo contra las centrales eólicas, los aerogeneradores provocan ruido asociado a su propio funcionamiento, estimando factores que determinan el grado de molestia. Existen dos ruidos al momento del funcionamiento de aerogeneradores: el ruido mecánico tiene su origen en el generador, la caja multiplicadora y las conexiones eléctricas y puede ser fácilmente reducido mediante técnicas convencionales. Para el proyecto propuesto el tentativo lugar de ubicación de la central eólica se encuentra suficientemente alejado de zonas donde se obstruya el paisaje visual ya que no cuenta con una topografía llana, sino más bien una zona de altos y bajos, de poco tránsito y de insuficiente edificaciones viviendas.

13. PRESUPUESTO DEL PROYECTO:

Tabla 11. Presupuesto.

PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO				
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DEL GASTO	CANTIDAD (c/u)	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
Visita al sitio de estudio	Gasto en transporte y alimentos	2	7	14
Compra de tol	Se compró una plancha de tol de la cual se realizaron tres vertederos	1	15	15
Realización de los vertederos	Se realizaron los vertederos con la ayuda de un maestro industrial.	3	5	15
Instalación de los vertederos	gasto en transporte y alimento	2	7	14
Toma de datos con estación meteorológica.	Compra de torre metálica 10m	1	200	200
estructura para obtención de datos	Compra de materiales de construcción para base de la torre propuesta.	1	50	50
Socialización con los representantes de la comunidad	Gasto en transporte	2	7	14
Obtención de datos meteorológicos	Compra de estación meteorológica marca Renkforce	1	370	370
TOTAL				692

[AUTORES].

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se refleja un estudio previo a la instalación de una central generadora eólica en el sector de Milin perteneciente al cantón Latacunga, el mismo que podrá entregar su energía a un sistema de bombeo propuesto, eliminando la compra de energía a la red de distribución.

Se determinó una velocidad promedio del viento de 7,4 m/s, siendo este un perfil de viento aceptable para la generación eólica, mediante un análisis vertical del viento de la variación de la velocidad a diferente altura obtenida en alturas diferente a la de estudios se determinó, la capacidad de generación eólica de 60 KW a una altura de 30 metros utilizando un Generador Electricia Wind de 100 KW, el cual va a ser el encargado de alimentar el sistema de bombeo, la

potencia aprovechable no solo dependerá de la disponibilidad y la calidad de viento, sino también de la robustez de las instalaciones que se desee alimentar eléctricamente.

La provincia de Cotopaxi por su ubicación, cuenta con una fuente de energía eólica natural aprovechable procedente del cordón montañoso occidental, central y oriental de la llamada cordillera de los andes. En este proyecto, se desarrolló el procedimiento establecido para la obtención del perfil de velocidad representativa, la cual consiste en tomar la velocidad de altura del aerogenerador como velocidad representativa, además, se propone turbinas diseñadas para ser ubicadas en sitios donde el coeficiente de turbulencia y rugosidad es mayor, el método se ve reflejado como el adecuado al estimar la velocidad representativa, teniendo un único defecto, si bien esta corrección incrementa los valores de velocidad del viento a una altura mayor, este incremento se ve afectado por la densidad del aire ya que esta decrece con el incremento de la altura para la generación.

Mediante un estudio de la capacidad recolección de agua en los Cerros de Milin dándonos una recolección de 155 520 litros al día de extracción y teniendo una cantidad de consumo de 3 500 litros por los 700 habitantes que conforman la comunidad de Maca Atápulo, se determinó que existe la suficiente cantidad de agua en el punto de extracción garantizando que no existirá desabastecimiento en nuestro sistema de bombeo.

Al momento de diseñar el sistema hidráulico es indispensable tomar en cuenta la capacidad de agua que se bombeara, así como todas las variables de diseño, altura de impulsión, perdidas por accesorios y expansión súbita, perdidas por fricción en la tubería, selección del tipo de tubería y el entorno en el cual se aplicara el diseño, a través de la aplicación de métodos de cálculo los cuales nos arrojen resultados reales para seleccionar mediante fundamentos técnicos el sistema de bombeo adecuado, obteniendo su máximo rendimiento al momento de aplicarlo en el campo.

Se determinó que, para el procedimiento de diseño de centrales con aerogeneradores, deben calzar perfectamente con las normas de medición de terrenos eólicos, por lo cual se instaló la estación metrológica a 12 metros altura que en la actualidad esta norma en manuales y plataformas aprobadas internacionalmente.

El estudio permitió determinar que, el diseño de centrales eólicas aisladas tiende a expandirse a aerogeneradores de mayor tamaño, logrando avances en eficiencia energética como en incremento de economía, una de la consideración con mayor impacto en este tipo de instalaciones viene dada por los inversionistas, ya que debe existir un proceso que sea capaz de

medir y mostrar de manera correcta las características más importantes, obteniendo resultados certificados y confiables que disminuyan la incertidumbre para la evaluación de este tipo de proyectos.

Los datos obtenidos por las estaciones de monitoreo en el lugar de estudio tienden a coincidir con datos obtenidos del INAMHI ratificando la validez de comparación.

Para determinar las direcciones del viento se utilizó el programa WRPLOT, el cual estima la dirección y velocidad del viento dándonos la intensidad de frecuencia con que se repiten estas direcciones en el tiempo, obteniendo una dirección del viento preponderante en la posición Sur Sur Este en la zona de estudio.

Mediante un estudio de factibilidad económica utilizando el método del Tasa Interna de Retorno TIR y Valor Agregado Neto VAN se determinó que nuestro generador como vendedor de energía eléctrica al mercado eléctrico ecuatoriano, con una tasa interna de retorno del 5% durante un tiempo de concesión determinado en 25 años no resulta rentable debido a que la tasa interna de retorno nos da negativo, significando esto que en el tiempo de estudio no se obtendrá ni siquiera el valor de la inversión del aerogenerador resultando no rentable la instalación de un generador, como alternativa para mejorar la rentabilidad, se propone instalar más generadores aumentando el ingreso de dinero por venta de energía.

La producción de energía eléctrica por medio de aerogeneradores no presenta afectación sobre las características físicas o químicas del suelo, ya que este tipo de generación no produce contaminantes o grandes movimientos de tierra.

La explotación de la energía eólica como energía renovable necesita de un correcto estudio de estrategias y factibilidad en la obtención de datos, esto con el fin de obtener un correcto aprovechamiento de esta energía, en la actualidad el Ecuador cuenta con mapas eólicos obtenidos por ministerios e institutos, tan solo queda el compromiso de buscar disminuir los costos de tal manera que la generación eólica sea competitiva con otros tipos de generación tradicional.

RECOMENDACIONES

Se recomienda, el presente trabajo como un estudio de pre factibilidad, como una línea base para el estudio de factibilidad incluida la energía de detalle, esto junto a una disponibilidad

económica en base de préstamos internacionales, permitirán la ejecución de este o cualquier proyecto de generación eólica.

Es importante definir y establecer todas las variables de entrada que intervendrán en el diseño del sistema de bombeo los elementos y dispositivos que se utilizan en el ámbito local rigiéndose a fabricantes que suministren equipos que cumplan con las normas de calidad que están establecidas en el país, asegurando un sistema confiable en los elementos que la constituyen.

Hay que tener en cuenta que se debe realizar la construcción de un sistema de sedimentación y de captación de agua el cual permita que el líquido no tenga impureza y sea mucho más apto para su bombeo y utilización, aumentando la vida útil de la bomba y del sistema e conducción.

Es importante analizar las variables de contingencia que puedan ocurrir durante la operación de una central generadora eólica, se recomienda una programación de control preventivo con el fin de prevenir una desconexión debida a la excesiva velocidad de viento en la zona de emplazamiento.

Se recomienda, la instalación de equipos de monitoreo a diversas alturas en cimas montañosas de la cordillera donde se ubica el estado ecuatoriano por al menos un año.

Al momento de seleccionar la bomba se debe revisar en el manual del fabricante que esta cumpla con todas las variables del sistema de bombeo altura manométrica total velocidad de impulsión y que la curva de rendimiento se encuentre dentro de los límites de altura y caudal que se van a utilizar.

El estado ecuatoriano con sus organismos reguladores y del control del mercado eléctrico ecuatoriano deben promover la libre competencia de las energías renovables y su promoción nacional.

Es necesario que los organismos encargados de administrar la energía en el estado ecuatoriano, efectúen mapas energéticos específicos en cada una de las zonas montañosas nacionales.

La falta de un sistema de alimentación de la red de distribución local hace que la alternativa de un sistema de generación eólica aprovechando la energía cinética del viento abundante en el lugar de estudio, nos permite suministrar energía en cantidad y calidad suficientes para el sistema de bombeo diseñado, teniendo así una manera de mejorar la calidad de vida que la población requiere con el pasar del tiempo.

15. BIBLIOGRAFÍA

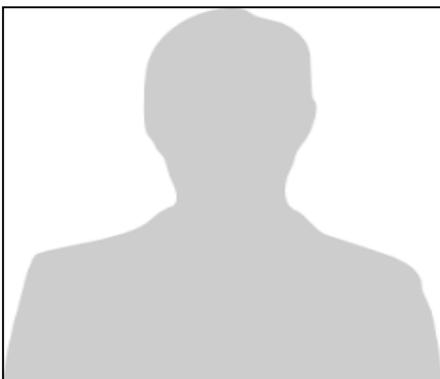
- [1] M. V. López, Energía Eólica, Barcelona: ceac, 2004.
- [2] M. V. López, Ingeniería de la Energía Eólica, Barcelona: Marcombo, 2012.
- [3] M. L. RUBIO, «DISEÑO DE AEROGENERADORES,» ETSII. MAQUINAS HIDRAULICAS.
- [4] W. Hulshorst, Manual Práctico Energía Eólica, Madrid: ECON Internacional.
- [5] M. P. M. M. J. Santianes, «Aerogeneradores de Potencia Inferior a 100KW,» Ciemat, Barcelona, 2018.
- [6] B. Q. Arboleda, «Diseño Earomecanico de Generadores de Eje Horizontal,» Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, 2005.
- [7] G. M. A. Graterol, «Diseño de un Aerogenerador de Eje Horizontal de 1 KW de Potencia,» Universidad Simón Bolívar, Sartenejas, 2006.
- [8] Ministerio de Electricidad y Energia Renovable, «ATLAS EÓLICO DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA,» Ministerio de Electricidad y Energia Renovable, Quito, 2013.
- [9] Inamhi Ecuador, «SCRIBD,» 04 DICIEMBRE 2011. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/74715257/Practica-de-Campo-Inahmi>. [Último acceso: 2018 2018 2018].
- [10] INAMHI, «ANUARIO METEOROLOGICO,» Instituto Nacinal de meterologia e hidrologia, quito, 2014.
- [11] Organización Metreologica mundial, «guia prácticas climatológuicas,» Organización Metreologica mundial, Ginebra, 2011.
- [12] Organización Mundial de Metereologuia, «Guía Practica y Metodos de Observación Metereológicos OMM-Nº8,» Organización Mundial de Metereologuia, Ginebra, 2010.
- [13] H. M. J. A. V. J. Casal Fábregas, Analisis del Riesgo en Instalaciones Industriales, barcelona: CBS, 1999.
- [14] «Importancia.org,» rosa de los vientos, Noviembre 23 2013. [En línea]. Available: <https://www.importancia.org/rosa-de-los-vientos.php>. [Último acceso: 2018 2018 2018].
- [15] Universidad de CANTABRIA, Energía Eólica), Cantabria, 2017.
- [16] R. h. P. J. M. Pazmiño, «Medición del Potencial Eólico para Construcción del Futuro Parque Eólico en el Campus Prosperina,» Quito, 2007.
- [17] L. m. W. Alvarez, «Aplicación de la Ecuación de Weibull pa Determinar Potencial Eolico en Tijuana-Mexico,» XX Simposio Peruano de Energia Solar, Tacna, 2013.

- [18] C. H. Novoa, Estudio de la Velocidad del Viento: Analisis y ajustes a una Función de Distribución, Valladolid: Universidad de Valladolid, 2016.
- [19] V. B. E. Enrique C. Marcet, Curso de Ingenieria Hidraulca aplicada a los sistemas de distribución de agua volumen I, Valencia: U. D Mecánica de Fluidos, universidad politecnica de valencia y Agua Valencia S.A., 1996.
- [20] NEOVISS, «NEOVISS,» NEOVISS, 24 Marzo 2009. [En línea]. Available: <http://www.neoviss.com/sistemas-agua-potable-industrial-residual/valvula-control-nivel/>. [Último acceso: 20 12 2018].
- [21] R. L. Mott, Mecanic de Fluidos Aplicada, Juares: Prentice Hall, 1966.
- [22] R. L. MOTT, MECANICA DE FLUIDOS, Mexico: PEARSON, 2006.
- [23] J. A. L. CRUZ, «DISEÑO DE UN PARQUE EÓLICO EN EL SECTOR PUSUCHISI ALTO DEL CANTÓN LATACUNGA PARA EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA COTOPAXI.,» ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA, Quito, 2014.
- [24] P. Carpinteyro, «IEC 61400-1,» UPSIN, Sinaloa, 2015.
- [25] N. T. EM.090, «INSTALACIONES CON ENERGÍA EÓLICA».
- [26] VIAKON, «Media Tensión XLPE 5 a 35 xV con pantalla de Plomo y Cubierta,» Conductores Monterrey, 2012.
- [27] G. Carlos, «Integracion de energias renovables en la red,» Leganes, 2006.
- [28] TESICNOR, «Guía de buenas prácticas para la prevención y protección contra el rayo en parques eólicos.,» CENIFER, Navarra.
- [29] e. wind, «ElectriaWind aerogeneradores de media potencia,» 01 2019. [En línea]. Available: <http://www.electriawind.com/productos.html>.
- [30] S. F. Espinosa, los proyectos de inversion: evaluacion finaciera, cartago: Editorial Tecnologica de CR, 207.
- [31] C. V. H. D. Fabio Herrera, Fundamentos de Analisis Economico, Turrialba: Bib. Orton IICA , 1994.
- [32] M. M. Juan Enciso, «Utilizando energía renovable para bombear agua,» Texas A&M AgrilLife Extension Service, Texas, 2007.
- [33] J. A. A. CUSARIA, «estudio del potencial de generacion de energia eolica en la zona del paramo de chontales, municipios de paipa y sotaquira,» Boyaca, 2012.
- [34] H. Cortez, «Variación del viento con altura y orografía del lugar.,» IDMA, Mexico, 2003.

- [35] C. Álvarez, *Energía Eólica*, Madrid: Instituto ara la diversificacion y ahorro de la energia , 2006.
- [36] R. D. ECUADOR, «ANUARIO METEOROLÓ,» INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA, Quito, 2014.
- [37] R. y. D. Secretaría de Cultura, «Los páramos, fábricas de agua,» Bogotá, 2018.
- [38] UNATSABAR, «GUÍAS PARA EL DISEÑO DE ESTACIONES DE BOMBEO,» Organizacion Panamericana de la salud, Lima, 2005.
- [39] A. Almoacid B, «Estimación de potencial eólico y costos de produccion de la energia eolica en la costa de valdivia,» Agro sur, Chile, 2009.
- [40] L. E. y. M. Mecke, *Utilizando energía renovable para bombear agua*, texa a&m, 2007.
- [41] M. d. E. y. E. Renovable, «ATLAS EÓLICO DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA,» IDB, Quito, 2013.
- [42] INAMHI, 29 07 2018. [En línea]. Available: <http://186.42.174.241/InamhiPronostico/>.
- [43] I. R. Lara, «Calculo de caudal triangular de 90°, de pared delgada».
- [44] M. d. E. y. E. Renovable, «Villonaco,» Gobierno de la república del Ecuador , 31 07 2018. [En línea]. Available: <https://www.energia.gob.ec/villonaco/>.
- [45] enair, «ATLAS EÓLICO Y SOLAR MUNDIAL,» [En línea].
- [46] PLASTIGAMA, «PLASTIGAMA,» 09 2018. [En línea]. Available: <http://plastigama.com/wp-content/uploads/2018/09/Tuberi%CC%81as-y-accesorios-de-PVC-y-PE-BD-uso-agri%CC%81cola.pdf>. [Último acceso: 2019 01 3].
- [47] QuimiNet, «QuimiNet.com,» QuimiNet.com, 1 Julio 2011. [En línea]. Available: <https://www.quiminet.com/articulos/usos-y-aplicaciones-de-las-valvulas-de-compuerta-56126.htm>. [Último acceso: 17 11 2018].
- [48] A. D. R. Y. C. D. ELECTRICIDAD, «PPLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELECTRICAS DE DISTRIBUCION,» ARCONEL, 2018.
- [49] Agencia de Regulación y Contol de Electricidad (CENACE), «Pliego Tárifario para las Empresas Eléctricas,» CENACE, Quito, 2017.
- [50] ABB, «ABB string inverters,» Eolic INVERTERS.

16. ANEXOS.

Anexo 1. DATOS INTEGRANTES



Marco León Segoviaa. – Nació el 19 de mayo de 1978. Docente de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Ingeniero de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE con especialización de electrónico e instrumentación (2000).

PROFESOR TUTOR

Email: marco.leon@utc.edu.ec

Telf.: 0997771681

Firma: _____



Andrés Paredes Mejía. - Nació en Quito Ecuador en 1995. Está en proceso de obtener el título de ingeniería eléctrica especialización en potencia, en la Universidad Técnica de Cotopaxi, actualmente cruza el curso de 10^o A”.

PROPONENTE 1

Email: andres.34@hotmail.es

Telf.: 0983888578

Firma: _____



Lenin Villavicencio Novillo. – Nació en Quevedo Ecuador en 1995. Está en proceso de obtener el título de ingeniería eléctrica especialización en potencia, en la Universidad Técnica de Cotopaxi, actualmente cruza el curso de 10^o A”.

PROPONENTE 2

Email: leninmar1995@hotmail.com

Telf.: 0997178621

Firma: _____

Anexo 2. ENCUESTA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERA ELÉCTRICA



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

Cuestionario de beneficiarios de la comunidad Maca Atápulo

- Responda según considere su respuesta;

Indique la dirección donde se encuentra ubicada su vivienda.

.....

Indique el número de integrantes que tiene su familia:

.....

- Rellene el cuadrado según considere su respuesta;

Su vivienda es:

Propia

Arrendada

Otro

Indique su posición dentro de la escala familiar:

Padre de familia

Madre de familia

Hijo/a

Otros

Usted se considera:

Blanco

Afrodescendiente

Mestizo

Indio

Mulato

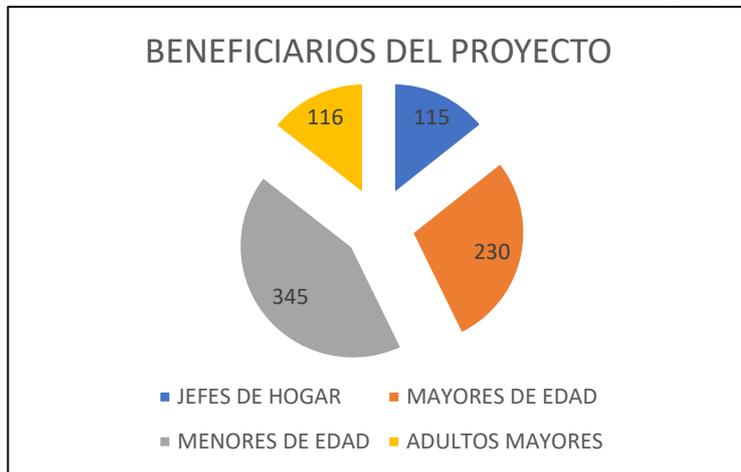
Anexo 3. BENEFICIARIOS

Tabla A3.1. Beneficiarios del proyecto.

BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	
JEFES DE HOGAR	115
MAYORES DE EDAD	230
MENORES DE EDAD	345
ADULTOS MAYORES	116
TOTAL, BENEFICIARIOS	691

[Autores].

Figura A3.1. Resultado encuestas de beneficiarios del proyecto.



[Autores].

Tabla A3.2. Tablas características de la población.

DESCENDENCIA		
INDIO	JEFE DE FAMILIA	
100%	115	
TIPO DE VIVIENDA POR FAMILIA		
PROPIA	ARRENDADA	OTRO
621	40	30

[Autores].

Figura A3.2. tipo de vivienda por familia.



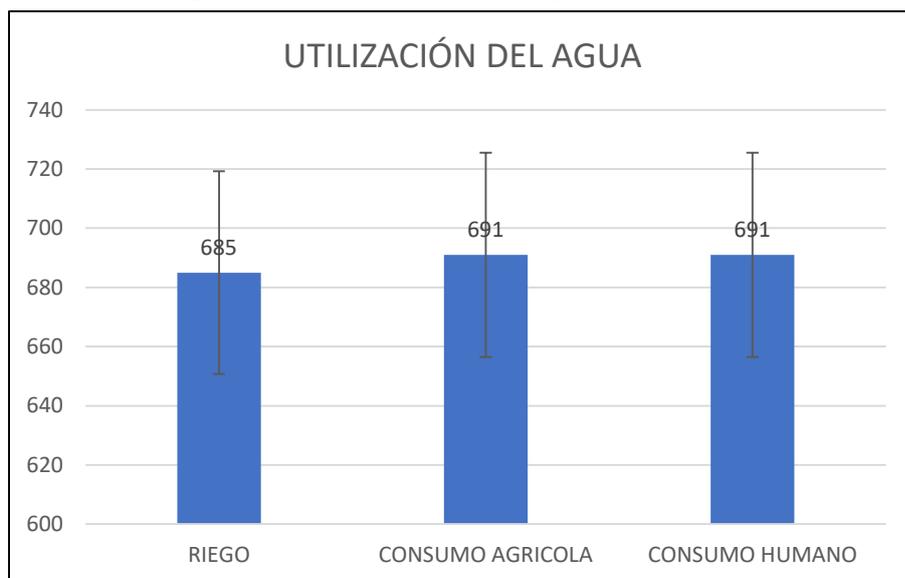
[Autores].

Tabla A3.3. Características de utilización del agua.

UTILIZACIÓN DEL AGUA		
RIEGO	CONSUMO AGRICOLA	CONSUMO HUMANO
685	691	691

[Autores].

Figura A3.3. Utilización del agua.



[Autores].

Anexo 4. IMÁGENES

Figura A1. Ubicación geográfica Cerros de Milin.



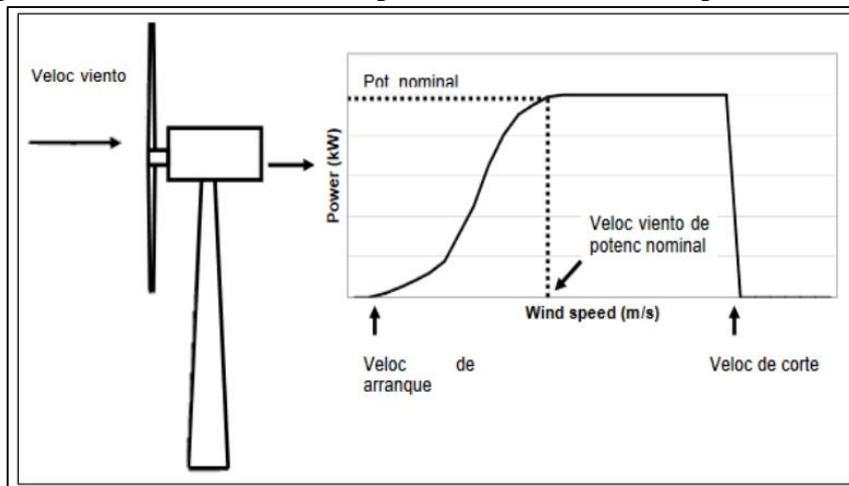
Fuente [Google Earth].

Figura A2. Parque Villonaco ubicado en Loja – Ecuador.



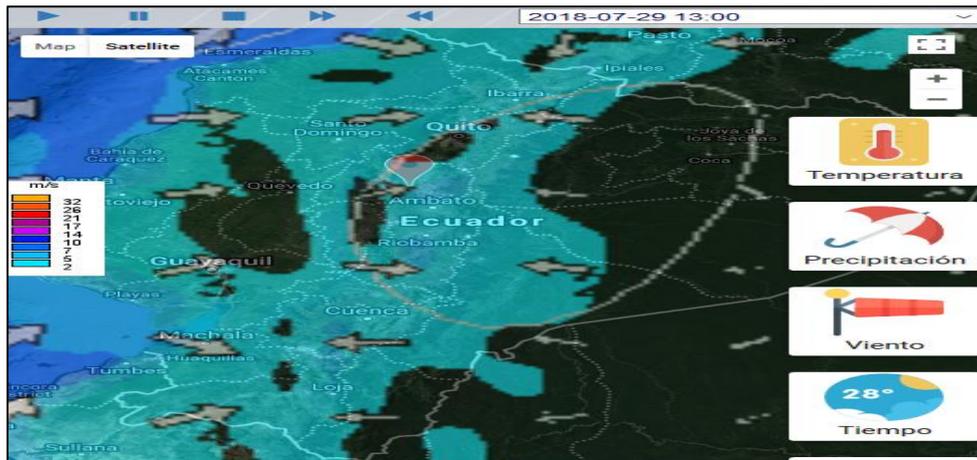
Fuente. [E. RENOVABLE].

Figura A3. Paso de velocidad a potencia eléctrica (curva potencia – velocidad).



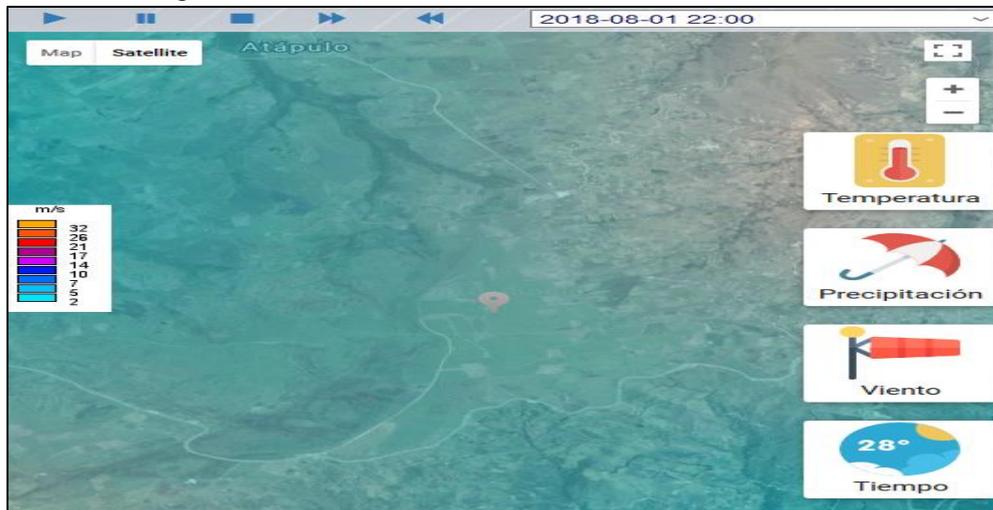
Fuente [HULSHORTS].

Figura A4. Velocidades del viento Ecuatoriano.



Fuente. [INAMHI].

Figura A5. Velocidad del viento en los cerros de Milin.



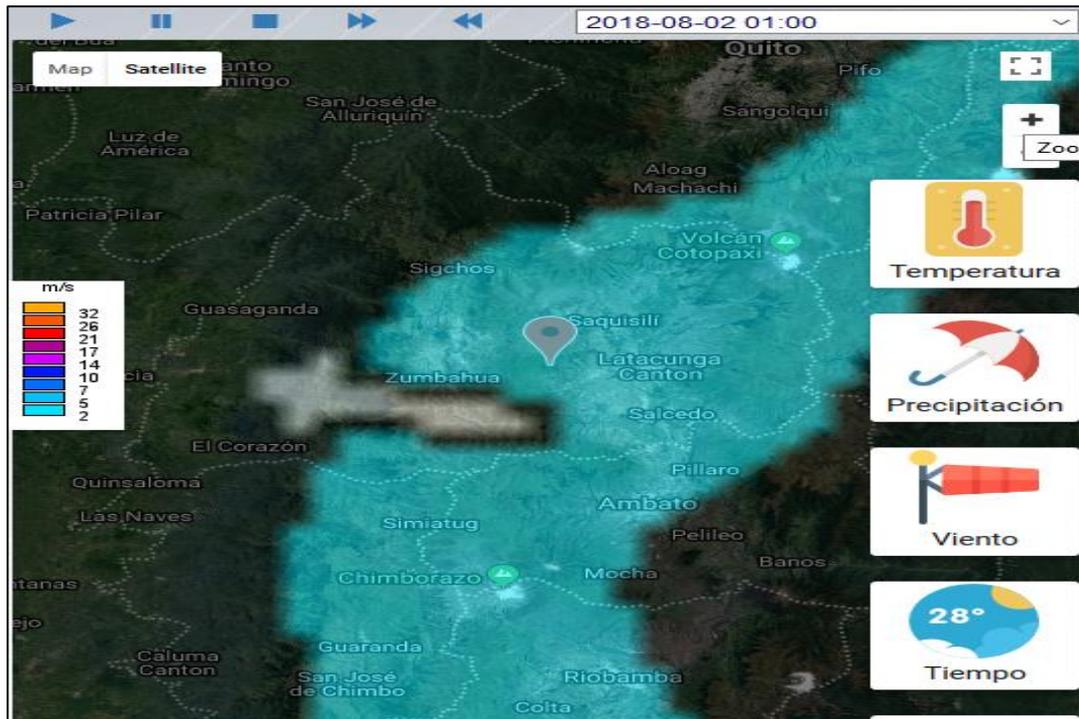
Fuente. [INAMHI].

Figura A6. Ubicación de estación de monitoreo meteorológico del INAMHI.



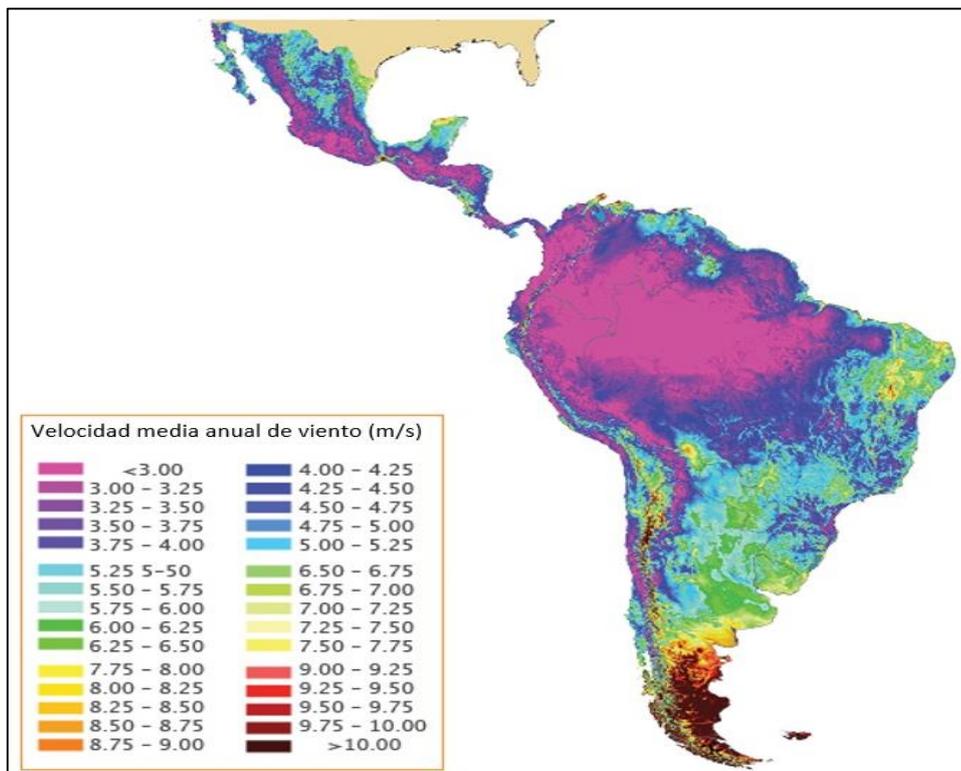
Fuente. [INAMHI].

Figura A7. Velocidades de viento en la provincia de Cotopaxi.



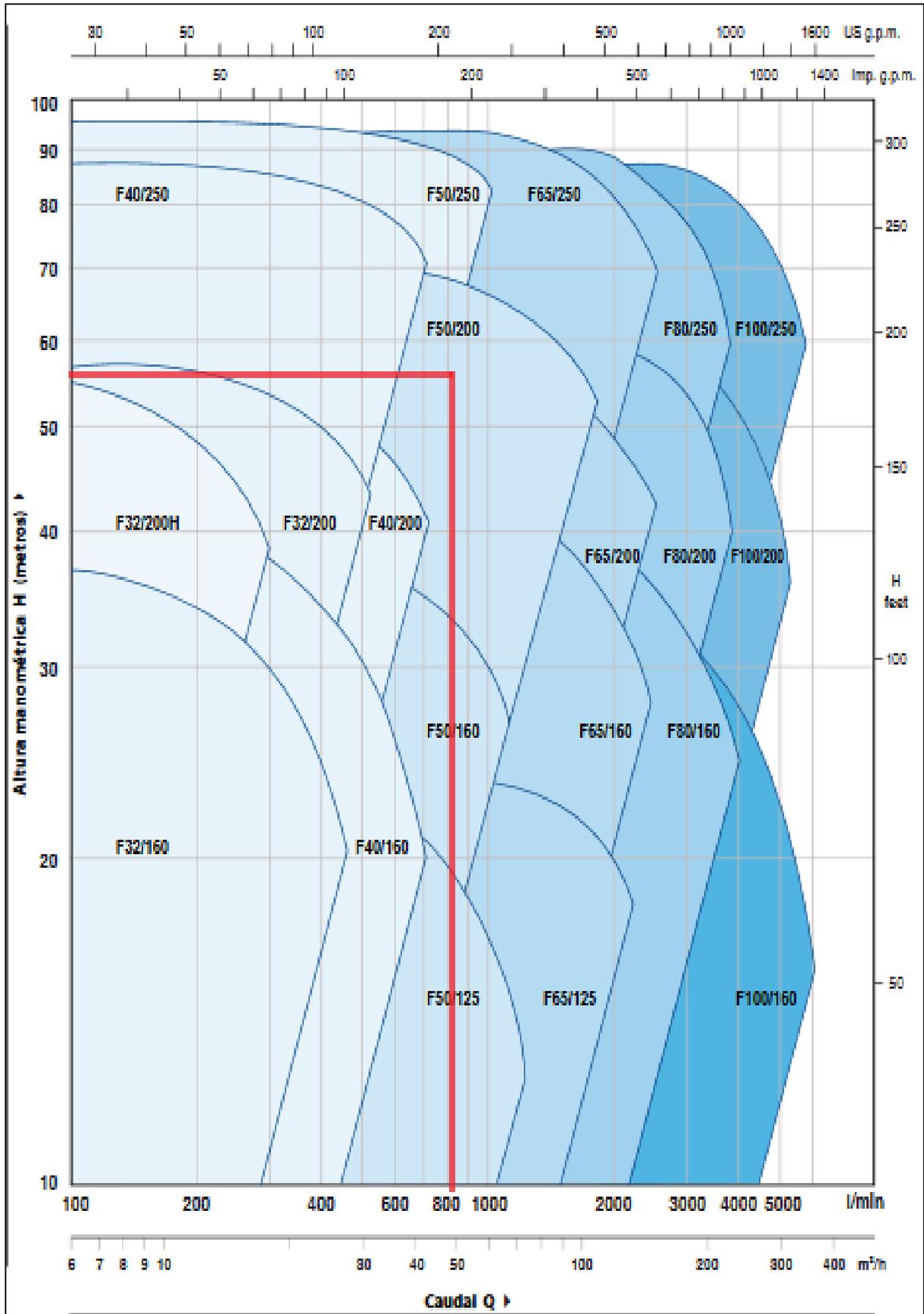
Fuente. [INAMHI].

Figura A8. Recursos eólicos de América latina continental.



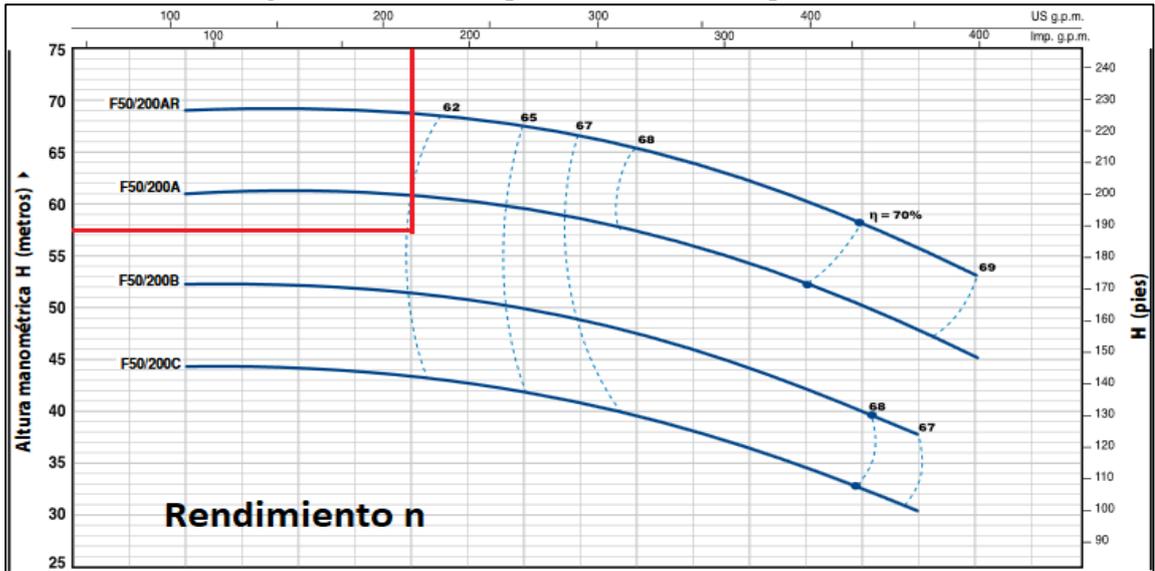
Fuente. [CASAL].

Figura A9. Cuadro para selección del tipo de bomba.



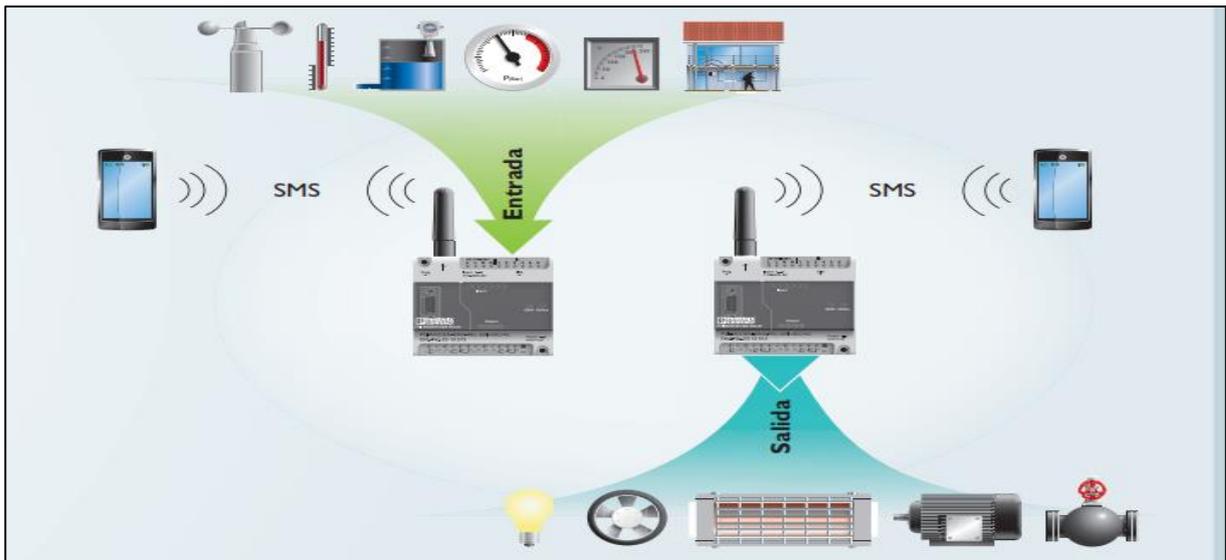
Fuente. [Manual de PEDROLLO].

Figura A10. Curva típica de rendimiento para bombas.



Fuente. [Manual de bombas PEDROLLO].

Figura 11. Sistema compacto de control de bombeo vía Wireless.



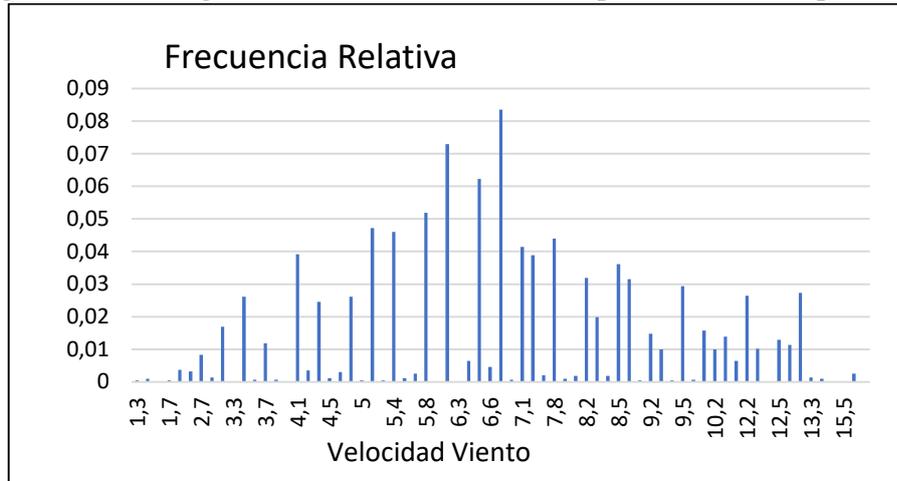
Fuente. [NEOVIS].

Figura A12. Sistema de control de nivel con sensores WF.902. (a) y (b)



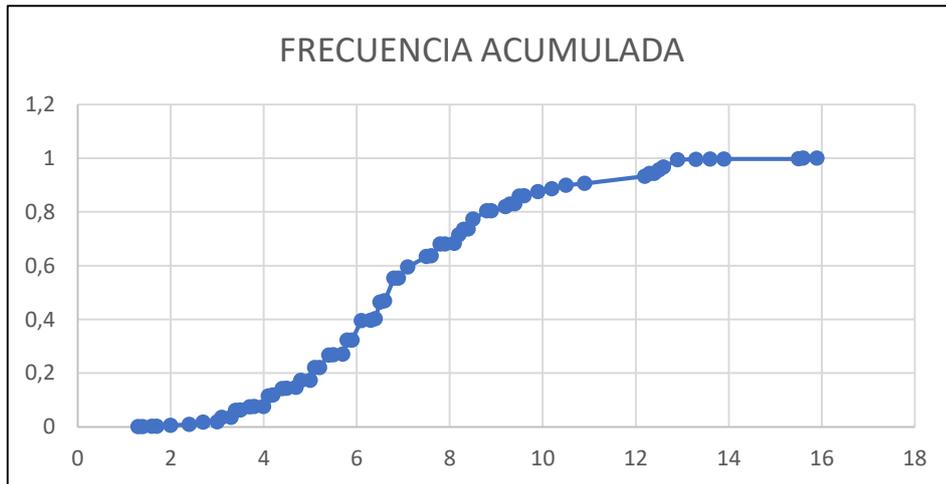
Fuente. [NEOVIS].

Figura A13. histograma de frecuencias relativas para el mes de septiembre.



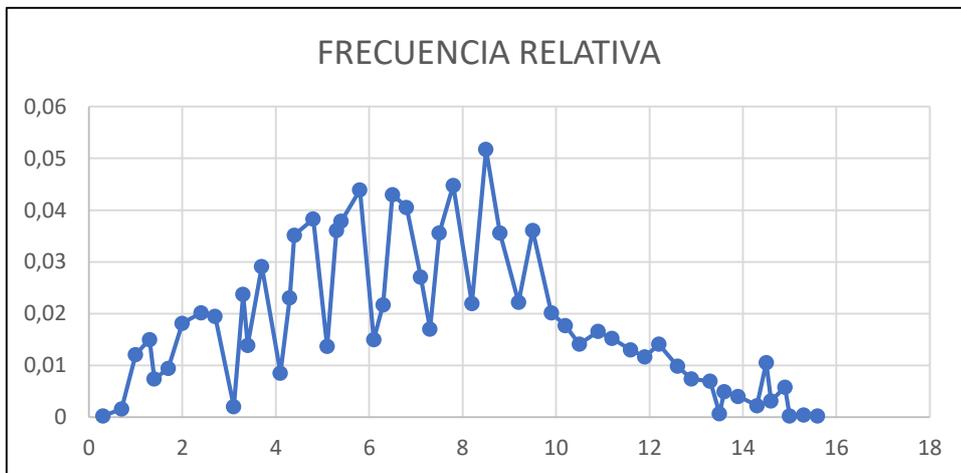
[AUTORES].

Figura A14. Frecuencias relativas acumuladas para el mes de septiembre.



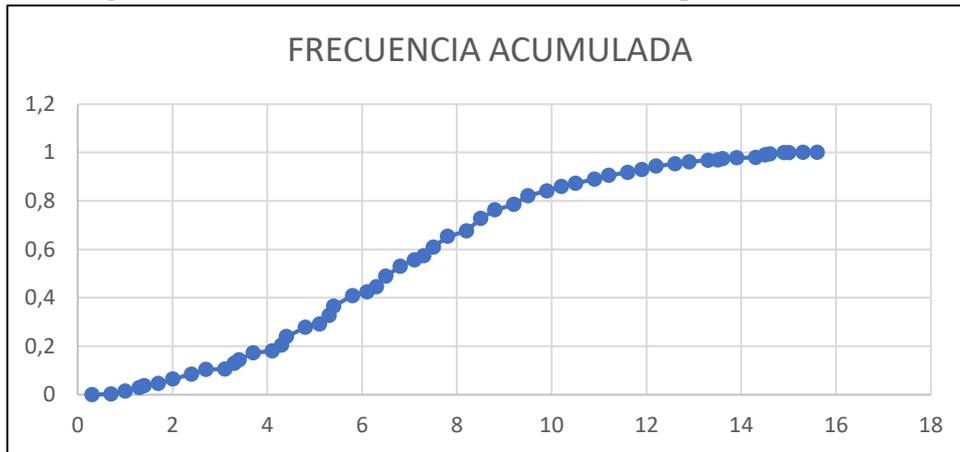
[AUTORES].

Figura A15. histograma de frecuencias relativas para el mes de octubre.



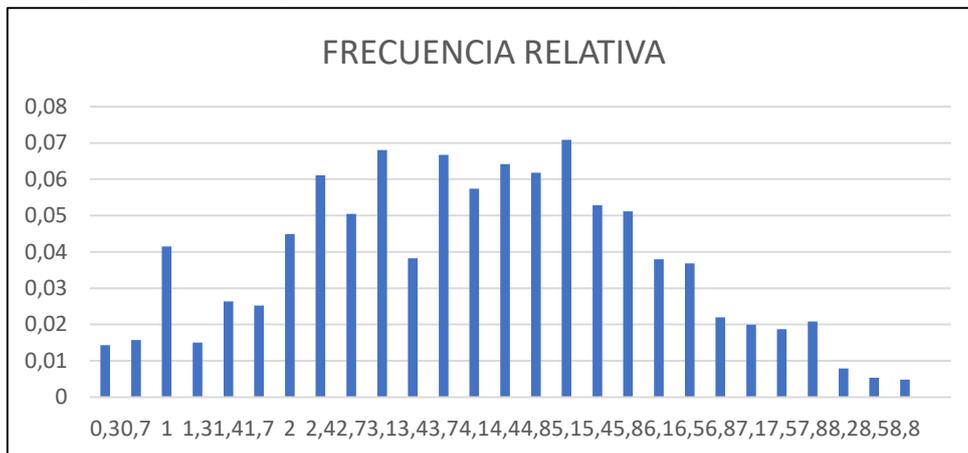
[AUTORES].

Figura A16. Frecuencias relativas acumuladas para el mes de octubre.



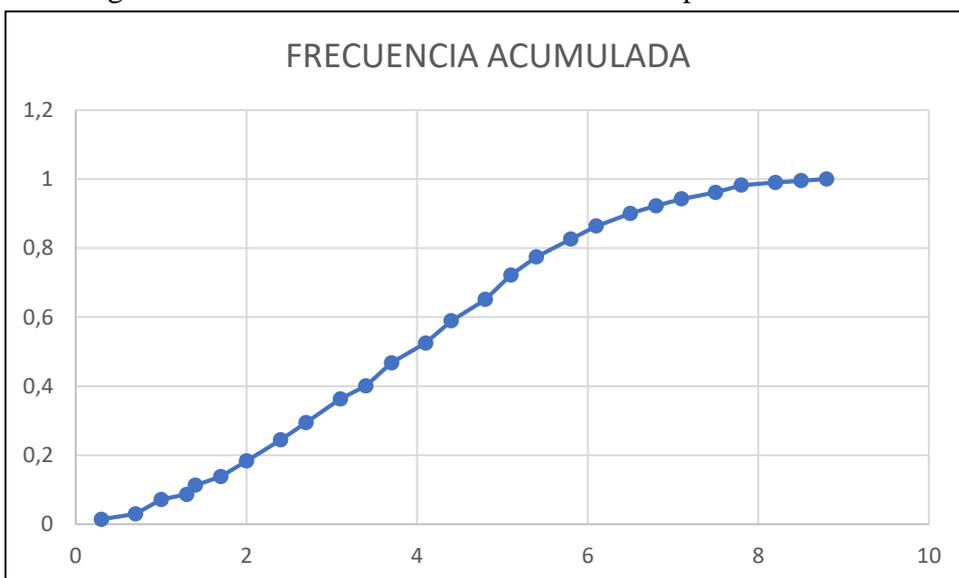
[AUTORES].

Figura A17. histograma de frecuencias relativas para el mes de noviembre.



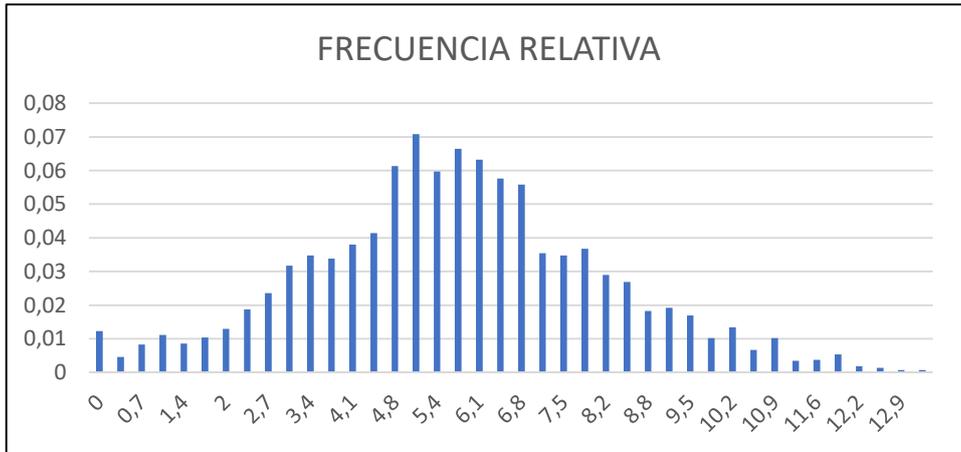
[AUTORES].

Figura A18. Frecuencias relativas acumuladas para el mes de noviembre.



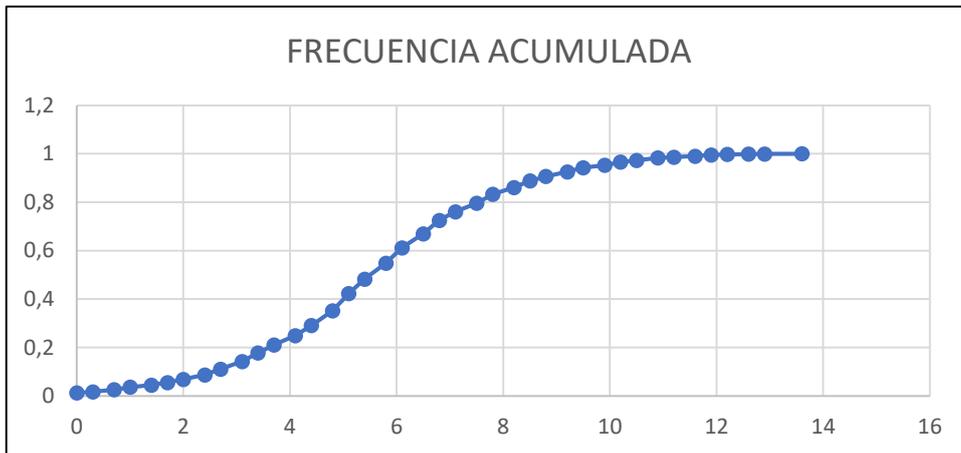
[AUTORES].

Figura A19. histograma de frecuencias relativas para el mes de diciembre.



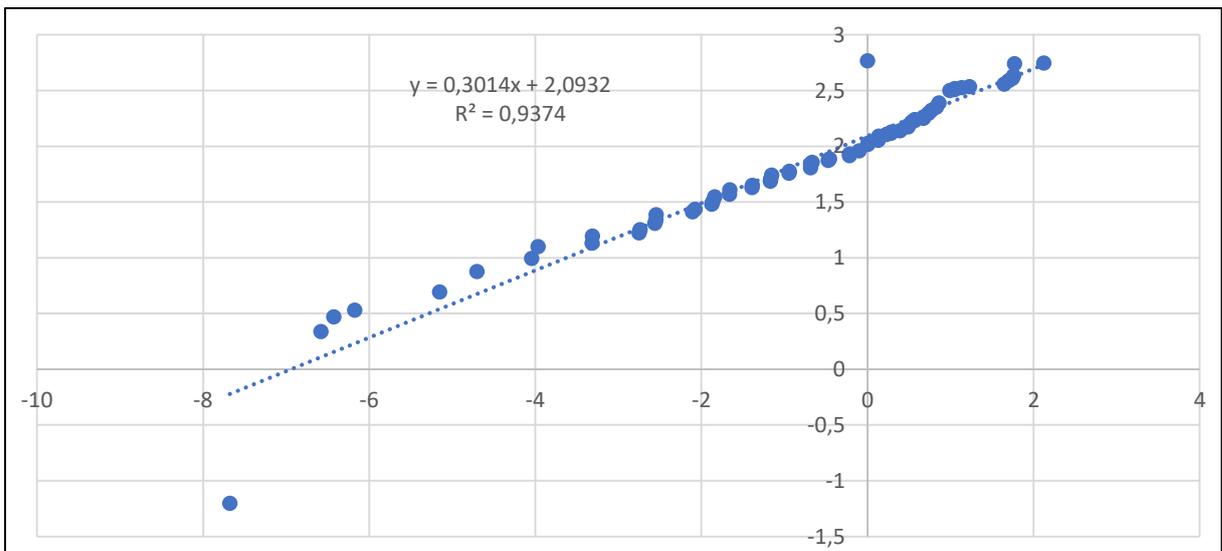
[AUTORES].

Figura A20. Frecuencias relativas acumuladas para el mes de diciembre.,



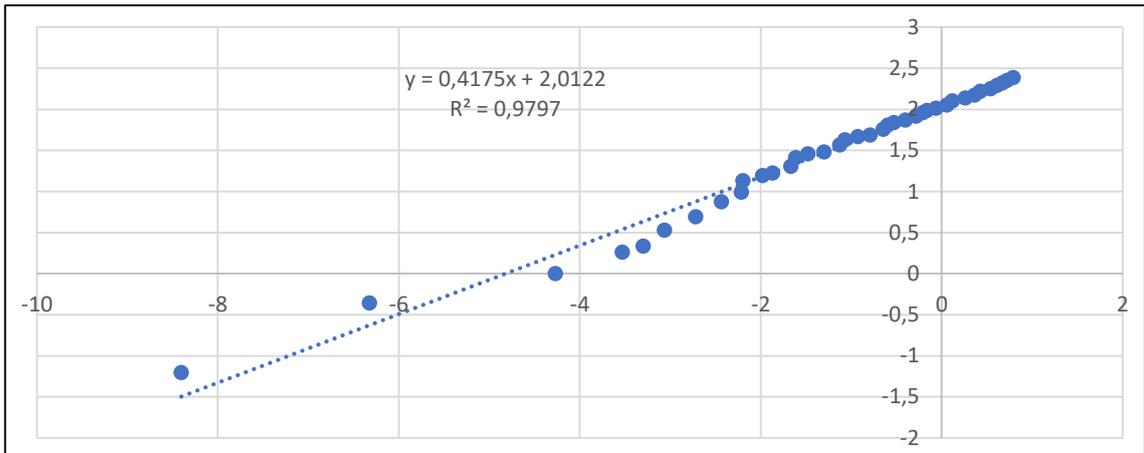
[AUTORES].

Figura A21. Pendiente para el parámetro K correspondiente al mes de septiembre.



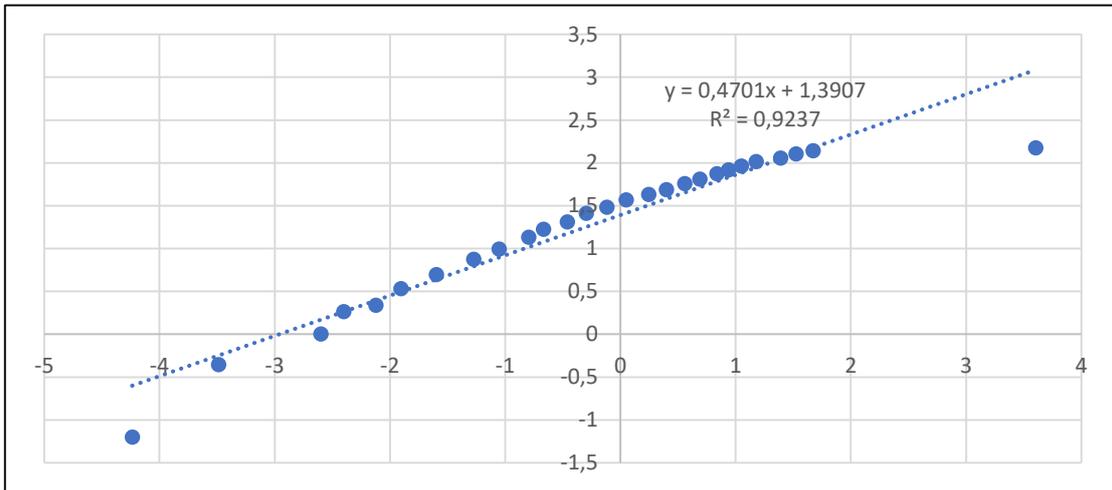
[AUTORES].

Figura A22. Pendiente para el parámetro K correspondiente al mes de octubre.



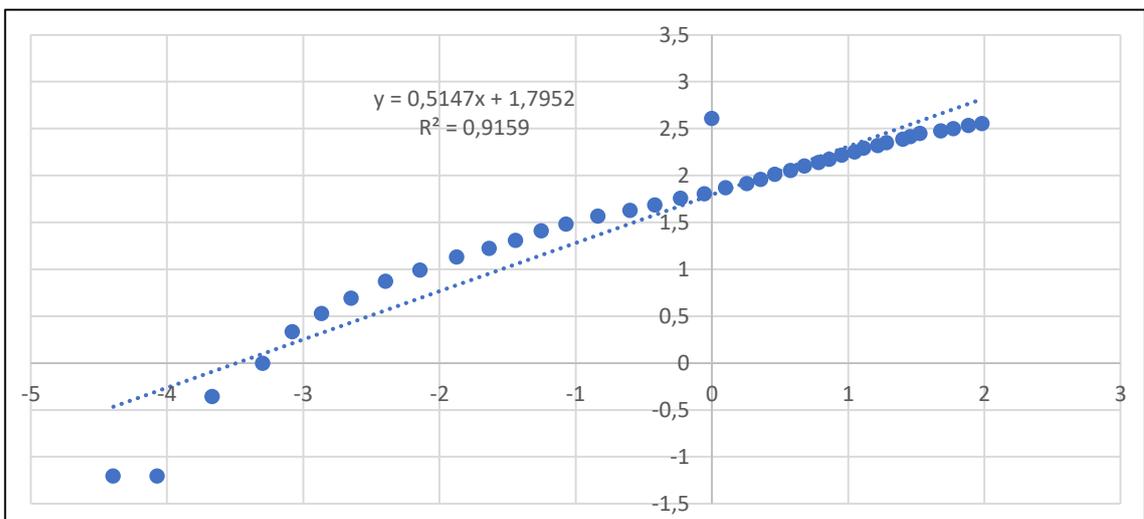
[AUTORES].

Figura A23. Pendiente para el parámetro K correspondiente al mes de noviembre.



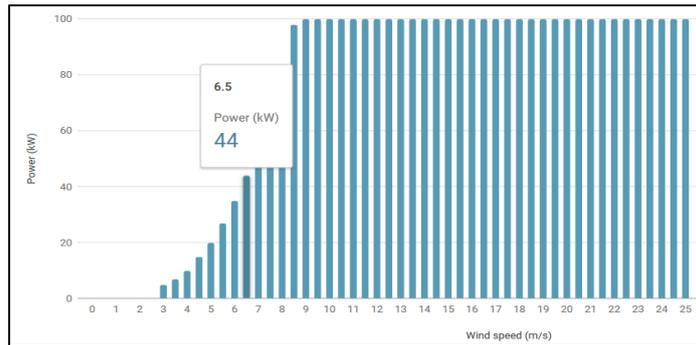
[AUTORES].

Figura A24. Pendiente para el parámetro K correspondiente al mes de diciembre.



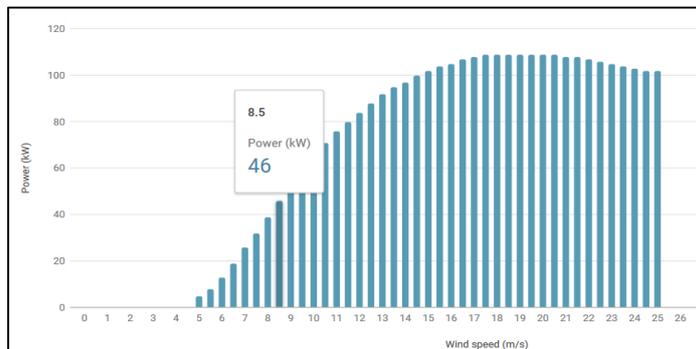
[AUTORES].

Figura A25. curva de potencia para aerogenerador marca Electria Wind de 100 kW.



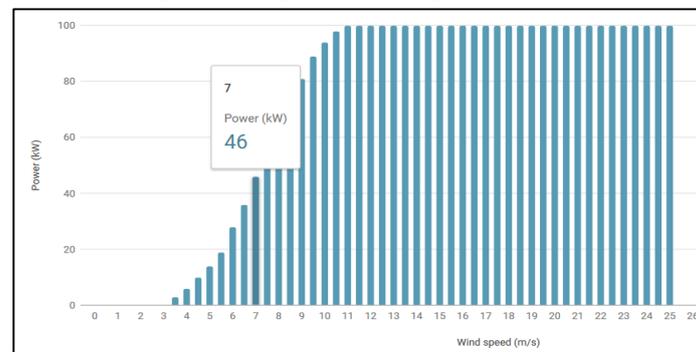
Fuente [WindPower].

Figura A26. Curva de potencia para el aerogenerador modelo Vestas de 100 kW.



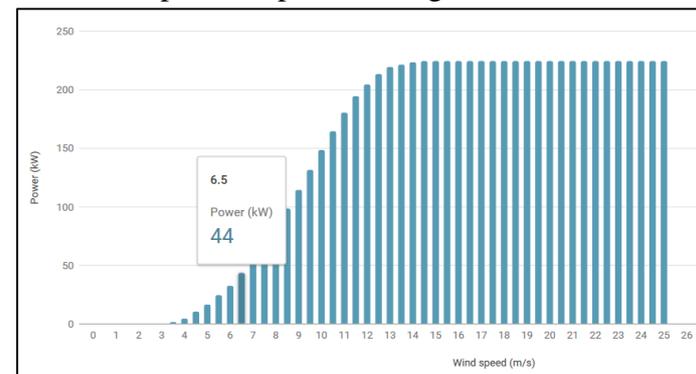
Fuente [WindPower].

Figura A27. curva de potencia para el aerogenerador modelo ADES de 100 kW.



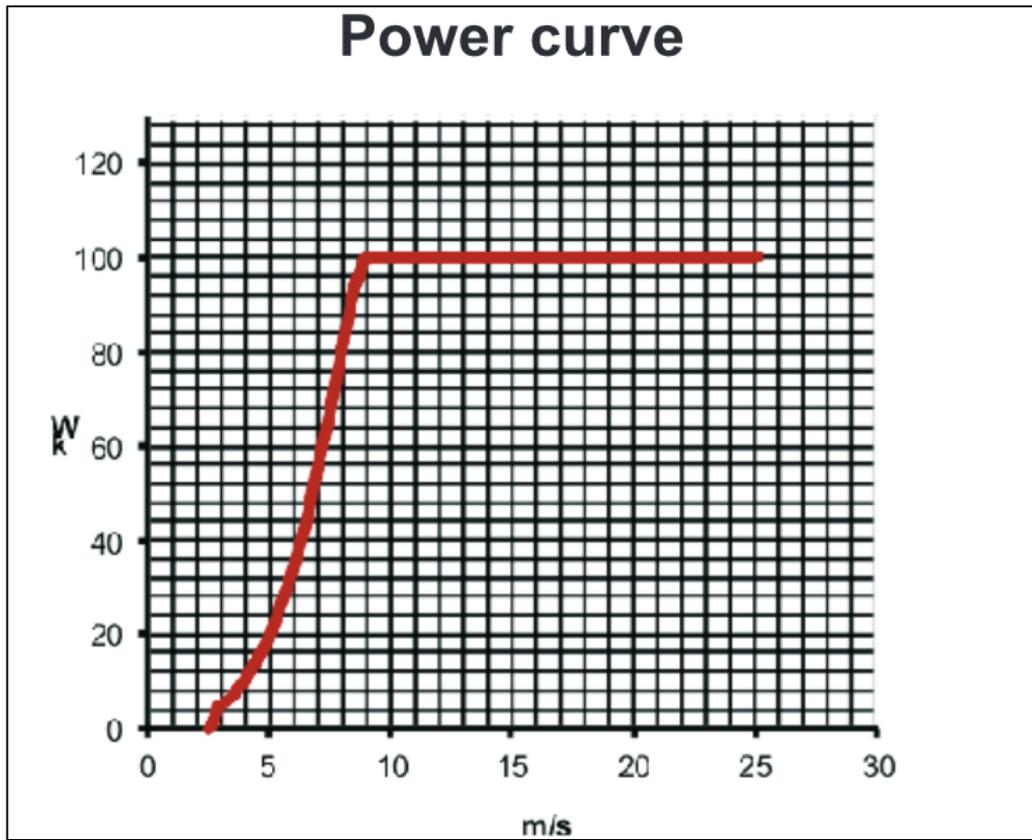
Fuente [WindPower].

Figura A28. curva de potencia para el aerogenerador modelo ACSA de 225 kW.



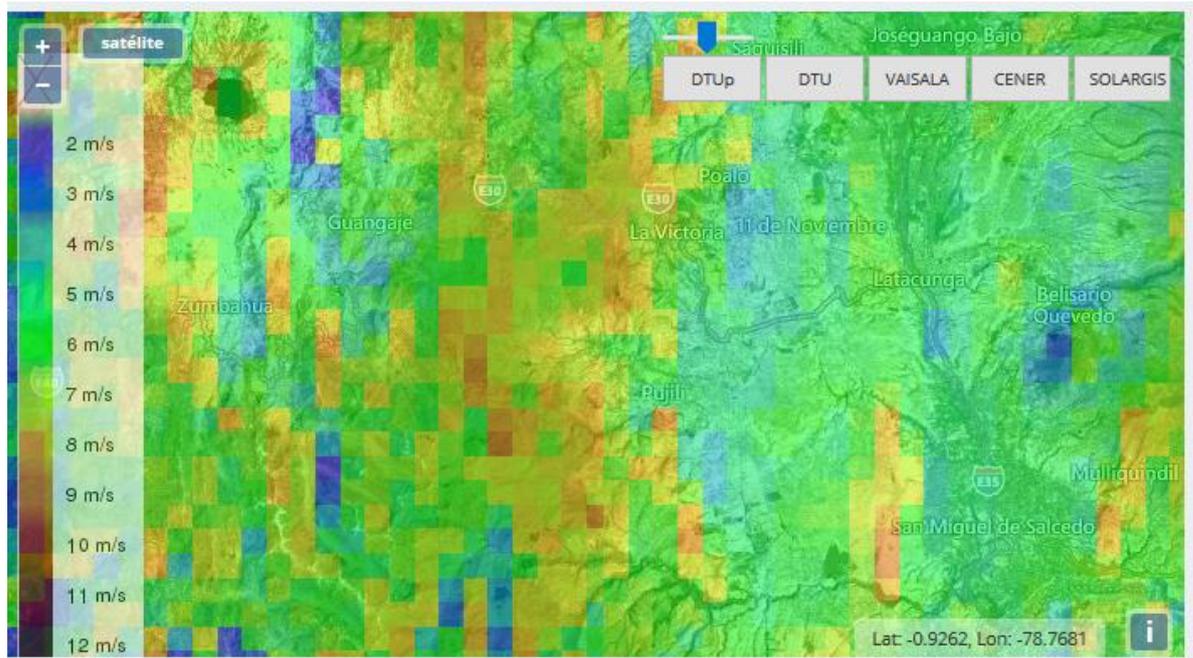
Fuente [WindPower].

Figura A29. Curva de potencia para el modelo de generador propuesto.



Fuente. [ElectriaWind].

Figura A30. Mapa eólico de Cotopaxi.



Fuente. [ENAIR].

Figura A25. Visita de campo al lugar de trabajo.



[AUTORES].

Figura A26. Lugar establecido para recurso hídrico.



[AUTORES].

Figura A27. Visita de campo al lugar de trabajo.



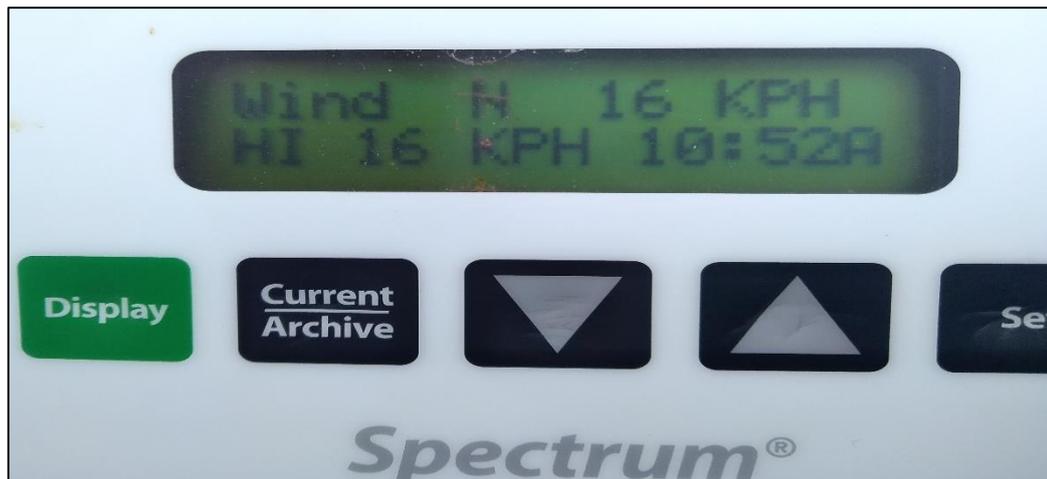
[AUTORES].

Figura A28. Recurso hídrico disponible para la estación de bombeo.



[AUTORES].

Figura A29. Velocidad del viento obtenida con la estación meteorológica WatchDog.



Fuente [WatchDog].

Figura A30. Visita de campo al lugar de trabajo.



[AUTORES].

Figura A31. Lugar establecido para recurso hídrico.



[AUTORES].

Figura A32. Visita de campo al lugar de trabajo.



[AUTORES].

Figura A33. Torre puesta para obtención de datos.



[AUTORES].

Figura A34. Datos técnicos para aerogenerador propuesto.



GARBI 100/28

Aerogeneratore di Media Potenza | Medium Power Wind Turbine
Sincrono / Magneti Permanenti | Synchronous / Permanent Magnet
Regolazione Attiva del Passo | Pitch Control
Invertitore "Full Power" | Full Power Converter

- **Progetto secondo specifiche IEC / Germanischer Lloyd | Design according to IEC / Germanischer Lloyd**
- **Controllo della potenza attiva / reattiva | Active - Reactive power control**
- **Filtri di Soppressione Armoniche secondo norme IEC | Harmonic Filters according to IEC**
- **Protezione Antifulmini | Lightning system protection**
- **Controllo Remoto Opzionale | Remote control available**
- **Basso Livello di Rumorosità | Low noise emission**

■ DATI GENERALI | GENERAL DATA

Potenza Nominale | Grid power 100 kW
 Classe di Vento | Wind class IEC IIIA / IIA
 Diametro del Rotore | Rotor diameter 28 m
 Altezza Navicella | Hub height 35 m
 (all'asse del Rotore)
 Vel. di Avviamento | Cut-in wind speed 2.5 m/s
 Vel. Potenza Nominale | Rated wind speed 9.0 m/s
 Vel. di Arresto | Cut-off wind speed 25.0 m/s

■ ROTORE | ROTOR

Numero di Pale | Number of blades 3
 Orientamento | Position Contravento | Upwind
 Modello Pala | Blade model WN135 (Progettazione Interna)
 (non design)
 Lunghezza Pala | Length 13.5 m
 Velocità di Rotazione | Rotor velocity 47.7 r.p.m.
 Controllo del Passo | Control:
 Regolazione Collettiva con Azionamento Idraulico
 Collective pitch with hydraulic cylinder

■ NAVICELLA | NACELLE

Struttura in Acciaio | Steel main structure
 Peso appross. | Weight 11,500 kg (albero incluso)
 (shub included)
 Controllo Attivo dell'Imbardata con 3 motoriduttori
 Active yaw by 3 motorgears

■ GENERATORE | GENERATOR

Sincrono / Magneti Permanenti | Synchronous / Permanent Magnet
 Tensione in Uscita | Voltage 400 V
 Vel. di Rotazione | Generator rated veloc. 470 r.p.m.
 Frequenza di Generazione | Frequency 5-35 Hz
 Fabbricante | Manufacturer ABB

■ INVERTITORE | CONVERTER

Full Power | Full Power
 Quattro Quadranti | Four parts
 Moduli IGBT | IGBT Modules
 Tensione in uscita | Output 400 V / 50 Hz
 Controllo diretto della Coppia | Torque direct control
 Fabbricante | Manufacturer ABB

■ TORRE | TOWER

Altezza | Height 34.3 m
 Design | Design Cilindrica 3 sezioni
 3 cylindrical sections
 Diametro | Diameter: 1.200 mm
 Peso Appross | Weight 16,600 kg

■ MOLTIPLICATORE DI GIRI | GEARBOX

Stadi | Stages 2 in Parallelo | parallel ones
 Fattore di Moltiplicazione | Ratio 9.85
 Senza Circuito di Raffreddamento | No cooling circuit

Valori curva di potenza
Power curve data

m/s	kW	m/s	kW
2,5	0	7,5	68
3	5	8	82
3,5	7,5	8,5	97,5
4	10	9	100
4,5	15	9,5	100
5	20	10	100
5,5	27	10,5	100
6	35	11	100
6,5	44	20	100
7	55	25	100

Fuente. [Electria Wind].

Figura A35. Minga para colocación de torre en lugar de estudio



[AUTORES].

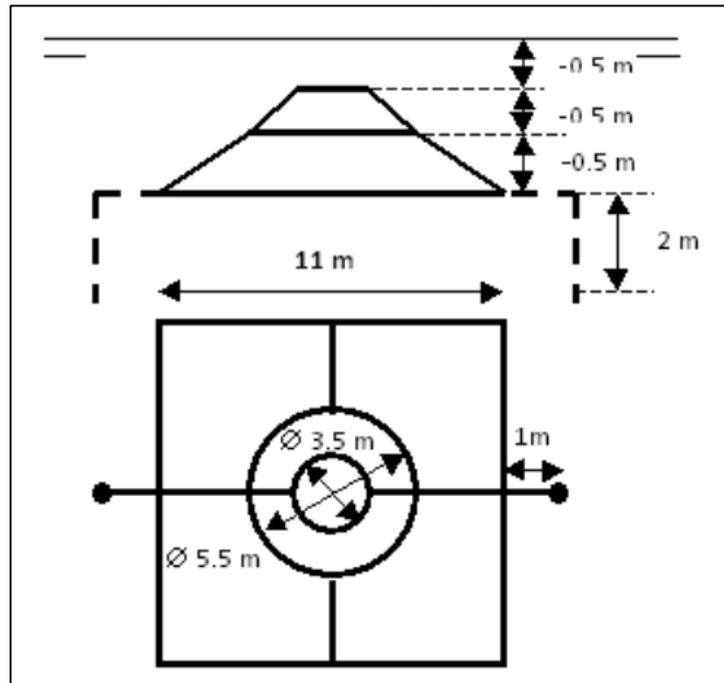
Fi

Figura A36. Torre puesta para estudio de potencial eólico



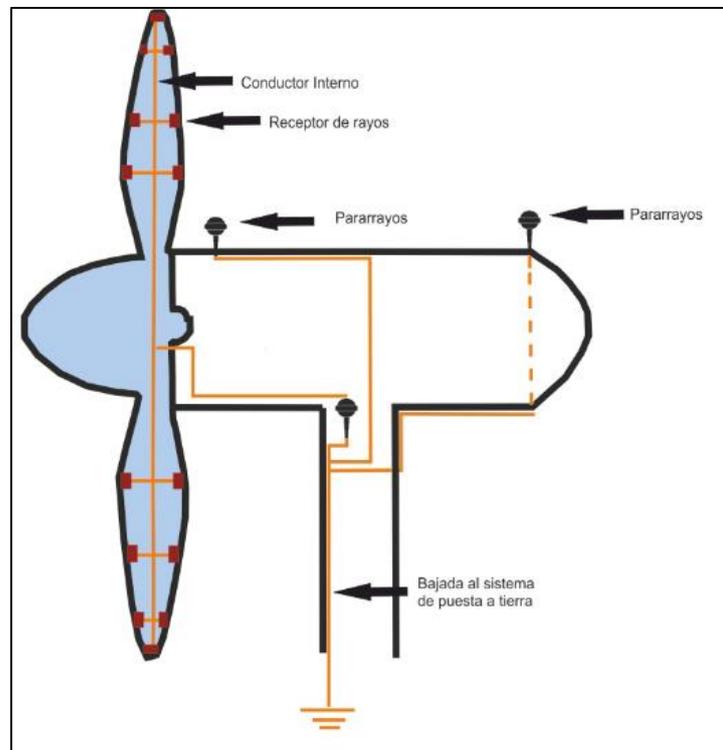
[AUTORES].

Figura A37. Diseño de puesta a tierra.



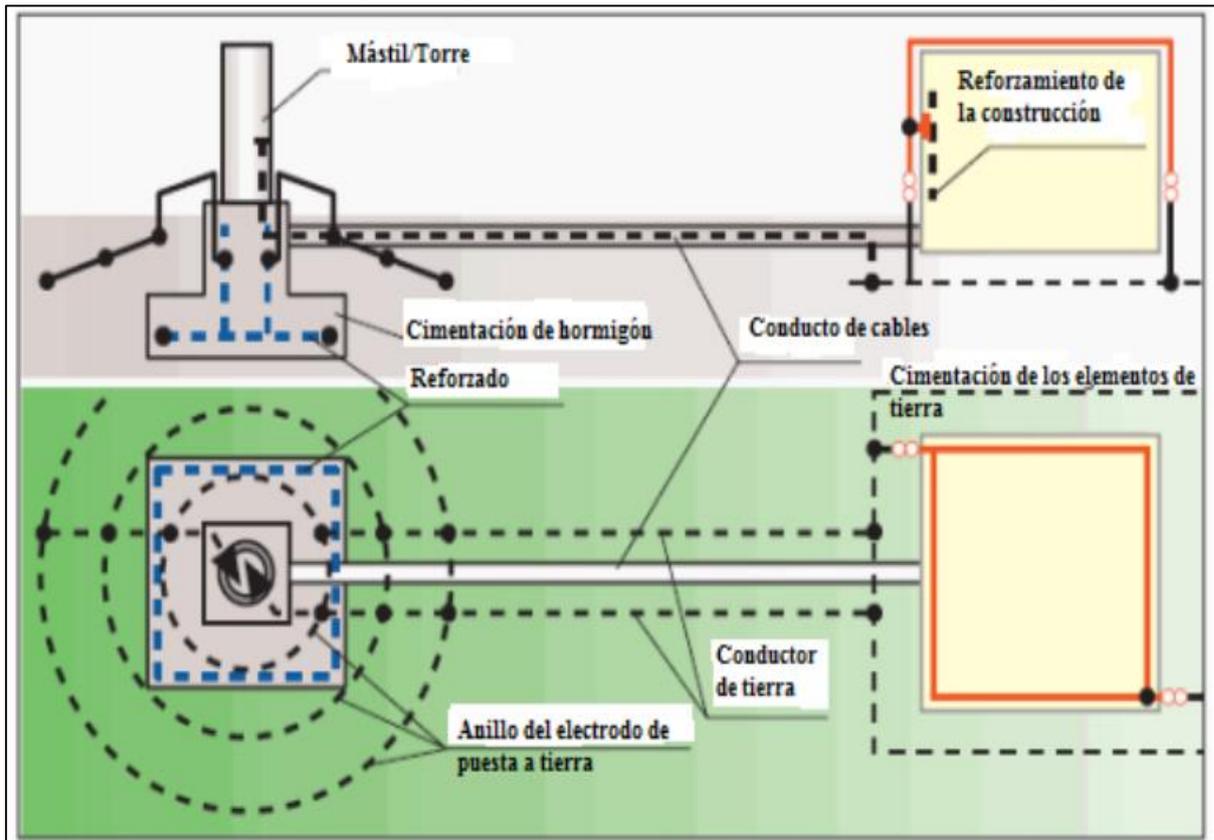
Fuente. [TESICNOR].

Figura A38. Conexión de aerogenerador a tierra.



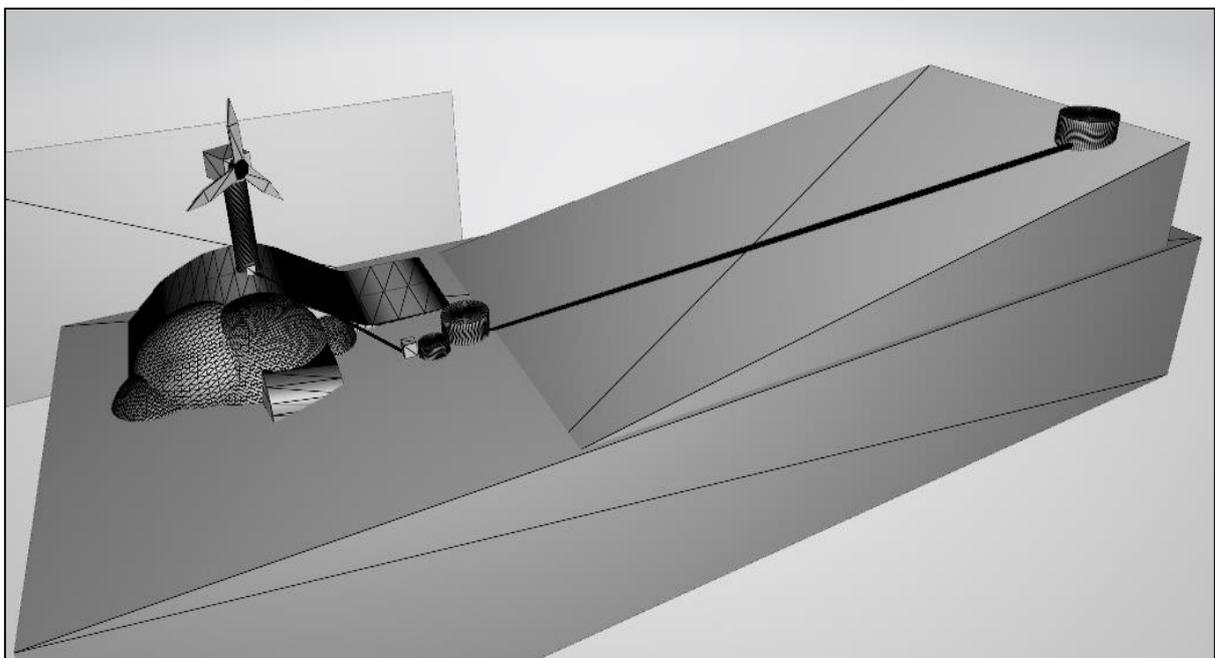
Fuente [TESICNOR].

Figura A39. Elementos que componen el sistema de puesta a tierra de un aerogenerador



Fuente. [TESICNOR].

Figura A40. Propuesta de sistema de bombeo alimentado con generación eólica.



[AUTORES].

Figura A41. Datos técnicos del inversor.

Entrada	
Voltaje	208-480 V \pm 10% (o cualquier LV y MV con un transformador estándar)
Sistema de Poder	3 fases
Frecuencia	50 Hz o 60 Hz
Rango de Frecuencia	\pm 5 Hz
Voltaje máximo continuo	110%
Capacidad de sobrecarga	150% por 30 segundos
Categoría de Sobretensión	III
Eficiencia	95% típica.
Distorsión armónica	< 3% THDi (a carga nominal)
Factor de potencia	Unidad (ajustable)

Salida	
Rango de Capacidad	125 kVA a 2000 kVA (Aumento de capacidad con unidades en paralelo)
Voltaje	208-480 V (o cualquier LV y MV con un transformador estándar)
Frecuencia	50 o 60 Hz
Distorsión armónica de voltaje	< 2.5% THDv (carga lineal)
Capacidad de sobrecarga	120% por 10 min 150% por 30 s
Límite en cortocircuito	200% por 0.5 s
Precisión de Voltaje	+/- 1%
Precisión de Frecuencia	+/- 0.1%

Fuente. [ABB].

Figura A42. Certificados y normativas para módulo de protección DVCAS.



Normas americanas

La celda DVCAS cumple con las siguiente normativa americana, certificada por UL (Underwriter Laboratories):

Norma	Especificación
IEEE C37.06-2000	Guide for High-Voltage Circuit Breakers Rated on Symmetrical Current Basis Designated "Definite Purpose for Fast Transient Recovery Voltage Rise Times.
IEEE C37.09-1999	Standard Test Procedure for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis
IEEE C37.010-1999	(R 2005), IEEE Application Guide for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis
ANSI C37.54-2002	Indoor Alternating Current High-Voltage Circuit Breakers Applied as Removable Elements in Metal-enclosed Switchgear – Conformance Test Procedures
IEEE C37.20.3-2001	Metal-enclosed Interrupter Switchgear
IEEE C37.20.4-2001	Indoor AC Switches (1 kV–38 kV) for Use in Metal - Enclosed Switchgear.
C37.57-2003 NEMA	Switchgear—Metal-Enclosed Interrupter Switchgear Assemblies—Conformance Testing.
C37.58-2003 NEMA	Switchgear—Indoor AC. Medium Voltage Switches for Use in Metal-Enclosed Switchgear Conformance Test Procedures
IEEE 1247-1998	Interrupter Switches for Alternating Current, Rated Above 1000 V
NFPA 70-2005	National Electrical Code (the NEC)

Normas canadienses

Norma	Especificación
C22.2 No. 31-04	Switchgear assemblies
C22.2 NO. 58-M1989	High-Voltage Isolating Switches
C22.2 No. 193-M1983 Reaffirmed 2004	High Voltage Full-Load Interrupter Switches

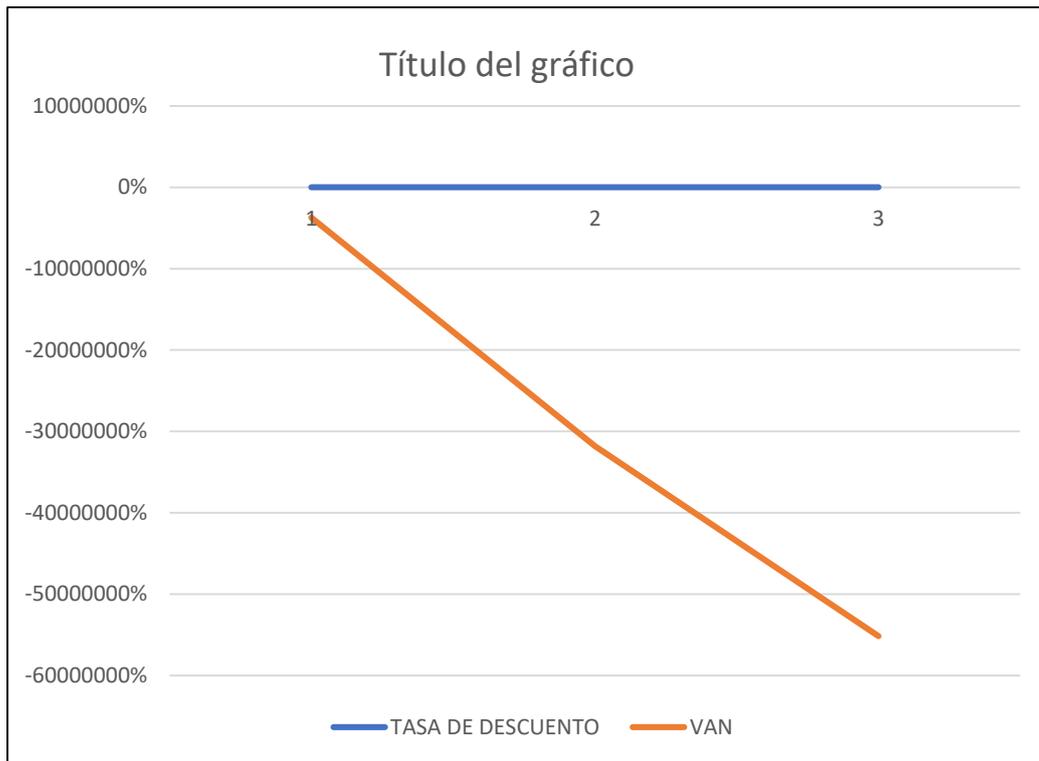
Fuente. [DVCAS].

Figura A43. Baterías de ion-litio.



Fuente. [INTERNET].

Figura A44. Representación de la rentabilidad.



[AUTORES].

Figura A45. Baterías ROLLS de 210 Ah 12 v



Fuente. [ROLLS].

Anexo 5. TABLAS

Tabla T1. Requisitos en agua en galones por día para diferentes especies.

ESPECIE	GALONES POR DÍA
Humano	100 por persona
Ganado -res	7 - 12 por cabeza
Ganado vacuno	10 - 16 por cabeza
Caballos	8 - 12 por cabeza
Puercos	3 - 5 por cabeza
Ovejas y cabras	1 - 4 por cabeza
Pollos	8-10 por cabeza cada 100 aves
Pavos	10 -15 por cabeza cada 100 aves

Fuente. [UNATSABAR].

Tabla T2. Estimación del valor α para distintos terrenos.

Tipo de terreno	α
Liso (mar, arena, nieve)	0.10 – 0.13
Rugosidad moderada (hierba, cultivos)	0.13 – 0.2
Rugoso (bosques, edificaciones)	0.20 – 0.27
Muy rugoso	(0.27 – 0.40)

Fuente. [CORTEZ].

Tabla T3. Equivalentes de la escala Beaufort.

Número Beaufort	Velocidad (km/h)	Denominación
0	<1	Calma
1	2 ; 5	Ventolina
2	6 ; 11	Flojo (Brisa muy débil)
3	12 ; 19	Flojo (Brisa débil)
4	20 ; 28	Bonancible (Brisa moderada)
5	29 ; 38	Fresquito (Brisa fresca)
6	39 ; 49	Fresco (Brisa fuerte)
7	50 ; 61	Frescachón (Viento fuerte)
8	62 ;74	Temporal (Viento duro)
9	75 ; 88	Temporal fuerte (Muy duro)
10	89 ; 102	Temporal duro (Temporal)
11	103 ; 117	Temporal muy duro (Borrasca)
12	> 118	Temporal huracanado (Huracán)

Fuente. [MEER].

Tabla T4. Variación de la densidad, temperatura y presión con la altitud en una atmósfera estándar.

Altitud (m)	Temperatura (°C)	Presión (hPa)	Densidad (kg/m ³)
0	15.0	1013.2	1.225
100	14.3	1001.3	1.213
200	13.7	989.5	1.202
300	13.0	977.73	1.190
400	12.4	966.11	1.179
500	11.7	954.6	1.167
1000	8.5	898.7	1.112
2000	2.0	794.9	1.007
3000	-4.5	701.1	0.909
4000	-11.0	616.4	0.819
5000	-17.5	540.2	0.736

Fuente. [MEER].

Tabla T5. Clases y longitudes de rigurosidad.

Clases de Rigurosidad	Longitud de Rigurosidad	Uso del Suelo
0	0.0002	superficie de agua en calma
0.5	0.0024	terreno abierto con superficie lisa: pistas de hormigo en los aeropuertos césped. etc.
1	0.03	área agrícola abierta sin cercados ni setos y con edificios muy dispersos
1.5	0.055	terreno agrícola con algunas cosas y cercada de hasta 8 metros de alturas separados por más de 1 Km
2	0.1	terreno agrícola con algunas cosas y cercada de hasta 8 metros de alturas separados aproximadamente 500m
2.5	0.2	terreno agrícola con algunas cosas y cercada de hasta 8 metros de altura separados por aproximadamente 250 m.
3	0.4	ciudades, villas, terrenos agrícolas con muchos cercados o muy altos. Bosques.
3.5	0.6	grandes ciudades con edificios altos
4	1.6	ciudades muy grandes con edificios altos y rascacielos

Fuente. [MEER].

Tabla T6. Potencial eólico de la provincia de Cotopaxi.

POTENCIAL EÓLICO-ELÉCTRICO DEL ECUADOR									
POTENCIAL FACTIBLE A CORTO PLAZO									
POTENCIAL INTALABLE						INTEGRACIÓN ACUMULADA			
PROVINCIA	Rango velocidad m/s	Área (Km ²)	potencia instalable (MW)	Factor de capacidad	energía anual (Gwh/año)	viento (m/s)	Área (Km ²)	potencia instalable (MW)	Energía anual (Gwh/año)
COTOPAXI	7,0 - 7,5	2,51	7,54	0,2	12,95	>7	5,99	17,98	30,87
	7,5 - 8,0	1,84	5,52	0,25	11,85	>7,5	3,48	10,44	22,41
	8,0 - 8,5	0,8	2,4	0,3	6,18	>8	1,64	4,92	12,67
	>8,5	0,84	2,52	0,35	7,57	>8,5	0,84	2,52	7,57

Fuente. [MEER].

Tabla T7. Selección del nivel de servicio según uso del agua.

NIVEL DE SERVICIO PARA LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS		
Nivel	Sistema	Descripción
O	AP	Sistemas individuales, diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnica
	EE	
Ia	AP	grifos públicos
	EE	letrinas sin arrastres de agua
Ib	AP	grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baños
	EE	letrinas sin arrastres de agua
IIa	AP	conexiones domiciliarias, con un grifo por casa
	EE	letrinas sin arrastres de agua
IIb	AP	conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa
	EE	Sistema de alcantarillado sanitario
AP: Agua potable		
EE: Eliminación de excretas		
ERL: Eliminación de residuos líquidos		

Fuente. [MARCET].

Tabla T8. Dotaciones de Agua para los diferentes niveles de servicio.

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRIO (l/hab*día)	CLIMA CÁLIDO (l/hab*día)
la	25	30
lb	50	65
lla	60	85
llb	75	100

Fuente. [NEOVIS].

Tabla T9. Datos de tubería obtenidos del fabricante.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA TUBERÍA PVC PLASTIGAMA					
D.Nominal (mm) caudal		90		110	
lps	gpm	pc	V	pc	v
10.0	158.5	2.96	1.71	1.12	1.14
12.0	190.02	4.15	2.05	1.56	1.37
14.0	221.9	5.53	2.39	2.08	1.60
16.0	23.6	7.08	2.73	2.66	1.83

Fuente. [ENCISCO].

Tabla T10. Valores de coeficiente “c” de Hazen-Williams para diferentes materiales de tubería.

MATERIAL	COEFICIENTE DE HAZEN-WILLIAMS
HIERRO DUCTIL (DIP)	120
HIERRO GALVANIZADO (HG)	120
PLOMO	130 – 140
PLASTICO	140-150
PVC	150
ACERO - NUEVO	140-150
ACERO - NUEVO	130

Fuente. [UNATSABAR].

Tabla T11. coeficiente de perdidas locales de accesorios comúnmente usados en acueductos.

ACCESORIOS	K
Codo de 90°	0,9
Codo de 45°	0,4
Válvula de Compuerta (abierta)	0,2
Válvula de control (abierta)	3,0

Fuente. [L. MOTT].

Tabla T12. Clases de seguridad para tipos de vientos.

CLASES		I	II	III	IV
Vref (m/s)		50	42,5	3,5	30
Vpro (m/s)		10	8,5	7,5	6
A	IT	0,18	0,18	0,18	0,18
	a	2	2	2	2
B	IT	0,16	0,16	0,16	0,16
	a	3	3	3	3

Fuente. [CARPINTEYRO].

DONDE:

Vref = velocidad máxima en 10 minutos con periodos de retorno.

Vpro = velocidad promedio anual a la altura del centro del rotor.

A y B = Categoría para características de turbulencia alta y baja

IT = valor característico de turbulencia a 15m/s

a = parámetro usado para cálculo de desviación estándar

Tabla T13. Tabla para selección de bomba.

TABLA DE SELECCIÓN DE BOMBA													
MODELO TRIFÁSICO	POTENCIA		Q	m ³ /s	24	36	48	60	72	84	96	102	108
	kW	HP		l/m	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1700	1800
F 50/200C	11	15	H metros	44	44	44	42	39	36	33	30		
F 50/200B	15	20		52	52	52	50	47	44	40	40		
F 50/200A	18,5	25		61	61	60,5	60,5	57	54	50	50	45	
F 50/200A R	22	30		69	69	68,5	68	65	62	58	58	53	

Fuente. [Manual de PEDROLLO].

Tabla T14. Datos obtenidos de estaciones meteorológicas.

Temperatura Interna(°C)	Humedad Interna(%)	Temperatura Externa(°C)	Humedad Externa(%)	Presión Relativa(hpa)	Presión Absoluta(hpa)	Velocidad del viento(m/s)	Ráfaga(m/s)	Dirección del viento	Punto de Rocío(°C)	Sensación Térmica(°C)	Lluvia 24 horas(m)	Lluvia semana(m)	Lluvia mes(mm)	Lluvia Año(mm)	Lluvia Total(mm)
6.1	86	4.5	91	654.9	639.0	5.8	6.5	135	3.2	-3.8	28.5	28.5	28.5	29.4	29.4
6.0	86	4.6	91	654.8	638.9	6.1	6.8	135	3.3	-4.0	28.5	28.5	28.5	29.4	29.4
6.0	86	4.5	91	654.6	638.7	5.4	6.1	135	3.2	-3.3	28.5	28.5	28.5	29.4	29.4
5.9	87	4.5	91	654.8	638.9	6.5	7.5	135	3.2	-4.6	28.5	28.5	28.5	29.4	29.4
5.9	87	4.5	91	654.6	638.7	6.5	6.8	135	3.2	-4.6	28.5	28.5	28.5	29.4	29.4
5.9	87	4.5	91	654.7	638.8	6.5	7.1	135	3.2	-4.6	28.5	28.5	28.5	29.4	29.4
5.9	87	4.5	91	654.7	638.8	5.8	6.5	135	3.2	-3.8	0.0	0.0	28.5	29.4	29.4
5.8	87	4.5	91	654.6	638.7	5.4	6.1	135	3.2	-3.3	0.0	0.0	28.5	29.4	29.4
5.8	87	4.5	91	654.4	638.5	7.1	7.8	135	3.2	-5.2	0.0	0.0	28.5	29.4	29.4
5.7	87	4.3	91	654.5	638.6	5.8	6.1	135	3.0	-4.1	0.0	0.0	28.5	29.4	29.4
5.7	87	4.3	91	654.5	638.6	5.8	6.1	135	3.0	-4.1	0.0	0.0	28.5	29.4	29.4
5.7	87	4.3	91	654.3	638.4	6.1	6.5	135	3.0	-4.4	0.0	0.0	28.5	29.4	29.4

[AUTORES].

Tabla T15. Recopilación de frecuencia obtenidas de datos eólicos en el tiempo de estudio.

Velocidad	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	LN(F)	LN(V)	Densidad de Viento	Weibull
0	53	0,002681101	0,0026811	-5,92018578	-1,2039728	0	0
0,3	130	0,006576285	0,00925739	-4,67768695	-1,2039728	0,0165375	0,52363578
0,7	111	0,005615136	0,01219142	-4,40089591	-0,3566749	0,2100875	0,61567875
1	340	0,017199514	0,02939093	-3,51219032	0	0,6125	0,6550354
1,3	169	0,00854917	0,03794011	-3,25246959	0,26236426	1,3456625	0,68383784
1,4	230	0,011634966	0,04957507	-2,97895185	0,3364722	1,6807	0,69192009
1,6	1	5,05868E-05	0,04962566	-2,97790557	0,47000363	2,5088	0,70639962
1,7	252	0,012747875	0,06237353	-2,74258525	0,53062825	3,0092125	0,71293209
2	428	0,021651153	0,08402469	-2,43308264	0,69314718	4,9	0,73029174
2,4	544	0,027519223	0,11154391	-2,13478469	0,87546874	8,4672	0,74945359
2,7	534	0,027013355	0,13855726	-1,90282492	0,99325177	12,0558375	0,76162489
3	6	0,000303521	0,13886079	-1,90046492	1,09861229	16,5375	0,77235605
3,1	752	0,038041279	0,17690206	-1,63639765	1,13140211	18,2469875	0,7756634
3,3	1	5,05868E-05	0,17695265	-1,636082	1,19392247	22,0114125	0,78192467
3,4	579	0,029289761	0,20624241	-1,46543641	1,22377543	24,0737	0,78489299
3,5	3	0,00015176	0,20639417	-1,46460892	1,25276297	26,2609375	0,78776163
3,7	745	0,037687171	0,24408134	-1,27360336	1,30833282	31,0249625	0,79322238
3,8	3	0,00015176	0,2442331	-1,27288608	1,33500107	33,6091	0,79582459
4	1	5,05868E-05	0,24428369	-1,27264706	1,38629436	39,2	0,80079507
4,1	851	0,043049373	0,28733306	-1,08251919	1,41098697	42,2141125	0,8031713
4,2	15	0,000758802	0,28809187	-1,07937923	1,43508453	45,3789	0,80547967
4,4	838	0,042391744	0,33048361	-0,91329614	1,48160454	52,1752	0,8099058
4,5	5	0,000252934	0,33073654	-0,91235476	1,5040774	55,8140625	0,81202949
4,7	13	0,000657628	0,33139417	-0,90990966	1,54756251	63,5915875	0,81611149
4,8	940	0,047551599	0,37894577	-0,74162995	1,56861592	67,7376	0,81807464
5	2	0,000101174	0,37904694	-0,74128799	1,60943791	76,5625	0,82185622
5,1	1201	0,060754755	0,4398017	-0,54565096	1,62924054	81,2487375	0,82367864
5,2	2	0,000101174	0,43990287	-0,54533931	1,64865863	86,1224	0,82545796

5,4	960	0,048563335	0,48846621	-0,3999678	1,68639895	96,4467	0,82889406
5,5	5	0,000252934	0,48871914	-0,39923026	1,70474809	101,904687	0,83055398
5,7	11	0,000556455	0,4892756	-0,39760831	1,74046617	113,430712	0,83376483
5,8	1069	0,054077297	0,54335289	-0,24354477	1,75785792	119,5061	0,83531842
5,9	1	5,05868E-05	0,54340348	-0,24340344	1,77495235	125,796375	0,83683912
6,1	1014	0,051295022	0,5946985	-0,10189536	1,80828877	139,025862	0,83978642
6,3	1	5,05868E-05	0,59474909	-0,10175716	1,84054963	153,153787	0,8426154
6,4	28	0,001416431	0,59616552	-0,09788829	1,85629799	160,5632	0,84398799
6,5	953	0,048209227	0,64437475	0,03331655	1,87180218	168,207812	0,84533387
6,6	20	0,001011736	0,64538648	0,03606841	1,88706965	176,0913	0,84665392
6,8	968	0,048968029	0,69435451	0,1700207	1,91692261	192,5896	0,84921975
6,9	3	0,00015176	0,69450627	0,17043961	1,93152141	201,211762	0,85046709
7,1	692	0,03500607	0,72951234	0,26813895	1,96009478	219,220487	0,85289418
7,5	634	0,032072036	0,76158438	0,36028629	2,01490302	258,398437	0,8574964
7,6	9	0,000455281	0,76203966	0,36161858	2,02814825	268,8728	0,85859795
7,8	714	0,03611898	0,79815864	0,47017439	2,05412373	290,6631	0,86074608
7,9	4	0,000202347	0,79836099	0,47080097	2,06686276	301,986387	0,86179367
8,1	8	0,000404694	0,79876568	0,47205483	2,09186406	325,507612	0,86383824
8,2	531	0,026861594	0,82562728	0,55764824	2,10413415	337,7129	0,86483612
8,3	86	0,004350465	0,82997774	0,57201061	2,11625551	350,219537	0,86581829
8,4	8	0,000404694	0,83038244	0,57335469	2,12823171	363,0312	0,86678518
8,5	483	0,024433428	0,85481586	0,65739172	2,14006616	376,151562	0,86773716
8,8	419	0,021195872	0,87601174	0,73599993	2,17475172	417,4016	0,87050738
8,9	2	0,000101174	0,87611291	0,73639089	2,18605128	431,793512	0,87140339
9,2	301	0,015226629	0,89133954	0,79729424	2,21920348	476,9464	0,87401378
9,3	43	0,002175233	0,89351477	0,80636381	2,2300144	492,668662	0,87485905
9,4	2	0,000101174	0,89361594	0,80678813	2,24070969	508,7327	0,87569238
9,5	342	0,017300688	0,91091663	0,88301628	2,2512918	525,142187	0,87651404
9,6	3	0,00015176	0,91106839	0,88372112	2,2617631	541,9008	0,8773243
9,9	209	0,010572643	0,92164104	0,93470216	2,29253476	594,308137	0,87968919
10,2	222	0,011230271	0,93287131	0,99367528	2,32238772	649,9899	0,88196027
10,5	173	0,008751518	0,94162282	1,04409637	2,35137526	709,045312	0,8841435
10,9	173	0,008751518	0,95037434	1,09969413	2,38876279	793,205262	0,88692712
11,2	93	0,004704573	0,95507892	1,1323204	2,41591378	860,5184	0,88892567
11,6	83	0,004198705	0,95927762	1,16345622	2,4510051	956,0488	0,89147994
11,9	90	0,004552813	0,96383043	1,19982538	2,4765384	1032,15988	0,89331799
12,2	189	0,009560907	0,97339134	1,28827311	2,50143595	1112,2069	0,89509356
12,3	44	0,00222582	0,97561716	1,31207598	2,50959926	1139,78103	0,89567213
12,4	1	5,05868E-05	0,97566775	1,31263503	2,51769647	1167,8072	0,89624425
12,5	56	0,002832861	0,97850061	1,3454022	2,52572864	1196,28906	0,89681003
12,6	101	0,005109268	0,00510927	-5,27413914	-1,2039728	1225,2303	0,8973696
12,9	154	0,007790368	0,01289964	-4,34407145	2,55722731	1314,84701	0,89901208
13,3	37	0,001871712	0,01477135	-4,20763441	2,58776404	1440,99016	0,90112135
13,6	27	0,001365844	0,01613719	-4,11850527	2,61006979	1540,7168	0,90264613
13,9	19	0,000961149	0,01709834	-4,06016314	2,63188884	1644,94163	0,90412457
14,3	10	0,000505868	0,01760421	-4,03074991	2,66025954	1791,07678	0,90602755
14,6	7	0,000354108	0,01795832	-4,01065488	2,68102153	1906,1833	0,90740625
15	1	5,05868E-05	0,0180089	-4,00781626	2,7080502	2067,1875	0,90918341
15,3	2	0,000101174	0,01811008	-4,00216264	2,72785283	2193,71591	0,91047272
15,5	1	5,05868E-05	0,01816066	-3,99934756	2,74084002	2280,87343	0,91131244
15,6	12	0,000607042	0,01876771	-3,96615961	2,74727091	2325,3048	0,91172653
15,9	1	5,05868E-05	0,01881829	-3,96344213	2,76631911	2462,05338	0,91294636
	19768					41455,3732	

[AUTORES].

Tabla T16. Recopilación de velocidades con su frecuencia para el mes de septiembre.

VELOCIDAD	FRECUENCIA
1,3	2
1,4	4
1,6	1
1,7	2
2	16
2,4	14
2,7	36
3	6
3,1	73
3,3	1
3,4	113
3,5	3
3,7	51
3,8	3
4	1
4,1	169
4,2	15
4,4	106
4,5	5
4,7	13
4,8	113
5	2
5,1	204
5,2	2
5,4	199
5,5	5
5,7	11
5,8	224
5,9	1
6,1	315
6,3	1
6,4	28
6,5	269
6,6	20
6,8	361
6,9	3
7,1	179
7,5	168
7,6	9
7,8	190
7,9	4
8,1	8
8,2	138
8,3	86
8,4	8
8,5	156
8,8	136
8,9	2
9,2	64
9,3	43
9,4	2
9,5	127
9,6	3
9,9	68
10,2	43
10,5	60
10,9	28
12,2	114
12,3	44
12,4	1
12,5	56
12,6	49
12,9	118
13,3	6
13,6	4
13,9	1
15,5	1
15,6	11

15,9	1
	4320

[AUTORES].

Tabla T17. Recopilación de velocidades con su frecuencia para el mes de octubre.

VELOCIDAD	FRECUENCIA
0,3	1
0,7	7
1	54
1,3	67
1,4	33
1,7	42
2	81
2,4	90
2,7	87
3,1	9
3,3	106
3,4	62
3,7	130
4,1	38
4,3	103
4,4	157
4,8	171
5,1	61
5,3	161
5,4	169
5,8	196
6,1	67
6,3	97
6,5	192
6,8	181
7,1	121
7,3	76
7,5	159
7,8	200
8,2	98
8,5	231
8,8	159
9,2	99
9,5	161
9,9	90
10,2	79
10,5	63
10,9	74
11,2	68
11,6	58
11,9	52
12,2	63
12,6	44
12,9	33
13,3	31
13,5	3
13,6	22
13,9	18
14,3	10
14,5	47
14,6	14
14,9	26
15	1
15,3	2
15,6	1
	4465

[AUTORES].

Tabla T18. Recopilación de velocidades con su frecuencia para el mes de noviembre.

VELOCIDAD	FRECUENCIA
0,3	62
0,7	68
1	179
1,3	65
1,4	114
1,7	109
2	194
2,4	264
2,7	218
3,1	294
3,4	165
3,7	288
4,1	248
4,4	277
4,8	267
5,1	306
5,4	228
5,8	221
6,1	164
6,5	159
6,8	95
7,1	86
7,5	81
7,8	90
8,2	34
8,5	23
8,8	21
	4320

[AUTORES].

Tabla T19. Recopilación de velocidades con su frecuencia para el mes de diciembre

VELOCIDAD	FRECUENCIA
0	53
0,3	20
0,7	36
1	48
1,4	37
1,7	45
2	56
2,4	81
2,7	102
3,1	137
3,4	150
3,7	146
4,1	164
4,4	179
4,8	265
5,1	306
5,4	258
5,8	287
6,1	273
6,5	249
6,8	241
7,1	153
7,5	150
7,8	159
8,2	125
8,5	116
8,8	79
9,2	83
9,5	73
9,9	44
10,2	58

10,5	29
10,9	44
11,2	15
11,6	16
11,9	23
12,2	8
12,6	6
12,9	3
13,6	3
	4320

[AUTORES].

Tabla T20. Recopilación de velocidades con su frecuencia para los días de enero

VELOCIDAD	FRECUENCIA
0,3	1
0,7	7
1	8
1,4	3
1,7	10
2	15
2,4	11
2,7	16
3,1	9
3,4	10
3,7	17
4,1	38
4,4	23
4,8	44
5,1	61
5,4	70
5,8	67
6,1	67
6,5	95
6,8	82
7,1	121
7,5	86
7,8	107
8,2	98
8,5	117
8,8	124
9,2	99
9,5	96
9,9	74
10,2	79
10,5	63
10,9	74
11,2	68
11,6	58
11,9	52
12,2	63
12,6	44
12,9	33
13,3	31
13,6	19
13,9	18
14,3	10
14,6	7
15	1
15,3	2
15,9	1
	2199

[AUTORES].

Tabla T21. Variación vertical de velocidad para los aerogeneradores propuestos.

VELOCIDAD (m/s)	FRECUENCIA	altura de estudio (m)	factor de rugosidad	altura torre Electria Wind (m)	altura torre Vestas (m)	altura torre ADE S (m)	altura torre Enercon (m)	altura torre ACS A (m)	velocidad de viento a altura de torre 1	velocidad de viento a altura de torre 2.	velocidad de viento a altura de torre 3	velocidad de viento a altura de torre 4	velocidad de viento a altura de torre 5
0,3	130	10	0,13	34	24	27,5	50	50	0,35173	0,33616	0,34216	0,36981	0,36981
0,7	111	10	0,13	34	24	27,5	50	50	0,82071	0,78437	0,79838	0,86290	0,8629
1	340	10	0,13	34	24	27,5	50	50	1,17244	1,12054	1,14054	1,23272	1,23272
1,3	169	10	0,13	34	24	27,5	50	50	1,52417	1,45670	1,48271	1,60254	1,60254
1,4	230	10	0,13	34	24	27,5	50	50	1,64142	1,56875	1,59676	1,72581	1,72581
1,6	1	10	0,13	34	24	27,5	50	50	1,87591	1,7928	1,82487	1,97235	1,97235
1,7	252	10	0,13	34	24	27,5	50	50	1,99315	1,90491	1,93893	2,09563	2,09563
2	428	10	0,13	34	24	27,5	50	50	2,34488	2,24108	2,28109	2,46544	2,46544
2,4	544	10	0,13	34	24	27,5	50	50	2,81386	2,68929	2,73731	2,95853	2,95853
2,7	534	10	0,13	34	24	27,5	50	50	3,16559	3,02545	3,07947	3,32835	3,32835
3	6	10	0,13	34	24	27,5	50	50	3,51733	3,36162	3,42164	3,69817	3,69817
3,1	752	10	0,13	34	24	27,5	50	50	3,63457	3,47367	3,53569	3,82144	3,82144
3,3	1	10	0,13	34	24	27,5	50	50	3,86906	3,69778	3,76380	4,06799	4,06799
3,4	579	10	0,13	34	24	27,5	50	50	3,98631	3,80983	3,87786	4,19126	4,19126
3,5	3	10	0,13	34	24	27,5	50	50	4,10355	3,92189	3,99191	4,31453	4,31453
3,7	745	10	0,13	34	24	27,5	50	50	4,33804	4,14599	4,22002	4,56108	4,56108
3,8	3	10	0,13	34	24	27,5	50	50	4,45528	4,25805	4,33407	4,68435	4,68435
4	1	10	0,13	34	24	27,5	50	50	4,68977	4,48216	4,56218	4,93089	4,93089
4,1	851	10	0,13	34	24	27,5	50	50	4,80702	4,59421	4,67624	5,05417	5,05417
4,2	15	10	0,13	34	24	27,5	50	50	4,92426	4,70626	4,79029	5,17744	5,17744
4,4	838	10	0,13	34	24	27,5	50	50	5,15875	4,93037	5,01840	5,42398	5,42398
4,5	5	10	0,13	34	24	27,5	50	50	5,27599	5,04243	5,13246	5,54726	5,54726
4,7	13	10	0,13	34	24	27,5	50	50	5,51048	5,26653	5,36057	5,79380	5,79380
4,8	940	10	0,13	34	24	27,5	50	50	5,62773	5,37859	5,47462	5,91707	5,91707
5	2	10	0,13	34	24	27,5	50	50	5,86222	5,60270	5,70273	6,16362	6,16362
5,1	1201	10	0,13	34	24	27,5	50	50	5,97946	5,71475	5,81679	6,28689	6,28689
5,2	2	10	0,13	34	24	27,5	50	50	6,09671	5,82680	5,93084	6,41016	6,41016
5,4	960	10	0,13	34	24	27,5	50	50	6,33119	6,05091	6,15895	6,65671	6,65671
5,5	5	10	0,13	34	24	27,5	50	50	6,44844	6,16297	6,27300	6,77998	6,77998
5,7	11	10	0,13	34	24	27,5	50	50	6,68293	6,38707	6,50111	7,02653	7,02653
5,8	1069	10	0,13	34	24	27,5	50	50	6,80017	6,49913	6,61517	7,14980	7,14980
5,9	1	10	0,13	34	24	27,5	50	50	6,91742	6,61118	6,72922	7,27307	7,27307
6,1	1014	10	0,13	34	24	27,5	50	50	7,15191	6,83529	6,95733	7,51962	7,51962
6,3	1	10	0,13	34	24	27,5	50	50	7,38639	7,05940	7,18544	7,76616	7,76616
6,4	28	10	0,13	34	24	27,5	50	50	7,50364	7,17145	7,29950	7,88943	7,88943
6,5	953	10	0,13	34	24	27,5	50	50	7,62088	7,28351	7,41355	8,01271	8,01271
6,6	20	10	0,13	34	24	27,5	50	50	7,73813	7,39556	7,52761	8,13598	8,13598
6,8	968	10	0,13	34	24	27,5	50	50	7,97262	7,61967	7,75572	8,38252	8,38252

6,9	3	10	0,13	34	24	27,5	50	50	8,08986	7,73172	7,86977	8,50580	8,50580
7,1	692	10	0,13	34	24	27,5	50	50	8,32435	7,95583	8,09788	8,75234	8,75234
7,5	634	10	0,13	34	24	27,5	50	50	8,79333	8,40405	8,5541	9,24543	9,24543
7,6	9	10	0,13	34	24	27,5	50	50	8,91057	8,51610	8,66815	9,36870	9,3687
7,8	714	10	0,13	34	24	27,5	50	50	9,14506	8,74021	8,89626	9,61525	9,61525
7,9	4	10	0,13	34	24	27,5	50	50	9,26231	8,85226	9,01032	9,73852	9,73852
8,1	8	10	0,13	34	24	27,5	50	50	9,49679	9,07637	9,23843	9,98507	9,98507
8,2	531	10	0,13	34	24	27,5	50	50	9,61404	9,18843	9,35248	10,1083	10,1083
8,3	86	10	0,13	34	24	27,5	50	50	9,73128	9,30048	9,46654	10,2316	10,2316
8,4	8	10	0,13	34	24	27,5	50	50	9,84853	9,41253	9,58059	10,3548	10,3548
8,5	483	10	0,13	34	24	27,5	50	50	9,96577	9,52459	9,69465	10,4781	10,4781
8,8	419	10	0,13	34	24	27,5	50	50	10,3175	9,86075	10,0368	10,8479	10,8479
8,9	2	10	0,13	34	24	27,5	50	50	10,4347	9,97280	10,1508	10,9712	10,9712
9,2	301	10	0,13	34	24	27,5	50	50	10,7864	10,3089	10,4930	11,3410	11,3410
9,3	43	10	0,13	34	24	27,5	50	50	10,9037	10,4210	10,6070	11,4643	11,4643
9,4	2	10	0,13	34	24	27,5	50	50	11,0209	10,5330	10,7211	11,5876	11,5876
9,5	342	10	0,13	34	24	27,5	50	50	11,1382	10,6451	10,8351	11,7108	11,7108
9,6	3	10	0,13	34	24	27,5	50	50	11,2554	10,7571	10,9492	11,8341	11,8341
9,9	209	10	0,13	34	24	27,5	50	50	11,6071	11,0933	11,2914	12,2039	12,2039
10,2	222	10	0,13	34	24	27,5	50	50	11,9589	11,4295	11,6335	12,5737	12,5737
10,5	173	10	0,13	34	24	27,5	50	50	12,310	11,7656	11,9757	12,9436	12,9436
10,9	173	10	0,13	34	24	27,5	50	50	12,7796	12,2138	12,4319	13,4366	13,4366
11,2	93	10	0,13	34	24	27,5	50	50	13,1313	12,5500	12,7741	13,8065	13,806
11,6	83	10	0,13	34	24	27,5	50	50	13,6003	12,9982	13,2303	14,2996	14,2996
11,9	90	10	0,13	34	24	27,5	50	50	13,9520	13,3344	13,5725	14,6694	14,6694
12,2	189	10	0,13	34	24	27,5	50	50	14,3038	13,6705	13,9146	15,0392	15,0392
12,3	44	10	0,13	34	24	27,5	50	50	14,4210	13,7826	14,0287	15,1625	15,1625
12,4	1	10	0,13	34	24	27,5	50	50	14,5383	13,8946	14,1427	15,2857	15,2857
12,5	56	10	0,13	34	24	27,5	50	50	14,6555	14,0067	14,2568	15,4090	15,4090
12,6	101	10	0,13	34	24	27,5	50	50	14,7727	14,1188	14,3708	15,5323	15,5323
12,9	154	10	0,13	34	24	27,5	50	50	15,1245	14,4549	14,713	15,9021	15,9021
13,3	37	10	0,13	34	24	27,5	50	50	15,5935	14,9031	15,1692	16,3952	16,3952
13,6	27	10	0,13	34	24	27,5	50	50	15,9452	15,2393	15,5114	16,7650	16,7650
13,9	19	10	0,13	34	24	27,5	50	50	16,2969	15,5755	15,8536	17,1348	17,134
14,3	10	10	0,13	34	24	27,5	50	50	16,7659	16,0237	16,3098	17,6279	17,6279
14,6	7	10	0,13	34	24	27,5	50	50	17,1176	16,3598	16,6519	17,9977	17,9977
15	1	10	0,13	34	24	27,5	50	50	17,5866	16,8081	17,1082	18,4908	18,4908
15,3	2	10	0,13	34	24	27,5	50	50	17,9383	17,1442	17,4503	18,8606	18,8606
15,5	1	10	0,13	34	24	27,5	50	50	18,1728	17,3683	17,6784	19,1072	19,1072
15,6	12	10	0,13	34	24	27,5	50	50	18,2901	17,4804	17,7925	19,230	19,2305
15,9	1	10	0,13	34	24	27,5	50	50	18,6418	17,8165	18,1347	19,6003	19,6003

19768

[AUTORES].

Tabla T22. Variación vertical de velocidades para el mes de noviembre.

VELOCIDAD (m/s)	FRECUENCIA	altura de estudio (m)	factor de rugosidad	altura torre Electria Wind (m)	altura torre Vestas (m)	altura torre ADE S (m)	altura torre Enercon (m)	altura torre ACS A (m)	velocidad de viento a altura de torre 1	velocidad de viento a altura de torre 2.	velocidad de viento a altura de torre 3	velocidad de viento a altura de torre 4	velocidad de viento a altura de torre 5
0,3	62	10	0,13	34	24	27,5	50	50	0,35173	0,336162075	0,34216415	0,369817412	0,369817412
0,7	68	10	0,13	34	24	27,5	50	50	0,82071	0,33616208	0,79838301	0,862907295	0,862907295
1	179	10	0,13	34	24	27,5	50	50	1,172444407	0,78437818	1,14054716	1,232724707	1,232724707
1,3	65	10	0,13	34	24	27,5	50	50	1,524177729	1,12054025	1,48271131	1,602542119	1,602542119
1,4	114	10	0,13	34	24	27,5	50	50	1,64142217	1,45670233	1,59676603	1,72581459	1,72581459
1,7	109	10	0,13	34	24	27,5	50	50	1,993155492	1,56875635	1,93893018	2,095632002	2,095632002
2	194	10	0,13	34	24	27,5	50	50	2,344888814	1,7928644	2,28109433	2,465449415	2,465449415
2,4	264	10	0,13	34	24	27,5	50	50	2,813866577	1,90491843	2,73731320	2,958539298	2,958539298
2,7	218	10	0,13	34	24	27,5	50	50	3,165599899	2,24108	3,07947735	3,32835671	3,32835671
3,1	294	10	0,13	34	24	27,5	50	50	3,634577662	2,6892966	3,53569621	3,821446593	3,821446593
3,4	165	10	0,13	34	24	27,5	50	50	3,986310984	3,02545868	3,87786036	4,191264005	4,191264005
3,7	288	10	0,13	34	24	27,5	50	50	4,338044306	3,36162075	4,22002451	4,561081417	4,561081417
4,1	248	10	0,13	34	24	27,5	50	50	4,807022069	3,47367478	4,67624338	5,0541713	5,0541713
4,4	277	10	0,13	34	24	27,5	50	50	5,158755391	3,69778283	5,01840753	5,423988712	5,423988712
4,8	267	10	0,13	34	24	27,5	50	50	5,627733153	3,80983685	5,47462640	5,917078595	5,917078595
5,1	306	10	0,13	34	24	27,5	50	50	5,979466476	3,92189088	5,81679055	6,286896007	6,286896007
5,4	228	10	0,13	34	24	27,5	50	50	6,331199798	4,14599893	6,15895470	6,656713419	6,656713419
5,8	221	10	0,13	34	24	27,5	50	50	6,80017756	4,25805295	6,61517357	7,149803302	7,149803302
6,1	164	10	0,13	34	24	27,5	50	50	7,151910882	4,482161	6,95733772	7,519620715	7,519620715
6,5	159	10	0,13	34	24	27,5	50	50	7,620888645	4,59421503	7,41355658	8,012710597	8,012710597
6,8	95	10	0,13	34	24	27,5	50	50	7,972621967	4,70626905	7,75572073	8,38252801	8,38252801
7,1	86	10	0,13	34	24	27,5	50	50	8,324355289	4,9303771	8,09788488	8,752345422	8,752345422
7,5	81	10	0,13	34	24	27,5	50	50	8,793333052	5,04243113	8,55410354	9,245435305	9,245435305
7,8	90	10	0,13	34	24	27,5	50	50	9,145066374	5,26653918	8,89626790	9,615252717	9,615252717
8,2	34	10	0,13	34	24	27,5	50	50	9,61404	5,37859	9,35248677	10,1083	10,1083
8,5	23	10	0,13	34	24	27,5	50	50	9,96577	5,60270	9,69465092	10,4781	10,4781
8,8	21	10	0,13	34	24	27,5	50	50	10,3175	5,71475	10,0368150	10,8479	10,8479

19768

[AUTORES].

Tabla T23. Intensidad de turbulencia obtenida para los datos del mes de noviembre.

VELOCIDAD PROMEDIO (m/s)	VELOCIDAD (m/s)	FRECUENCIA	Desviación Estándar	Intensidad de Turbulencia
4,46666667	0,3	62	0,02963592	0,19819794
	0,7	68	0,00497883	
	1	179	0,00711262	
	1,3	65	0,00924641	
	1,4	114	0,00995767	
	1,7	109	0,01209145	
	2	194	0,01422524	
	2,4	264	0,01707029	
	2,7	218	0,01920407	
	3,1	294	0,02204912	
	3,4	165	0,02418291	
	3,7	288	0,02631669	
	4,1	248	0,02916174	
	4,4	277	0,03129553	
	4,8	267	0,03414058	
	5,1	306	0,03627436	
	5,4	228	0,03840815	
	5,8	221	0,0412532	
	6,1	164	0,04338698	
	6,5	159	0,04623203	
	6,8	95	0,04836582	
	7,1	86	0,0504996	
	7,5	81	0,05334465	
	7,8	90	0,05547844	
	8,2	34	0,05832349	
	8,5	23	0,06045727	
	8,8	21	0,06259106	
		19768	0,88528413	

[AUTORES].

Tabla T24. Intensidad de turbulencia para el mes de enero.

VELOCIDAD PROMEDIO	VELOCIDAD (m/s)	FRECUENCIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	INTENSIDAD DE TURBULENCIA
7,98913043	0,3	1	0,16381263	0,48030577
	0,7	7	0,15528072	
	1	8	0,14888179	
	1,4	3	0,14034988	
	1,7	10	0,13395095	
	2	15	0,12755202	
	2,4	11	0,11902011	
	2,7	16	0,11262118	
	3,1	9	0,10408927	
	3,4	10	0,09769034	
	3,7	17	0,09129141	
	4,1	38	0,0827595	
	4,4	23	0,07636057	
	4,8	44	0,06782867	
	5,1	61	0,06142974	
	5,4	70	0,0550308	
	5,8	67	0,0464989	
	6,1	67	0,04009997	
	6,5	95	0,03156806	
	6,8	82	0,02516913	
	7,1	121	0,0187702	
	7,5	86	0,01023829	

7,8	107	0,00383936
8,2	98	0,00469255
8,5	117	0,01109148
8,8	124	0,01749041
9,2	99	0,02602232
9,5	96	0,03242125
9,9	74	0,04095316
10,2	79	0,04735209
10,5	63	0,05375102
10,9	74	0,06228293
11,2	68	0,06868186
11,6	58	0,07721376
11,9	52	0,0836127
12,2	63	0,09001163
12,6	44	0,09854353
12,9	33	0,10494246
13,3	31	0,11347437
13,6	19	0,1198733
13,9	18	0,12627223
14,3	10	0,13480414
14,6	7	0,14120307
15	1	0,14973498
15,3	2	0,15613391
15,6	1	0,16253284
	2199	3,83722548

[AUTORES].

Tabla T25. Frecuencias de velocidades para el mes de septiembre.

VELOCIDAD	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA ACUMULADA	LN(F)	LN(V)	DENSIDAD DE VIENTO	WEIBULL
1,3	2	0,00046296	0,00046296	-7,67763197	-1,2039728	1,3456625	0,6847839
1,4	4	0,00092593	0,00138889	-6,57855637	0,3364722	1,6807	0,6928976
1,6	1	0,00023148	0,00162037	-6,4242898	0,4700036	2,5088	0,7074316
1,7	2	0,00046296	0,00208333	-6,17274353	0,53062825	3,0092125	0,7139878
2	16	0,0037037	0,00578704	-5,14923434	0,6931471	4,9	0,7314077
2,4	14	0,00324074	0,00902778	-4,70291807	0,8754687	8,4672	0,7506305
2,7	36	0,00833333	0,01736111	-4,04477856	0,9932517	12,0558375	0,7628371
3	6	0,00138889	0,01875	-3,96711245	1,0986122	16,5375	0,77359688
3,1	73	0,01689815	0,03564815	-3,31596345	1,1314021	18,2469875	0,77691252
3,3	1	0,00023148	0,03587963	-3,30937163	1,1939224	22,0114125	0,78318881
3,4	113	0,02615741	0,06203704	-2,74817219	1,22377543	24,0737	0,78616391
3,5	3	0,00069444	0,06273148	-2,736674	1,25276297	26,2609375	0,7890389
3,7	51	0,01180556	0,07453704	-2,55797855	1,30833282	31,0249625	0,79451113
3,8	3	0,00069444	0,07523148	-2,54833445	1,33500107	33,6091	0,79711854
4	1	0,00023148	0,07546296	-2,54513872	1,38629436	39,2	0,80209842
4,1	169	0,03912037	0,11458333	-2,10622146	1,41098697	42,2141125	0,80447889
4,2	15	0,00347222	0,11805556	-2,07444434	1,43508453	45,3789	0,80679122
4,4	106	0,02453704	0,14259259	-1,87182862	1,48160454	52,1752	0,8112245
4,5	5	0,00115741	0,14375	-1,86308649	1,5040774	55,8140625	0,8133514
4,7	13	0,00300926	0,14675926	-1,84065432	1,54756251	63,5915875	0,81743917
4,8	113	0,02615741	0,17291667	-1,66152192	1,56861592	67,7376	0,8194049
5	2	0,00046296	0,17337963	-1,65857704	1,60943791	76,5625	0,82319109
5,1	204	0,04722222	0,22060185	-1,38936603	1,62924054	81,2487375	0,82501555
5,2	2	0,00046296	0,22106481	-1,38698484	1,64865863	86,1224	0,82679675
5,4	199	0,04606481	0,26712963	-1,16864929	1,68639895	96,4467	0,83023615
5,5	5	0,00115741	0,26828704	-1,1635766	1,70474809	101,904688	0,83189752
5,7	11	0,0025463	0,27083333	-1,15247852	1,74046617	113,430713	0,83511086
5,8	224	0,05185185	0,32268519	-0,94258568	1,75785792	119,5061	0,83666551
5,9	1	0,00023148	0,32291667	-0,94170875	1,77495235	125,794638	0,83818715
6,1	315	0,07291667	0,39583333	-0,68536716	1,80828877	139,025863	0,84113602
6,3	1	0,00023148	0,39606481	-0,68460696	1,84054963	153,153788	0,84396617
6,4	28	0,00648148	0,4025463	-0,663436	1,85629799	160,5632	0,84533921

6,5	269	0,06226852	0,46481481	-0,46977573	1,87180218	168,207813	0,84668545
6,6	20	0,00462963	0,46944444	-0,45597355	1,88706965	176,0913	0,84800577
6,8	361	0,08356481	0,55300926	-0,21664298	1,91692261	192,5896	0,85057192
6,9	3	0,00069444	0,5537037	-0,21471392	1,93152141	201,211763	0,85181929
7,1	179	0,04143519	0,59513889	-0,10069231	1,96009478	219,220488	0,85424627
7,5	168	0,03888889	0,63402778	0,00518438	2,01490302	258,398438	0,8588475
7,6	9	0,00208333	0,63611111	0,01084766	2,02814825	268,8728	0,85994866
7,8	190	0,04398148	0,68009259	0,13078584	2,05412373	290,6631	0,86209586
7,9	4	0,00092593	0,68101852	0,13332582	2,06686276	301,986388	0,8631429
8,1	8	0,00185185	0,68287037	0,13840856	2,09186406	325,507613	0,86518625
8,2	138	0,03194444	0,71481481	0,22682998	2,10413415	337,7129	0,86618346
8,3	86	0,01990741	0,73472222	0,28290401	2,11625551	350,219538	0,86716492
8,4	8	0,00185185	0,73657407	0,28816925	2,12823171	363,0312	0,86813105
8,5	156	0,03611111	0,77268519	0,39300066	2,14006616	376,151563	0,86908224
8,8	136	0,03148148	0,80416667	0,48888139	2,17475172	417,4016	0,87184987
8,9	2	0,00046296	0,80462963	0,49033197	2,18605128	431,793513	0,87274495
9,2	64	0,01481481	0,81944444	0,53749682	2,21920348	476,9464	0,87535237
9,3	43	0,0099537	0,82939815	0,57008807	2,2300144	492,668663	0,87619659
9,4	2	0,00046296	0,82986111	0,57162351	2,24070969	508,7327	0,87702885
9,5	127	0,02939815	0,85925926	0,67337081	2,2512918	525,142188	0,8778494
9,6	3	0,00069444	0,8599537	0,67589024	2,2617631	541,9008	0,87865853
9,9	68	0,01574074	0,87569444	0,73477489	2,29253476	594,308138	0,88101991
10,2	43	0,0099537	0,88564815	0,77402423	2,32238772	649,9899	0,88328729
10,5	60	0,01388889	0,89953704	0,83202445	2,35137526	709,045313	0,88546664
10,9	28	0,00648148	0,90601852	0,8606332	2,38876279	793,205263	0,88824486
12,2	114	0,02638889	0,93240741	0,99112243	2,50143595	1112,2069	0,89639233
12,3	44	0,01018519	0,94259259	1,04997579	2,50959926	1139,78104	0,89696936
12,4	1	0,00023148	0,94282407	1,05138872	2,51769647	1167,8072	0,89753995
12,5	56	0,01296296	0,95578704	1,13742819	2,52572864	1196,28906	0,89810419
12,6	49	0,01134259	0,96712963	1,22823126	2,53369681	1225,2303	0,8986622
12,9	118	0,02731481	0,99444444	1,64730326	2,55722731	1314,84701	0,90029998
13,3	6	0,00138889	0,99583333	1,70122169	2,58776404	1440,99016	0,9024029
13,6	4	0,00092593	0,99675926	1,74605637	2,61006979	1540,7168	0,90392286
13,9	1	0,00023148	0,99699074	1,75890243	2,63188884	1644,94164	0,90539645
15,5	1	0,00023148	0,99722222	1,77259432	2,74084002	2280,87344	0,91255798
15,6	11	0,0025463	0,99976852	2,12477463	2,74727091	2325,3048	0,91297041
15,9	1	0,00023148	1	#¡DIV/0!	2,76631911	2462,05339	0,91418525
	4320					30647,6435	

[AUTORES].

Tabla T26. Frecuencias de velocidades para el mes de octubre.

VELOCIDAD	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA ACUMULADA	LN(F)	LN(V)	DENSIDAD DE VIENTO	WEIBULL
0,3	1	0,00022396	0,00022396	-8,4039125	-1,2039728	0,0165375	0,33060911
0,7	7	0,00156775	0,00179171	-6,32368643	-0,35667494	0,2100875	0,43531739
1	54	0,01209406	0,01388578	-4,26990671	0	0,6125	0,48476795
1,3	67	0,0150056	0,02889138	-3,52958943	0,26236426	1,3456625	0,52279383
1,4	33	0,00739082	0,03628219	-3,29800669	0,33647224	1,6807	0,53374652
1,7	42	0,00940649	0,04568869	-3,06261295	0,53062825	3,0092125	0,56280346
2	81	0,0181411	0,06382979	-2,71873759	0,69314718	4,9	0,5874457
2,4	90	0,02015677	0,08398656	-2,43355697	0,87546874	8,4672	0,61531358
2,7	87	0,01948488	0,10347144	-2,21434407	0,99325177	12,055837	0,63337638
3,1	9	0,00201568	0,10548712	-2,19394614	1,13140211	18,246987	0,6545553
3,3	106	0,0237402	0,12922732	-1,97779275	1,19392247	22,011412	0,66411906
3,4	62	0,01388578	0,1431131	-1,86788911	1,22377543	24,0737	0,66867812
3,7	130	0,02911534	0,17222844	-1,66591271	1,30833282	31,024962	0,68155667

4,1	38	0,00851064	0,18073908	-1,61267984	1,41098697	42,214112	0,69710181
4,3	103	0,02306831	0,20380739	-1,47878625	1,45861502	48,698037	0,70427246
4,4	157	0,03516237	0,23896976	-1,29798246	1,48160454	52,1752	0,70772274
4,8	171	0,03829787	0,27726764	-1,1248034	1,56861592	67,7376	0,72070952
5,1	61	0,01366181	0,29092945	-1,06769445	1,62924054	81,248737	0,72968282
5,3	161	0,03605823	0,32698768	-0,92636216	1,66770682	91,187162	0,73534069
5,4	169	0,03784994	0,36483763	-0,78993432	1,68639895	96,4467	0,7380794
5,8	196	0,04389698	0,4087346	-0,64342355	1,75785792	119,5061	0,74848079
6,1	67	0,0150056	0,4237402	-0,59566358	1,80828877	139,02586	0,75575151
6,3	97	0,02172452	0,44546473	-0,52826878	1,84054963	153,15378	0,76037017
6,5	192	0,04300112	0,48846585	-0,39996886	1,87180218	168,20781	0,76481916
6,8	181	0,04053751	0,52900336	-0,28381713	1,91692261	192,5896	0,77119645
7,1	121	0,02709966	0,55610302	-0,20805449	1,96009478	219,22048	0,7772453
7,3	76	0,01702128	0,5731243	-0,16103484	1,98787435	238,27291	0,78110889
7,5	159	0,0356103	0,6087346	-0,06361182	2,01490302	258,39843	0,78484581
7,8	200	0,04479283	0,65352744	0,05822329	2,05412373	290,6631	0,79022817
8,2	98	0,02194849	0,67547592	0,11813457	2,10413415	337,7129	0,79701959
8,5	231	0,05173572	0,72721165	0,26164019	2,14006616	376,15156	0,80184769
8,8	159	0,0356103	0,76282195	0,36390961	2,17475172	417,4016	0,80646606
9,2	99	0,02217245	0,7849944	0,4298918	2,21920348	476,9464	0,81232221
9,5	161	0,03605823	0,82105263	0,54271	2,2512918	525,14218	0,81650459
9,9	90	0,02015677	0,84120941	0,6098574	2,29253476	594,30813	0,82182315
10,2	79	0,01769317	0,85890258	0,67207914	2,32238772	649,9899	0,82563188
10,5	63	0,01410974	0,87301232	0,72448362	2,35137526	709,04531	0,8292965
10,9	74	0,01657335	0,88958567	0,79005396	2,38876279	793,20526	0,83397295
11,2	68	0,01522956	0,90481523	0,85523853	2,41591378	860,5184	0,83733296
11,6	58	0,01298992	0,91780515	0,91575565	2,4510051	956,0488	0,84162975
11,9	52	0,01164614	0,92945129	0,97510736	2,4765384	1032,1598	0,84472316
12,2	63	0,01410974	0,94356103	1,05591194	2,50143595	1112,2069	0,84771232
12,6	44	0,00985442	0,95341545	1,12053242	2,53369681	1225,2303	0,85154492
12,9	33	0,00739082	0,96080627	1,17533828	2,55722731	1314,8470	0,85431107
13,3	31	0,00694289	0,96774916	1,23378726	2,58776404	1440,9901	0,85786348
13,5	3	0,00067189	0,96842105	1,23989904	2,60268969	1506,9796	0,8595843
13,6	22	0,00492721	0,97334826	1,28782698	2,61006979	1540,7168	0,86043138
13,9	18	0,00403135	0,97737962	1,33207679	2,63188884	1644,9416	0,86292094
14,3	10	0,00223964	0,97961926	1,35922245	2,66025954	1791,0767	0,86612474
14,5	47	0,01052632	0,99014558	1,53035896	2,67414865	1867,2828	0,86767932
14,6	14	0,0031355	0,99328108	1,61000317	2,68102153	1906,1833	0,8684452
14,9	26	0,00582307	0,99910414	1,94843982	2,70136121	2026,1187	0,87069852
15	1	0,00022396	0,99932811	1,98861547	2,7080502	2067,1875	0,87143521
15,3	2	0,00044793	0,99977604	2,1287107	2,72785283	2193,7159	0,87360352
15,6	1	0,00022396	1	#jNUM!	2,74727091	2325,3048	0,87571123
	4465					619,59660	

[AUTORES].

Tabla T27. Frecuencias de velocidades para el mes de noviembre.

VELOCIDAD	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA ACUMULADA	LN(F)	LN(V)	DENSIDAD DE VIENTO	WEIBULL
0,3	62	0,014351852	0,014351852	-4,236657085	-1,2039728	0,0165375	0,33758884
0,7	68	0,015740741	0,030092593	-3,488237796	-0,35667494	0,2100875	0,458494182
1	179	0,041435185	0,071527778	-2,600791479	0	0,6125	0,515858344
1,3	65	0,015046296	0,086574074	-2,401820023	0,26236426	1,3456625	0,559830429
1,4	114	0,026388889	0,112962963	-2,121359619	0,33647224	1,6807	0,572451298
1,7	109	0,025231481	0,138194444	-1,905652232	0,53062825	3,0092125	0,605797198
2	194	0,044907407	0,183101852	-1,598295928	0,69314718	4,9	0,63388113
2,4	264	0,061111111	0,244212963	-1,272981249	0,87546874	8,4672	0,665365422
2,7	218	0,050462963	0,294675926	-1,052402874	0,99325177	12,0558375	0,685584487
3,1	294	0,068055556	0,362731481	-0,797254757	1,13140211	18,2469875	0,70907128
3,4	165	0,038194444	0,400925926	-0,668708209	1,22377543	24,0737	0,724584281
3,7	288	0,066666667	0,467592593	-0,461485961	1,30833282	31,0249625	0,738615592
4,1	248	0,057407407	0,525	-0,295122383	1,41098697	42,2141125	0,755392733
4,4	277	0,06412037	0,58912037	-0,117146387	1,48160454	52,1752	0,766746888
4,8	267	0,061805556	0,650925926	0,051140859	1,56861592	67,7376	0,780500828
5,1	306	0,070833333	0,721759259	0,246288482	1,62924054	81,2487375	0,789915529
5,4	228	0,052777778	0,774537037	0,39850721	1,68639895	96,4467	0,798655515
5,8	221	0,051157407	0,825694444	0,557868808	1,75785792	119,5061	0,809383757
6,1	164	0,037962963	0,863657407	0,689432539	1,80828877	139,025863	0,816814808
6,5	159	0,036805556	0,900462963	0,836045709	1,87180218	168,207813	0,82599964
6,8	95	0,021990741	0,922453704	0,938787824	1,91692261	192,5896	0,832401815
7,1	86	0,019907407	0,942361111	1,048566561	1,96009478	219,220488	0,838428475
7,5	81	0,01875	0,961111111	1,177745876	2,01490302	258,398438	0,84593534
7,8	90	0,020833333	0,981944444	1,389863448	2,05412373	290,6631	0,851205371
8,2	34	0,00787037	0,989814815	1,523187202	2,10413415	337,7129	0,857798427
8,5	23	0,005324074	0,995138889	1,672692155	2,14006616	376,151563	0,862445743
8,8	21	0,004861111	1	3,603778993	2,17475172	417,4016	0,866859215
	4320					109,790489	

[AUTORES].

Tabla T28. Frecuencias de velocidades para el mes de diciembre.

VELOCIDAD	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA ACUMULADA	LN(F)	LN(V)	DENSIDAD DE VIENTO	WEIBULL
0	53	0,01226852	0,01226852	-4,39455292	-1,2039728	0	0
0,3	20	0,00462963	0,01689815	-4,07204207	-1,2039728	0,0165375	0,24613917
0,7	36	0,008333333	0,02523148	-3,66691238	-0,35667494	0,2100875	0,35403356
1	48	0,011111111	0,03634259	-3,29631226	0	0,6125	0,40848601
1,4	37	0,00856481	0,04490741	-3,08026699	0,33647224	1,6807	0,46439142
1,7	45	0,01041667	0,05532407	-2,86622542	0,53062825	3,0092125	0,49840809
2	56	0,01296296	0,06828704	-2,64887852	0,69314718	4,9	0,52771179
2,4	81	0,01875	0,08703704	-2,39623703	0,87546874	8,4672	0,5613138

2,7	102	0,02361111	0,11064815	-2,14334165	0,99325177	12,0558375	0,58333287
3,1	137	0,03171296	0,14236111	-1,87358483	1,13140211	18,2469875	0,60936639
3,4	150	0,03472222	0,17708333	-1,63526693	1,22377543	24,0737	0,62684292
3,7	146	0,0337963	0,21087963	-1,44038563	1,30833282	31,0249625	0,64285194
4,1	164	0,03796296	0,24884259	-1,2512739	1,41098697	42,2141125	0,6622563
4,4	179	0,04143519	0,29027778	-1,07037002	1,48160454	52,1752	0,67555754
4,8	265	0,06134259	0,35162037	-0,83637363	1,56861592	67,7376	0,69186115
5,1	306	0,07083333	0,4224537	-0,59971754	1,62924054	81,2487375	0,70314658
5,4	258	0,05972222	0,48217593	-0,41836842	1,68639895	96,4467	0,71371801
5,8	287	0,06643519	0,54861111	-0,22887742	1,75785792	119,5061	0,72682372
6,1	273	0,06319444	0,61180556	-0,05524962	1,80828877	139,0258625	0,73598818
6,5	249	0,05763889	0,66944444	0,10163607	1,87180218	168,2078125	0,7474173
6,8	241	0,05578704	0,72523148	0,25605694	1,91692261	192,5896	0,75545267
7,1	153	0,03541667	0,76064815	0,357549	1,96009478	219,2204875	0,76307015
7,5	150	0,03472222	0,79537037	0,46156413	2,01490302	258,3984375	0,77263336
7,8	159	0,03680556	0,83217593	0,57932823	2,05412373	290,6631	0,77939818
8,2	125	0,02893519	0,86111111	0,68010299	2,10413415	337,7129	0,78792278
8,5	116	0,02685185	0,88796296	0,78341091	2,14006616	376,1515625	0,79397394
8,8	79	0,01828704	0,90625	0,86167555	2,17475172	417,4016	0,79975399
9,2	83	0,01921296	0,92546296	0,95414865	2,21920348	476,9464	0,80706993
9,5	73	0,01689815	0,94236111	1,04856656	2,2512918	525,1421875	0,8122847
9,9	44	0,01018519	0,9525463	1,11448587	2,29253476	594,3081375	0,81890233
10,2	58	0,01342593	0,96597222	1,21804673	2,32238772	649,9899	0,82363094
10,5	29	0,00671296	0,97268519	1,28102441	2,35137526	709,0453125	0,82817165
10,9	44	0,01018519	0,98287037	1,40289225	2,38876279	793,2052625	0,83395227
11,2	15	0,00347222	0,98634259	1,45709602	2,41591378	860,5184	0,83809529
11,6	16	0,0037037	0,9900463	1,52818676	2,4510051	956,0488	0,8433798
11,9	23	0,00532407	0,99537037	1,68181037	2,4765384	1032,159888	0,84717421
12,2	8	0,00185185	0,99722222	1,77259432	2,50143595	1112,2069	0,85083222
12,6	6	0,00138889	0,99861111	1,88392094	2,53369681	1225,2303	0,85550939
12,9	3	0,00069444	0,99930556	1,98408614	2,55722731	1314,847013	0,85887548
13,6	3	0,00069444	1	#¡NUM!	2,61006979	1540,7168	0,86629245
	4320					14753,36284	

[AUTORES].

Tabla T29. Frecuencias de velocidades para los días de enero.

VELOCIDAD	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA ACUMULADA	LN(F)	LN(V)	DENSIDAD DE VIENTO	WEIBULL
0,3	1	0,00045475	0,00045475	-7,69553057	-1,2039728	0,0165375	0,35136894
0,7	7	0,00318327	0,00363802	-5,61449468	-0,35667494	0,2100875	0,45558716
1	8	0,00363802	0,00727603	-4,91952017	0	0,6125	0,50417941
1,4	3	0,00136426	0,00864029	-4,74698323	0,33647224	1,6807	0,55196311
1,7	10	0,00454752	0,01318781	-4,32183173	0,53062825	3,0092125	0,58016225
2	15	0,00682128	0,0200091	-3,90147938	0,69314718	4,9	0,60399599
2,4	11	0,00500227	0,02501137	-3,6757868	0,87546874	8,4672	0,63086507
2,7	16	0,00727603	0,0322874	-3,41671292	0,99325177	12,0558375	0,64823516
3,1	9	0,00409277	0,03638017	-3,29525936	1,13140211	18,2469875	0,66855896
3,4	10	0,00454752	0,04092769	-3,17512668	1,22377543	24,0737	0,68208707
3,7	17	0,00773079	0,04865848	-2,99809175	1,30833282	31,0249625	0,69440705

4,1	38	0,01728058	0,06593906	-2,68511132	1,41098697	42,2141125	0,70925828
4,4	23	0,0104593	0,07639836	-2,53231996	1,48160454	52,1752	0,71939333
4,8	44	0,0200091	0,09640746	-2,28891152	1,56861592	67,7376	0,73177369
5,1	61	0,02773988	0,12414734	-2,02073953	1,62924054	81,2487375	0,74032046
5,4	70	0,03183265	0,15597999	-1,77443593	1,68639895	96,4467	0,74831268
5,8	67	0,03046839	0,18644839	-1,57820136	1,75785792	119,5061	0,75820649
6,1	67	0,03046839	0,21691678	-1,40847328	1,80828877	139,025863	0,76511826
6,5	95	0,04320146	0,26011824	-1,19976539	1,87180218	168,207813	0,77373379
6,8	82	0,03728968	0,29740791	-1,04134728	1,91692261	192,5896	0,77979034
7,1	121	0,05502501	0,35243292	-0,83348362	1,96009478	219,220488	0,785533
7,5	86	0,03910869	0,39154161	-0,69951391	2,01490302	258,398438	0,79274626
7,8	107	0,04865848	0,44020009	-0,54442401	2,05412373	290,6631	0,79785283
8,2	98	0,04456571	0,4847658	-0,41077861	2,10413415	337,7129	0,80429458
8,5	117	0,053206	0,53797181	-0,25860318	2,14006616	376,151563	0,80887308
8,8	124	0,05638927	0,59436107	-0,10281724	2,17475172	417,4016	0,81325199
9,2	99	0,04502046	0,63938154	0,01973867	2,21920348	476,9464	0,81880361
9,5	96	0,04365621	0,68303774	0,13886813	2,2512918	525,142188	0,82276799
9,9	74	0,03365166	0,7166894	0,23207274	2,29253476	594,308138	0,82780882
10,2	79	0,03592542	0,75261482	0,33419017	2,32238772	649,9899	0,83141839
10,5	63	0,02864939	0,78126421	0,41863844	2,35137526	709,045313	0,83489121
10,9	74	0,03365166	0,81491587	0,52291909	2,38876279	793,205263	0,83932277
11,2	68	0,03092315	0,84583902	0,62580895	2,41591378	860,5184	0,84250677
11,6	58	0,02637563	0,87221464	0,72144466	2,4510051	956,0488	0,8465785
11,9	52	0,02364711	0,89586176	0,81626529	2,4765384	1032,15989	0,84950994
12,2	63	0,02864939	0,92451114	0,94924965	2,50143595	1112,2069	0,85234268
12,6	44	0,0200091	0,94452024	1,06185734	2,53369681	1225,2303	0,85597491
12,9	33	0,01500682	0,95952706	1,16537384	2,55722731	1314,84701	0,85859661
13,3	31	0,01409732	0,97362437	1,29069576	2,58776404	1440,99016	0,86196378
13,6	19	0,00864029	0,98226467	1,39431123	2,61006979	1540,7168	0,86439799
13,9	18	0,00818554	0,9904502	1,53713289	2,63188884	1644,94164	0,86675816
14,3	10	0,00454752	0,99499773	1,66730348	2,66025954	1791,07679	0,86979576
14,6	7	0,00318327	0,99818099	1,84205067	2,68102153	1906,1833	0,87199613
15	1	0,00045475	0,99863574	1,88663709	2,7080502	2067,1875	0,87483177
15,3	2	0,0009095	0,99954525	2,04066927	2,72785283	2193,71591	0,87688842
15,6	1	0,00045475	1	3,60377899	2,74727091	2325,3048	0,87888784
	2199					28122,7629	

[AUTORES].

Tabla T30. Frecuencias de velocidades para los días de estudio.

Velocidad	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	LN(F)	LN(V)	Densidad De Viento	Weibull
0	53	0,002681101	0,0026811	-5,92018578	-1,2039728	0	0
0,3	130	0,006576285	0,00925739	-4,67768695	-1,2039728	0,0165375	0,52363578
0,7	111	0,005615136	0,01219142	-4,40089591	-0,35667494	0,2100875	0,61567875
1	340	0,017199514	0,02939093	-3,51219032	0	0,6125	0,6550354
1,3	169	0,00854917	0,03794011	-3,25246959	0,26236426	1,3456625	0,68383784
1,4	230	0,011634966	0,04957507	-2,97895185	0,33647224	1,6807	0,69192009
1,6	1	5,05868E-05	0,04962566	-2,97790557	0,47000363	2,5088	0,70639962
1,7	252	0,012747875	0,06237353	-2,74258525	0,53062825	3,0092125	0,71293209
2	428	0,021651153	0,08402469	-2,43308264	0,69314718	4,9	0,73029174
2,4	544	0,027519223	0,11154391	-2,13478469	0,87546874	8,4672	0,74945359
2,7	534	0,027013355	0,13855726	-1,90282492	0,99325177	12,0558375	0,76162489
3	6	0,000303521	0,13886079	-1,90046492	1,09861229	16,5375	0,77235605
3,1	752	0,038041279	0,17690206	-1,63639765	1,13140211	18,2469875	0,7756634
3,3	1	5,05868E-05	0,17695265	-1,636082	1,19392247	22,0114125	0,78192467
3,4	579	0,029289761	0,20624241	-1,46543641	1,22377543	24,0737	0,78489299
3,5	3	0,00015176	0,20639417	-1,46460892	1,25276297	26,2609375	0,78776163
3,7	745	0,037687171	0,24408134	-1,27360336	1,30833282	31,0249625	0,79322238
3,8	3	0,00015176	0,2442331	-1,27288608	1,33500107	33,6091	0,79582459
4	1	5,05868E-05	0,24428369	-1,27264706	1,38629436	39,2	0,80079507
4,1	851	0,043049373	0,28733306	-1,08251919	1,41098697	42,2141125	0,8031713
4,2	15	0,000758802	0,28809187	-1,07937923	1,43508453	45,3789	0,80547967

4,4	838	0,042391744	0,33048361	-0,91329614	1,48160454	52,1752	0,8099058
4,5	5	0,000252934	0,33073654	-0,91235476	1,5040774	55,8140625	0,81202949
4,7	13	0,000657628	0,33139417	-0,90990966	1,54756251	63,5915875	0,81611149
4,8	940	0,047551599	0,37894577	-0,74162995	1,56861592	67,7376	0,81807464
5	2	0,000101174	0,37904694	-0,74128799	1,60943791	76,5625	0,82185622
5,1	1201	0,060754755	0,4398017	-0,54565096	1,62924054	81,2487375	0,82367864
5,2	2	0,000101174	0,43990287	-0,54533931	1,64865863	86,1224	0,82545796
5,4	960	0,048563335	0,48846621	-0,3999678	1,68639895	96,4467	0,82889406
5,5	5	0,000252934	0,48871914	-0,39923026	1,70474809	101,9046875	0,83055398
5,7	11	0,000556455	0,4892756	-0,39760831	1,74046617	113,4307125	0,83376483
5,8	1069	0,054077297	0,54335289	-0,24354477	1,75785792	119,5061	0,83531842
5,9	1	5,05868E-05	0,54340348	-0,24340344	1,77495235	125,7946375	0,83683912
6,1	1014	0,051295022	0,5946985	-0,10189536	1,80828877	139,0258625	0,83978642
6,3	1	5,05868E-05	0,59474909	-0,10175716	1,84054963	153,1537875	0,8426154
6,4	28	0,001416431	0,59616552	-0,09788829	1,85629799	160,5632	0,84398799
6,5	953	0,048209227	0,64437475	0,03331655	1,87180218	168,2078125	0,84533387
6,6	20	0,001011736	0,64538648	0,03606841	1,88706965	176,0913	0,84665392
6,8	968	0,048968029	0,69435451	0,1700207	1,91692261	192,5896	0,84921975
6,9	3	0,00015176	0,69450627	0,17043961	1,93152141	201,2117625	0,85046709
7,1	692	0,03500607	0,72951234	0,26813895	1,96009478	219,2204875	0,85289418
7,5	634	0,032072036	0,76158438	0,36028629	2,01490302	258,3984375	0,8574964
7,6	9	0,000455281	0,76203966	0,36161858	2,02814825	268,8728	0,85859795
7,8	714	0,03611898	0,79815864	0,47017439	2,05412373	290,6631	0,86074608
7,9	4	0,000202347	0,79836099	0,47080097	2,06686276	301,9863875	0,86179367
8,1	8	0,000404694	0,79876568	0,47205483	2,09186406	325,5076125	0,86383824
8,2	531	0,026861594	0,82562728	0,55764824	2,10413415	337,7129	0,86483612
8,3	86	0,004350465	0,82997774	0,57201061	2,11625551	350,2195375	0,86581829
8,4	8	0,000404694	0,83038244	0,57335469	2,12823171	363,0312	0,86678518
8,5	483	0,024433428	0,85481586	0,65739172	2,14006616	376,1515625	0,86773716
8,8	419	0,021195872	0,87601174	0,73599993	2,17475172	417,4016	0,87050738
8,9	2	0,000101174	0,87611291	0,73639089	2,18605128	431,7935125	0,87140339
9,2	301	0,015226629	0,89133954	0,79729424	2,21920348	476,9464	0,87401378
9,3	43	0,002175233	0,89351477	0,80636381	2,2300144	492,6686625	0,87485905
9,4	2	0,000101174	0,89361594	0,80678813	2,24070969	508,7327	0,87569238
9,5	342	0,017300688	0,91091663	0,88301628	2,2512918	525,1421875	0,87651404
9,6	3	0,00015176	0,91106839	0,88372112	2,2617631	541,9008	0,87732343
9,9	209	0,010572643	0,92164104	0,93470216	2,29253476	594,3081375	0,87968919
10,2	222	0,011230271	0,93287131	0,99367528	2,32238772	649,9899	0,88196027
10,5	173	0,008751518	0,94162282	1,04409637	2,35137526	709,0453125	0,8841435
10,9	173	0,008751518	0,95037434	1,09969413	2,38876279	793,2052625	0,88692712
11,2	93	0,004704573	0,95507892	1,1323204	2,41591378	860,5184	0,88892567
11,6	83	0,004198705	0,95927762	1,16345622	2,4510051	956,0488	0,89147994
11,9	90	0,004552813	0,96383043	1,19982538	2,4765384	1032,159888	0,89331799
12,2	189	0,009560907	0,97339134	1,28827311	2,50143595	1112,2069	0,89509356
12,3	44	0,00222582	0,97561716	1,31207598	2,50959926	1139,781038	0,89567213
12,4	1	5,05868E-05	0,97566775	1,31263503	2,51769647	1167,8072	0,89624425
12,5	56	0,002832861	0,97850061	1,3454022	2,52572864	1196,289063	0,89681003
12,6	101	0,005109268	0,00510927	-5,27413914	-1,2039728	1225,2303	0,8973696
12,9	154	0,007790368	0,01289964	-4,34407145	2,55722731	1314,847013	0,89901208
13,3	37	0,001871712	0,01477135	-4,20763441	2,58776404	1440,990163	0,90112135
13,6	27	0,001365844	0,01613719	-4,11850527	2,61006979	1540,7168	0,90264613
13,9	19	0,000961149	0,01709834	-4,06016314	2,63188884	1644,941638	0,90412457
14,3	10	0,000505868	0,01760421	-4,03074991	2,66025954	1791,076788	0,90602755
14,6	7	0,000354108	0,01795832	-4,01065488	2,68102153	1906,1833	0,90740625
15	1	5,05868E-05	0,0180089	-4,00781626	2,7080502	2067,1875	0,90918341
15,3	2	0,000101174	0,01811008	-4,00216264	2,72785283	2193,715913	0,91047272
15,5	1	5,05868E-05	0,01816066	-3,99934756	2,74084002	2280,873438	0,91131244
15,6	12	0,000607042	0,01876771	-3,96615961	2,74727091	2325,3048	0,91172653
15,9	1	5,05868E-05	0,01881829	-3,96344213	2,76631911	2462,053388	0,91294636
	19768					41455,37323	

[AUTORES].

Tabla T31. Variación de la densidad, temperatura y presión con la altitud en una atmósfera estándar.

Altitud (m)	Temperatura (°C)	Presión (hPa)	Densidad (kg/m ³)
0	15.0	1013.2	1.225
100	14.3	1001.3	1.213
200	13.7	989.5	1.202
300	13.0	977.73	1.190
400	12.4	966.11	1.179
500	11.7	954.6	1.167
1000	8.5	898.7	1.112
2000	2.0	794.9	1.007
3000	-4.5	701.1	0.909
4000	-11.0	616.4	0.819
5000	-17.5	540.2	0.736

Fuente. [MEER].

Tabla T32. Tabla para selección del grupo generador.

POTENCIA MOTOR		POTENCIA DEL GENERADOR			
		ARRANQUE DIRECTO		ARRANQUE ESTRELLA-TRIANGULO	
(kW)	(HP)	(kW)	(KVA)	(kW)	(KVA)
2,2	3	6	7,5	-	-
3	4	8	10	6	7,5
4	5,5	10	12,5	8	10
5,5	7,5	12,5	15,6	10,8	13,5
7,5	10	15	18,8	14	17,5
9,2	12,5	18,8	23,5	17,2	21,5
11	15	22,5	28	20,5	25,5
13	17,5	26,4	33	23,6	29,5
15	20	30	38	27	34
18,5	25	40	50	33	42
22	30	45	57	40	50
26	35	52	65	45	57
30	40	60	75	52	65
37	50	75	94	65	81
45	60	90	112	77	97
51	70	105	131	90	112
59	80	120	150	102	128
66	90	135	170	115	144
75	100	150	190	128	160
92	125	185	230	158	198
110	150	210	260	190	237

[AUTORES].

Tabla T33. Potencia aprovechable en las velocidades descritas para los días de estudio.

VELOCIDAD (m/s)	FRECUENCIA	densidad del aire	área de barrido Electricia Wind m ²	potencia aprovechable	área de barrido Vestas m ²	potencia aprovechable	área de barrido ADE S m ²	potencia aprovechable	área de barrido Enercon m ²	potencia aprovechable	área de barrido ACS A m ²	potencia aprovechable
0,3	62	0,73	615,8	6,06	314,2	3,09	660,5	6,5	706,9	6,96	573	5,646915
0,7	68	0,73	615,8	77,09	314,2	39,33	660,5	82,69	706,9	88,5	573	71,73673
1	179	0,73	615,8	224,76	314,2	114,68	660,5	241,08	706,9	258,01	573	209,145
1,3	65	0,73	615,8	493,81	314,2	251,95	660,5	529,65	706,9	566,86	573	459,4915
1,4	114	0,73	615,8	616,76	314,2	314,69	660,5	661,53	706,9	708	573	573,8938
1,7	109	0,73	615,8	1104,28	314,2	563,43	660,5	1184,43	706,9	1267,64	573	1027,529
2	194	0,73	615,8	1798,13	314,2	917,46	660,5	1928,66	706,9	2064,14	573	1673,16
2,4	264	0,73	615,8	3107,17	314,2	1585,37	660,5	3332,72	706,9	3566,84	573	2891,220
2,7	218	0,73	615,8	4424,08	314,2	2257,3	660,5	4745,22	706,9	5078,57	573	4116,601
3,1	294	0,73	615,8	6696,03	314,2	3416,52	660,5	7182,08	706,9	7686,62	573	6230,638
3,4	165	0,73	615,8	8834,24	314,2	4507,5	660,5	9475,5	706,9	10141,15	573	8220,235
3,7	288	0,73	615,8	11385,12	314,2	5809,03	660,5	12211,55	706,9	13069,41	573	10593,82
4,1	248	0,73	615,8	15491,16	314,2	7904,06	660,5	16615,64	706,9	17782,89	573	14414,48
4,4	277	0,73	615,8	19146,55	314,2	9769,15	660,5	20536,37	706,9	21979,04	573	17815,80
4,8	267	0,73	615,8	24857,43	314,2	12683,02	660,5	26661,79	706,9	28534,78	573	23129,76
5,1	306	0,73	615,8	29815,56	314,2	15212,81	660,5	31979,83	706,9	34226,41	573	27743,29
5,4	228	0,73	615,8	35392,71	314,2	18058,44	660,5	37961,81	706,9	40628,62	573	32932,80
5,8	221	0,73	615,8	43854,73	314,2	22376,02	660,5	47038,08	706,9	50342,5	573	40806,69
6,1	164	0,73	615,8	51017,83	314,2	26030,86	660,5	54721,14	706,9	58565,29	573	47471,94
6,5	159	0,73	615,8	61726,63	314,2	31494,81	660,5	66207,28	706,9	70858,33	573	57436,44
6,8	95	0,73	615,8	70673,93	314,2	36060	660,5	75804,05	706,9	81129,27	573	65761,88
7,1	86	0,73	615,8	80446,58	314,2	41046,3	660,5	86286,07	706,9	92347,65	573	74855,29
7,5	81	0,73	615,8	94823,57	314,2	48381,89	660,5	101706,6	706,9	108851,5	573	88233,04
7,8	90	0,73	615,8	106663,6	314,2	54423,04	660,5	114406,1	706,9	122443,1	573	99250,17
8,2	34	0,73	615,8	123929,3	314,2	63232,53	660,5	132925,1	706,9	142263,1	573	115315,8
8,5	23	0,73	615,8	138035,0	314,2	70429,69	660,5	148054,7	706,9	158455,6	573	128441,1
8,8	21	0,73	615,8	153172,4	314,2	78153,25	660,5	164290,9	706,9	175832,3	573	142526,4
	19768			40.28 kW		20.5 kW		43.2 kW		46.2 kW		37.4 kW

[AUTORES].

Tabla T34. Tipos de aerogeneradores dispuestos a para velocidades de viento disponibles.

FABRICANTE	Aeronáutica		Adventure	Enercion	Goldwind	Subaru	Vestas	ADE S	Electrica Wind
CARACTERÍSTICAS	windpower	AC SA	Power						
POTENCIA NOMINAL	225 kW	225 kW	300 kW	200 kW	600 kW	100 kW	100 kW	100 kW	100 kW
DIÁMETRO ROTOR	29 m	27 m	32 m	30 m	43 m	22 m	20 m	29 m	28 m
NUMERO DE PALAS	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ÁREA DE BARRIDO	661 m ²	573 m ²	804,2 m ²	706,9 m ²	1452,2 m ²	380,1 m ²	314,2 m ²	660,5 m ²	615,8 m ²
DENSIDAD DE POTENCIA	2,94 m ² /kW	2,55 m ² /kW	2,68 m ² /kW	3,53 m ² /kW	2,42 m ² /kW	3,8 m ² /kW	3,14 m ² /kW	6,61 m ² /kW	6,16 m ² /kW
VELOCIDAD MÁXIMA DEL ROTOR	37,9 vuelta/min	32 vuelta/min	54 vuelta/min	48 vuelta/min	26,8 vuelta/min	80 vuelta/min	46 vuelta/min	55 vuelta/min	47,7 vuelta/min
VELOCIDAD DE APAGADO	23 m/s	25 m/s	20 m/s	25 m/s	25 m/s	25 m/s	25 m/s	25 m/s	25 m/s
VELOCIDAD NOMINAL	14 m/s	14,5 m/s	12 m/s	13 m/s	15 m/s	11 m/s	17,5 m/s	11 m/s	9 m/s
VELOCIDAD DE ENCENDIDO	2 m/s	3,5 m/s	3,5 m/s	2,5 m/s	3,2 m/s	2 m/s	5 m/s	3,5 m/s	3 m/s
GENERADOR TIPO	ASYN C	ASYN C	IGBT	SYN C Wounded	IND	SYN C PM	ASY NC	ASY NC	SYN C PM
VOLTAJE SALIDA	480 V	400 V	400 V	440 V	690 V	400 V	400 V	500 V	400 V
CAJA DE CAMBIOS	si	si	no	no	si	no	si	si	si
ALTURA MÁX. DE LA GÓNDOLA	50 m	50 m	32 m	50 m	60 m	30 m	24 m	27,5 m	34 m
MASA TOTAL	23,5 ton	22,8 ton	28 ton	43,7 ton	97,4 ton		11,9 ton	17,9 ton	16,6 ton

Fuente. [WindPower].

Tabla T35. Planilla de supuesto pago para estación de bombeo propuesta.

PLANILLA ELECTRICA	
sistema de bombeo Maca Atápulo	
INFORMACION DEL CONSUMIDOR	
CLIENTE:	Sistema de bombeo Maca Atápulo
DIRECCION:	Paramos de Milin
TARIFA	TARIFA GENERAL CON DEMANDA
PROVINCIA/CANTON	Cotopaxi/Saquisilí
PARROQUIA:	Poaló
VALORES A PAGAR	
RUBROS	CARGO USD\$
Comercialización	\$1,41
Consumo de energía	\$29,13
Demanda	\$114,96
Alumbrado público	\$24,74
valor total de la factura	\$170,24

[AUTORES]

Tabla T36. Valores del factor de potencia preestablecidos para receptores habituales.

CARGA	COS θ FACTOR DE POTENCIA
Transformador En Vacío	0,1 - 0,15
Transformador	0,8
Motores	0,7 - 0,8
Dispositivos Para El Tratamiento Del Metal	
Soldadoras De Arco	0,35 - 0,6
Soldadoras De Resistencia	0,4 - 0,6
Hornos De Arco	0,75 - 0,9
Lamparas Fluorecentes	
Compensadas	0,9
No Compensadas	0,4 - 0,6
Convertidores De CA-CC	0,6 - 0,95
Accionamientos De CC	0,4 - 0,75
Accionamientos De CA	0,95 - 0,97
Cargas Resistivas	1

Fuente. [ABB].

Tabla T37. Características para conductor de media tensión.

MEDIA TENSIÓN XLPE - PB 15 kV							
			100 % nivel de aislamiento espesor de aislamiento= 4,45		133% nivel de aislamiento espesor de aislamiento = 5,59		
calibre	área nominal de la sección transversal	numero de hilos	diámetro total aproximado	peso total aproximado	diámetro total aproximado	peso total aproximado	capacidad de conducción de corriente
AWG	mm ²		mm	kg/100 m	mm	kg/100 m	ampere
2	33,6	7	26,5	2143	28,8	2388	177
1	42,4	19	27,3	2301	29,6	2548	190
1/0	53,5	19	28,3	2494	30,6	2744	240
2/0	67,4	19	29,3	2720	31,7	2974	275
3/0	85	19	30,5	2999	32,9	3257	310
4/0	107,2	19	31,9	3332	34,2	3595	356
250	126,7	37	33,3	3655	37,1	4481	382
300	152	37	34,6	4014	38,4	4864	420
350	177,3	37	37,3	4923	39,6	5235	457
500	253,4	37	40,4	5975	42,7	6298	533

Fuente. [VIAKON].

Tabla T38. Tabla para selección de conductor en puestas a tierra.

Corriente Nominal de Protección Contra Sobre Corrientes en Circuitos.	Sección Transversal			
	Alambre de Cobre		Alambre de Aluminio o de Aluminio Revestido de Cobre	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2,08	14	3,3	12
20	3,3	12	5,25	10
30	5,25	10	8,36	8
40	5,25	10	8,36	8
60	5,25	10	8,36	8
100	8,36	8	13,29	6
200	13,29	6	21,14	4
300	21,14	4	33,62	2
400	26,66	3	42,2	1
500	33,62	2	53,5	1/0
600	42,2	1	67,44	2/0
800	53,5	1/0	85,02	3/0
1 000	67,44	2/0	107,21	4/0

Fuente. [TESICNOR].

Tabla T39. Parámetros de rentabilidad.

FLUJO INTERNO NETO																												
	INVE	20	20	202	20	20	20	20	20	20	202	202	203	203	203	203	203	203	203	203	203	204	204	204	204			
	RSIO	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43		
	N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
INGRESOS																												
Energía eléctrica		\$85.147,00	\$86.849,94	\$88.586,94	\$90.058,68	\$92.165,85	\$94.091,7	\$95.889,35	\$97.780,14	\$99.725,28	\$101.725,55	\$103.780,72	\$105.890,59	\$108.055,98	\$110.277,72	\$112.556,65	\$114.893,65	\$117.288,58	\$120.736,36	\$123.238,88	\$125.796,10	\$128.409,43	\$131.079,23	\$133.805,54	\$136.588,35	\$139.427,68	\$142.323,53	\$145.276,61
GASTOS																												
Gasto luz		\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	\$2.042,00	
Gasto "Cuenta del Buen vivir territorial"		\$20.364,40	\$20.364,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	\$20.936,40	
FLUJO DE EFECTIVO		\$2.190,00	\$6.715,60	\$6.715,60	\$65.608,80	\$67.874,45	\$71.030,77	\$74.195,95	\$77.361,10	\$80.526,28	\$83.691,46	\$86.856,64	\$90.021,82	\$93.187,00	\$96.352,18	\$99.517,36	\$102.682,54	\$105.847,72	\$109.012,90	\$112.178,08	\$115.343,26	\$118.508,44	\$121.673,62	\$124.838,80	\$128.003,98	\$131.169,16	\$134.334,34	

\$2.152.823,93

INVERSION INICIAL	\$2.190.100,00	VAN	\$-1.055.979,94
TASA DE DESCUENTO INICIAL	5%	TIR	-0,12%
AÑOS	25		

[AUTORES].

Tabla T40. tabla ara representación de rentabilidad.

TASA INTERNA DE RETORNO	
TASA DE DESCUENTO	VAN
0%	\$-37.276,07
1%	\$-318.062,63
2%	\$-551.781,52
3%	\$-747.326,40
4%	\$-911.773,95
4%	\$-911.773,95
5%	\$-1.050.777,47
6%	\$-1.168.871,14
7%	\$-1.269.705,92
8%	\$-1.356.233,15
9%	\$-1.430.847,99
10%	\$-1.495.501,80

[AUTORES].

Tabla T41. Condiciones climatológicas para descargas de baterías

40° C	la batería posee 102 % de capacidad
25° C	la batería posee 100 % de capacidad
0° C	la batería posee 85% de capacidad
-15° C	la batería posee 65% de capacidad

Fuente. [CAVADEVICES].

Tabla T42. Tipos de baterías con porcentaje de descarga.

Tipo	Energía/Peso	Tiempo De Carga	Auto-Descarga %
plomo	30-50 Wh/kg	8-16h	5
Ni-Cd	48-80 Wh/kg	10-14h	30
Ni-Mh	60-120 Wh/kg	2h-4h	20
Li-ion	110-160 Wh/kg	2h-4h	25
Li-Po	100-130 Wh/kg	1h-1,5h	10
Zinc-aire	140-180 Wh/kg		

Fuente. [VERGARA].

Tabla T43. Promedio de velocidades para el mes de septiembre

Hora Mes	Promedio Hora Mes (m/s)	Días Mes	Promedio Días (m/s)	Promedio Mes (m/s)
1	7,523	1	7,782	7,043766667
2	6,642	2	7,83	
3	6,813	3	7,811	
4	6,837	4	7,81	
5	6,571	5	7,777	
6	6,488	6	7,71	
7	7,617	7	7,605	
8	9,061	8	7,651	
9	9,047	9	7,656	
10	9,381	10	7,601	
11	10,251	11	7,468	
12	11,109	12	7,306	
13	10,362	13	7,107	
14	10,947	14	6,852	
15	10,136	15	6,697	
16	8,097	16	6,595	
17	7,331	17	6,495	
18	7,087	18	6,473	
19	5,944	19	6,455	
20	4,682	20	6,469	
21	4,421	21	6,426	
22	4,914	22	6,482	
23	5,166	23	6,561	
24	5,183	24	6,633	
		25	6,729	
		26	6,693	
		27	6,726	
		28	6,663	
		29	6,632	
		30	6,618	

[AUTORES].

Tabla T44. Promedio de velocidades para el mes de octubre

Hora Mes	Promedio Hora Mes (m/s)	Días Mes	Promedio Días (m/s)	Promedio Mes (m/s)
1	7,1653	1	7,512152778	7,32575
2	6,8497	2	8,137847222	
3	6,9505	3	8,323611111	
4	6,8645	4	11,27361111	
5	6,8244	5	9,378472222	
6	6,6655	6	12,08888889	
7	7,1228	7	10,09965278	
8	7,3419	8	11,39583333	
9	7,6481	9	10,34861111	
10	8,0284	10	10,83541667	
11	8,1795	11	7,995486111	
12	8,2373	12	8,655902778	
13	8,1607	13	6,666666667	
14	8,326	14	6,754513889	
15	8,1413	15	3,837152778	
16	7,8147	16	9,150347222	
17	7,2206	17	3,676388889	
18	7,2916	18	5,273263889	
19	7,179	19	9,295486111	
20	7,0776	20	5,302777778	
21	6,7994	21	5,273263889	
22	6,6693	22	3,676388889	
23	6,7481	23	7,886805556	
24	6,5118	24	8,172916667	
		25	3,676388889	
		26	5,302777778	
		27	5,302777778	
		28	6,413541667	
		29	5,302777778	
		30	3,676388889	
		31	6,413888889	

[AUTORES].

Tabla T45. Promedio de velocidades para el mes de noviembre

Hora Mes	Promedio Hora Mes (m/s)	Días Mes	Promedio Días (m/s)	Promedio Mes (m/s)
1	3,4983	1	3,589930556	4,391631944
2	3,8086	2	3,571875	
3	4,2502	3	5,20625	
4	4,1688	4	5,20625	
5	3,8177	5	3,571875	
6	3,6641	6	5,20625	
7	3,9855	7	4,732638889	
8	3,7397	8	5,20625	
9	4,5119	9	3,712847222	
10	4,7636	10	4,732638889	
11	4,9933	11	5,235416667	
12	5,1186	12	3,589930556	
13	5,6566	13	5,235416667	
14	6,2408	14	5,20625	
15	5,8586	15	3,589930556	
16	5,6005	16	3,712847222	
17	5,1666	17	3,589930556	
18	5,6416	18	5,20625	
19	5,1158	19	3,712847222	
20	4,8683	20	5,235416667	
21	3,4952	21	5,20625	
22	2,2411	22	3,589930556	
23	2,5177	23	3,712847222	
24	2,675	24	3,712847222	
		25	3,589930556	
		26	5,235416667	
		27	5,235416667	
		28	3,589930556	
		29	5,235416667	
		30	3,589930556	

[AUTORES].

Tabla T46. Promedio de velocidades para el mes de diciembre

Hora Mes	Promedio Hora Mes (m/s)	Días Mes	Promedio Días (m/s)	Promedio Mes (m/s)
1	5,5645	1	3,53125	6,160394265
2	5,0776	2	2,541319444	
3	5,5247	3	3,170138889	
4	5,2639	4	3,904166667	
5	5,1241	5	4,711805556	
6	5,2932	6	3,703819444	
7	6,1048	7	5,235416667	
8	6,1631	8	5,619791667	
9	6,6064	9	8,488888889	
10	7,1188	10	5,20625	
11	7,6435	11	5,619791667	
12	7,5413	12	8,488888889	
13	7,7892	13	7,463194444	
14	8,1483	14	6,289236111	
15	7,8279	15	6,258333333	
16	7,0403	16	7,530555556	
17	6,4327	17	6,091319444	
18	6,2424	18	6,058680556	
19	5,658	19	7,453472222	
20	5,3368	20	5,912847222	
21	5,1225	21	6,289236111	
22	4,8981	22	6,258333333	
23	5,1927	23	7,530555556	
24	5,1333	24	7,577777778	
		25	6,306944444	
		26	7,523958333	
		27	6,319791667	
		28	7,530555556	
		29	7,577777778	
		30	6,289236111	
		31	8,488888889	

[AUTORES].

Tabla T47. Promedio de velocidades para el mes de enero

Hora Mes	Promedio Hora Mes (m/s)	Días Mes	Promedio Días (m/s)	Promedio Mes (m/s)
1	9,3307	1	7,512152778	8,81453224
2	8,9734	2	8,137847222	
3	9,0505	3	8,323611111	
4	8,9942	4	11,27361111	
5	8,7723	5	9,378472222	
6	8,5057	6	12,08888889	
7	8,5437	7	10,09965278	
8	8,8255	8	11,39583333	
9	8,6733	9	10,34861111	
10	8,6866	10	10,83541667	
11	8,6122	11	7,995486111	
12	8,6811	12	8,655902778	
13	8,4227	13	6,666666667	
14	8,3811	14	6,754513889	
15	8,3655	15	3,837152778	
16	8,6966	16	5,091666667	
17	8,3866			
18	8,53			
19	8,6927			
20	8,9272			
21	9,1972			
22	9,4822			
23	9,4683			
24	9,3172			

[AUTORES].

Anexo 6. PRESUPUESTO PARA EL SISTEMA DE BOMBEO

Tabla 7.1. Presupuesto destinado para el sistema de bombeo.

		Emisión : 15/1/2019				
Rodriguez Correa Rosa Aydé		Sr (s) : LENIN OMAR VILLAVICENCIO NOVILLO				
RUC. 0912756061001		Dirección : LATACUNGA				
Av. Rodrigo Pachano 15-165 y La delicia Telf: 2827469 - 2420353 * Fax: 2829579 AMBATO - ECUADOR		RUC: 0928401306 VENDEDOR: TH01				
02.PT.4B	TUBO 4"X3 MT T/B PLASTIGAMA BLANCO	UN3	220.000	10.3500	0.00	2,277.00
02.PA.C4X90	CODO 4"X90 PLASTIGAMA (CJ20)	UNI	5	3,62	0	18,1
02.PA.R4-2	REDUCCION 4"-2" PLASTIGAMA CJ20	UNI	1	3,65	0	3,65
15.VCO.P2	VALV.COMPUERTA 2"PEGLER INGLESA	UNI	1	83,0446	0	83,04
25.PT.KL4000	KALIPEGA 3785CC GALON	UNI	8	54,63	0	437,04
15.VCO.P4	VALVULA COMPUERTA 4"PEGLER	UNI	1	367,7857	0	367,78
02.PA.C2X90	CODO 2"X90 PLASTIGAMA (CJ120)	UNI	2	1,27	0	2,54
02.PA.C4X90	CODO 4"X90 PLASTIGAMA (CJ20)	UNI	3	3,62	0	10,86
Forma de Pago:	Forma de Entrega:	Subtotal <>0:		3,200.020	
Validez de Proforma:			Subtotal 0%:		0	
			Descuento:		0	
			SUBTOTAL:		3,200.020	
			IVA 12%:		384,002	
			TOTAL:		3,584.022	

FUENTE. [MegaCHIMG].

Anexo 7. EXTENSION DE RED

ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA EXTENSIÓN DE RED

EQUIPOS DE PROTECCIÓN, MANIOBRA Y CORTE

SECCIONADORES E INTERRUPTORES

Se caracterizan por ser equipos que realizan cortes y conexiones de a intensidad de corriente que pasa por un circuito, el seccionador realiza la desconexión de forma manual es decir no tiene ningún tipo de automatismo, dejando libre la red permitiendo que se realicen trabajos de mantenimiento en los equipos que comprenden el circuito.

El seccionador está conformado por una tira fusible la cual es el elemento que permite el paso de la corriente mientras esta esté dentro de los límites de conductibilidad, al momento de sobre pasar estos límites su tira fusible se funde y se corta el paso de la corriente, obteniendo un accionamiento automático acorde a los límites de corriente eléctrica.

CONDUCTOR ELÉCTRICO

Para la conducción del sistema eléctrico, se utilizará el conductor ACSR, este es un conductor de aluminio desnudo reforzado con acero, siendo este tipo de conductor el más utilizado para líneas de transmisión y distribución de energía eléctrica, sus características constitutivas ofrecen una resistencia a la tracción o esfuerzo de tensión mecánico lo cual lo hace óptimo para el diseño de esta extensión de red.

ACCESORIOS Y HERRAJES

Los herrajes son dispositivos metálicos que tienen como fin la fijación, empalme, protección eléctrica o mecánica, reparación, separación, amortiguamiento de vibraciones de los conductores o cables de guarda y los cables de anclaje, utilizándolos según el tipo de estructura que se tenga.

Los herrajes comprenderán:

- Elementos de cadena
- Elementos de protección eléctrica
- Grapas y empalmes
- Contrapesos mecánicos
- Elementos para conductores y cables de guarda

- Elementos y accesorios para anclaje
- Elemento de amortiguación elementos para protección mecánica
- Elementos para cables de guarda.

POSTE DE HORMIGON ARMADO

Los postes se normalizan según la función que desempeñen se clasifican los postes de acuerdo a las estructuras a utilizarse es decir suspensión retención angular.

Los postes a ser utilizados para la estructura de suspensión y retención serán de hormigón amado y vibrado, teniendo una geometría exterior tronco piramidal, las caras de los postes tienen una conocida constante desde la parte superior hasta la base.

Utilizando postes de 12 metros con una carga de ruptura horizontal de 350 kg.

TRANSFORMADORES

El transformador a instalarse será uno tipo Pad Mounted debido a sus características constructivas y de rendimiento debido al lugar en que se lo instalara, dispone de una estructura envolvente que hace posible su instalación a la altitud del piso sin que sea necesario la incorporación de una valla de protección.

Están diseñados para trabajar al aire libre, es decir, para el exterior son equipos altamente eficientes, auto refrigerados y bañados en silicona, aceite vegetal o mineral.

INFORMACIÓN GENERAL.

PROYECTO:	EXTENSION DE RED CERROS DE MILIN
UBICACIÓN:	PUJILÍ-COTOPAXI
CLIENTE:	COMUNIDAD DE MACA ATAPÚLO
PROYECTISTA:	Ing.
LIC3NCIA PROFESIONAL:	Ing.

MEMORIA TECNICA

SECCIÓN 1. GENERALIDADES

ANTECEDENTES

El presente proyecto es a nombre de la comunidad de Maca Atapúlo, parroquia Poaló, de la provincia de Cotopaxi, el cual será destinado para la alimentación de un sistema de bombeo para el beneficio de la comunidad y se encuentra localizado según las especificaciones que se muestra a continuación.

Cliente: Comunidad de Maca Atapúlo

Cantón: Pujilí

Parroquia: Poaló

Barrio:

Calles: S/N

Potencia requerida:

Proyectista: Ing.

ALCANCE Y OBJETIVOS

El alcance dl proyecto comprende la construcción de una extensión de red 583 metros de red de medio voltaje, con el montaje de un transformador trifásico de 15 KVA, siendo una red simple sin red de medio voltaje y sin luminarias.

Mediante la determinación de la demanda media untaría y según la guía de diseño se ha establecido el tipo de usuario como servicio comunitario teniendo un consumo mensual 416(Kwh/mes) con lo cual se establece que rad será aérea.

SECCIÓN 2. REDES EXISTENTE:

2.1 DIAGNOSTICO

RED PRIMARIA

Voltaje: 13,8 KV

Subestación: 20 PJ Pujilí

Alimentador Primario: 10PJ3B1S1 La Victoria-Isinche-Zumbahua

Poste de derivación:

Coordenadas: 17 M X: 0749940 Y: 17769254

Voltaje d red secundaria: 127/220 V

SECCIÓN 3: REDES PROYECTADAS

3.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Requerimientos

Diseño:

Centro de transformación No. 1: 15 KVA

Tramo de red de medio Voltaje: cinco

Tipo de red medio Voltaje: Aérea

Tramo de red de bajo voltaje: 0

Vista previa: SI ((X) NO ()

3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

En el presente estudio se consideran y analizan los siguientes parámetros:

Red de Medio Voltaje

Centro de Transformación

Sistema de puesta a tierra

Sistema de Medición

3.2.1 RED DE MEDIO VOLTAJE

Tabla 6.1. Tablas requeridas para extensión de red.

No. Poste de derivación	Tipo de red de MV: (Aérea, Subterránea)	Tramos de red de medio Voltaje	Longitud total de la red de MV (m)	Construcción Nueva		Repotenciación monofásica a trifásica	
				SI	NO	SI	NO
137040	Aérea	Cinco	583	X			X

Tabla 6.2. Tablas requeridas para extensión de red.

Tipo de conductor	Calibre del conductor de fase (AWG)	Calibre del conductor del neutro (AWG)	Normas
ACSR	2	2	MEER

3.2.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Tabla 6.3. Tablas requeridas para centro de transformación.

CT-No.	Capacidad n(KVA)	Demanda requerida (DMUp) (KVA):	Fases	
			Monofásico	Trifásico
1	50 KVA	12,20		X

CT-No.	Tipo					
	Convencional	CSP	Pad mounted conv.	Pad mounted CSP	Pad mounted radial modificado	Pad mounted mallado
1		X				

CT-No.	Voltaje primario (V)	Voltaje secundario (V)	Taps de regulación	Altura de trabajo (msnm)	Estructura de montaje:		
					Poste (ej: 12x500 Kg)	Torre (ej:12x500 Kg)	Cámara (Anexar diseño)
1	7960	127 / 220	+1/-3x2,5%	3870	11m500 Kg		

CT-No.	Capacidad (KVA)	Fases (1, 3)	Tipo (Conv, CSP, Pad Mounted)	No. usuarios	No. Luminarias		
					Cantidad	Tipo (VSAP, LED, HG, etc.)	Potencia (W)
1	15	3	C	1	0	VSAP	0

[AUTORES].

3.2.3 SECCIONAMIENTO Y PROTECCIONES:

a). SECCIONAMIENTO LADO PRIMARIO TRANSFORMADOR

CT-1

El Transformador es de tipo convencional para instalación exterior en poste, el cual estará seccionado en su alimentación primaria un numero de 3 fases utilizando un dispositivo unipolar tipo abierto con dispositivo rompe arco, con una capacidad de corriente nominal de 100 A, 15 KV, conexión de entrada a la red de distribución y salida a equipo montado en dos postes (transformador. SPT-3E100_15Q.)

3.2.4 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Puesta a tierra simple:

Varillas Coperweld: cantidad 1- tipo 1.80m

Calibre del conductor: #2

Tipo de conductor: Cobre

Resistencia esperada: 20 ohm

Mejoramiento del terreno: no es necesario (excelente resistividad).

3.2.5 SISTEMA DE MEDICIÓN.

Medidos existente No: no existe

El cliente requiere medidor nuevo: SI (X).

la cometida y medidor una vez que se firme el acta de energización será instalado por la Empresa Electrica Cotopaxi S.A. de acuerdo con las normas y requerimientos establecidos para el caso, se muestra la tabla 6.4, y 6.5.

Tabla 6.4. Estudio de cargas para la estación propuesta.

4.1 ESTUDIO DE CARGA Y DEMANDA							CT-1	
NOMBRE DEL PROYECTO:		EXTENSIÓN DE RED CERROS DE MILIN						
LOCALIZACIÓN:		Pujilí - MILIN						
USUARIO TIPO:		"SERVICIO COMUNITARIO"						
DESCRIPCIÓN	CANT.	Pn(W)	CI(W)	FFU(%)	CIR(W)	FSn(%)	DMU(W)	
Bomba Centrifuga	1	37000	37000	100	37000	100	37000	
Sistema De Control Eléctrico	1	500	500	100	500	100	500	
Sistema De Iluminación	1	100	100	50	50	10	5	
Tomacorrientes	2	150	300	10	30	10	3	
Totales			37900		37580		37508	
Factor de Potencia		FP		0,8				
Demanda Media		DMU (KVA)		47,82				
Perdidas del Transformador 2%		(1 + Ti(%))10		2,00%				
CAP. TRANSFORMADOR (KVA)		50 KVA						

[AUTORES].

Tabla 6.5. Hoja de estancamiento de redes de distribución proyectadas.

HOJA DE ESTACAMIENTO DE REDES DE DISTRIBUCION PROYECTADAS																
Nombre Del Proyecto: Extensión De Red Cerros De Milin.						Ubicación: Cerros De Milin						Contrato No.:			HOJA: 1 DE: 1	
No. DEL PROYECTO:						CANTON: PUJILI						PROYECTISTA: ING.				
VOLTAJE PRIMARIO: 13.8 KV						PARROQUIA: PÓALO						FISCALIZADOR:				
VOLTAJE SECUNDARIO: 220/127 V						BARRIO: MACA ATÁPULO										
Postes			Red Primaria			Montaje Equipos			Red Secundaria			Puesta A Tierra	Tensores	Alum. Pub.	Acometidas	Observaciones
No.	TIPO	Vano Atrás	Estructura Medio Voltaje	Tipo De Conductor	Calibre Conductor	Estructura Seccionamiento	Estructura Pararrayo	Estructura Transformador	Estructura Bajo Voltaje	Tipo De Conductor	Calibre Conductor	Estructura Spt.	Estructura Tt.	Estructura A.P.	Estructura Acom.	
RED DE MEDIO VOLTAJE																
X	PO0-0HC11_350	0	3CP	ACSR	2	SPT-3E100_15 Q.										
P1	PO0-0HC11_350	2	3HR	ACSR	2								TAT-OTD			
P2	PO0-0HC11_350	232	3HD	ACSR	2								TAT-OTD			
P3	PO0-0HC11_350	125	3CD	ACSR	2											
P4	PO0-0HC11_350	136	3CD	ACSR	2								TAT-OTD			
P5	PO0-0HC11_500	83	3HR	ACSR	2			TRT-3C2				ODC21	TAT-OTS			

[AUTORES]

Tabla 6.6. Calculo de regulación en medio voltaje.

4.2 CALCULO DE REGULACIÓN EN MEDIO VOLTAJE										
NOMBRE DEL PROYECTO:		EXTENSIÓN DE RED CERROS DE MILIN			TENSIÓN: 13,8 kV		N° FASES: 3			
N° DEL PROYECTO:		CIRCUITO			LÍMITE DE CAIDA DE TENSIÓN:		1%			
TIPO DE INSTALACIÓN:		AEREA			MATERIAL DEL CONDUCTOR:		ACSR			
ESQUEMA										
ESQUEMAS					LINEA			COMPUTO		
TRAMO		CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		Carga Total kVA	N° DE FASES	CONDUCTOR		kVA - km	Δ V %	
Designación	LONG. (km)	N°	kVA			Calibre	kVA - km		Parcial	Total
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P1-P5	0,583	CT1	30	50,00	3	2	583	29,15	0,0500	0,0500

ΔV_{max}	0,0300
=	%

[AUTORES]

Tabla 6.7. Presupuesto para la extensión propuesta.

4.5 PRESUPUESTO EXTENSIÓN DE RED CERROS DE MILIN				
UNI	PRESUPUESTO	Cant.	V. Unt.	V. Total
PARTIDA A: POSTES TORRES Y ACCESORIOS				
c/u	Abrazadera de acero galvanizado 3 pernos 38x4x140 mm	2	3,80	7,60
c/u	Abrazadera de acero galvanizado 4 pernos 38x4x140 mm	5	5,50	27,50
c/u	Aislador de suspensión, caucho siliconado 15KV	24	15,00	360,00
c/u	Horquilla de acero galvanizado para anclaje 16 x 75 mm	20	4,50	90,00
c/u	Tuerca ojo ovalado de acero galvanizado, perno de 16mm (5/8)	20	2,00	40,00
c/u	Aislador espiga (pin) porcelana, con radio interferencia 15KVA. ANSI 55-5	12	3,50	42,00
c/u	Perno pin punta de poste doble simple de acero galvanizado, con accesorios de sujeción 19x457 mm (3/4 x 18")	2	12,00	24,00
c/u	perno máquina de acero galvanizado 16 mm	22	2,50	55,00
c/u	perno esparrago o de rosca corrida de acero galvanizado	3	2,30	6,90
c/u	perno espiga (pin) corto de acero galvanizado	4	2,00	8,00
m	Alambre de Al, desnudo sólido, para ataduras, 4 AWG	60	0,50	30,00
c/u	Varilla de armar preformado simple, para cable de Al	3	3,00	9,00
m	Cable de acero galvanizado de 7 hilos 9,52mm (3/8")	1 750	1,15	2 012,50
c/u	Precinto plástico	10	0,50	5,00
c/u	conector de aleación de Al compresión tipo H	3	5,00	15,00
c/u	perno pin de acero galvanizado	8	2,00	16,00
c/u	Poste de hormigón de 12m. 500 Kg.	11	266,93	2 936,23
c/u	cruceta de acero galvanizado, universal, perfil, L 4800mm	4	55,00	220,00
c/u	cruceta de acero galvanizado, universal, perfil, L 2400 mm	4	60,00	240,00
c/u	pide amigo de acero galvanizado, perfil, L	8	9,00	72,00
PARTIDA B: CONDUCTORES Y ACCESORIOS				
c/u	grapa terminal apernada tipo pistola, de aleación de Al	27	27,05	730,35
c/u	Grapa para línea en caliente con estribo	3	22,00	66,00
c/u	Seccionador unipolar de 15KV.	3	95,00	285,00
c/u	Estructura para seccionamiento	3	50,00	150,00
c/u	Conductor de compresión, aleación de Al	6	27,00	162,00
c/u	conductor desnudo solido de Al para ataduras No 4AWG	18	0,50	9,00
PARTIDA C: TRANSFORMADORES Y ACCESORIOS				
c/u	Transformador Auto protegido de 50 KVA 13200 o 13800 - 220 / 127 V	1	6025,0	6025,0
c/u	suelda exotérmica	1	4,00	4,00
m	Cable N. 2 de cobre para tierra	12	3,80	45,60
c/u	Varilla copperweld de puesta a tierra 5/8" (16mm) de diámetro, 1,80m de longitud	1	8,00	8,00
			Sub Total	22 470,2
			Mano De Obra	2 247,02
			Dirección Técnica	1 000,00
			Transporte	449,40
			Total	26 166,6

[AUTORES].

Figura 7.1. Plano de MT elaborado en AUTOCAD.