



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO EXPERIMENTAL

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL EÓLICO DISPONIBLE EN EL SECTOR DE
RÍO BLANCO PERTENECIENTE AL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE
TUNGURAHUA

AUTOR: Juan José Naranjo Toapanta

TUTOR: Ing. Mg. Alex Mayorga

Ambato –Ecuador

2017

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema “DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL EÓLICO DISPONIBLE EN EL SECTOR DE RÍO BLANCO PERTENECIENTE AL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”, elaborado por el Sr Juan José Naranjo Toapanta, portador de la cédula de ciudadanía N 180401051-8, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

.....
Ing. Mg. Alex Mayorga

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Declaro que el presente Trabajo Experimental bajo el tema: “DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL EÓLICO DISPONIBLE EN EL SECTOR DE RÍO BLANCO PERTENECIENTE AL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”, en su totalidad, incluyendo ideas, criterios, análisis y conclusiones son de mi completa autoría.

.....
Juan José Naranjo Toapanta

C. I.: 180401051-8

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación según las normas de la institución

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este trabajo experimental dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

.....
Juan José Naranjo Toapanta

C. I.: 180401051-8

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: “DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL EÓLICO DISPONIBLE EN EL SECTOR DE RÍO BLANCO PERTENECIENTE AL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”, del egresado Juan José Naranjo Toapanta de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

Para constancia firman

Ing. MSC. Germánico López

Ing. MG. Mayra Paucar

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios por llenarme de bendiciones y guiarme en el camino correcto de la vida.

A mis padres Juan y Rosa por el apoyo incondicional y por todo el amor que me brindan y sus palabras de aliento.

A mi hijo Joseph y mi mujer Cristina que son mi aliento de mi vida.

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Carrera de Ingeniería Mecánica, por abrirme las puertas y permitirme ser parte de tan prestigiosa institución.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Mecánica, por compartir sus conocimientos y experiencias.

Al Ing. Mg. Alex Mayorga por su tiempo, apoyo y guía en el presente trabajo y al proyecto “Viabilidad del potencial energético y socioeconómico de energía renovable” por facilitarme los datos para la realización del trabajo investigación.

A mis amigos y compañeros que siempre estuvieron pendientes de mí.

INDICE DE CONTENIDO	
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
INDICE DE CONTENIDO	VIII
INDICE DE TABLAS.....	XI
INDICE DE FIGURAS	XV
RESUMEN EJECUTIVO	XX
SUMMARY	XXI
SIMBOLOGÍA.....	XXII
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES	1
1.1 Tema del trabajo experimental.....	1
1.2 Antecedentes.....	1
1.2.1 Energía eólica en el Ecuador	2
1.2.2 Macro eólica	3
1.2.3 Micro eólica.....	5
1.3 Justificación	8
1.4 Objetivos.....	8
1.4.1 Objetivo General:	8
1.4.2 Objetivos Específicos:	8
CAPÍTULO 2 FUNDAMENTACIÓN.....	9
2.1 Fundamentación Teórica.....	9
2.1.1 Consideraciones de uso del viento con fines energéticos.....	9
2.1.2 Medida y tratamiento de los datos eólicos.....	13
2.1.3 Distribución de Weibull	15
2.1.4 Turbulencia.....	15
2.1.5 Potencia eólica disponible	16
2.1.6 Sitios de interés eólico.....	16
2.1.7 Aerogeneradores.....	17
2.2 Hipótesis	18
2.3 Señalamiento de variables de la hipótesis.....	18
2.3.1 Variable independiente	18

2.3.2 Variable dependiente	18
CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA	19
3.1 Nivel o tipo de investigación	19
3.2 Población y muestra	19
3.3 Operacionalización de variables	22
3.3.1 Variable independiente:	22
3.3.2 Variable dependiente:	23
3.4 Plan de recolección de información	23
3.4.1 Encuesta	24
3.4.2 Observación directa	24
3.4.3 Medición (velocidad y dirección)	24
3.4.4 Procesamiento de datos (velocidad y dirección)	24
3.4.5 Componentes básicos de un aerogenerador de baja potencia	24
3.5 Plan de procesamiento y análisis	25
3.5.1 Prospección eólica preliminar	25
3.5.2 Medición y tratamiento estadístico de los datos de velocidad del viento	25
3.5.3 Determinación de la velocidad media del viento	27
3.5.4 Determinación de la intensidad de la turbulencia	27
3.5.5 Determinación del potencial eólico	27
3.5.6 Influencia del terreno y los obstáculos respecto a la velocidad del viento	28
CAPÍTULO 4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	29
4.1 Recolección de datos	29
4.1.1 Prospección eólica preliminar	29
4.1.2 Análisis de la encuesta	29
4.2 Análisis de resultados	36
4.2.1 Evidencia biológica	36
4.2.2 Estimación de la velocidad	37
4.2.3 Medición de la velocidad y dirección del viento en el sector de Rio Blanco	38
4.2.4 Tratamiento estadístico de la velocidad del viento	38
4.2.5 Tratamiento estadístico mensual de la velocidad del viento	39
4.2.6 Dirección mensual del viento	111
4.2.7 Tratamiento estadístico de la velocidad del viento por estaciones del año en el Ecuador	118
4.2.8 Dirección del viento por estaciones del año en el Ecuador	136
4.2.9 Tratamiento estadístico de los datos anual (2015-2016)	137

4.2.10	Dirección del viento anual (2015-2016).....	143
4.2.11	Resultado general mensual	143
4.2.12	Resultado general por estaciones climáticas existentes en el ecuador ...	147
4.2.13	Resultado general anual.....	148
4.2.14	Velocidades eficaces mensuales (m/s)	150
4.2.15	Velocidades eficaces por estaciones climáticas de ecuador (m/s).....	150
4.2.16	Velocidad eficaz anual (m/s)	151
4.2.17	Evaluación energética.....	151
4.2.18	Variación de las características del viento con la altura.....	152
4.2.19	Influencia del relieve del terreno y los obstáculos con respecto a la velocidad del viento	153
4.3	Verificación de hipótesis	155
CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		156
5.1	Conclusiones.....	156
5.2	Recomendaciones	157
BIBLIOGRAFÍA		158
ANEXOS		159

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Modelo para la tabulación de datos del viento-----	15
Tabla 2.2 Intensidad de turbulencia [16]-----	16
Tabla 2.3 Rangos de producción [8]-----	17
Tabla 3.1 Zona media de la Parroquia Pilahuín [7]-----	20
Tabla 3.2 Ubicación geográfica -----	20
Tabla 3.3 Nivel de confianza-cálculo de la muestra [17]-----	21
Tabla 3.4 Variable Independiente-----	22
Tabla 3.5 Variable Dependiente-----	23
Tabla 3.6 Características de los aparatos de medición [18] -----	25
Tabla 4.1 Escala de Beaufort -----	37
Tabla 4.2 Análisis estadístico- Octubre 2015 -----	39
Tabla 4.3 Resultados del análisis estadístico- Octubre 2015-----	40
Tabla 4.4 Interés eólico- Octubre 2015 -----	40
Tabla 4.5 Análisis estadístico- Noviembre 2015 -----	41
Tabla 4.6 Resultados del análisis estadístico- Noviembre 2015-----	42
Tabla 4.7 Interés eólico- Noviembre 2015-----	42
Tabla 4.8 Análisis estadístico- Diciembre 2015 -----	43
Tabla 4.9 Resultados del análisis estadístico- Diciembre 2015-----	44
Tabla 4.10 Interés eólico- Diciembre 2015 -----	44
Tabla 4.11 Análisis estadístico- Enero 2016 -----	45
Tabla 4.12 Resultados del análisis estadístico- Enero 2016-----	46
Tabla 4.13 Interés eólico- Enero 2016 -----	46
Tabla 4.14 Análisis estadístico- Febrero 2016 -----	47
Tabla 4.15 Resultados del análisis estadístico- Febrero 2016 -----	48
Tabla 4.16 Interés eólico- Febrero 2016 -----	48
Tabla 4.17 Análisis estadístico- Marzo 2016-----	49
Tabla 4.18 Resultados del análisis estadístico- Marzo 2016 -----	50
Tabla 4.19 Interés eólico- Marzo 2016-----	50
Tabla 4.20 Análisis estadístico- Abril 2016 -----	51
Tabla 4.21 Resultados del análisis estadístico- Abril 2016 -----	52
Tabla 4.22 Interés eólico- Abril 2016 -----	52
Tabla 4.23 Análisis estadístico- Mayo 2016-----	53
Tabla 4.24 Resultados del análisis estadístico- Mayo 2016-----	54
Tabla 4.25 Interés eólico- Mayo 2016-----	54
Tabla 4.26 Análisis estadístico- Junio 2016-----	55
Tabla 4.27 Resultados del análisis estadístico- Junio 2016 -----	56
Tabla 4.28 Interés eólico- Junio 2016-----	56
Tabla 4.29 Análisis estadístico- Julio 2016-----	57
Tabla 4.30 Resultados del análisis estadístico- Julio 2016 -----	58
Tabla 4.31 Interés eólico- Julio 2016-----	58
Tabla 4.32 Análisis estadístico- Agosto 2016-----	59
Tabla 4.33 Resultados del análisis estadístico- Agosto 2016 -----	60
Tabla 4.34 Interés eólico- Agosto 2016-----	60
Tabla 4.35 Análisis estadístico- Septiembre 2016-----	61
Tabla 4.36 Resultados del análisis estadístico- Septiembre 2016 -----	62
Tabla 4.37 Interés eólico- Septiembre 2016-----	62

Tabla 4.38	Análisis estadístico- Octubre 2016-----	63
Tabla 4.39	Resultados del análisis estadístico- Octubre 2015 -----	64
Tabla 4.40	Interés eólico- Octubre 2015 -----	64
Tabla 4.41	Análisis estadístico- Noviembre 2015 -----	65
Tabla 4.42	Resultados del análisis estadístico- Noviembre 2015 -----	66
Tabla 4.43	Interés eólico- Noviembre 2015 -----	66
Tabla 4.44	Análisis estadístico- Diciembre 2015-----	67
Tabla 4.45	Resultados del análisis estadístico- Diciembre 2015 -----	68
Tabla 4.46	Interés eólico- Diciembre 2015-----	68
Tabla 4.47	Análisis estadístico- Enero 2016 -----	69
Tabla 4.48	Resultados del análisis estadístico- Enero 2016-----	70
Tabla 4.49	Interés eólico- Enero 2016 -----	70
Tabla 4.50	Análisis estadístico- Febrero 2016 -----	71
Tabla 4.51	Resultados del análisis estadístico- Febrero 2016-----	72
Tabla 4.52	Interés eólico- Febrero 2016 -----	72
Tabla 4.53	Análisis estadístico- Marzo 2016-----	73
Tabla 4.54	Resultados del análisis estadístico- Marzo 2016 -----	74
Tabla 4.55	Interés eólico- Marzo 2016-----	74
Tabla 4.56	Análisis estadístico- Abril 2016 -----	75
Tabla 4.57	Resultados del análisis estadístico- Marzo 2016 -----	76
Tabla 4.58	Interés eólico- Abril 2016 -----	76
Tabla 4.59	Análisis estadístico- mayo 2016-----	77
Tabla 4.60	Resultados del análisis estadístico- Mayo 2016-----	78
Tabla 4.61	Interés eólico- Mayo 2016-----	78
Tabla 4.62	Análisis estadístico- Junio 2016-----	79
Tabla 4.63	Resultados del análisis estadístico- Junio 2016 -----	80
Tabla 4.64	Interés eólico- Junio 2016 -----	80
Tabla 4.65	Análisis estadístico- Julio 2016-----	81
Tabla 4.66	Resultados del análisis estadístico- Julio 2016 -----	82
Tabla 4.67	Interés eólico- Julio 2016-----	82
Tabla 4.68	Análisis estadístico- Agosto 2016-----	83
Tabla 4.69	Resultados del análisis estadístico- Agosto 2016 -----	84
Tabla 4.70	Interés eólico- Agosto 2016-----	84
Tabla 4.71	Análisis estadístico- Septiembre 2016-----	85
Tabla 4.72	Resultados del análisis estadístico- Septiembre 2016 -----	86
Tabla 4.73	Interés eólico- Septiembre 2016-----	86
Tabla 4.74	Análisis estadístico- Octubre 2015 -----	87
Tabla 4.75	Resultados del análisis estadístico- Octubre 2015 -----	88
Tabla 4.76	Interés eólico- Octubre 2015 -----	88
Tabla 4.77	Análisis estadístico- Noviembre 2015 -----	89
Tabla 4.78	Resultados del análisis estadístico- Noviembre 2015 -----	90
Tabla 4.79	Interés eólico- Noviembre 2015 -----	90
Tabla 4.80	Análisis estadístico- Diciembre 2015 -----	91
Tabla 4.81	Resultados del análisis estadístico- Diciembre 2015 -----	92
Tabla 4.82	Interés eólico- Diciembre 2015 -----	92
Tabla 4.83	Análisis estadístico- Enero 2016 -----	93
Tabla 4.84	Resultados del análisis estadístico- Enero 2016-----	94

Tabla 4.85	Interés eólico- Enero 2016 -----	94
Tabla 4.86	Análisis estadístico- Febrero 2016 -----	95
Tabla 4.87	Resultados del análisis estadístico- Febrero 2016 -----	96
Tabla 4.88	Interés eólico- Febrero 2016 -----	96
Tabla 4.89	Análisis estadístico- Marzo 2016-----	97
Tabla 4.90	Resultados del análisis estadístico- Marzo 2016 -----	98
Tabla 4.91	Interés eólico- Marzo 2016-----	98
Tabla 4.92	Análisis estadístico- Abril 2016 -----	99
Tabla 4.93	Resultados del análisis estadístico- Abril 2016 -----	100
Tabla 4.94	Interés eólico- Abril 2016 -----	100
Tabla 4.95	Análisis estadístico- Marzo 2016-----	101
Tabla 4.96	Resultados del análisis estadístico- Mayo 2016-----	102
Tabla 4.97	Interés eólico- Mayo 2016-----	102
Tabla 4.98	Análisis estadístico- Junio 2016 -----	103
Tabla 4.99	Resultados del análisis estadístico- Junio 2016 -----	104
Tabla 4.100	Interés eólico- Junio 2016-----	104
Tabla 4.101	Análisis estadístico- Julio 2016-----	105
Tabla 4.102	Resultados del análisis estadístico- Julio 2016 -----	106
Tabla 4.103	Interés eólico- Julio 2016 -----	106
Tabla 4.104	Análisis estadístico-Agosto 2016 -----	107
Tabla 4.105	Resultados del análisis estadístico- Agosto 2016-----	108
Tabla 4.106	Interés eólico- Agosto 2016 -----	108
Tabla 4.107	Análisis estadístico-Septiembre 2016-----	109
Tabla 4.108	Resultados del análisis estadístico- Septiembre 2016-----	110
Tabla 4.109	Interés eólico- Septiembre 2016 -----	110
Tabla 4.110	Dirección- Rosa de los vientos -----	111
Tabla 4.111	Dirección Predominante-Octubre2015-----	111
Tabla 4.112	Dirección Predominante-Noviembre 2015 -----	112
Tabla 4.113	Dirección Predominante- Diciembre 2015 -----	112
Tabla 4.114	Dirección Predominante-Enero 2016-----	113
Tabla 4.115	Dirección Predominante-Febrero 2016 -----	113
Tabla 4.116	Dirección Predominante-Marzo 2016-----	114
Tabla 4.117	Dirección Predominante-Abril 2016 -----	114
Tabla 4.118	Dirección Predominante-Mayo 2016-----	115
Tabla 4.119	Dirección Predominante- Junio 2016 -----	115
Tabla 4.120	Dirección Predominante- Julio 2016 -----	116
Tabla 4.121	Dirección Predominante- Agosto 2016 -----	116
Tabla 4.122	Dirección Predominante- Septiembre 2016 -----	117
Tabla 4.123	Análisis estadístico- Verano 2015 -10 m -----	118
Tabla 4.124	Resultados del análisis estadístico- Verano 2015-10m -----	119
Tabla 4.125	Interés eólico- Verano 2015-10m-----	119
Tabla 4.126	Análisis estadístico- Verano 2015 -20m-----	120
Tabla 4.127	Resultados del análisis estadístico- Verano 2015-20 m -----	121
Tabla 4.128	Interés eólico- Verano 2015-20m-----	121
Tabla 4.129	Análisis estadístico- Verano 2015 -30 m -----	122
Tabla 4.130	Resultados del análisis estadístico- Verano 2015-30 m -----	123
Tabla 4.131	Interés eólico- Verano 2015-30m-----	123

Tabla 4.132	Análisis estadístico- Invierno 2016 -10 m -----	124
Tabla 4.133	Resultados del análisis estadístico- Invierno 2016-10 m -----	125
Tabla 4.134	Interés eólico- Invierno 2016-10 m -----	125
Tabla 4.135	Análisis estadístico- Invierno 2016 -20 m -----	126
Tabla 4.136	Resultados del análisis estadístico- Invierno 2016-20 m -----	127
Tabla 4.137	Interés eólico- Invierno 2016-20 m -----	127
Tabla 4.138	Análisis estadístico- Invierno 2016 -30 m -----	128
Tabla 4.139	Resultados del análisis estadístico- Invierno 2016-30 m -----	129
Tabla 4.140	Interés eólico- Invierno 2016-30m -----	129
Tabla 4.141	Análisis estadístico- Verano 2016 -10 m -----	130
Tabla 4.142	Resultados del análisis estadístico- Verano 2016-10 m -----	131
Tabla 4.143	Interés eólico- Verano 2016-10m -----	131
Tabla 4.144	Análisis estadístico- Verano 2016 -20m -----	132
Tabla 4.145	Resultados del análisis estadístico- Verano 2016-20m -----	133
Tabla 4.146	Interés eólico- Verano 2016-20m -----	133
Tabla 4.147	Análisis estadístico- Verano 2016 -30m -----	134
Tabla 4.148	Resultados del análisis estadístico- Verano 2016-30m -----	135
Tabla 4.149	Interés eólico-Verano 2016-30m -----	135
Tabla 4.150	Dirección Predominante- Verano 2015 -----	136
Tabla 4.151	Dirección Predominante- Invierno 2016 -----	136
Tabla 4.152	Dirección Predominante- Verano 2016 -----	137
Tabla 4.153	Análisis estadístico Anual-10m -----	137
Tabla 4.154	Resultados del análisis estadístico- Anual-10m -----	138
Tabla 4.155	Interés eólico- Anual-10m -----	139
Tabla 4.156	Análisis estadístico Anual-20m -----	139
Tabla 4.157	Resultados del análisis estadístico- Anual-20m -----	140
Tabla 4.158	Interés eólico- Anual-20m -----	140
Tabla 4.159	Análisis estadístico Anual-30m -----	141
Tabla 4.160	Resultados del análisis estadístico- Anual-30m -----	142
Tabla 4.161	Interés eólico- Anual-10m -----	142
Tabla 4.162	Dirección Predominante-Anual -----	143
Tabla 4.163	Resultado estadístico mensual-10 m -----	143
Tabla 4.164	Interés eólico mensual-10m -----	144
Tabla 4.165	Resultado estadístico mensual-20m -----	144
Tabla 4.166	Interés eólico mensual-20m -----	145
Tabla 4.167	Resultado estadístico mensual-30m -----	145
Tabla 4.168	Interés eólico mensual-30m -----	146
Tabla 4.169	Resultado estadístico por estaciones del año-10m -----	147
Tabla 4.170	Interés eólico por estaciones del año -10m -----	147
Tabla 4.171	Resultado estadístico por estaciones del año-20m -----	147
Tabla 4.172	Interés eólico por estaciones del año -20m -----	147
Tabla 4.173	Resultado estadístico por estaciones del año-30m -----	148
Tabla 4.174	Interés eólico por estaciones del año -30m -----	148
Tabla 4.175	Resultado estadístico anual-10m -----	148
Tabla 4.176	Interés eólico anual-10m -----	149
Tabla 4.177	Resultado estadístico anual-20m -----	149
Tabla 4.178	Interés eólico anual -20m -----	149

Tabla 4.179 Resultado estadístico anual-30m-----	149
Tabla 4.180 Interés eólico anual -30m -----	149
Tabla 4.181 Velocidades eficaces mensuales -----	150
Tabla 4.182 Velocidades eficaces por estaciones-----	150
Tabla 4.183 Velocidad eficaz anual -----	151
Tabla 4.184 Consumo energético -----	151
Tabla 4.185 Variación del viento a 10 vs 20 m de altura -----	152
Tabla 4.186 Variación del viento a 10 vs 30 m de altura -----	153
Tabla 4.187 Variación del viento a 20 vs 30 m de altura -----	153
Tabla 4.188 Conocido la velocidad a 10m-----	153
Tabla 4.189 Conocido la velocidad a 20m-----	153
Tabla 4.190 Conocido la velocidad a 30m-----	154
Tabla 4.191 Conocido la velocidad a 30m-----	154

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 Mapa Eólico de la región Sierra- Ecuador [2]	2
Fig. 1.2 Potencia Nominal [3]	2
Fig. 1.3 Potencia Efectiva [3]	3
Fig. 1.4 Parque eólico San Cristóbal [4]	3
Fig. 1.5 Parque Eólico Baltra Santa Cruz [4]	4
Fig. 1.6 Parque eólico Villonaco [2]	5
Fig. 1.7 Micro eólica [5].....	5
Fig. 1.8 Hostal del Pululahua [6].....	6
Fig. 1.9 Centro de encuentro con la naturaleza y terapia social Garumpamba [6]	6
Fig. 1.10 Páramo de Saraguro [6].....	7
Fig. 1.11 Poste de Iluminación [6]	7
Fig. 2.1 Griggs- Putman [10]	12
Fig. 2.2 Griggs- Putman [8]	13
Fig. 2.3 Anemómetro [13].....	13
Fig. 2.4 Veleta [13].....	14
Fig. 2.5 Distribución de Weibull [14]	15
Fig. 2.6 Turbulencia [8].....	16
Fig. 3.1 Ubicación geográfica	20
Fig. 3.2 Ubicación geográfica	20
Fig. 3.3 Rio Blanco-Tungurahua	21
Fig. 3.4 Symphonie Ipack GPS [18]	25
Fig. 3.5 RNRG 40c anemómetro [18]	25
Fig. 3.6 RNRG 200P veleta [18]	26
Fig. 4.1 Tendencia de la vivienda.....	29
Fig. 4.2 Energía eléctrica en las viviendas	30
Fig. 4.3 Pago mensual de energía eléctrica	30
Fig. 4.4 Servicio de teléfono	30
Fig. 4.5 Composición Familiar.....	31
Fig. 4.6 Personas que trabajan por familia	31
Fig. 4.7 Labor del jefe de hogar	32

Fig. 4.8 Ingresos por familia	32
Fig. 4.9 Electrodoméstico.....	33
Fig. 4.10 Cantidad de luminarias por casa	33
Fig. 4.11 Estado del agua para el aseo personal.....	34
Fig. 4.12 Medio para el calentamiento del agua.....	34
Fig. 4.13 Mayor presencia del viento	35
Fig. 4.14 Intensidad del viento durante el día	35
Fig. 4.15 Dirección predominante del viento	36
Fig. 4.16 Inclinación de la vegetación.....	36
Fig. 4.17 Vegetación en sentido con el viento	36
Fig. 4.18 Velocidad probable del viento en el sector de Río Blanco	38
Fig. 4.19 Frecuencias relativas	39
Fig. 4.20 Frecuencias relativas acumuladas	39
Fig. 4.21 Función de Weibull- Octubre 2015.....	40
Fig. 4.22 Frecuencias relativas	41
Fig. 4.23 Frecuencias relativas acumuladas	41
Fig. 4.24 Función de Weibull- Noviembre 2015	42
Fig. 4.25 Frecuencias relativas	43
Fig. 4.26 Frecuencias relativas acumuladas	43
Fig. 4.27 Función de Weibull- Octubre 2015.....	44
Fig. 4.28 Frecuencias relativas	45
Fig. 4.29 Frecuencias relativas acumuladas	45
Fig. 4.30 Función de Weibull- Enero 2016.....	46
Fig. 4.31 Frecuencias relativas	47
Fig. 4.32 Frecuencias relativas acumuladas	47
Fig. 4.33 Función de Weibull- Febrero 2016	48
Fig. 4.34 Frecuencias relativas	49
Fig. 4.35 Frecuencias relativas acumuladas	49
Fig. 4.36 Función de Weibull- Marzo 2016.....	50
Fig. 4.37 Frecuencias relativas	51
Fig. 4.38 Frecuencias relativas acumuladas	51
Fig. 4.39 Función de Weibull- Abril 2016	52
Fig. 4.40 Frecuencias relativas	53
Fig. 4.41 Frecuencias relativas acumuladas	53
Fig. 4.42 Función de Weibull- Mayo 2016	54
Fig. 4.43 Frecuencias relativas	55
Fig. 4.44 Frecuencias relativas acumuladas	55
Fig. 4.45 Función de Weibull- Junio 2016.....	56
Fig. 4.46 Frecuencias relativas	57
Fig. 4.47 Frecuencias relativas acumuladas	57
Fig. 4.48 Función de Weibull- Julio 2016.....	58
Fig. 4.49 Frecuencias relativas	59
Fig. 4.50 Frecuencias relativas acumuladas	59
Fig. 4.51 Función de Weibull- Agosto 2016.....	60
Fig. 4.52 Frecuencias relativas	61
Fig. 4.53 Frecuencias relativas acumuladas	61
Fig. 4.54 Función de Weibull- Septiembre 2016	62

Fig. 4.55 Frecuencias relativas	63
Fig. 4.56 Frecuencias relativas acumuladas	63
Fig. 4.57 Función de Weibull- Octubre 2015.....	64
Fig. 4.58 Frecuencias relativas	65
Fig. 4.59 Frecuencias relativas acumuladas	65
Fig. 4.60 Función de Weibull- Octubre 2015.....	66
Fig. 4.61 Frecuencias relativas	67
Fig. 4.62 Frecuencias relativas acumuladas	67
Fig. 4.63 Función de Weibull- Diciembre 2015.....	68
Fig. 4.64 Frecuencias relativas	69
Fig. 4.65 Frecuencias relativas acumuladas	69
Fig. 4.66 Función de Weibull- Enero 2016.....	70
Fig. 4.67 Frecuencias relativas	71
Fig. 4.68 Frecuencias relativas acumuladas	71
Fig. 4.69 Función de Weibull- Febrero 2016.....	72
Fig. 4.70 Frecuencias relativas	73
Fig. 4.71 Frecuencias relativas acumuladas	73
Fig. 4.72 Función de Weibull- Marzo 2016.....	74
Fig. 4.73 Frecuencias relativas	75
Fig. 4.74 Frecuencias relativas acumuladas	75
Fig. 4.75 Función de Weibull- Abril 2016.....	76
Fig. 4.76 Frecuencias relativas	77
Fig. 4.77 Frecuencias relativas acumuladas	77
Fig. 4.78 Función de Weibull- Mayo 2016.....	78
Fig. 4.79 Frecuencias relativas	79
Fig. 4.80 Frecuencias relativas acumuladas	79
Fig. 4.81 Función de Weibull- Junio 2016.....	80
Fig. 4.82 Frecuencias relativas	81
Fig. 4.83 Frecuencias relativas acumuladas	81
Fig. 4.84 Función de Weibull- Julio 2016.....	82
Fig. 4.85 Frecuencias relativas	83
Fig. 4.86 Frecuencias relativas acumuladas	83
Fig. 4.87 Función de Weibull- Agosto 2016.....	84
Fig. 4.88 Frecuencias relativas	85
Fig. 4.89 Frecuencias relativas acumuladas	85
Fig. 4.90 Función de Weibull- Agosto 2016.....	86
Fig. 4.91 Frecuencias relativas	87
Fig. 4.92 Frecuencias relativas acumuladas	87
Fig. 4.93 Función de Weibull- Octubre 2015.....	88
Fig. 4.94 Frecuencias relativas	89
Fig. 4.95 Frecuencias relativas acumuladas	89
Fig. 4.96 Función de Weibull-Noviembre 2015.....	90
Fig. 4.97 Frecuencias relativas	91
Fig. 4.98 Frecuencias relativas acumuladas	91
Fig. 4.99 Función de Weibull-Diciembre 2015.....	92
Fig. 4.100 Frecuencias relativas	93
Fig. 4.101 Frecuencias relativas acumuladas	93

Fig. 4.102 Función de Weibull-Enero 2016	94
Fig. 4.103 Frecuencias relativas	95
Fig. 4.104 Frecuencias relativas acumuladas	95
Fig. 4.105 Función de Weibull-Febrero 2016	96
Fig. 4.106 Frecuencias relativas	97
Fig. 4.107 Frecuencias relativas acumuladas	97
Fig. 4.108 Función de Weibull-Marzo 2016	98
Fig. 4.109 Frecuencias relativas	99
Fig. 4.110 Frecuencias relativas acumuladas	99
Fig. 4.111 Función de Weibull-Abril 2016	100
Fig. 4.112 Frecuencias relativas	101
Fig. 4.113 Frecuencias relativas acumuladas	101
Fig. 4.114 Función de Weibull-Mayo 2016	102
Fig. 4.115 Frecuencias relativas	103
Fig. 4.116 Frecuencias relativas acumuladas	103
Fig. 4.117 Función de Weibull-Junio 2016	104
Fig. 4.118 Frecuencias relativas	105
Fig. 4.119 Frecuencias relativas acumuladas	105
Fig. 4.120 Función de Weibull-Julio 2016	106
Fig. 4.121 Frecuencias relativas	107
Fig. 4.122 Frecuencias relativas acumuladas	107
Fig. 4.123 Función de Weibull-Agosto 2016	108
Fig. 4.124 Frecuencias relativas	109
Fig. 4.125 Frecuencias relativas acumuladas	109
Fig. 4.126 Función de Weibull-Septiembre 2016	110
Fig. 4.127 Dirección del viento- Octubre 2015	111
Fig. 4.128 Dirección del viento-Noviembre 2015	112
Fig. 4.129 Dirección del viento- Diciembre 2015	112
Fig. 4.130 Dirección del viento- Enero 2016	113
Fig. 4.131 Dirección del viento- Febrero 2016	113
Fig. 4.132 Dirección del viento-Marzo 2016	114
Fig. 4.133 Dirección del viento-Abril 2016	114
Fig. 4.134 Dirección del viento- Mayo 2016	115
Fig. 4.135 Dirección del viento-Junio 2016	115
Fig. 4.136 Dirección del viento- Julio 2016	116
Fig. 4.137 Dirección del viento-Agosto	116
Fig. 4.138 Dirección del viento- Septiembre 2016	117
Fig. 4.139 Frecuencias relativas	118
Fig. 4.140 Frecuencias relativas acumuladas	118
Fig. 4.141 Función de Weibull- Verano 2015-10m	119
Fig. 4.142 Frecuencias relativas	120
Fig. 4.143 Frecuencias relativas acumuladas	120
Fig. 4.144 Función de Weibull- Verano 2015-20 m	121
Fig. 4.145 Frecuencias relativas	122
Fig. 4.146 Frecuencias relativas acumuladas	122
Fig. 4.147 Función de Weibull- Verano 2015-30 m	123
Fig. 4.148 Frecuencias relativas acumuladas	124

Fig. 4.149 Función de Weibull- invierno 2016-10 m.....	125
Fig. 4.150 Frecuencias relativas	126
Fig. 4.151 Frecuencias relativas acumuladas	126
Fig. 4.152 Función de Weibull- Invierno-20m.....	127
Fig. 4.153 Frecuencias relativas	128
Fig. 4.154 Frecuencias relativas acumuladas	128
Fig. 4.155 Función de Weibull- Invierno-30m.....	129
Fig. 4.156 Frecuencias relativas	130
Fig. 4.157 Frecuencias relativas acumuladas	130
Fig. 4.158 Función de Weibull- Verano 2016-10 m	131
Fig. 4.159 Frecuencias relativas	132
Fig. 4.160 Frecuencias relativas acumuladas	132
Fig. 4.161 Función de Weibull- Verano 2016-20m	133
Fig. 4.162 Frecuencias relativas	134
Fig. 4.163 Frecuencias relativas acumuladas	134
Fig. 4.164 Función de Weibull- Verano 2016-30m	135
Fig. 4.165 Dirección del viento-Verano 2015	136
Fig. 4.166 Dirección del viento-Invierno 2016	136
Fig. 4.167 Dirección del viento-Verano 2016.....	137
Fig. 4.168 Frecuencia relativa	138
Fig. 4.169 Frecuencias relativas acumuladas	138
Fig. 4.170 Función de Weibull-Anua10m.....	138
Fig. 4.171 Frecuencia relativa	139
Fig. 4.172 Frecuencias relativas acumuladas	139
Fig. 4.173 Función de Weibull-Anual 20m.....	140
Fig. 4.174 Frecuencia relativa	141
Fig. 4.175 Frecuencias relativas acumuladas	141
Fig. 4.176 Función de Weibull-Anua30m.....	142
Fig. 4.177 Dirección del viento anual	143

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación está basado en la determinación del potencial eólico mediante el aprovechamiento del viento (energía eólica) en el sector de Río Blanco del Cantón Ambato Provincia de Tungurahua.

En el presente proyecto se utilizó el método analítico, con el fin de evaluar las variables que presenta el lugar de estudio tales como: dirección y velocidad del viento, mediante la torre de sustentación ubicada en lugar de estudio de propiedad del proyecto “VIABILIDAD DEL POTENCIAL ENERGÉTICO Y SOCIOECONÓMICO DE ENERGÍAS RENOVABLES”, cuyos aparatos de medición fueron colocados a 10, 20 y 30 metros de altura, de la cual se tomó datos durante un año y fueron procesados y analizados en este proyecto de investigación, obteniendo como resultado un potencial eólico disponible de $151,123 \text{ W/m}^2$ a 10 metros de altura , mientras que para una altura de 20 metros su potencial es de $147,327 \text{ W/m}^2$ y para una altura de 30 metros su potencial es de $143,548 \text{ W/m}^2$, con una dirección del viento predominante desde el Este.

La implementación de aerogeneradores para producción de energía a baja escala en el sector de Río Blanco del Cantón Ambato, es factible debido a que los vientos son favorables y presentan un índice de turbulencia de 0,1, razón por la cual se puede instalar aerogeneradores de eje horizontal, ya que estos presentan mayor eficiencia y su desgaste sería mínimo.

SUMMARY

The present research work is based on the determination of wind potential through the use of wind (wind energy) in the sector of “Río Blanco del cantón Ambato provincia de Tungurahua”.

In the present project, the analytical method was used, in order to evaluate the variables that present the study site such as: direction and wind speed, through the support tower located in the place of study owned by the project " VIABILIDAD DEL POTENCIAL ENERGÉTICO Y SOCIOECONÓMICO DE ENERGÍAS RENOVABLES ", whose measuring devices were placed at 10, 20 and 30 meters of height, from which data was collected for a year and processed and analyzed in this research project, resulting in a wind potential Available from 151,123 W / m² to 10 meters high, while for a height of 20 meters its potential is 147,327 W / m² and for a height of 30 meters its potential is 143,548 W / m² with a predominant wind direction From the East.

The implementation of wind turbines for low-scale energy production in the sector of Río Blanco of the Ambato city is feasible because of the favorable winds and a turbulence index of 0,1, which is why it is possible to install horizontal axis wind turbines , since these present greater efficiency and their wear would be minimal.

SIMBOLOGÍA

°C.-	Grados centígrados
Ah.-	Amperio-hora
c.-	Parámetro de escala
cm.-	Centímetros
CO₂.-	Dióxido de carbono
GW.-	Giga watts
GWh.-	Giga watts-hora
Hz.-	Hertz
k.-	Parámetro de forma
Kg.-	Kilogramos
kg/m³.-	Kilogramos / metro al cubo
KV.-	Kilo voltios
KW.-	Kilo Watts
m.-	metro
m/s.-	Metro / segundo
mA-hr.-	Mili amperio- hora
mm.-	Milímetro
MW.-	Mega watts
MWA.-	Mega watts amperio
MWh/ año	Mega watts hora/año
VA.-	Voltio amperio
W/m².-	Watts / metro al cuadrado
<i>It</i>	Intensidad de turbulencia
$\langle v \rangle$	Velocidad media
σ	Desviación estandar
$\left(\frac{E}{A}\right)$	Densidad de energía
$\langle v_i^3 \rangle$	Media del cubo de las delocidades
$\frac{Pd}{A}$	Potencial eólico
δ	Densidad del lugar
$\rho(v)$	Densidad de probabilidad de Weibull

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Tema del trabajo experimental

DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL EÓLICO DISPONIBLE EN EL SECTOR DE RÍO BLANCO PERTENECIENTE AL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

1.2 Antecedentes

La utilización de los recursos naturales como fuentes de energía alternativas no es un tema nuevo, razón por la cual se ha buscado aprovechar dichos recursos de acuerdo a las necesidades presentes en el hombre. La presente investigación tiene como finalidad conocer la energía generada por el viento (energía eólica) en la zona de Río Blanco del cantón Ambato. Los antecedentes como tal busca conocer la utilización de la energía eólica en el Ecuador durante los últimos años para así determinar la importancia del presente proyecto de investigación.

Las fuentes de energía renovable han sido aprovechadas por el hombre desde hace mucho tiempo, básicamente acompañadas de la energía animal, y su empleo continuo durante toda la historia hasta la llegada de la “Revolución Industrial”, en la que la aparición del carbón, con una densidad energética muy superior a la de la biomasa y su menor precio desplazo a estas. La aparición de la máquina de vapor permitió la conversión de la energía térmica en energía mecánica, con lo que se desarrolló el ferrocarril, el transporte marítimo y la maquinaria para la producción industrial y en el sector doméstico. [1]

Posteriormente el petróleo fue desplazando en muchas aplicaciones al carbón debido a su mayor limpieza, mayor poder calorífico y su carácter fluido. Fundamentalmente en el sector transporte y en el industrial. [1]

Durante los últimos años, precisamente pensando en el futuro agotamiento de las fuentes de energía fósiles, en la gran dependencia exterior de muchos países de ellas, en el progresivo incremento de su costo y en los problemas medio ambientales derivados de su explotación, transporte y consumo, se está produciendo un renacer de las energías renovables. [1]

Las energías renovables son aquellas que se producen de manera continua y son inagotables a escala humana. Además tienen la ventaja de ser autóctonas con lo que en

los países en desarrollo puede permitir acercar la generación de la energía eléctrica al consumo y en los países muy dependientes energéticamente, reducir esta dependencia.

1.2.1 Energía eólica en el Ecuador

El potencial eólico en el Ecuador cuenta con mayor presencia en la región sierra llegando a obtener valores mayores de 7 m/s a una altura de 80 m sobre el nivel del suelo. [2]

MAPA EÓLICO DE LA REGIÓN SIERRA- ECUADOR

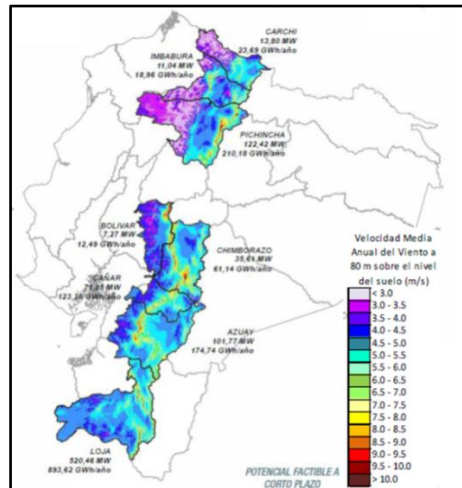


Fig. 1.1 Mapa Eólico de la región Sierra- Ecuador [2]

Las fuentes de electricidad del Ecuador provienen en un 40,11 % Hidráulica, 0,35 % Eólica, 0,44 % Fotovoltaica, 2,40 % Biomasa y 0,03 % Biogás, teniendo así una potencia nominal de 2606,72 MW de las Energías Renovables y de 3408,47 MW de las Energías No Renovables como se puede observar en la figura 2 Anexo 1. [3]

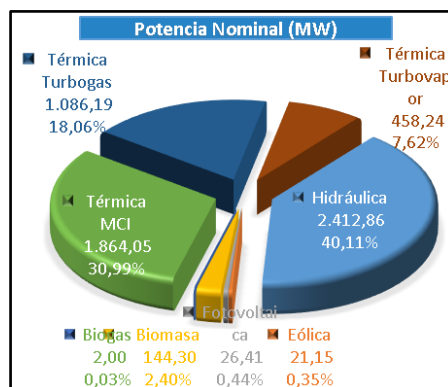


Fig. 1.2 Potencia Nominal [3]

La potencia efectiva en generación de energía eléctrica de los recursos renovables se tiene con un 43,16 % Hidráulica, 0,38 % Eólica, 0,47 % Fotovoltaico, 2,45 % Biomasa

y 0,03 % Biogas, cuya potencia efectiva total de los recursos renovables se tiene de 2586,99 MW y de los recursos No Renovables es de 2976,31 MW como se observa en la figura 3 Anexo2. [3]

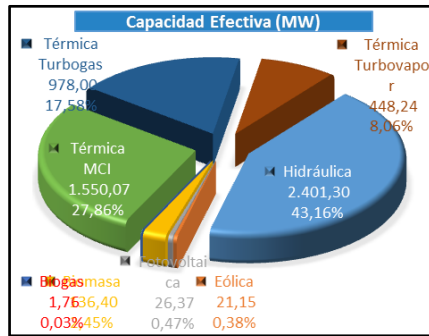


Fig. 1.3 Potencia Efectiva [3]

1.2.2 Macro eólica

Parque eólico San Cristóbal

El Proyecto eólico San Cristóbal se encuentra en operación comercial desde Octubre del 2007, la construcción del proyecto eólico se realizó en el Cerro el Tropezón, cuyo montaje de los aerogeneradores se realizó durante los meses de Julio y Agosto del 2007.

El parque eólico consiste de 3 turbinas MADE, de fabricación española, cada una con una potencia de 800 KW (la torre que soporta el aerogenerador tiene una longitud de 51,5 metros y el diámetro de la turbina 59 metros).

Con una potencia instalada de capacidad de 2,4 MW se espera que el proyecto llegue a generar hasta 6.600 MWh/ año y reduzca 52% del consumo de diésel empleado en la generación de electricidad. Para el primer año de operación del parque eólico se estima se reduzcan alrededor de 2.800 ton de CO₂. [4]



Fig. 1.4 Parque eólico San Cristóbal [4]

Parque eólico baltra Santa Cruz

El Parque eólico Baltra de 2,25 MW está formado por tres aerogeneradores que se conectan con el sistema eléctrico de la isla Santa Cruz a través del Sistema de Interconexión Eléctrico Baltra – Santa Cruz de 34,5 KV de aproximadamente 50 km de longitud. Comprende la instalación de 3 aerogeneradores de 750 kW tipo full converter y de magneto permanente que entraron en funcionamiento y generación desde el 22 de diciembre de 2014.

Se ha proyectado que el parque eólico permita ahorrar 450.000 galones de diésel al año, mediante el aprovechamiento del recurso viento de isla Baltra para abastecer de energía eléctrica a todo el Cantón Santa Cruz incluido Baltra. [4]



Fig. 1.5 Parque Eólico Baltra Santa Cruz [4]

Parque eólico Villonaco

Contempla 11 aerogeneradores del tipo GW70/1500, a una altura aproximada de 2700 msnm, a lo largo de la línea de cumbre del cerro Villonaco con una distancia aproximada de 2 km. La subestación de elevación Villonaco 34,5 kV/69 kV tiene una capacidad de 25 MVA y presenta un esquema de conexión de barra principal y transferencia. La subestación Loja, contempla la instalación de una bahía de 69 kV, la cual recibirá la energía proveniente de la subestación Villonaco para ser conectada al Sistema Nacional de Transmisión. [2]

Se constituye en un proyecto emblemático del estado Ecuatoriano que se encuentra operando de forma normal y continua sobre la base de los requerimientos del sistema eléctrico ecuatoriano desde el 2 de enero de 2013, aportando al Sistema Nacional Interconectado una energía de 237,17 GWh desde su entrada en operación a abril de 2016, reduciendo emisiones de CO₂ en aproximadamente 32 mil Ton/año, sustituyendo

la importación de energía, y creando 254 fuentes de empleo directo, adicionalmente beneficia a más de 200 mil habitantes correspondientes al cantón Loja. [2]



Fig. 1.6 Parque eólico Villonaco [2]

1.2.3 Micro eólica

A nivel doméstico se pueden instalar generadores de electricidad que funcionan con energía eólica. A la energía eólica doméstica normalmente se le llama energía micro-eólica, pues usa aerogeneradores que entrarían dentro de los microgeneradores. Actualmente no hay una clasificación estandarizada de los microgeneradores, por lo general, para nivel doméstico, serían generadores con un límite de producción máximo inferior a los 20-30 kW. [5]

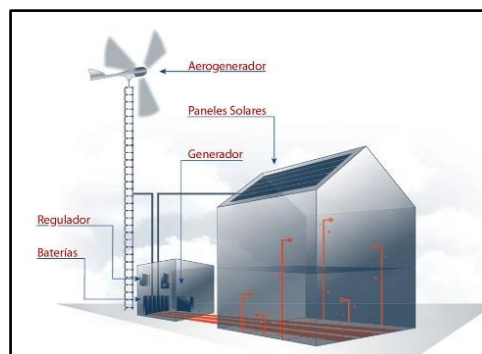


Fig. 1.7 Micro eólica [5]

Hostal del Pululahua

En hostal Pululahua ubicado en la provincia de Pichincha cuenta un sistema híbrido eólico -solar con back up de la red, cuyo sistema consta de los siguientes elementos:

- Un aerogenerador Exmork 1000 a 1500 W con aspas de 3,2 m
- Una torre venteadada de 18 m.

- Cuatro paneles solares de 130Wp.
- Un controlador de carga Exmork Eólico/Solar.
- Un controlador de carga Morningstar Tristar-45
- Cuatro baterías solares de 160 Ah.
- Un inversor sinoidal pura de 2000 VA / 110 VA / 60 Hz con recarga por red.
- Dos medidores de energía
- La estructura de soporte para los paneles y el gabinete. [6]



Fig. 1.8 Hostal del Pululahua [6]

Cuenca

Para el Centro de Encuentro con la Naturaleza y Terapia Social Garumpamba ubicado 75 km al sur de Cuenca (Ecuador) en medio de un bosque nativo se encuentra un aerogenerador EXMORK 500 W/12 VDC en una torre venteada de 6 m de altura. A través de su controlador de carga eólico/solar se recarga una banca de batería 2x CAPSA 100 Ah. El inversor EXMORK 1000 VA le suministra la energía eléctrica en forma sinoidal pura con 110 VAC/60 Hz. [6]



Fig. 1.9 Centro de encuentro con la naturaleza y terapia social Garumpamba [6]

Saraguro-Loja

En el páramo de Saraguro de la provincia de Loja se encuentra instalado un aerogenerador Exmork 1000W, un controlador de carga tipo "Outdoor" y una banca de baterías. [6]



Fig. 1.10 Páramo de Saraguro [6]

Ambato-Tungurahua

En el cantón Ambato se encuentra instalado un aerogenerador como poste de iluminación consta básicamente de un Aerogenerador MARLEC de 180W con una torre de 6 m. [6]



Fig. 1.11 Poste de Iluminación [6]

1.3 Justificación

El sector “RÍO BLANCO” conforma una de las 36 localidades de la zona media de la parroquia Pilahuín, ubicada en la comunidad Yatzaputzán. Cuenta con una población aproximada de 192 habitantes de bajos recursos económicos dedicadas a la actividad agropecuaria; cultivo de pasto, crianza de bovinos, producción de leche y carne como su principal fuente de ingresos. [7]

El presente proyecto de investigación surge de las necesidades de la población, debido a que el uso de energía eléctrica para la realización de las actividades tales como bombeo de agua, cercas eléctricas, refrigeradores, congeladores, así como el secado de algunos productos agrícolas y el uso diario de la televisión representa un egreso alto a diferencia de los ingresos de la población.

La implementación de la energía eólica como fuente de energía alternativa, complementaria a las utilizadas en Ecuador sería la clave del bienestar socio-económico al llegar a ser parte del fomento de la investigación en tecnología verde, pues se podría limitar la generación de energía basada en fósiles, alcanzando un incremento en la inversión en el sector energético.

La mejor opción para atender las necesidades de la población es realizar el estudio para la determinación del potencial eólico existente en dicho lugar.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General:

Determinar el potencial eólico disponible en el sector de Río Blanco perteneciente al Cantón Ambato Provincia de Tungurahua.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Realizar una prospección eólica preliminar.
- Tomar medidas de velocidad y dirección del viento predominante en el sector.
- Analizar estadísticamente los datos recopilados.
- Determinar la variación de las características del viento con la altura.
- Determinar la influencia del relieve del terreno y los obstáculos con respecto a la velocidad del viento.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN

2.1 Fundamentación Teórica

2.1.1 Consideraciones de uso del viento con fines energéticos

La energía eólica es la energía obtenida del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire y que es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas. La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que se desplazan de zonas de alta presión atmosférica hacia otras adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales (gradiente de presión). [8]

El movimiento del aire se realiza fundamentalmente en la tropósfera sobre el mismo influyen los siguientes factores:

- La radiación solar, es mayor en la zona ecuatorial que en los polos.
- La rotación de la tierra, produce el efecto Coriolis, desviando la dirección de los vientos hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el hemisferio sur.
- La acción sobre las masas de aire de las diferencias de presión atmosférica, distintos tipos de superficies terrestres y la orografía.

En la zona ecuatorial debido al calentamiento solar, se origina un movimiento ascendente convectivo de las masas de aire, en una franja denominada zona de convergencia intertropical. El aire se eleva y se traslada hacia latitudes más altas, siendo sustituido por la llegada a la superficie ecuatorial de aire más fresco de los trópicos (vientos alisos). [8]

Prácticamente, se puede considerar que las variables que definen el régimen de viento en un lugar determinado son:

- La posición geográfica del lugar.
- El periodo u hora del día
- La estación o época del año.
- Estado ecológico del sitio de interés. [9]

Evaluación de las necesidades energéticas

Para determinar la potencia necesaria para satisfacer las necesidades del usuario se debe determinar la potencia en watts de cada electrodoméstico o luces que se deseen conectar.

La determinación de potencia se realiza observado la placa de información de los diferentes electrodomésticos que se encuentran en la parte posterior de los mismos. Luego se debe estimar cuantas horas usan cada uno de los electrodomésticos y luces, se debe calcular un promedio entre los meses de mayor y menor consumo. Multiplicando la potencia por el tiempo se tendrá un aproximado de la energía necesaria para el usuario.

Prospección eólica preliminar

Con la finalidad de conocer si un lugar es apropiado para un posible desarrollo de la energía eólica es necesario caracterizar el sitio en función de determinar la factibilidad de presencia del recurso viento con fines energéticos, es decir, saber si el lugar presenta condiciones para poder implantar sistemas conversores de energía eólica, desde los puntos de vista de desarrollo agrícola, social, de la conveniencia de instalación de sistemas alternos de energía que no pueden ser atendidos con el tendido eléctrico convencional.

La caracterización de zonas eólicas potenciales deben obedecer al estudio sistemático de

- Información general sobre el lugar.
- Patrón estacional del recurso viento.
- Predominio del recurso.
- Patrón diario del viento.
- Identificación preliminar del viento según escala de Beaufort.

Con los datos anteriores recogidos mediante encuestas o entrevistas con los moradores del sitio en cuestión, se puede cuantificar el potencial energético del lugar y se tendría una base aceptable de datos para una posterior instalación de estaciones de medición de velocidad y dirección predominante de viento, condiciones de la localidad, ya que sería impropio instalar equipos de medición eólica sin el conocimiento de las condiciones energéticas del lugar, pues esto conllevaría a una mala utilización de recursos humanos, físicos, materiales y económicos.

Evidencia ecológica

Este factor ambiental y físico permite determinar con mejor exactitud la presencia del recurso viento en un lugar y es el que puede determinar entre otras cosas si el sitio es de interés eólico, se basa en la observación y análisis de la vegetación propia del lugar y lugares aledaños, pues la misma indica con relativa exactitud, tipos de viento en el lugar, pues, vegetaciones escasas, rastreras e inclinadas determinarán presencia de vientos de diferente magnitud. [10]

Indicadores ecológicos

Las características eólicas se pueden utilizar como indicadores para la fuerza del viento predominante en una zona. Las características eólicas son las formaciones en la superficie de la tierra debido a la fuerza del viento. [10]

Otra forma de identificar un sitio con mucho viento es observar los indicadores biológicos, los árboles y arbustos se deforman debido a los fuertes vientos. La intensidad y la naturaleza de esta deformación dependen de la fuerza del viento. [10]

Este método es especialmente adecuado para juzgar el viento en los valles, costas y montañas. Las deformaciones de árboles debido al efecto del viento se clasifican por Putnam, hay cinco tipos de deformaciones bajo la clasificación de Putnam que son:

- Brushing(cepillado).- Puede ser claramente observado cuando los árboles están fuera sus hojas, esto es una indicación de viento, que no es útil para la conversión de la energía eólica.
- Flagging(abanderamiento).- Las ramas se extienden a sotavento(indica el sentido señalado por los vientos dominantes), con la posible extracción de barlovento(dirección de donde proviene el viento) de las ramas.
- Wind throwing(Lanzamiento de viento).- El tronco principal y las ramas del árbol se inclinan lejos de la venida del viento.
- Clipping(recorte).-Las ramas principales del árbol se suprimen desde el cultivo hasta su altura normal debido al fuerte viento.
- Carpeting(Alfombra).- Con vientos extremos, los árboles se recortan a una altura muy baja. [10]

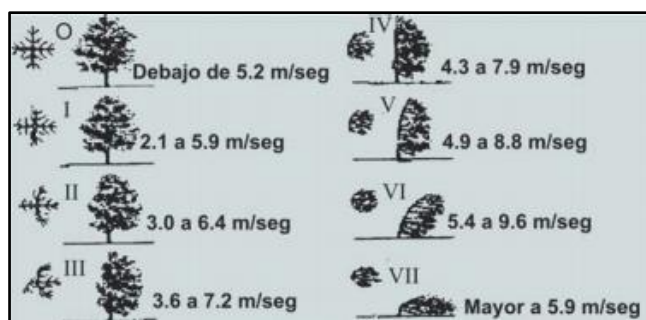


Fig. 2.1 Griggs- Putman [10]

Escala de Beaufort

La escala de Beaufort es una tabla descriptiva, representa la fuerza del viento por una serie de números del 0 al 12. En realidad, la escala de Beaufort llega hasta a 17, pero los últimos cinco números sólo se aplican a los tifones tropicales. Estos números se utilizan sólo en las áreas alrededor de China y Taiwán. [11]

La escala es el nombre de Sir Francis Beaufort de la Marina Real Británica. En 1805, ideó un método para describir la fuerza del viento de acuerdo a los procedimientos para establecer las velas de un barco de guerra. [11]

La escala de Beaufort es útil para estimar la energía eólica y sin instrumentos de viento.

Variación del viento con la altura

Debido a la fricción de la masa de aire que fluye sobre la superficie de la tierra la velocidad del viento disminuye desde un valor imperturbado a gran altura llamada altura de gradiente y típicamente alrededor de 2000 m, hasta cero sobre el suelo.

Los cambios en la velocidad del viento a la altura de gradiente solo dependen del campo de presiones y de la latitud.

Hay que señalar que la intensidad del viento está influenciada por el relieve del terreno.

Los perfiles más desfavorables corresponden a relieves bruscos con pendientes mayores de 30°. Las fuertes pendientes son zonas que propician la generación de turbulencia que dañan a los aerogeneradores y reducen la energía capturada por los mismos. [12]

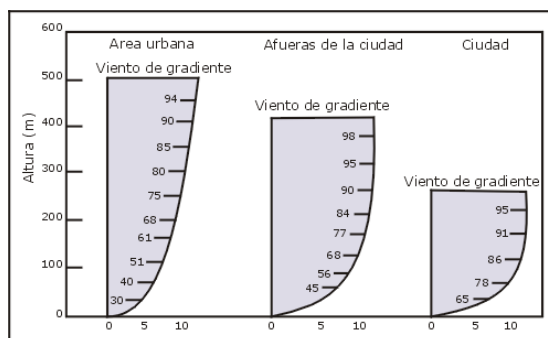


Fig. 2.2 Griggs- Putman [8]

2.1.2 Medida y tratamiento de los datos eólicos

Para evaluar la viabilidad del uso del viento como fuente de energía, es necesario conocer las características del mismo.

Velocidad del viento

La velocidad del viento es una magnitud vectorial. Los instrumentos de medida de velocidad (anemómetros) y de dirección (veleta) miden valores con una frecuencia de muestreo y los promedian para intervalos de algunos minutos. [8]

Medida de la velocidad (anemómetro)

Los anemómetros más utilizados son de rotación. Están constituidos por tres o cuatro cazoletas que giran alrededor de un eje vertical por efecto de la acción del viento. Los resultados obtenidos para el viento medio son diferentes según el intervalo de promedio elegido. [8]



Fig. 2.3 Anemómetro [13]

Medida de la dirección (veleta)

La veleta se coloca próxima al anemómetro, instalándose todo el conjunto en la misma torre. Igual que ocurre con la velocidad, la dirección sufre continuas fluctuaciones. Probablemente fue uno de los primeros instrumentos meteorológicos que se usó. [13]

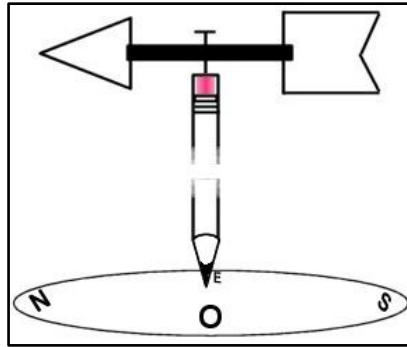


Fig. 2.4 Veleta [13]

Aplicación de la estadística a cálculos eólicos

La velocidad del viento es un fenómeno aleatorio, su intensidad es muy variable, de modo que es adecuada tratarla en forma estadística.

Una cantidad estadística de importancia es el promedio o media aritmética de la velocidad que si es evaluada sobre un lapso de tiempo considerable, sirve en primera instancia para definir el potencial eólico de un lugar.

Además de la media, interesa la variabilidad del conjunto de datos. Queremos encontrar la discrepancia o desviación de cada número respecto de las medias y obtener una especie de promedio de estas desviaciones.

Para analizar las propiedades de la serie temporal de viento es conveniente realizar una distribución estadística de la serie de la siguiente manera:

- Agrupar los datos en clases o categorías, determinando la frecuencia de clase, es decir el número de datos que pertenecen a cada clase. El número de clases N_c depende del número de datos N .
- Elaborar un histograma de frecuencias que permita calcular la ley de distribución de probabilidades.

Asimismo, en muchas ocasiones se representa la curva de frecuencias acumuladas (menor o igual que) o bien su complementaria F' (mayor que), la cual se obtiene por diferencia, $F' = 1 - F$.

Los métodos para tabulación o presentación de resultados que arroja un tratamiento estadístico de viento, se han generalizado en la actualidad y, prácticamente en cualquier investigación de este tipo utiliza un formato como se muestra en la tabla 1.

Tabla 2.1 Modelo para la tabulación de datos del viento

INTERVALO DE CLASE	CENTRO DE CLASE v_i (m/s)	FREC. CLASE n_i (h/día)	FREC. RELATIVA $f_i(n_i/N)$	$f_i * v_i$	$f_i * (v_i - v)^2$
$\Sigma =$					

Fuente: Autor

2.1.3 Distribución de Weibull

Siempre existe un modelo físico detrás de la distribución estadística, este modelo físico ayuda a interpretar la distribución y ayuda a identificar y a seleccionar una apropiada distribución para un conjunto dado de datos empíricos. [8]

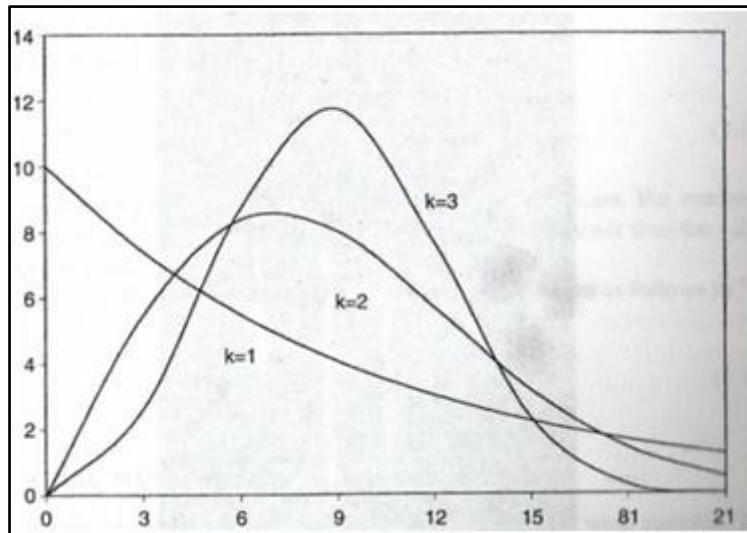


Fig. 2.5 Distribución de Weibull [14]

2.1.4 Turbulencia

La turbulencia es el movimiento caótico y aparentemente aleatorio de parcela de fluido, es decir el conjunto de los movimientos de aire aparentemente al azar y continuamente cambiantes que se superponen en el movimiento promedio del viento.

Ya que el viento es el combustible que impulsa una turbina eólica, tiene que ser colocado donde el viento se mueve de manera uniforme en una dirección lineal.

Remolinos y remolinos, "turbulencia", no es un buen "combustible" para una turbina eólica. El rotor no puede extraer energía a partir del viento turbulento. Una dirección del viento turbulento en constante cambio causa un desgaste excesivo y falla prematura de una turbina eólica. La turbina eólica tiene que ser colocado lo suficientemente alta como

para atrapar vientos fuertes y estar por encima de cualquier aire turbulento. Los precios de la torre aumentan rápidamente con la altura, por lo que hay un límite en cuanto a lo que es práctico y asequible. [15]

La zona de turbulencia puede alcanzar hasta una altura de alrededor de 3 veces la del obstáculo.

Tabla 2.2 Intensidad de turbulencia [16]

Intensidad de turbulencia	
Turbulencia baja	0,1
Turbulencia media	0,2
Turbulencia alta	0,3

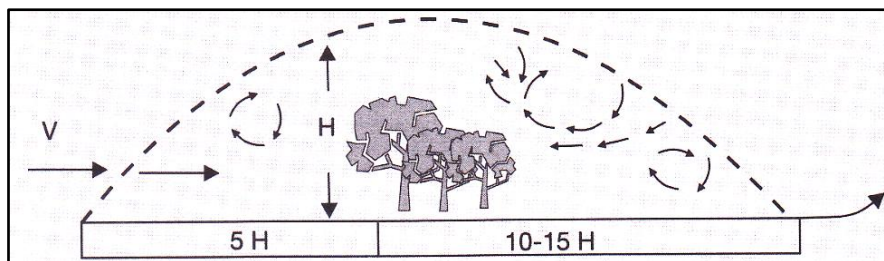


Fig. 2.6 Turbulencia [8]

2.1.5 Potencia eólica disponible

El potencial eólico es una masa de aire con velocidad que posee una energía cinética, también se podría decir que el potencial eólico es la máxima potencia que se puede aprovechar de la velocidad del mismo y convertirlo en energía útil.

El potencial eólico disponible es proporcional a la densidad del aire, al área expuesta perpendicularmente al flujo de viento y al cubo de la velocidad del mismo, debido a ciertas limitaciones como límite de Betz, rozamiento aerodinámico, etc. Solo permiten en la práctica aprovechar el 40% de la potencia eólica disponible. [8]

2.1.6 Sitios de interés eólico.

Después de haber realizado la prospección eólica preliminar se está en capacidad de conocer los sitios de aprovechamiento del viento con fines energéticos para esto se presenta a continuación los rangos de interés del potencial eólico:

- Debajo de los 50 W/m², no existe interés energético del viento.
- De 50-150 W/m², hay interés para fines de bombeo de agua y consumos dispersos de energía eléctrica a baja escala.

- De 150-500 W/m², se consideran zonas de buenas características para aprovechamiento eólico.
- Más de 500 W/m² se consideran zonas de buenas características eólico energéticas para generación de electricidad.
- Zonas con 1000 W/m² de potencial se consideran sitios de interés eólicos con características idóneas para la generación a mediana y gran escala. [9]

2.1.7 Aerogeneradores

Los Aerogeneradores son dispositivos que convierten la energía cinética del viento en energía eléctrica existe diversas formas de clasificación de los mismos (según el número de palas, régimen de velocidad del rotor, situación del mismo, sistemas de control y regulación, etc.), aunque un tipo de clasificación muy usada es de acuerdo a la potencia suministrada. [8]

Clasificación de acuerdo a la potencia suministrada.

- **Equipos de baja potencia.-** son aquellos que producen alrededor del rango de 50 KW son utilizados para trabajos como bombeo de agua, o como suministradores de energía en equipos aislados.
- **Equipos de mediana potencia.-** su rango de producción energética esta alrededor de 150 KW, son utilizados de forma similar que de los de baja potencia pero con mayores requerimientos energéticos.
- **Equipos de alta potencia.-** son aquellos utilizados de forma comercial y están conectados a la red y en grupos conformando centrales eólicas, su rango de producción está entre 1000-3000 KW. [8]

A continuación se presenta una tabla de rangos de producción en KW de los aerogeneradores.

Tabla 2.3 Rangos de producción [8]

Ubicación	Denominación	Rango de potencia (KW)
Terrestre (Onshore)	Micro turbina(muy pequeña potencia)	0-3
	Mini turbina(pequeña potencia)	3-50
	Meso turbina(de mediana	50-100

	a gran potencia)	
	Macro turbina (potencia muy grande)	1000-3000
Marítima (Offshore)	Meso turbina (mediana a gran potencia)	50-1000
	Macro turbina (potencia muy grande)	1000-3000

2.2 Hipótesis

En el sector de Río Blanco Provincia de Tungurahua existe el potencial eólico necesario para la implementación de aerogeneradores de baja potencia.

2.3 Señalamiento de variables de la hipótesis

2.3.1 Variable independiente

Potencial eólico en el sector de Rio Blanco provincia Tungurahua.

2.3.2 Variable dependiente

Implementación de aerogeneradores de baja potencia.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1 Nivel o tipo de investigación

El siguiente proyecto de investigación será de carácter:

- Cuantitativa.- Se examinará los datos en forma numérica, basados en principios de estadística.
- Exploratoria.- Se analizará el problema con el propósito de mejorar la calidad de vida de las poblaciones remotas involucradas en la investigación mediante el uso de energía eólica.
- Bibliográfica.-A través de bases bibliográficas se busca determinar la problemática energética y la calidad de vida de población rural marginal que habita en el sector de Rio Blanco del Cantón Ambato
- Explicativa.-Una vez analizado la variables y la hipótesis se realizara un resumen claro y preciso de los diferentes datos para un mejor entendimiento de los lectores.

3.2 Población y muestra

En el territorio de Pilahuín, están 91 localidades (una o varias viviendas) ubicadas en forma dispersa, allí se encuentran asentadas aproximadamente 4.059 familias. Políticamente la parroquia está conformado por 14 comunidades.

La población de la parroquia Pilahuín en su totalidad es de 12.218 habitantes, con una densidad poblacional de 29 hab/km², en la cabecera parroquial se encuentran 15% de los habitantes y en la zona rural el 85%. El 76% de la población es analfabeto.

La zona media está conformada por 36 localidades donde habitan 4.463 personas, la mayoría asentadas en la Comuna Tamboloma, Yatzaputzán (>300 a 600 hab).

El sector de Rio Blanco pertenece a la comunidad de Yatzaputzán con un total de 192 habitantes entre hombre y mujeres. [7]

A continuación se detalla la población de la zona media de la parroquia Pilahuín.

Tabla 3.1 Zona media de la Parroquia Pilahuín [7]

Zona	Comunidad	Localidades	Hombre	Mujer	Total
Zona Media	Yatzaputzán	Purunchaca	18	16	34
		Chiriyacu	21	21	42
		Yanayata	25	25	50
		La Sabanza	73	75	148
		Yatzaputzán	209	230	439
		Salgrande	12	10	22
		Río Blanco	87	105	192

Fuente: Autor

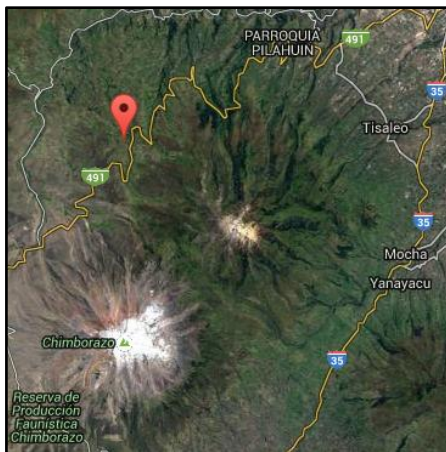


Fig. 3.1 Ubicación geográfica
Fuente: Autor



Fig. 3.2 Ubicación geográfica
Fuente: Autor

Tabla 3.2 Ubicación geográfica

Ubicación geográfica del sector de Río Blanco del cantón Ambato	
Altitud geográfica	4043 m.s.n.m
Posición Geográfica	Latitud: S01°21'22,08 Longitud: W078°49'3,169
Temperatura promedio	5,5°C

Fuente: Autor



Fig. 3.3 Rio Blanco-Tungurahua
Fuente: Autor

Para el calculo de la muestra se utilizará la siguiente formula :

$$n = \frac{Npqz^2}{Ne^2 + pqz^2} \quad (1)$$

Dónde:

n= Tamaño de la muestra

N= Universo

e= Error de estimación máximo aceptable, este debe ser hasta del 10% ya que para variaciones superiores del 10% se reduce la validez de la información.

Z= Determina el nivel de confianza con el que se desea trabajar donde $z=1.96$ para un 95% de confianza o $z=1,65$ para un 90% de confianza.

p=Probabilidad a favor

q= Probabilidad en contra

Para nuestro caso de investigación no se cuenta con la información necesaria razón por la cual asignamos valores para p y q igual a 0,5.

Tabla 3.3 Nivel de confianza-cálculo de la muestra [17]

Certeza	95%	94%	93%	92%	91%	90%	80%	62.27%	50%
Z	1.96	1.88	1.81	1.75	1.69	1.65	1.28	1	0.6745
Z ²	3.84	3.53	3.28	3.06	2.86	2.72	1.64	1.00	0.45
e	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.20	0.37	0.50
e ²	0.0025	0.0036	0.0049	0.0064	0.0081	0.01	0.04	0.1369	0.25

Para nuestro proyecto de investigación se tomó un error de estimación del 9% es decir 0,09, con lo que el tamaño de la muestra es igual a **59 habitantes**.

3.3 Operacionalización de variables

3.3.1 Variable independiente:

Potencial eólico en el sector de Río Blanco provincia Tungurahua.

Tabla 3.4 Variable Independiente

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADORES	ITEM	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	
La potencia eólica disponible es la máxima potencia que podríamos extraer al viento si pudiésemos convertir toda su energía cinética en energía útil.	Energía	Prospección eólica preliminar	Biológicos	Investigación de campo	<ul style="list-style-type: none"> • Cuaderno de notas • Cámara fotográfica 	
			Referencias	Revisión de documentos	<ul style="list-style-type: none"> • Atlas eólico • Encuestas • Ficha de recolección de datos. 	
		Velocidad del viento	Escala de Beaufort	Medición del viento	<ul style="list-style-type: none"> • Torre de sustentación • Anemómetro • Veleta 	
	Dirección del viento.	Puntos de referencia cardinales				
	Determinación del potencial eólico disponible	Determinación del potencial eólico disponible	Índice de turbulencia	Alto Medio Bajo	Medición del viento	<ul style="list-style-type: none"> • Fórmulas • Software especializado
			Densidad del potencial eólico	W/m ²	Tratamiento estadístico de la velocidad del viento	<ul style="list-style-type: none"> • Fórmulas • Software especializado

Fuente: Autor

3.3.2 Variable dependiente:

Implementación de aerogeneradores de baja potencia

Tabla 3.5 Variable Dependiente

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADORES	ITEM	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
La presente investigación se da a conocer la posibilidad instalar Aerogeneradores de baja potencia.	Evaluación de necesidades energéticas	Cantidad de energía necesaria	KWh/Año	Evaluación de demanda anual de energía.	Encuestas Cuaderno de notas. Hojas electrónicas
	Aerogeneradores de baja potencia.	Pequeños Aerogeneradores aislados	50-150W/m ²	Revisión de documentos	Fichas de recolección de datos Bibliografía
	Componentes de pequeños aerogeneradores	Generadores	Generación	Revisión de documentos	Fichas de recolección de datos
		Acumuladores	Alimentación de energía	Revisión de documentos	Fichas de recolección de datos
		Sistema de orientación de carga y de frenado	Sistema de control del aerogenerador	Revisión de documentos	Fichas de recolección de datos

Fuente: Autor

3.4 Plan de recolección de información

Para la recolección de datos del presente proyecto de investigación se utilizará las siguientes herramientas:

3.4.1 Encuesta

Se determinó un día específico en la cual se pueda encontrar a los moradores del sector de Río Blanco debido a que la mayoría de personas trabajan y no se les encuentra en sus hogares. El formato de la encuesta aplicada se puede observar en el anexo 3.

3.4.2 Observación directa

Mediante la observación del paisaje (flora) que existe en sector se determinará un valor aproximado de la velocidad del viento de acuerdo a los diferentes índices biológicos presentes en el sitio de estudio.

3.4.3 Medición (velocidad y dirección)

Los datos para el presente trabajo de investigación fueron otorgados por el proyecto mencionado anteriormente, en el cual los aparatos de medición fueron ubicados (anemómetros) a 10, 20 y 30 metros de altura, recopilados durante las 24 horas al día con una frecuencia de un Hertz

3.4.4 Procesamiento de datos (velocidad y dirección)

Para los distintos valores tanto como velocidad y dirección del viento se llevará a cabo una tabulación de los mismos, para poder realizar los diferentes histogramas relacionados a los tipos de frecuencias y velocidades, para posteriormente determinar la densidad del potencial eólico (W/m^2), esto se llevará a cabo mediante el uso estadístico de los datos en hojas de cálculo en excel.

Para obtener la cantidad de energía requerida se basó en las encuestas realizadas, cuyos datos son procesados en hojas electrónicas para mayor facilidad.

La potencia requerida deberá ser entrega mediante un sistema hibrido (aerogenerador y un sistema de paneles solares), el cual entregará proporcionalmente la potencia, satisfaciendo así las necesidades de un hogar típico del sector.

3.4.5 Componentes básicos de un aerogenerador de baja potencia.

Para que sea un generador de baja potencia el rango de producción del potencial se encuentra entre 50-150 W/m^2 , para la obtención de los componentes básicos de los mismos se basará en revisión de documentos tales como fichas técnicas, libros etc.

3.5 Plan de procesamiento y análisis

Lo principal de este tema de investigación es el procesamiento estadístico de los datos de velocidad de viento en el sector de Río Blanco, con el propósito de determinar el potencial eólico existente en el sector. Con esta información se decidió si es o no factible la instalación de aerogeneradores de baja potencia.

3.5.1 Prospección eólica preliminar



Consiste en evaluar de manera cualitativa la velocidad media del viento, para ello realizo las encuestas, cuya información fue tabulada.


Además se realizó una interpretación de los ítems para elaborar una interpretación gráfica de cada una de las preguntas realizadas.

3.5.2 Medición y tratamiento estadístico de los datos de velocidad del viento

Para la medición se utilizó una estación meteorológica de marca NRG RENEWABLE SYSTEMS cuyas características se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.6 Características de los aparatos de medición [18]

Aparato de medición	Características	Imagen
<p style="text-align: center;">SYMPHONIE IPACK GPS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Peso 3,2 kg (7 libras). • Dimensiones de 165 x 222 x 102 mm. • Dos baterías selladas de plomo-ácido de 12 V incorporadas con una capacidad nominal de 2200 mA-hr 	 <p style="text-align: center;">Fig. 3.4 Symphonie Ipack GPS [18]</p>
<p style="text-align: center;">RNRG 40C ANEMÓMETRO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 3 Cup Anemómetro • 0,14 kg (0,3 lbs) • 4-40 terminales de tuerca hexagonal / terminal de latón, • 3 copas de sección cónica, 51 mm (2 ") de diámetro. 	 <p style="text-align: center;">Fig. 3.5 RNRG 40c anemómetro [18]</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Altura de montaje general de 81 mm 	
RNRG 200P VELETA	<ul style="list-style-type: none"> • Potenciometría de rotación continua • Rotación mecánica continúa de 360°. • 21 cm largo x 12 cm alto. • 27 cm diámetro de barrido. 	 <p>Fig. 3.6 RNRG 200P veleta [18]</p>

Los anemómetros son colocados a las alturas de 10, 20 y 30m respectivamente. El anemómetro es capaz de entregar los datos de velocidad de viento con una frecuencia de un Hertz que son promediados cada 10 minutos.

Los datos de velocidad se procesan estadísticamente y se los agrupa en rangos determinados mediante la ecuación: [8]

$$Nc = 1 + 3.3 \log_{10}(N) \quad (2)$$

Dónde:

Nc= Número de rangos

Posteriormente se calcula la velocidad media con la siguiente ecuación:

$$\langle v \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n v_i \quad (3)$$

Dónde:

N= número de datos

v_i = centro de intervalo o centro de clase

Los valores determinados anteriormente nos sirven para evaluar la desviación estándar de la velocidad media de los datos procesados. Para esto se utiliza la siguiente ecuación:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (v_i - \langle v \rangle)^2} \quad (4)$$

3.5.3 Determinación de la velocidad media del viento

Una vez determinados los parámetros necesarios para la determinación del potencial, es posible predecir el comportamiento del viento en diferentes rangos de tiempo, esto se lo puede realizar mediante la función de Weibull, la ecuación se presenta a continuación.

$$\rho_{(v)} = \frac{k}{c} \left[\frac{v}{c} \right]^{k-1} e^{-\left[\left(\frac{v}{c} \right)^k \right]} \quad (5)$$

Donde

c= parámetro de escala

k= parámetro de forma

Para determinar el parámetro de escala y de forma se utilizó la ecuación de mínimos cuadrados.

$$k = A = \frac{\sum f_i x_i y_i - (\sum f_i x_i)(\sum f_i y_i)}{\sum f_i x_i^2 - (\sum f_i x_i)^2} \quad (6)$$

Para la determinación del parámetro de escala (c):

$$c = e^{-\left(\frac{B}{A}\right)} \quad (\text{m/s}) \quad (7)$$

Donde

A y B los coeficientes de la recta de regresión lineal $y = Ax + B$ (8)

$$B = \sum f_i y_i - A \sum f_i x_i \quad (9)$$

3.5.4 Determinación de la intensidad de la turbulencia

La turbulencia es un parámetro primordial para el diseño de aerogeneradores y se determina mediante la siguiente ecuación.

$$I_t = \frac{\sigma}{\langle v \rangle} \quad (10)$$

Donde los parámetros σ y $\langle v \rangle$ se encuentran en el mismo período y a la misma altura.

3.5.5 Determinación del potencial eólico

El potencial eólico se determina mediante la siguiente expresión.

$$\left(\frac{E}{A}\right) = \left[\frac{1}{2} \delta \int_0^{\infty} v_i \rho(v) dv\right] * 8760 = \frac{1}{2} \delta \langle v_i^3 \rangle * 8760 \quad (11)$$

Dónde:

$\left(\frac{E}{A}\right)$ = densidad de energía anual (W/m²)

δ = densidad del lugar (kg/m³)

$\langle v_i^3 \rangle$ = media del cubo de las velocidades ($\frac{m^3}{s^3}$)

Para la determinación de la densidad del lugar [8]:

$$\delta = 1.225 \left[\frac{288}{t+273} \right] e^{\frac{h}{8435}} \quad (12)$$

En los cuales (t) es la temperatura ambiente promedio del lugar, y (h) la altura del lugar.

El potencial eólico se determina mediante:

$$Pd = \frac{1}{2} \delta A \langle v^3 \rangle \quad (W) \quad (13)$$

Donde

A = área perpendicular a la dirección de flujo (m²)

Se define la densidad de potencia eólico por unidad de área según:

$$\frac{Pd}{A} = \frac{1}{2} \delta \langle v^3 \rangle \quad (W/m^2) \quad (14)$$

3.5.6 Influencia del terreno y los obstáculos respecto a la velocidad del viento

Para determinar la influencia del terreno y los obstáculos respecto a la velocidad del viento se utilizara las siguientes ecuaciones:

$$\frac{v'}{v} = \left(\frac{z'}{z}\right)^{\alpha} \quad (15)$$

Donde: v' y v son las velocidades a las alturas z' y z

α Es un coeficiente que depende de la longitud de la rugosidad del terreno

$$\alpha = \frac{0.37 - 0.088 \ln(v)}{1 - 0.088 \ln\left(\frac{z}{10}\right)} \quad \text{Para rugosidades } 0.05 < z_0 < 0.5 \quad [19] \quad (16)$$

CAPÍTULO 4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Recolección de datos

4.1.1 Prospección eólica preliminar

Para tener una idea global acerca de las características del viento se realizó una encuesta a una parte de la población de la parroquia Pilahuín sector Río Blanco cuya muestra fue calculada anteriormente y resultados son analizados a continuación:

4.1.2 Análisis de la encuesta

Información sobre la vivienda

Pregunta 1 Tenencia de la vivienda ¿propia o alquilada?

De acuerdo a los resultados obtenidos las 59 personas encuestadas viven en casas propias.

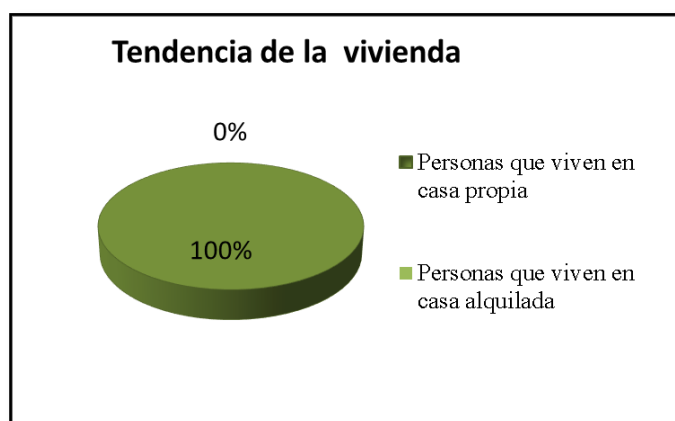


Fig. 4.1 Tendencia de la vivienda
Fuente: Autor

Pregunta 2 ¿Posee energía eléctrica?

De los 59 encuestados 57 respondieron poseen energía eléctrica y 2 que no están conectados a la red, es decir un 3% de la población no se encuentra conectada a la red eléctrica, mientras que un 97% de la población si se encuentra conectada a la red.

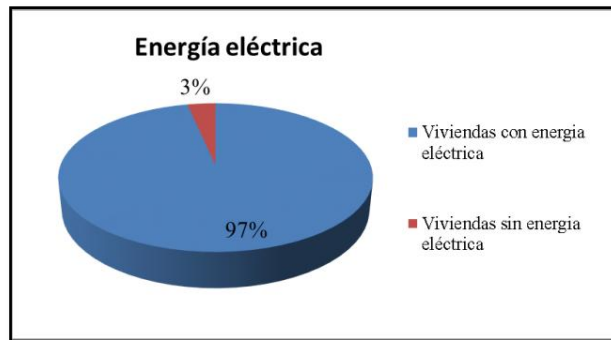


Fig. 4.2 Energía eléctrica en las viviendas
Fuente: Autor

Pregunta 2.1 ¿Cuánto paga usted al mes de energía eléctrica?

El mayor porcentaje de familias paga entre \$3-6 mientras que un menor porcentaje paga más de \$9 como se puede observar en la figura.

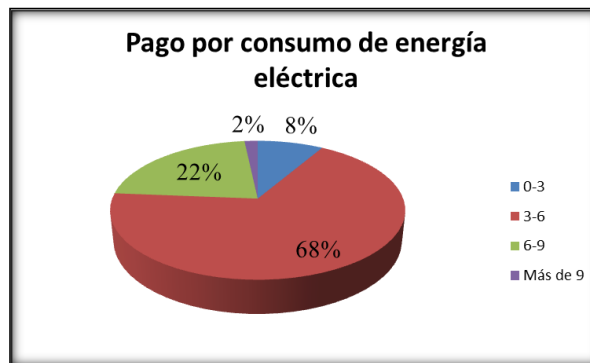


Fig. 4.3 Pago mensual de energía eléctrica
Fuente: Autor

Pregunta 4 ¿Posee usted el servicio de teléfono?

Como se puede observar en la figura de los 59 encuestados ninguno posee el servicio de teléfono.



Fig. 4.4 Servicio de teléfono
Fuente: Autor

Información sobre la familia

Pregunta 5 ¿Cuántos miembros tiene su familia?

De acuerdo a las personas encuestadas la composición familiar varía entre 4-6 personas obteniendo así un mayor porcentaje en los valores mencionados como se puede observar en la figura.

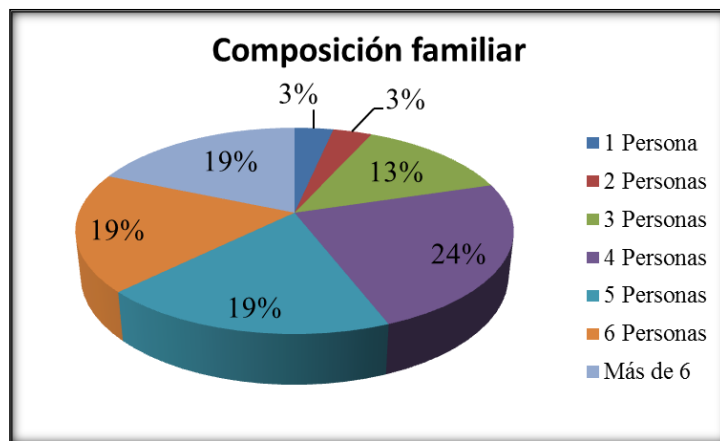


Fig. 4.5 Composición Familiar
Fuente: Autor

Pregunta 6 ¿Cuántas personas trabajan en su familia?

Como se puede observar en la figura en la mayoría de las familias solo una persona trabaja obteniendo así un mayor porcentaje mientras que con un porcentaje menor observamos que más de tres personas trabajan en las familias del sector.

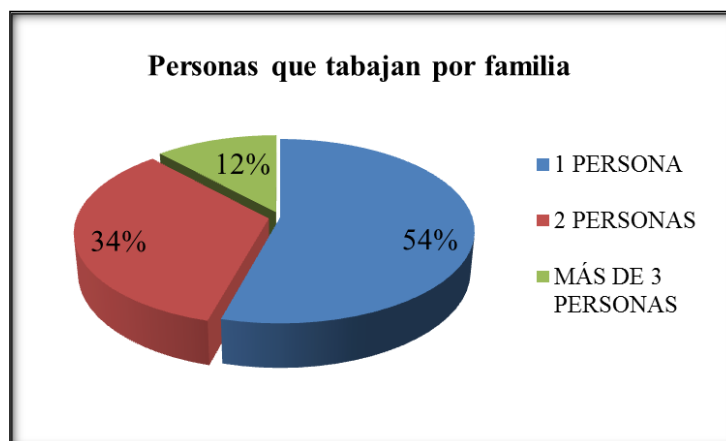


Fig. 4.6 Personas que trabajan por familia
Fuente: Autor

Pregunta 7 ¿Cuál es la labor a la que se dedica el jefe de hogar?

El mayor porcentaje de la población se dedica a la agricultura y construcción en ciudades cercanas mientras que un menor porcentaje observamos que se dedican a la crianza de ganado.

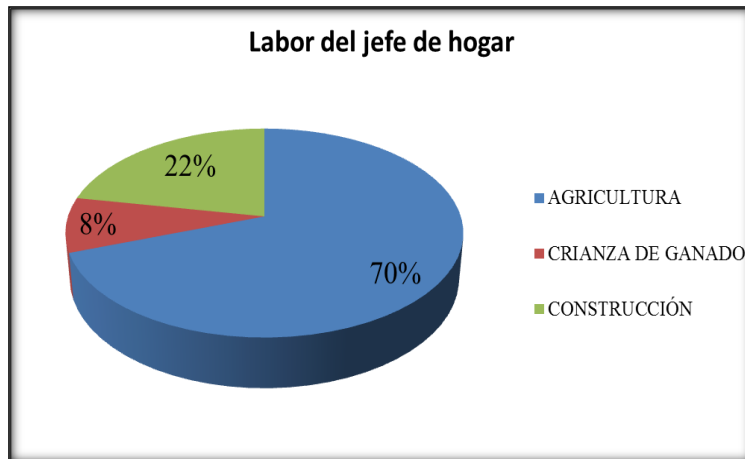


Fig. 4.7 Labor del jefe de hogar
Fuente: Autor

Pregunta 8 ¿Cuál es el ingreso mensual por familia?

El ingreso mensual por familia se encuentra en los rangos de \$50-150 y \$151-250 como se puede observar en la figura.

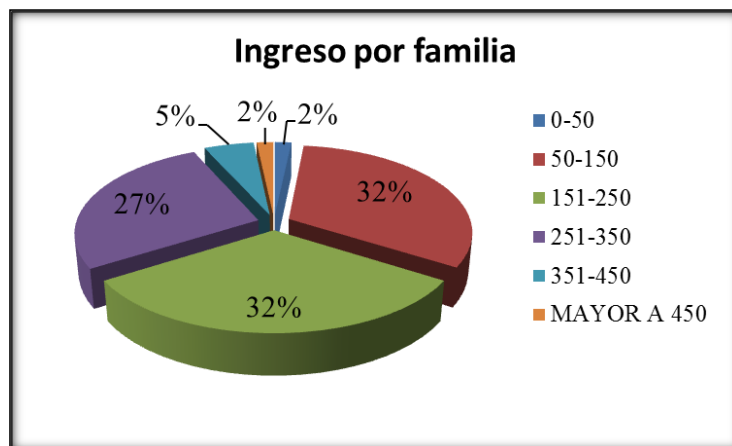


Fig. 4.8 Ingresos por familia
Fuente: Autor

Información sobre el consumo de energía en la vivienda

Pregunta 9 ¿Qué tipo de electrodomésticos dispone la vivienda?

Los electrodomésticos que más poseen las familias del lugar son el radio, la televisión y el cargador de celular los cuales son usados para distracción de las mismas en las horas de descanso.

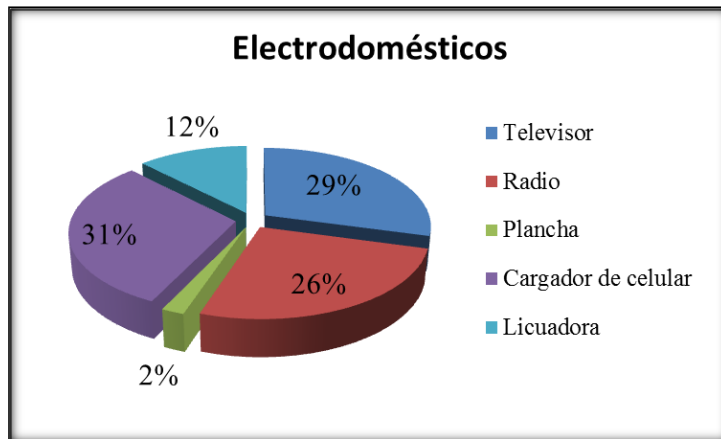


Fig. 4.9 Electrodoméstico
Fuente: Autor

Pregunta 10 ¿Cantidad de luminarias por casa?

De acuerdo a los resultados obtenidos de la encuesta se puede observar que los hogares poseen un aproximado de tres luminarias.

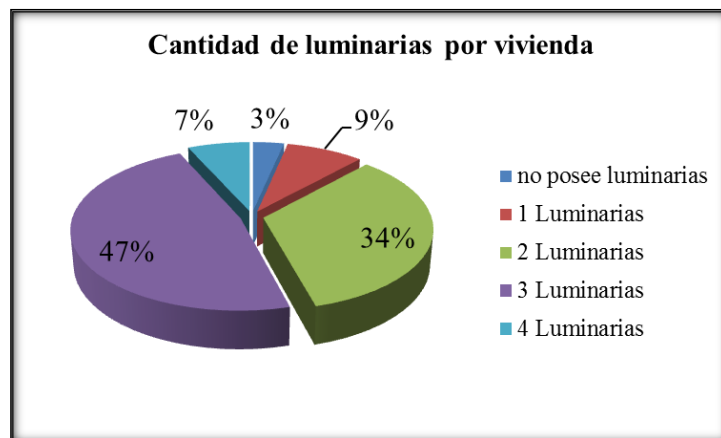


Fig. 4.10 Cantidad de luminarias por casa
Fuente: Autor

Información sobre el saneamiento

Pregunta 11 ¿Estado del agua usada para el aseo personal?

La mayoría de las personas del sector usa agua caliente para el aseo personal con un 92%, esto se debe a las condiciones climáticas del sector en la cual predomina el clima frío.

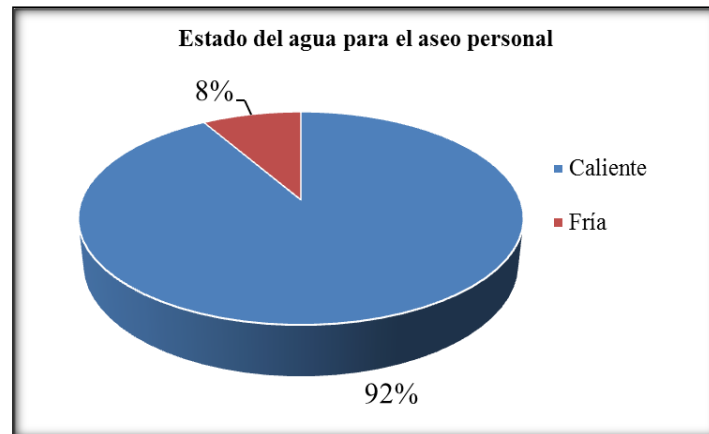


Fig. 4.11 Estado del agua para el aseo personal
Fuente: Autor

Pregunta 12 ¿Medio utilizado para el calentamiento del agua?

El medio utilizado para el caliente del agua para en aseo personal es el gas mostrando así un mayor porcentaje mientras que con un menor porcentaje se muestra la leña como medio de calentamiento del agua.

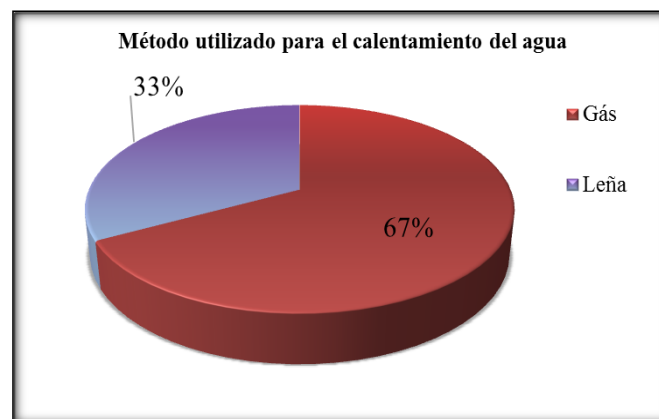


Fig. 4.12 Medio para el calentamiento del agua
Fuente: Autor

Características del viento

Pregunta 13 ¿En qué meses el viento sopla con mayor fuerza?

Se puede observar que los meses de mayor presencia de viento son Julio-Agosto con un 78%, mientras que en los otros meses se encuentra con una presencia baja del mismo, como se muestra en la figura.

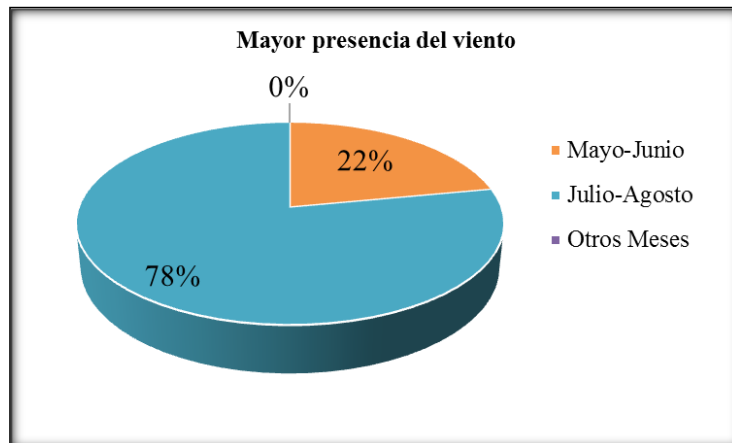


Fig. 4.13 Mayor presencia del viento
Fuente: Autor

Pregunta 14 ¿A qué hora del día sopla con mayor fuerza el viento?

Según los resultados de la pregunta, 43 encuestados (64%) indicaron que en las tardes es donde se produce la mayor cantidad de viento los resultados se muestran en la siguiente figura.

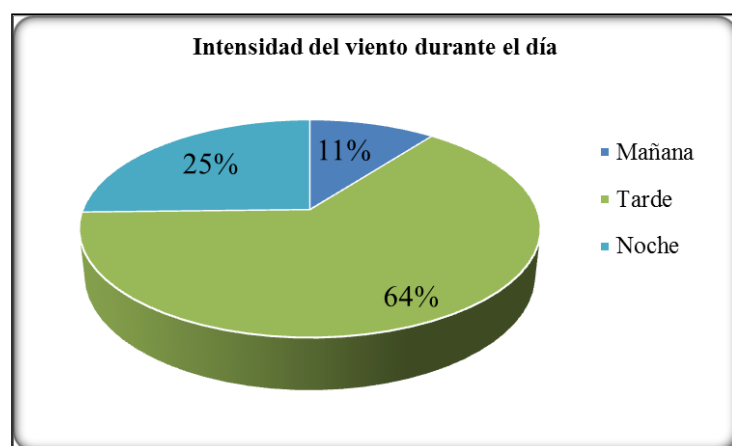


Fig. 4.14 Intensidad del viento durante el día
Fuente: Autor

Pregunta 15 Dirección diaria del viento

De las personas encuestadas el 69 % de ellas dijo que la dirección predominante del viento en el sector es desde el Este y como punto de referencia se tomó la ciudad de Guaranda, debido a que la mayoría de personas hizo referencia a esta ciudad.

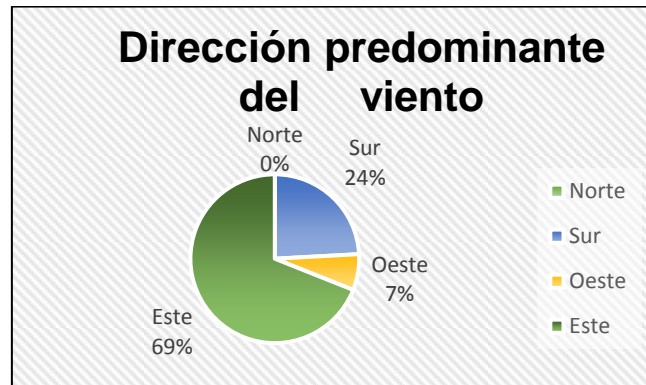


Fig. 4.15 Dirección predominante del viento
Fuente: Autor

4.2 Análisis de resultados

4.2.1 Evidencia biológica

Durante la investigación de campo se pudo observar gran presencia de vegetación rastrera (paja), con una inclinación predominante en dirección del viento, como se puede observar en la figura.



Fig. 4.16 Inclinación de la vegetación
Fuente: Autor



Fig. 4.17 Vegetación en sentido con el viento
Fuente: Autor

De acuerdo la escala de Griss- Putman la velocidad del viento se encuentra entre los grados 5-6 (4.9-9.6 m/s).

4.2.2 Estimación de la velocidad

4.2.2 Estimación de la velocidad

Para tener una idea global acerca del comportamiento del viento y poder afirmar la prospección eólica realizada se utilizó la escala de Beaufort, para poder generar una posible aproximación de la velocidad del viento del sector.

Tabla 4.1 Escala de Beaufort

Grado escala de Beaufort	Velocidad aproximada m/s	Condiciones en Tierra	Numero de personas
0	Menor a 0.5	Calma	0
1	0.5 a 1.4	Humo se eleva de forma diagonal	0
2	1.5 a 2	Se siente el aire ligero en el cuerpo	5
3	3 a 4	Las hojas se empiezan a mover	10
4	5 a 7	Polvo y puequeñas ramas se mueven	24
5	8 a 10	Arboles pequeños empiezan a moverse	11
6	11 a 13	Ramas grandes se mueven	8
7	14 a 16	Árboles enteros en movimiento molestia al caminar	1
8	17 a 24	Dificil de caminar en contra del viento	0
9	21 a 23	Daños en las viviendas	0
10	24 a 27	Árboles arrancados de raiz, daños estructurales	0
11-17	> a 27	Catastrofes	0

Fuente: Autor

De acuerdo a la tabla anterior se deduce que el grado del viento predominante en el sector de Río Blanco es de grado 4 es decir que el viento tiene una velocidad aproximada de 5-7 m/s.

En la siguiente figura 37 se observa el porcentaje de personas quienes dijeron que los pequeños arboles empiezan a moverse evidenciando así que existe un buen potencial eólico en el sector de Río Blanco.

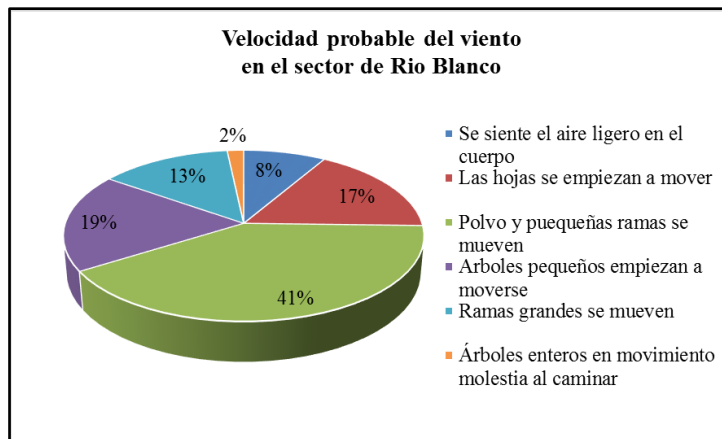


Fig. 4.18 Velocidad probable del viento en el sector de Río Blanco
Fuente: Autor

Del análisis de la figura anterior la velocidad media probable de viento del sector de Río Blanco se encuentra entre 5-7 m/s.

4.2.3 Medición de la velocidad y dirección del viento en el sector de Río Blanco

Para la estimación de la dirección del viento estimado en el sector de Río Blanco se realizó una encuesta obteniendo así como resultado la dirección predominante en dirección desde el ESTE, mientras que para la velocidad se utilizó la escala de Beaufort y el índice de vegetación obteniendo como resultado un valor de velocidad estimado de 5-7 m/s.

4.2.4 Tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Datos generales

- Numero de datos (N)
- Centro de clase (v_i)
- Frecuencia de ocurrencia (n_i)
- Frecuencia relativa (f_i)
- Frecuencia acumulada “menor o igual que” (F_i)
- Frecuencia acumulada “mayor que” (F'_i)

Productos

- Frecuencia relativa x Centro de clase ($f_i \cdot v_i$)
- (y_i) y (x_i) ajuste por mínimos cuadrados de la recta $y = Ax + B$

4.2.5 Tratamiento estadístico mensual de la velocidad del viento

Datos de la torre a 10 m de altura

Análisis estadístico- Mes de Octubre 2015

Tabla 4.2 Análisis estadístico- Octubre 2015

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi ²	yi	xi	fi*xi	fi*xi/yi	fi*yi	fi*xi*y	Densidad de probabilidad
0.0	1.0	0.5	7	7	0.021	0.021	0.979	2.1	0.01	0.01	-3.8	-0.7	-0.01	0.01	-0.08	0.06	0.030
1.1	2.1	1.6	23	30	0.071	0.092	0.908	9.2	0.11	0.18	-2.3	0.5	0.03	0.02	-0.16	-0.08	0.064
2.2	3.2	2.7	31	61	0.095	0.187	0.813	18.7	0.26	0.69	-1.6	1.0	0.09	0.09	-0.15	-0.15	0.071
3.3	4.3	3.8	54	115	0.166	0.353	0.647	35.3	0.63	2.39	-0.8	1.3	0.22	0.30	-0.14	-0.18	0.065
4.4	5.4	4.9	59	174	0.181	0.534	0.466	53.4	0.89	4.35	-0.3	1.6	0.29	0.46	-0.05	-0.08	0.054
5.5	6.5	6.0	59	233	0.181	0.715	0.285	71.5	1.09	6.52	0.2	1.8	0.32	0.58	0.04	0.07	0.043
6.6	7.6	7.1	60	293	0.184	0.899	0.101	89.9	1.31	9.28	0.8	2.0	0.36	0.71	0.15	0.30	0.033
7.7	8.7	8.2	29	322	0.089	0.988	0.012	98.8	0.73	5.98	1.5	2.1	0.19	0.39	0.13	0.28	0.025
8.8	9.8	9.3	3	325	0.009	0.997	0.003	99.7	0.09	0.80	1.8	2.2	0.02	0.05	0.02	0.04	0.018
9.9	10.9	10.4	1	326	0.003	1.000	0.000	100.0	0.03	0.33							0.013
			326		1				5.14	30.5			1.51	2.6	-0.24	0.255	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

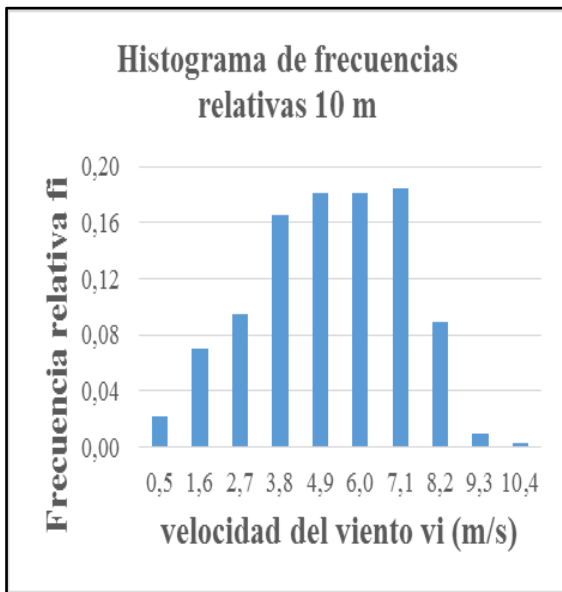


Fig. 4.19 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

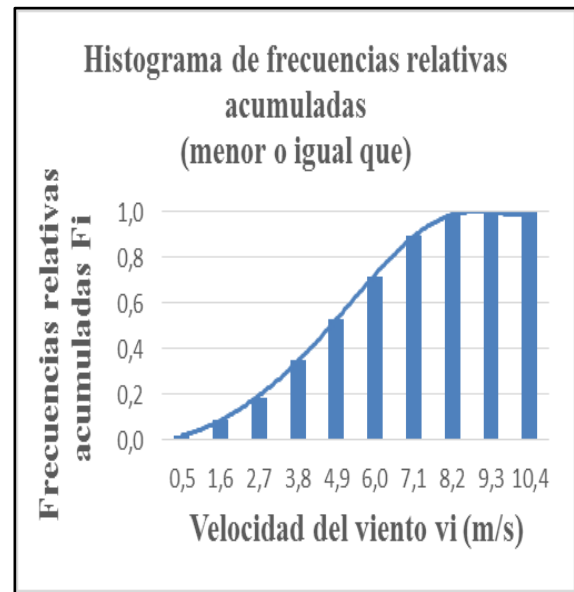


Fig. 4.20 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

El histograma de frecuencias relativas fue ajustado matemáticamente mediante la ecuación 5

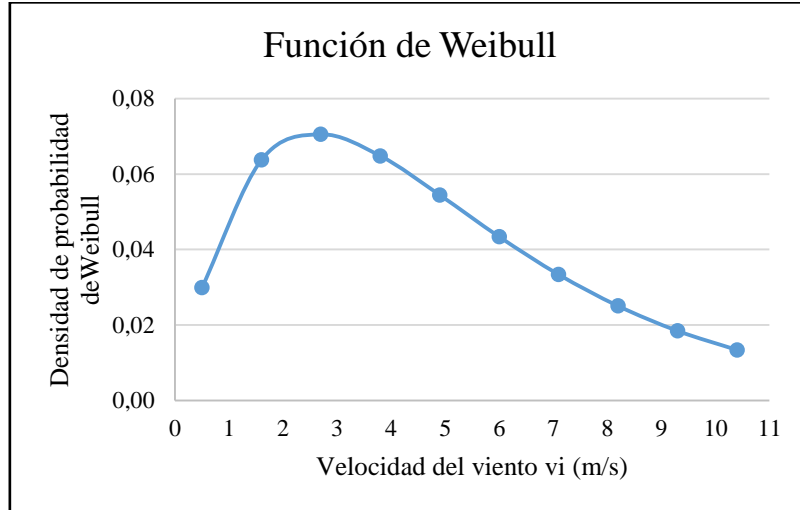


Fig. 4.21 Función de Weibull- Octubre 2015

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Tabla 4.3 Resultados del análisis estadístico- Octubre 2015

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Octubre	5,14	2,02	5,12	2,03	0,39

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.4 Interés eólico- Octubre 2015

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Octubre	176,49	0,79	65656,06	69,39

Fuente: Autor

NOVIEMBRE 2015

Análisis estadístico- Mes de Noviembre 2015

Tabla 4.5 Análisis estadístico- Noviembre 2015

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
0,00	0,50	0,25	46	46	0,064	0,064	0,936	6,39	0,02	0,00	-2,72	-1,4	-0,09	0,12	-0,17	0,2407	0,20
0,50	1,60	1,05	105	151	0,146	0,210	0,790	20,97	0,15	0,16	-1,45	0,0	0,01	0,00	-0,21	-0,0103	0,19
1,60	2,70	2,15	97	248	0,135	0,344	0,656	34,44	0,29	0,62	-0,86	0,8	0,10	0,08	-0,12	-0,0889	0,15
2,70	3,80	3,25	75	323	0,104	0,449	0,551	44,86	0,34	1,10	-0,52	1,2	0,12	0,14	-0,05	-0,0637	0,11
3,80	4,90	4,35	101	424	0,140	0,589	0,411	58,89	0,61	2,65	-0,12	1,5	0,21	0,30	-0,02	-0,0243	0,08
4,90	6,00	5,45	104	528	0,144	0,733	0,267	73,33	0,79	4,29	0,28	1,7	0,24	0,42	0,04	0,0683	0,06
6,00	7,10	6,55	95	623	0,132	0,865	0,135	86,53	0,86	5,66	0,70	1,9	0,25	0,47	0,09	0,1725	0,05
7,10	8,20	7,65	73	696	0,101	0,967	0,033	96,67	0,78	5,93	1,22	2,0	0,21	0,42	0,12	0,2525	0,03
8,20	9,30	8,75	16	712	0,022	0,989	0,011	98,89	0,19	1,70	1,50	2,2	0,05	0,10	0,03	0,0725	0,03
9,30	10,40	9,85	7	719	0,010	0,999	0,001	99,86	0,10	0,94							0,02
10,40	11,50	11	1	720	0,001	1,000	0,000	100,00	0,02	0,17							0,01
		60,3	720		1				4,14	23,238			1,1	2,0557	-0,28	0,6193	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

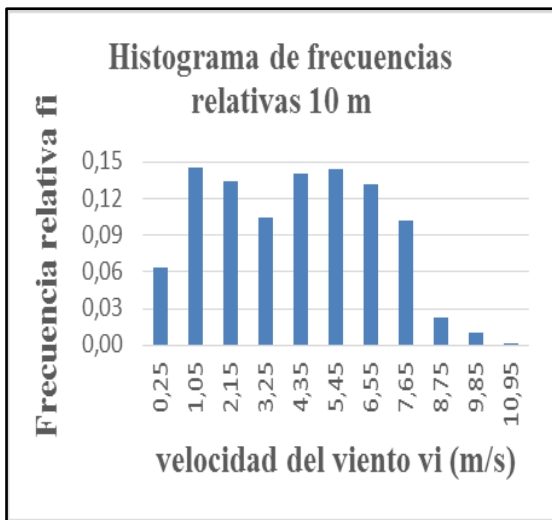


Fig. 4.22 Frecuencias relativas

Fuente: Autor

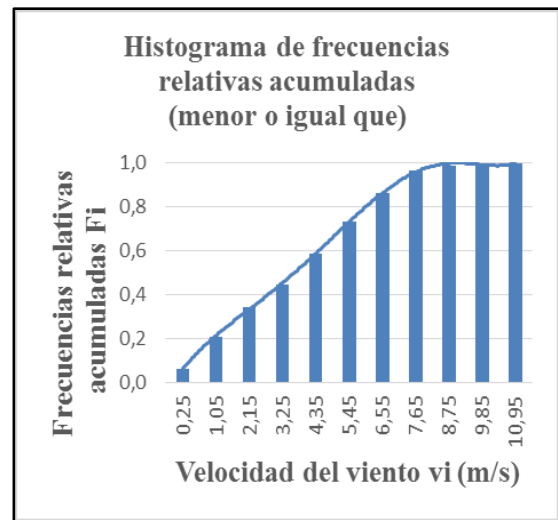


Fig. 4.23 Frecuencias relativas acumuladas

Fuente: Autor

Función de Weibull

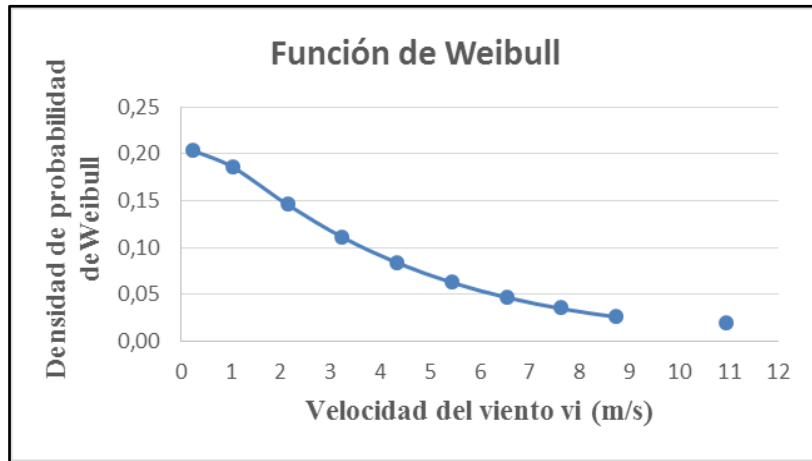


Fig. 4.24 Función de Weibull- Noviembre 2015

Fuente: Autor

Tabla 4.6 Resultados del análisis estadístico- Noviembre 2015

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Noviembre	4,14	1,09	3,88	1,03	0,31

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.7 Interés eólico- Noviembre 2015

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $\left(\frac{kw * h}{m^2 * mes}\right)$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Noviembre	256,98	0,79	95595,7	100,86

Fuente: Autor

DICIEMBRE 2015

Análisis estadístico- Mes de Diciembre 2015

Tabla 4.8 Análisis estadístico- Diciembre 2015

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
0,5	1,5	1	31	31	0,04	0,042	0,958	4,17	0,04	0,04	-3,16	0,0	0,00	0,00	-0,13	0,0000	0,034
1,6	2,6	2,1	39	70	0,05	0,094	0,906	9,41	0,11	0,23	-2,31	0,7	0,04	0,03	-0,12	-0,0900	0,053
2,7	3,7	3,2	65	135	0,09	0,181	0,819	18,15	0,28	0,89	-1,61	1,2	0,10	0,12	-0,14	-0,1634	0,057
3,8	4,8	4,3	101	236	0,14	0,317	0,683	31,72	0,58	2,51	-0,96	1,5	0,20	0,29	-0,13	-0,1908	0,054
4,9	5,9	5,4	100	336	0,13	0,452	0,548	45,16	0,73	3,92	-0,51	1,7	0,23	0,38	-0,07	-0,1155	0,048
6,0	7,0	6,5	140	476	0,19	0,640	0,360	63,98	1,22	7,95	0,02	1,9	0,35	0,66	0,00	0,0073	0,040
7,1	8,1	7,6	125	601	0,17	0,808	0,192	80,78	1,28	9,70	0,50	2,0	0,34	0,69	0,08	0,1705	0,033
8,2	9,2	8,7	91	692	0,12	0,930	0,070	93,01	1,06	9,26	0,98	2,2	0,26	0,57	0,12	0,2589	0,026
9,3	10,3	9,8	42	734	0,06	0,987	0,013	98,66	0,55	5,42	1,46	2,3	0,13	0,29	0,08	0,1882	0,020
10,4	11,4	11	8	742	0,01	0,997	0,003	99,73	0,12	1,28	1,78	2,4	0,03	0,06	0,02	0,0457	0,016
11,5	12,5	12	2	744	0,00	1,000	0,000	100,00	0,03	0,39							0,012
		72	744		1				6,01	41,5955			1,677	3,09635	-0,28	0,110916	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

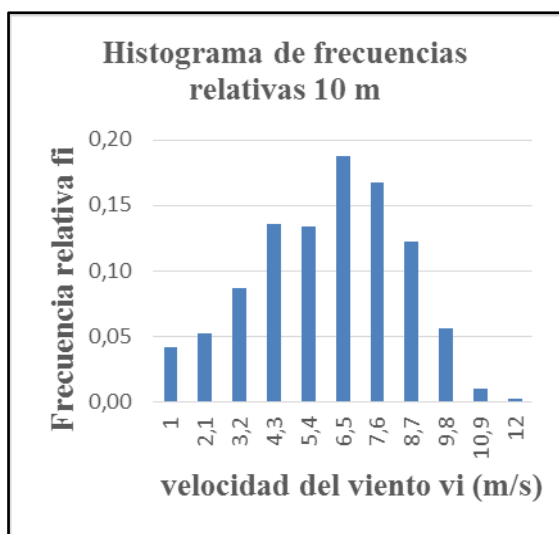


Fig. 4.25 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

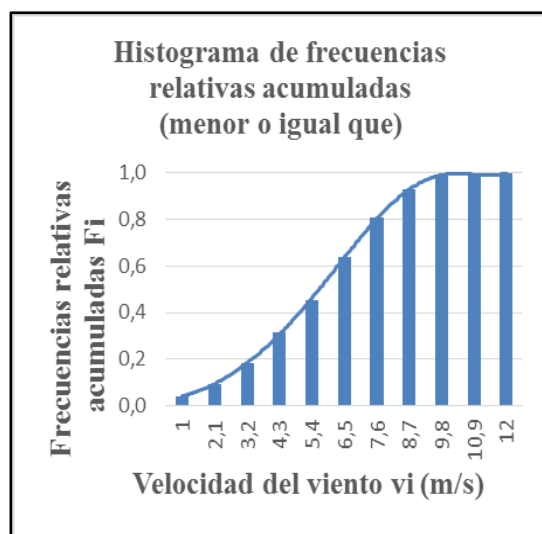


Fig. 4.26 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

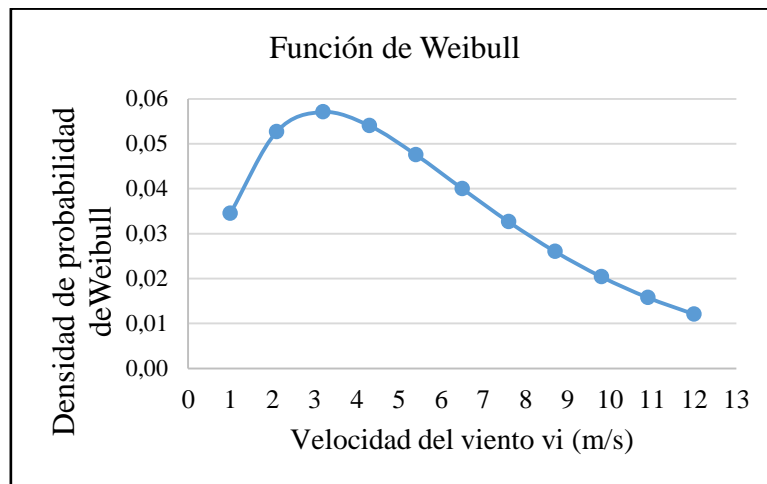


Fig. 4.27 Función de Weibull- Octubre 2015
Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Tabla 4.9 Resultados del análisis estadístico- Diciembre 2015

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Diciembre	6,01	2,07	6,14	1,01	0,21

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.10 Interés eólico- Diciembre 2015

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Diciembre	296,31	0,784	110228,29	116,22

Fuente: Autor

ENERO 2016

Análisis estadístico- Mes de Enero 2015

Tabla 4.11 Análisis estadístico- Enero 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	f*vi	f*vi^2	yi	xi	f*xi	f*xi^2	f*yi	f*xi*yi	Densidad de probabilidad
0,5	1,5	1	141	141	0,19	0,190	0,810	18,95	0,19	0,19	-1,56	0,0	0,00	0,00	-0,30	0,000	0,170
1,6	2,6	2,1	130	271	0,17	0,364	0,636	36,42	0,37	0,77	-0,79	0,7	0,13	0,10	-0,14	-0,103	0,142
2,7	3,7	3,2	117	388	0,16	0,522	0,478	52,15	0,50	1,61	-0,31	1,2	0,18	0,21	-0,05	-0,056	0,110
3,8	4,8	4,3	71	459	0,10	0,617	0,383	61,69	0,41	1,76	-0,04	1,5	0,14	0,20	0,00	-0,006	0,083
4,9	5,9	5,4	98	557	0,13	0,749	0,251	74,87	0,71	3,84	0,32	1,7	0,22	0,37	0,04	0,072	0,061
6,0	7,0	6,5	70	627	0,09	0,843	0,157	84,27	0,61	3,98	0,62	1,9	0,18	0,33	0,06	0,108	0,045
7,1	8,1	7,6	66	693	0,09	0,931	0,069	93,15	0,67	5,12	0,99	2,0	0,18	0,36	0,09	0,177	0,033
8,2	9,2	8,7	28	721	0,04	0,969	0,031	96,91	0,33	2,85	1,25	2,2	0,08	0,18	0,05	0,101	0,024
9,3	10,3	9,8	18	739	0,02	0,993	0,007	99,33	0,24	2,32	1,61	2,3	0,06	0,13	0,04	0,089	0,017
10,4	11,4	10,9	4	743	0,01	0,999	0,001	99,87	0,06	0,64	1,89	2,4	0,01	0,03	0,01	0,024	0,012
11,5	12,5	12	1	744	0,00	1,000	0,000	100,00	0,02	0,19							0,009
		71,5	744		1				4,11	23,279			1,179	1,914	-0,2	0,4078	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

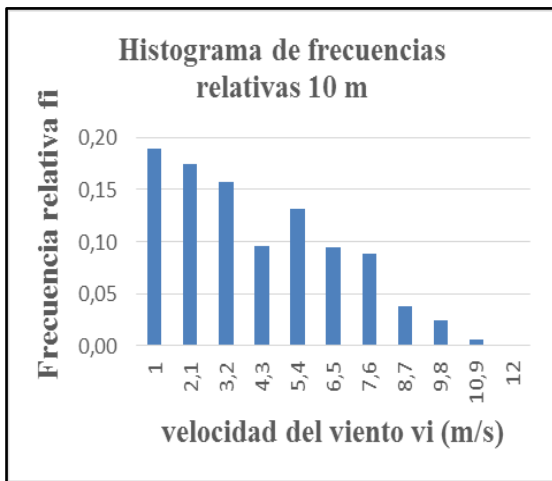


Fig. 4.28 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

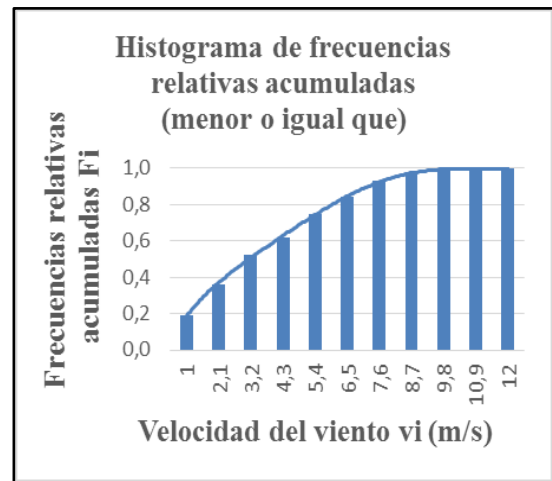


Fig. 4.29 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

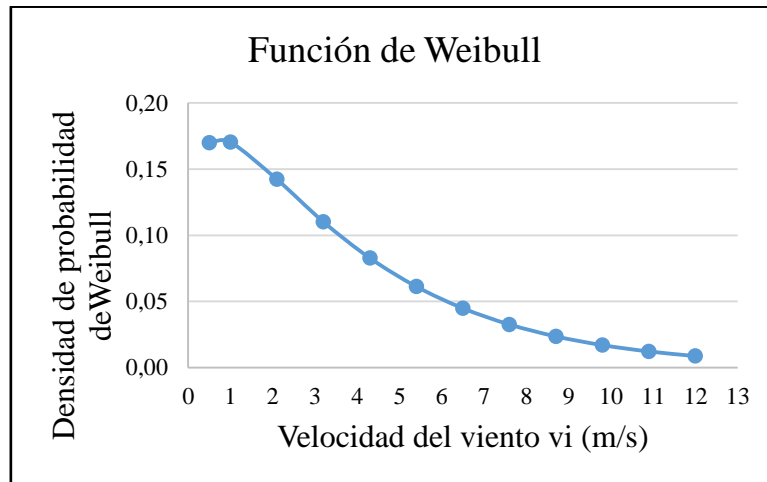


Fig. 4.30 Función de Weibull- Enero 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Tabla 4.12 Resultados del análisis estadístico- Enero 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Enero	4,11	1,24	3,83	1,12	0,34

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.13 Interés eólico- Enero 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Enero	172,70	0,78	64245,93	67,49

Fuente: Autor

FEBRERO 2016

Análisis estadístico- Mes de Febrero 2016

Tabla 4.14 Análisis estadístico- Febrero 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
1,5	2,5	2	91	91	0,131	0,131	0,869	13,07	0,26	0,52	-1,97	0,7	0,09	0,06	-0,26	-0,1781	0,060
2,6	3,6	3,1	42	133	0,060	0,191	0,809	19,11	0,19	0,58	-1,55	1,1	0,07	0,08	-0,09	-0,1059	0,064
3,7	4,7	4,2	78	211	0,112	0,303	0,697	30,32	0,47	1,98	-1,02	1,4	0,16	0,23	-0,11	-0,1638	0,059
4,8	5,8	5,3	111	322	0,159	0,463	0,537	46,26	0,85	4,48	-0,48	1,7	0,27	0,44	-0,08	-0,1267	0,052
5,9	6,9	6,4	132	454	0,190	0,652	0,348	65,23	1,21	7,77	0,05	1,9	0,35	0,65	0,01	0,0193	0,043
7,0	8,0	7,5	115	569	0,165	0,818	0,182	81,75	1,24	9,29	0,53	2,0	0,33	0,67	0,09	0,1769	0,035
8,1	9,1	8,6	63	632	0,091	0,908	0,092	90,80	0,78	6,69	0,87	2,2	0,19	0,42	0,08	0,1694	0,028
9,2	10,2	9,7	42	674	0,060	0,968	0,032	96,84	0,59	5,68	1,24	2,3	0,14	0,31	0,07	0,1700	0,022
10,3	11,3	10,8	15	689	0,022	0,990	0,010	98,99	0,23	2,51	1,53	2,4	0,05	0,12	0,03	0,0783	0,017
11,4	12,4	11,9	4	693	0,006	0,996	0,004	99,57	0,07	0,81	1,70	2,5	0,01	0,04	0,01	0,0241	0,013
12,5	13,5	13	3	696	0,004	1,000	0,000	100,00	0,06	0,73							0,010
		82,5	696		1				5,939	41,051			1,6681	3,0267	-0,25	0,06353	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

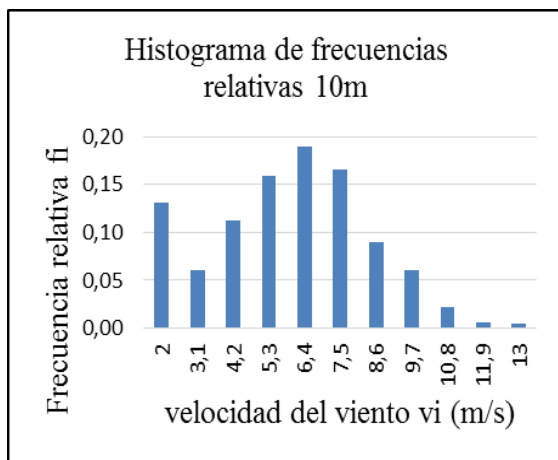


Fig. 4.31 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

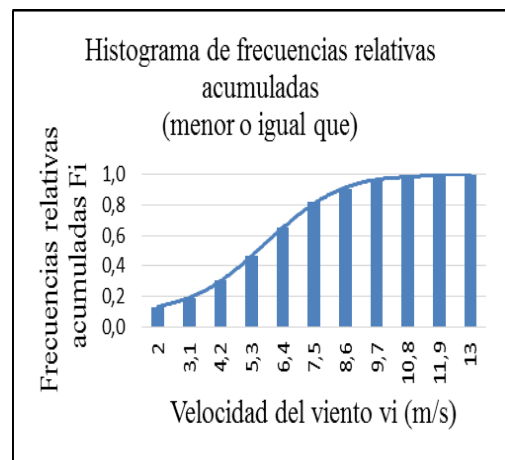


Fig. 4.32 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

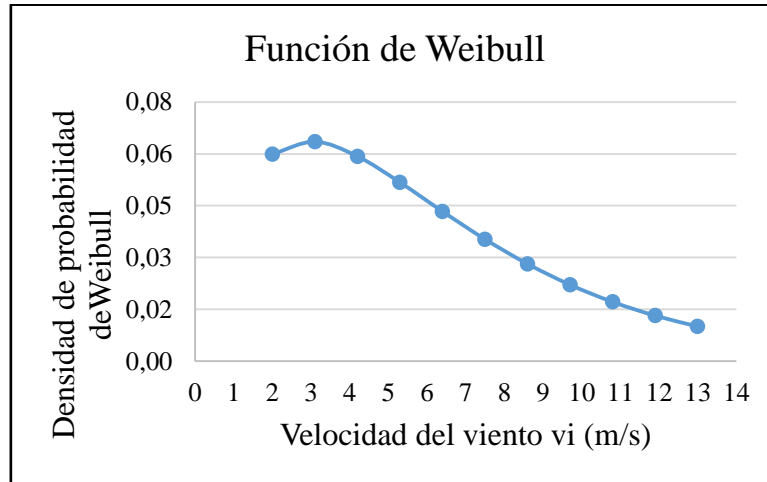


Fig. 4.33 Función de Weibull- Febrero 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Tabla 4.15 Resultados del análisis estadístico- Febrero 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Febrero	5,94	1,94	6,02	1,08	0,23

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.16 Interés eólico- Febrero 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) (W/m^2)
Febrero	299,18	0,783	104113,37	117,07

Fuente: Autor

MARZO 2016

Análisis estadístico- Mes de Marzo 2016

Tabla 4.17 Análisis estadístico- Marzo 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	f*vi	f*vi^2	yi	xi	f*xi	f*xi^2	f*yi	f*xi*yi	Densidad de probabilidad
1,5	2,5	2	190	190	0,26	0,255	0,745	25,54	0,51	1,02	-1,22	0,7	0,18	0,12	-0,31	-0,2162	0,1087
2,6	3,6	3,1	86	276	0,12	0,371	0,629	37,10	0,36	1,11	-0,77	1,1	0,13	0,15	-0,09	-0,1005	0,0958
3,7	4,7	4,2	94	370	0,13	0,497	0,503	49,73	0,53	2,23	-0,37	1,4	0,18	0,26	-0,05	-0,0679	0,0791
4,8	5,8	5,3	93	463	0,13	0,622	0,378	62,23	0,66	3,51	-0,03	1,7	0,21	0,35	0,00	-0,0056	0,0632
5,9	6,9	6,4	97	560	0,13	0,753	0,247	75,27	0,83	5,34	0,33	1,9	0,24	0,45	0,04	0,0809	0,0494
7,0	8,0	7,5	83	643	0,11	0,864	0,136	86,42	0,84	6,28	0,69	2,0	0,22	0,45	0,08	0,1555	0,0381
8,1	9,1	8,6	48	691	0,06	0,929	0,071	92,88	0,55	4,77	0,97	2,2	0,14	0,30	0,06	0,1349	0,0290
9,2	10,2	9,7	38	729	0,05	0,980	0,020	97,98	0,50	4,81	1,36	2,3	0,12	0,26	0,07	0,1581	0,0220
10,3	11,3	10,8	11	740	0,01	0,995	0,005	99,46	0,16	1,72	1,65	2,4	0,04	0,08	0,02	0,0582	0,0165
11,4	12,4	11,9	2	742	0,003	0,997	0,003	99,73	0,03	0,38	1,78	2,5	0,01	0,02	0,00	0,0118	0,0123
12,5	13,5	13	2	744	0,003	1,000	0,000	100,00	0,03	0,45							0,0092
		82,5	744		1				5,01	31,624			1,46	2,4433	-0,17	0,20919	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

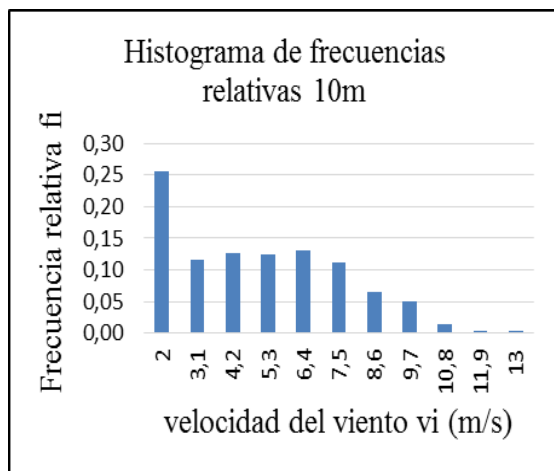


Fig. 4.34 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

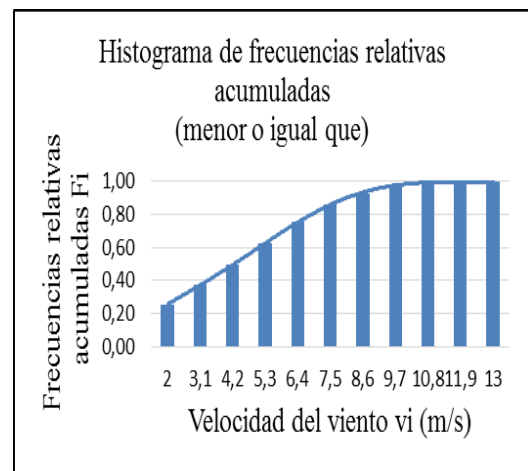


Fig. 4.35 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

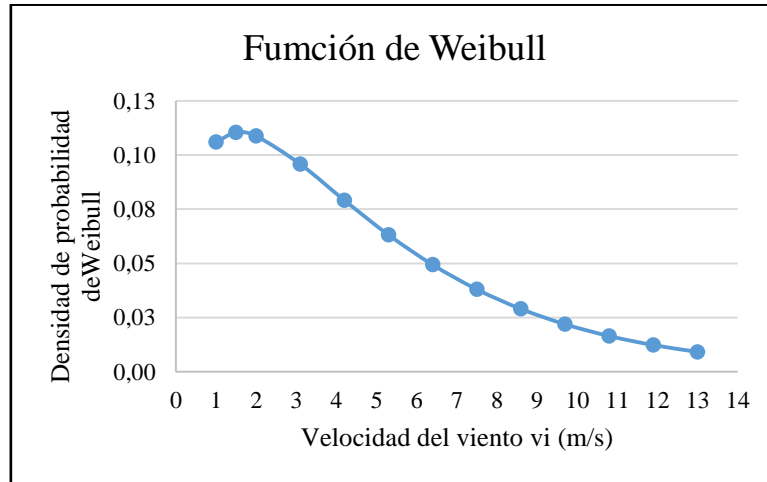


Fig. 4.36 Función de Weibull- Marzo 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Tabla 4.18 Resultados del análisis estadístico- Marzo 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Marzo	5,01	1,48	4,83	1,13	0,28

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.19 Interés eólico- Marzo 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) (W/m^2)
Marzo	231,79	0,78	86225,74	90,66

Fuente: Autor

ABRIL 2016

Análisis estadístico- Mes de Abril 2016

Tabla 4.20 Análisis estadístico- Abril 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi'>=	f%	f*vi	f*vi^2	yi	xi	f*xi	f*xi^2	f*yi	f*xi*yi	Densidad de probabilidad
0,5	1,5	1	115	115	0,16	0,2	0,840	15,97	0,16	0,16	-1,75	0,0	0,00	0,00	-0,28	0,0000	0,1385
1,6	2,6	2,1	94	209	0,13	0,3	0,710	29,03	0,27	0,58	-1,07	0,7	0,10	0,07	-0,14	-0,1037	0,1253
2,7	3,7	3,2	77	286	0,11	0,4	0,603	39,72	0,34	1,10	-0,68	1,2	0,12	0,14	-0,07	-0,0847	0,1035
3,8	4,8	4,3	89	375	0,12	0,5	0,479	52,08	0,53	2,29	-0,31	1,5	0,18	0,26	-0,04	-0,0553	0,0825
4,9	5,9	5,4	91	466	0,13	0,6	0,353	64,72	0,68	3,69	0,04	1,7	0,21	0,36	0,01	0,0088	0,0646
6,0	7,0	6,5	100	566	0,14	0,8	0,214	78,61	0,90	5,87	0,43	1,9	0,26	0,49	0,06	0,1126	0,0499
7,1	8,1	7,6	75	641	0,10	0,9	0,110	89,03	0,79	6,02	0,79	2,0	0,21	0,43	0,08	0,1675	0,0382
8,2	9,2	8,7	43	684	0,06	1,0	0,050	95,00	0,52	4,52	1,10	2,2	0,13	0,28	0,07	0,1418	0,0291
9,3	10,3	9,8	24	708	0,03	1,0	0,017	98,33	0,33	3,20	1,41	2,3	0,08	0,17	0,05	0,1072	0,0221
10,4	11,4	11	11	719	0,02	1,0	0,001	99,86	0,17	1,82	1,88	2,4	0,04	0,09	0,03	0,0688	0,0167
11,5	12,5	12	1	720	0,00	1,0	0,000	100,00	0,02	0,20							0,0126
		72	720		1				4,71	29,423			1,328	2,2944	-0,24	0,36295	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

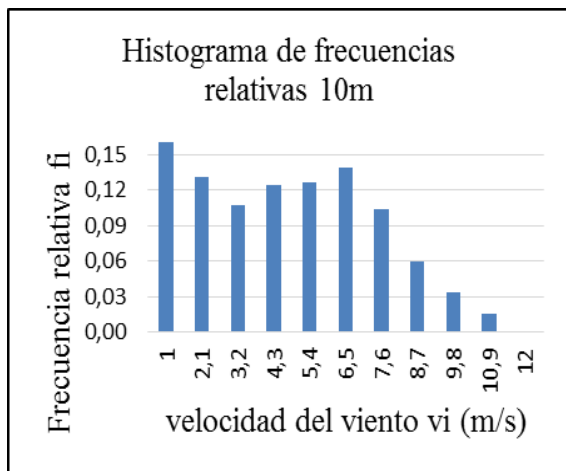


Fig. 4.37 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

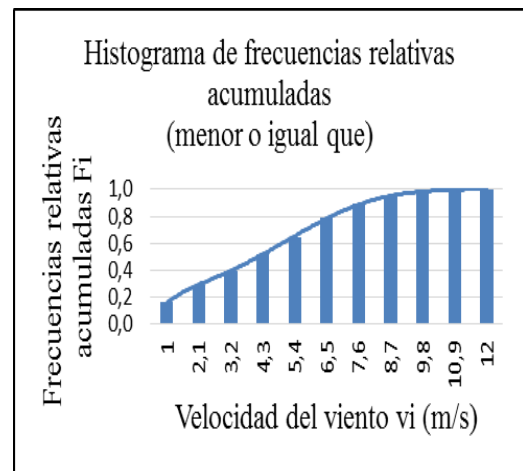


Fig. 4.38 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

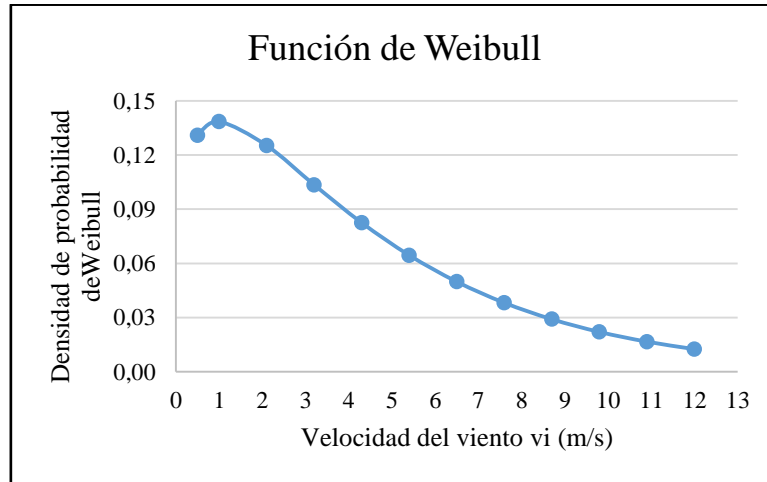


Fig. 4.39 Función de Weibull- Abril 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Tabla 4.21 Resultados del análisis estadístico- Abril 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Abril	4,71	1,28	4,55	1,08	0,29

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.22 Interés eólico- Abril 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) (W/m^2)
Abril	262,78	0,782	94600,50	102,81

Fuente: Autor

MAYO 2016

Análisis estadístico- Mes de Mayo 2016

Tabla 4.23 Análisis estadístico- Mayo 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
0,5	1,5	1	73	73	0,10	0,1	0,902	9,81	0,10	0,10	-2,27	0,0	0,00	0,00	-0,22	0,0000	0,088
1,6	2,6	2,1	53	126	0,07	0,17	0,831	16,94	0,15	0,31	-1,68	0,7	0,05	0,04	-0,12	-0,0890	0,093
2,7	3,7	3,2	67	193	0,09	0,26	0,741	25,94	0,29	0,92	-1,20	1,2	0,10	0,12	-0,11	-0,1260	0,086
3,8	4,8	4,3	79	272	0,11	0,37	0,634	36,56	0,46	1,96	-0,79	1,5	0,15	0,23	-0,08	-0,1219	0,074
4,9	5,9	5,4	87	359	0,12	0,48	0,517	48,25	0,63	3,41	-0,42	1,7	0,20	0,33	-0,05	-0,0823	0,063
6,0	7,0	6,5	111	470	0,15	0,63	0,368	63,17	0,97	6,30	0,00	1,9	0,28	0,52	0,00	-0,0003	0,052
7,1	8,1	7,6	120	590	0,16	0,79	0,207	79,30	1,23	9,32	0,45	2,0	0,33	0,66	0,07	-0,1486	0,042
8,2	9,2	8,7	89	679	0,12	0,91	0,087	91,26	1,04	9,05	0,89	2,2	0,26	0,56	0,11	0,2306	0,034
9,3	10,3	9,8	43	722	0,06	0,97	0,030	97,04	0,57	5,55	1,26	2,3	0,13	0,30	0,07	0,1660	0,027
10,4	11,4	10,9	16	738	0,02	0,99	0,008	99,19	0,23	2,56	1,57	2,4	0,05	0,12	0,03	0,0808	0,022
11,5	12,5	12	6	744	0,01	1,00	0,000	100,00	0,10	1,16							0,017
		71,5	744		1				5,758	40,648			1,558	2,8893	-0,3	0,20647	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

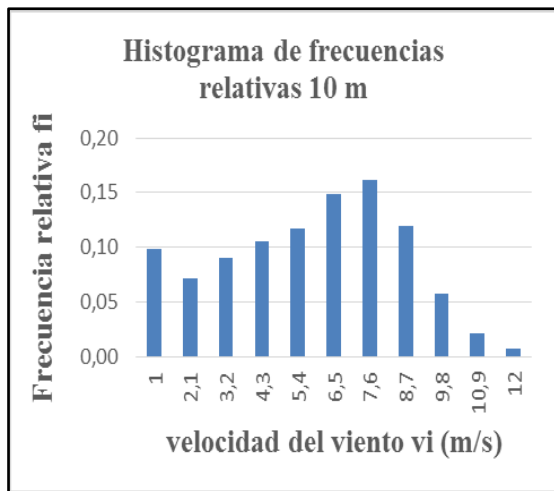


Fig. 4.40 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

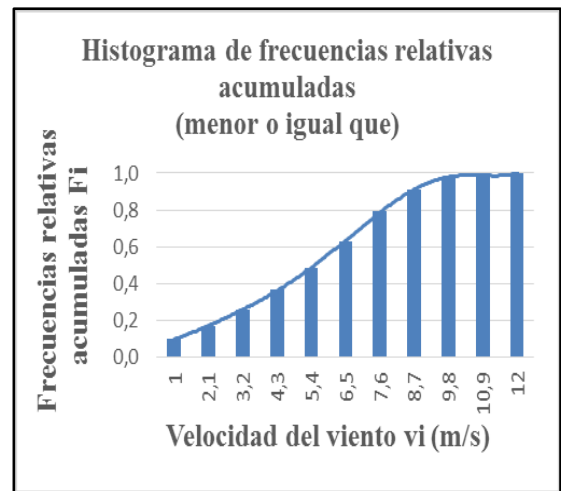


Fig. 4.41 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

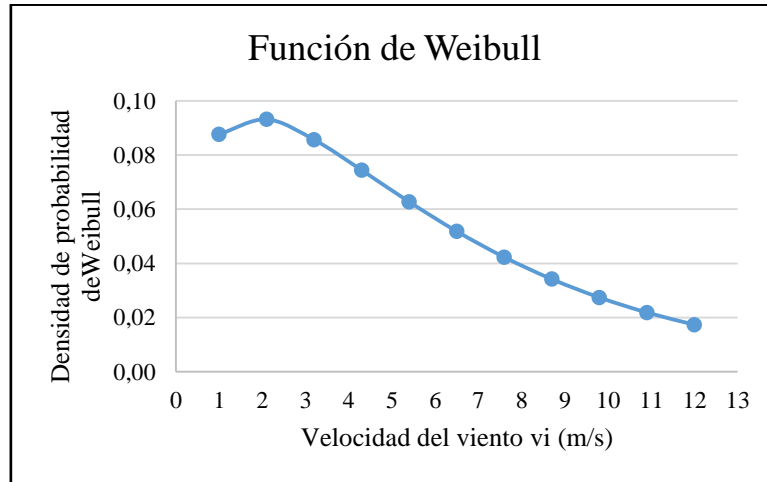


Fig. 4.42 Función de Weibull- Mayo 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Tabla 4.24 Resultados del análisis estadístico- Marzo 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Mayo	5,76	1,45	5,83	1,01	0,22

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.25 Interés eólico- Marzo 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Mayo	422,33	0,78	157105,37	165,54

Fuente: Autor

JUNIO 2016

Análisis estadístico- Mes de Junio 2016

Tabla 4.26 Análisis estadístico- Junio 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	F%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
2,0	3,0	2,5	88	88	0,122	0,122	0,878	12,22	0,31	0,76	-2,04	0,9	0,11	0,10	-0,25	-0,2282	0,048
3,1	4,1	3,6	50	138	0,069	0,192	0,808	19,17	0,25	0,90	-1,55	1,3	0,09	0,11	-0,11	-0,1377	0,051
4,2	5,2	4,7	72	210	0,100	0,292	0,708	29,17	0,47	2,21	-1,06	1,5	0,15	0,24	-0,11	-0,1648	0,048
5,3	6,3	5,8	96	306	0,133	0,425	0,575	42,50	0,77	4,49	-0,59	1,8	0,23	0,41	-0,08	-0,1387	0,043
6,4	7,4	6,9	124	430	0,172	0,597	0,403	59,72	1,19	8,20	-0,10	1,9	0,33	0,64	-0,02	-0,0316	0,037
7,5	8,5	8	108	538	0,150	0,747	0,253	74,72	1,20	9,60	0,32	2,1	0,31	0,65	0,05	0,0994	0,031
8,6	9,6	9,1	104	642	0,144	0,892	0,108	89,17	1,31	11,96	0,80	2,2	0,32	0,70	0,12	0,2547	0,026
9,7	10,7	10	49	691	0,068	0,960	0,040	95,97	0,69	7,08	1,17	2,3	0,16	0,37	0,08	0,1844	0,021
10,8	11,8	11	23	714	0,032	0,992	0,008	99,17	0,36	4,08	1,57	2,4	0,08	0,19	0,05	0,1213	0,017
11,9	12,9	12	2	716	0,003	0,994	0,006	99,44	0,03	0,43	1,65	2,5	0,01	0,02	0,00	0,0115	0,013
13,0	14,0	14	4	720	0,006	1,000	0,000	100,00	0,08	1,01							0,010
		88	720		1				6,666	50,7183			1,796	3,43606	-0,26	-0,0295	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

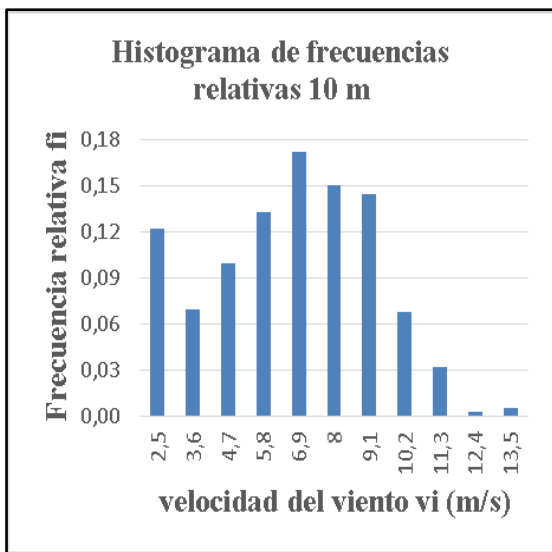


Fig. 4.43 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

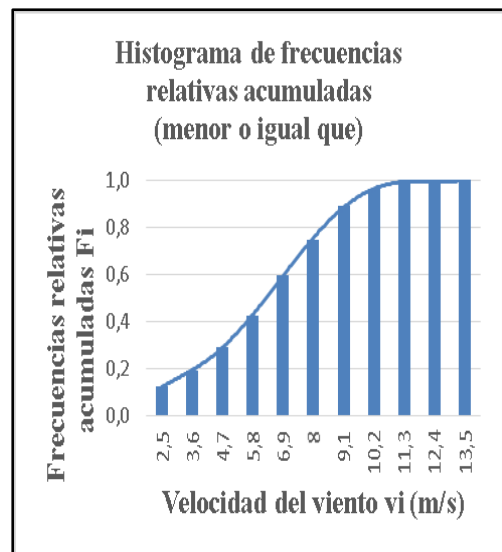


Fig. 4.44 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

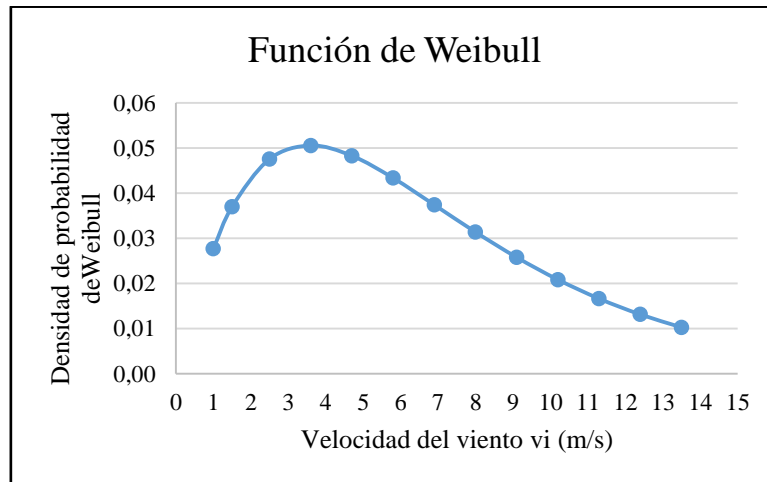


Fig. 4.45 Función de Weibull- Junio 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Tabla 4.27 Resultados del análisis estadístico- Junio 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Junio	6,67	2,09	6,83	1,04	0,2

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.28 Interés eólico- Junio 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Junio	404,21	0,789	145516,79	159,27

Fuente: Autor

JULIO 2016

Análisis estadístico- Mes de Julio 2016

Tabla 4.29 Análisis estadístico- Julio 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	f*vi	f*vi^2	yi	xi	f*xi	f*xi^2	f*yi	f*xi*yi	Densidad de probabilidad
0,5	1,5	1	18	18	0,02	0,024	0,976	2,42	0,02	0,02	-3,71	0,0	0,00	0,00	-0,09	0,0000	0,016
1,6	2,6	2,1	22	40	0,03	0,054	0,946	5,38	0,06	0,13	-2,90	0,7	0,02	0,02	-0,09	-0,0635	0,031
2,7	3,7	3,2	30	70	0,04	0,094	0,906	9,41	0,13	0,41	-2,31	1,2	0,05	0,05	-0,09	-0,1086	0,038
3,8	4,8	4,3	63	133	0,08	0,179	0,821	17,88	0,36	1,57	-1,62	1,5	0,12	0,18	-0,14	-0,2007	0,040
4,9	5,9	5,4	86	219	0,12	0,294	0,706	29,44	0,62	3,37	-1,05	1,7	0,19	0,33	-0,12	-0,2054	0,038
6,0	7,0	6,5	128	347	0,17	0,466	0,534	46,64	1,12	7,27	-0,47	1,9	0,32	0,60	-0,08	-0,1498	0,034
7,1	8,1	7,6	162	509	0,22	0,684	0,316	68,41	1,65	12,58	0,14	2,0	0,44	0,90	0,03	0,0627	0,029
8,2	9,2	8,7	144	653	0,19	0,878	0,122	87,77	1,68	14,65	0,74	2,2	0,42	0,91	0,14	0,3109	0,024
9,3	10,3	9,8	68	721	0,09	0,969	0,031	96,91	0,90	8,78	1,25	2,3	0,21	0,48	0,11	0,2599	0,020
10,4	11,4	11	20	741	0,03	0,996	0,004	99,60	0,29	3,19	1,71	2,4	0,06	0,15	0,05	0,1096	0,016
11,5	12,5	12	3	744	0,00	1,000	0,000	100,00	0,05	0,58							0,012
		72	744		1				6,9	52,5514			1,842	3,61346	-0,27	0,015177	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

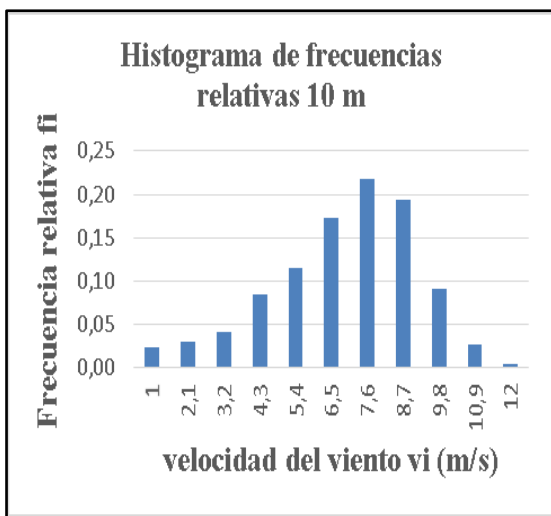


Fig. 4.46 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

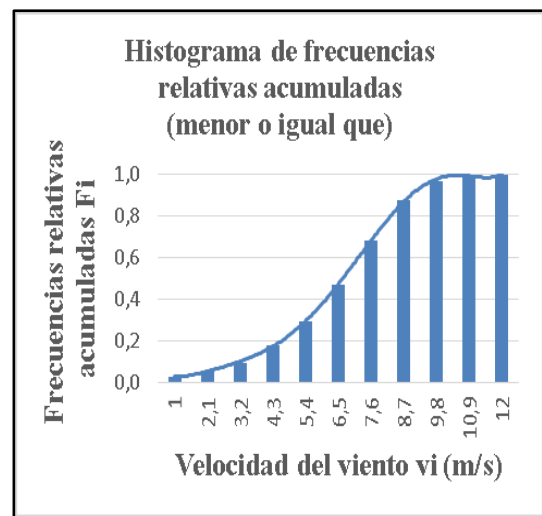


Fig. 4.47 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

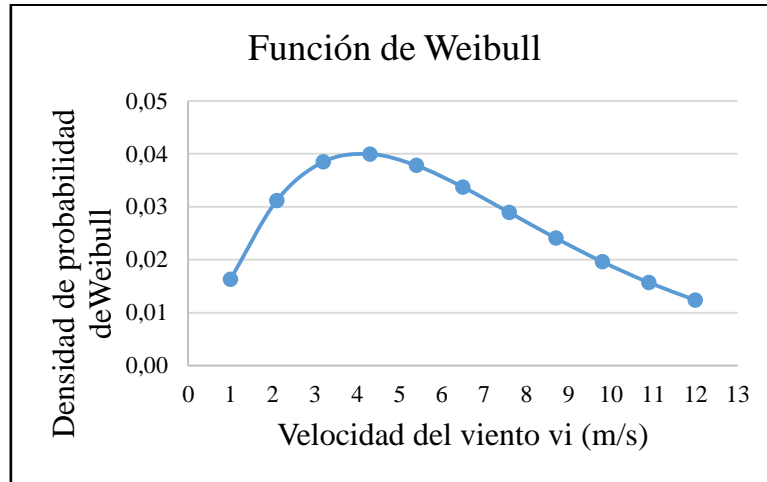


Fig. 4.48 Función de Weibull- Julio 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Tabla 4.30 Resultados del análisis estadístico- Junio 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Julio	6,90	2,37	7,08	1,04	0,18

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.31 Interés eólico- Julio 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $\left(\frac{kw * h}{m^2 * mes}\right)$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Julio	405,87	0,79	150984,12	160,13

Fuente: Autor

AGOSTO 2016

Análisis estadístico- Mes de Agosto 2016

Tabla 4.32 Análisis estadístico- Agosto 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
2,5	3,5	3	98	98	0,13	0,132	0,868	13,17	0,40	1,19	-1,96	1,1	0,14	0,16	-0,26	-0,2832	0,040
3,6	4,6	4,1	92	190	0,12	0,255	0,745	25,54	0,51	2,08	-1,22	1,4	0,17	0,25	-0,15	-0,2131	0,042
4,7	5,7	5,2	93	283	0,13	0,380	0,620	38,04	0,65	3,38	-0,74	1,6	0,21	0,34	-0,09	-0,1518	0,039
5,8	6,8	6,3	112	395	0,15	0,531	0,469	53,09	0,95	5,97	-0,28	1,8	0,28	0,51	-0,04	-0,0771	0,034
6,9	7,9	7,4	142	537	0,19	0,722	0,278	72,18	1,41	10,45	0,25	2,0	0,38	0,76	0,05	0,0941	0,029
8,0	9,0	8,5	110	647	0,15	0,870	0,130	86,96	1,26	10,68	0,71	2,1	0,32	0,68	0,11	0,2252	0,024
9,1	10,1	9,6	69	716	0,09	0,962	0,038	96,24	0,89	8,55	1,19	2,3	0,21	0,47	0,11	0,2492	0,019
10,2	11,2	11	16	732	0,02	0,984	0,016	98,39	0,23	2,46	1,42	2,4	0,05	0,12	0,03	0,0723	0,015
11,3	12,3	12	7	739	0,01	0,993	0,007	99,33	0,11	1,31	1,61	2,5	0,02	0,06	0,02	0,0374	0,011
12,4	13,4	13	2	741	0,00	0,996	0,004	99,60	0,03	0,45	1,71	2,6	0,01	0,02	0,00	0,0117	0,009
13,5	14,5	14	3	744	0,00	1,000	0,000	100,00	0,06	0,79							0,006
		94	744		1				6,49	47,3096			1,792	3,36673	-0,23	-0,0355	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

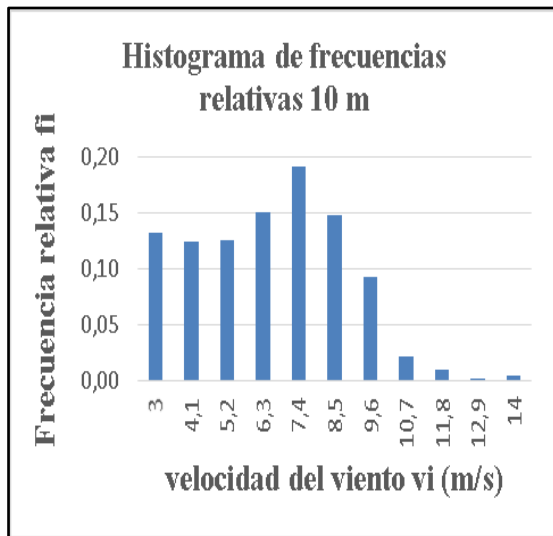


Fig. 4.49 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

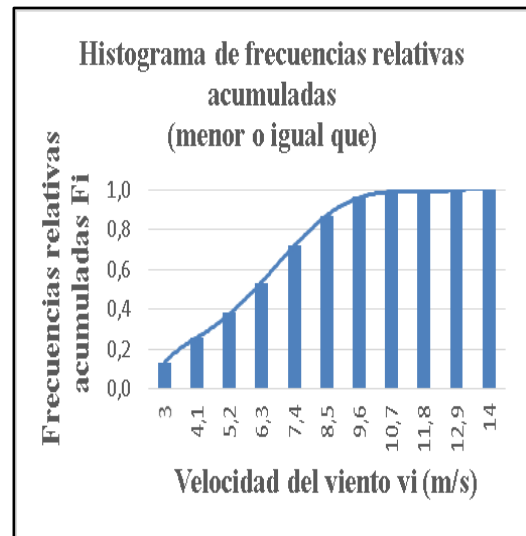


Fig. 4.50 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

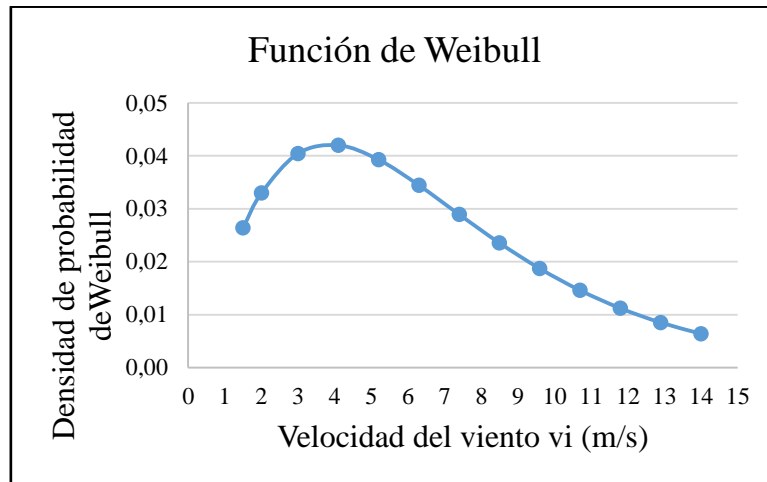


Fig. 4.51 Función de Weibull- Agosto 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Agosto 2016

Tabla 4.33 Resultados del análisis estadístico- Agosto 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Agosto	6,49	2,40	6,60	1,08	0,21

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.34 Interés eólico- Julio 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) (W/m^2)
Agosto	325,95	0,789	121254,709	128,51

Fuente: Autor

SEPTIEMBRE 2016

Análisis estadístico- Mes de Septiembre 2016

Tabla 4.35 Análisis estadístico- Septiembre 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	f*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
0,0	0,5	0,25	11	11	0,015	0,015	0,985	1,53	0,00	0,00	-4,17	-1,4	-0,02	0,03	-0,06	0,0884	0,10
0,6	1,6	1,1	52	63	0,072	0,088	0,913	8,75	0,08	0,09	-2,39	0,1	0,01	0,00	-0,17	-0,0165	0,12
1,7	2,7	2,2	67	130	0,093	0,181	0,819	18,06	0,20	0,45	-1,61	0,8	0,07	0,06	-0,15	-0,1184	0,11
2,8	3,8	3,3	81	211	0,113	0,293	0,707	29,31	0,37	1,23	-1,06	1,2	0,13	0,16	-0,12	-0,1422	0,09
3,9	4,9	4,4	114	325	0,158	0,451	0,549	45,14	0,70	3,07	-0,51	1,5	0,23	0,35	-0,08	-0,1197	0,08
5,0	6,0	5,5	91	416	0,126	0,578	0,422	57,78	0,70	3,82	-0,15	1,7	0,22	0,37	-0,02	-0,0319	0,06
6,1	7,1	6,6	112	528	0,156	0,733	0,267	73,33	1,03	6,78	0,28	1,9	0,29	0,55	0,04	0,0819	0,05
7,2	8,2	7,7	104	632	0,144	0,878	0,122	87,78	1,11	8,56	0,74	2,0	0,29	0,60	0,11	0,2190	0,04
8,3	9,3	8,8	56	688	0,078	0,956	0,044	95,56	0,68	6,02	1,14	2,2	0,17	0,37	0,09	0,1921	0,03
9,4	10,4	9,9	29	717	0,040	0,996	0,004	99,58	0,40	3,95							0,03
10,5	11,5	11	3	720	0,004	1,000	0,000	100,00	0,05	0,50							0,02
		60,8	720		1				5,32	34,467			1,4	2,4867	-0,37	0,1527	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

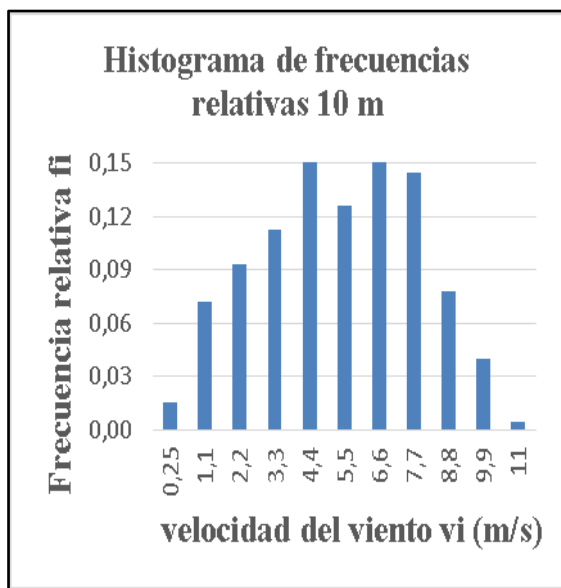


Fig. 4.52 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

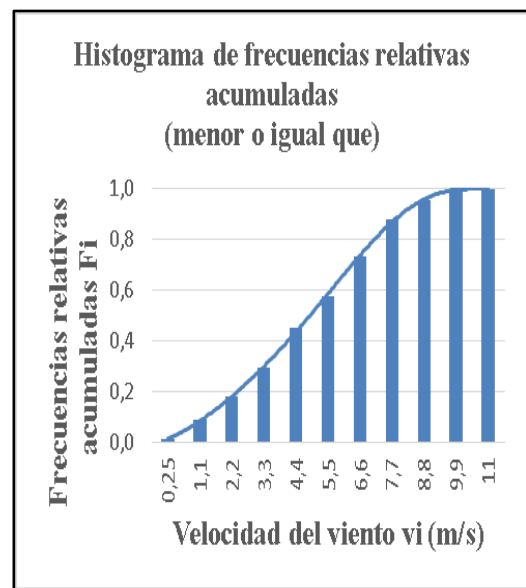


Fig. 4.53 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

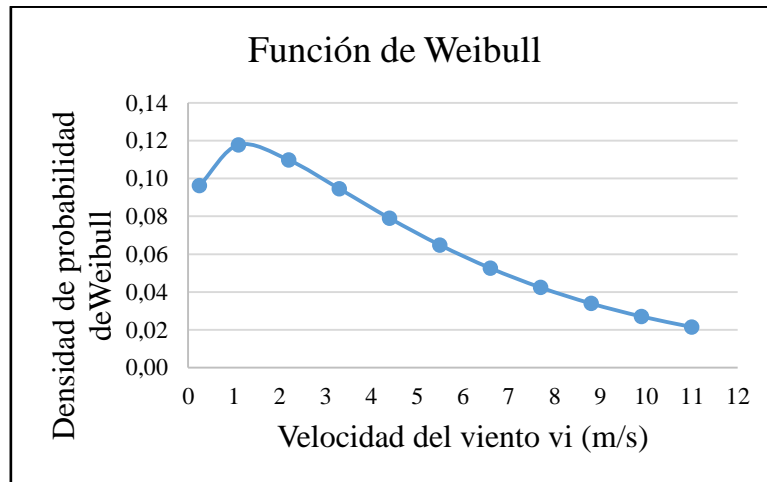


Fig. 4.54 Función de Weibull- Septiembre 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Septiembre 2016

Tabla 4.36 Resultados del análisis estadístico- Septiembre 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Septiembre	5,32	1,27	5,42	1,02	0.23

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.37 Interés eólico- Septiembre 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Septiembre	454,33	0,788	163557,80	179,06

Fuente: Autor

DATOS DE LA TORRE UBICADA A 20M DE ALTURA

OCTUBRE 2015

Análisis estadístico- Mes de Octubre 2015

Tabla 4.38 Análisis estadístico- Octubre 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	vi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*vi	fi*xi*vi	Densidad de probabilidad	
0,0	1,0	0,5	9	9	0,028	0,028	0,972	2,76	0,014	0,0069	-3,58	-0,69	-0,019	0,0133	-0,10	0,0684	0,029	
1,1	2,1	1,6	14	23	0,043	0,071	0,929	7,06	0,069	0,1099	-2,62	0,47	0,020	0,0095	-0,11	-0,0528	0,061	
2,2	3,2	2,7	29	52	0,089	0,160	0,840	15,95	0,240	0,6485	-1,75	0,99	0,088	0,0878	-0,16	-0,1546	0,069	
3,3	4,3	3,8	42	94	0,129	0,288	0,712	28,83	0,490	1,8604	-1,08	1,34	0,172	0,2296	-0,14	-0,1855	0,064	
4,4	5,4	4,9	71	165	0,218	0,506	0,494	50,61	1,067	5,2292	-0,35	1,59	0,346	0,5501	-0,08	-0,1207	0,055	
5,5	6,5	6	51	216	0,156	0,663	0,337	66,26	0,939	5,6319	0,08	1,79	0,280	0,5022	0,01	0,0232	0,045	
6,6	7,6	7,1	61	277	0,187	0,850	0,150	84,97	1,329	9,4325	0,64	1,96	0,367	0,7189	0,12	0,2345	0,035	
7,7	8,7	8,2	44	321	0,135	0,985	0,015	98,47	1,107	9,0753	1,43	2,10	0,284	0,5976	0,19	0,4060	0,027	
8,8	9,8	9,3	4	325	0,012	0,997	0,003	99,69	0,114	1,0612	1,76	2,23	0,027	0,0610	0,02	0,0480	0,020	
9,9	10,9	10,4	1	326	0,003	1,000	0,000	100,00	0,032	0,3318							0,015	
			326		1				5,399	33,388					1,566	2,76991	-0,23	0,26656

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

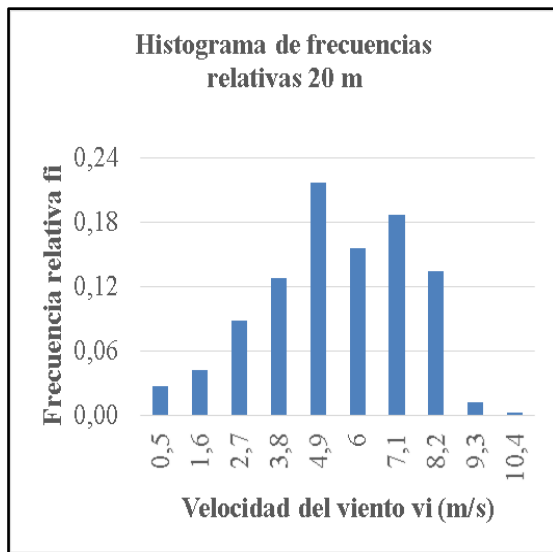


Fig. 4.55 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

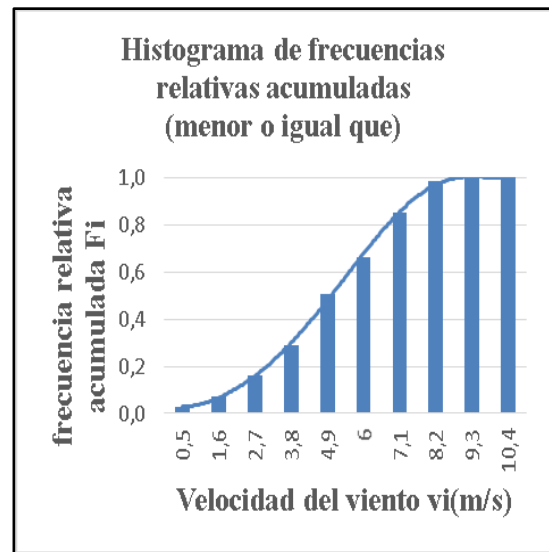


Fig. 4.56 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

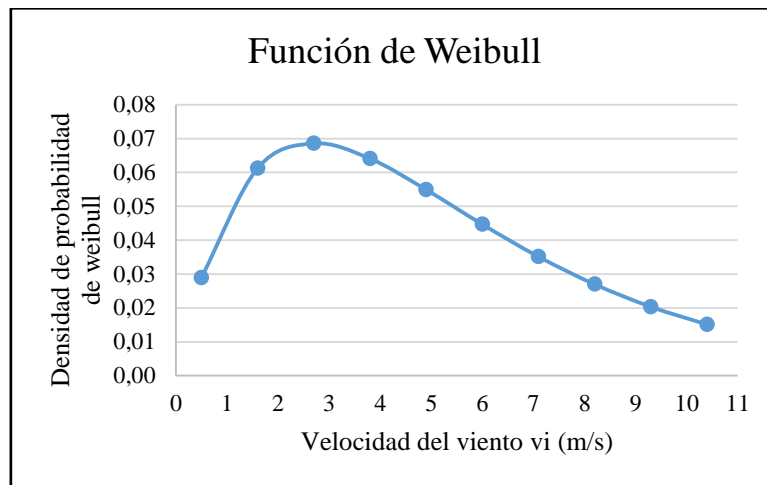


Fig. 4.57 Función de Weibull- Octubre 2015

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Octubre 2015

Tabla 4.39 Resultados del análisis estadístico- Octubre 2015

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Octubre	5,36	2,12	5,37	1,01	0,19

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.40 Interés eólico- Octubre 2015

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Octubre	194,11	0,786	33917,46	76., 11

Fuente: Autor

NOVIEMBRE 2015

Análisis estadístico- Mes de Noviembre 2015

Tabla 4.41 Análisis estadístico- Noviembre 2015

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
0,0	0,5	0,25	34	34	0,05	0,047	0,953	4,72	0,01	0,00	-3,03	-1,39	-0,07	0,09	-0,14	0,198	0,16
0,6	1,6	1,1	110	144	0,15	0,200	0,800	20,00	0,17	0,18	-1,50	0,10	0,01	0,00	-0,23	-0,022	0,16
1,7	2,7	2,2	90	234	0,13	0,325	0,675	32,50	0,28	0,61	-0,93	0,79	0,10	0,08	-0,12	-0,092	0,13
2,8	3,8	3,3	70	304	0,10	0,422	0,578	42,22	0,32	1,06	-0,60	1,19	0,12	0,14	-0,06	-0,070	0,11
3,9	4,9	4,4	93	397	0,13	0,551	0,449	55,14	0,57	2,50	-0,22	1,48	0,19	0,28	-0,03	-0,042	0,08
5,0	6,0	5,5	94	491	0,13	0,682	0,318	68,19	0,72	3,95	0,14	1,70	0,22	0,38	0,02	0,030	0,06
6,1	7,1	6,6	106	597	0,15	0,829	0,171	82,92	0,97	6,41	0,57	1,89	0,28	0,52	0,08	0,158	0,05
7,2	8,2	7,7	87	684	0,12	0,950	0,050	95,00	0,93	7,16	1,10	2,04	0,25	0,50	0,13	0,271	0,04
8,3	9,3	8,8	26	710	0,04	0,986	0,014	98,61	0,32	2,80	1,45	2,17	0,08	0,17	0,05	0,114	0,03
9,4	10,4	9,9	8	718	0,01	0,997	0,003	99,72	0,11	1,09	1,77	2,29	0,03	0,06	0,02	0,045	0,02
10,5	11,5	11	2	720	0	1	0	100	0,03	0,34							0,02
			720		1				4,423	26,1			1,206	2,2283	-0,27	0,59068	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

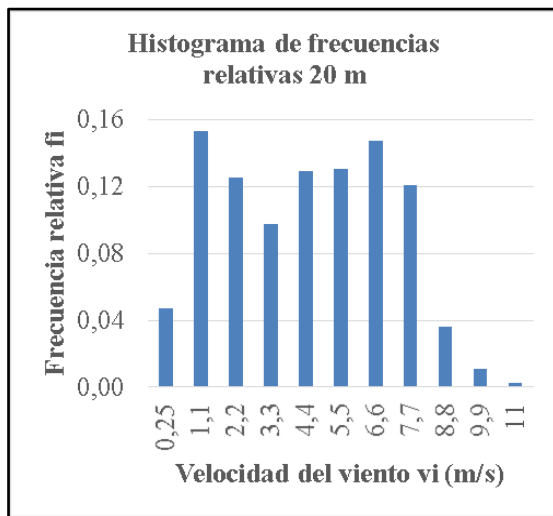


Fig. 4.58 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

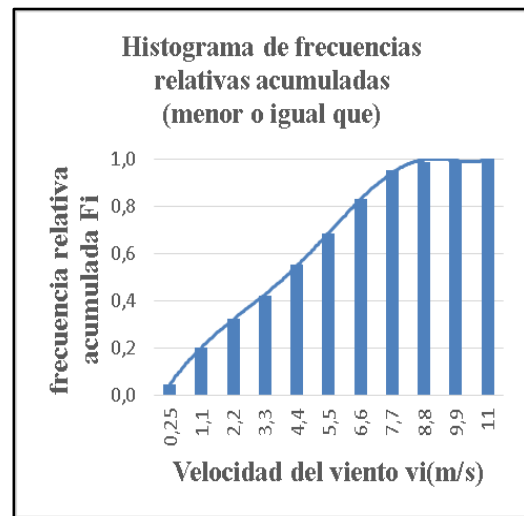


Fig. 4.59 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

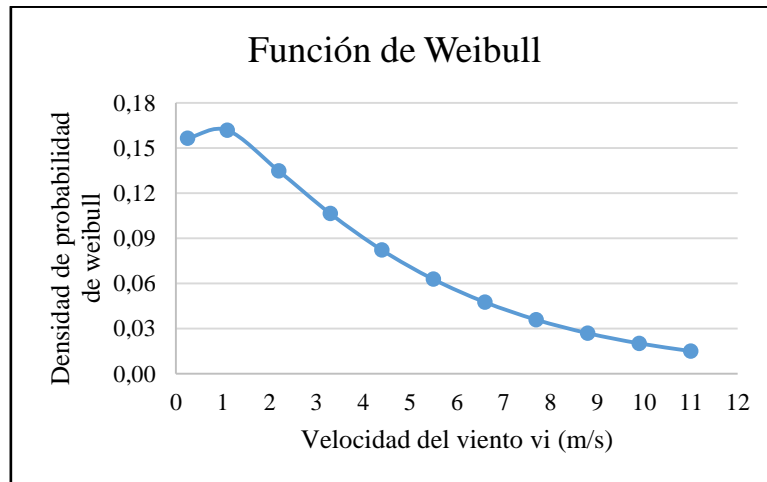


Fig. 4.60 Función de Weibull- Octubre 2015

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Noviembre 2015

Tabla 4.42 Resultados del análisis estadístico- Noviembre 2015

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Noviembre	4,35	1,17	4,15	1,02	0,29

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.43 Interés eólico- Noviembre 2015

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) (W/m^2)
Noviembre	258,40	0,79	96124,93	101,42

Fuente: Autor

DICIEMBRE 2015

Análisis estadístico- Mes de Diciembre 2015

Tabla 4.44 Análisis estadístico- Diciembre 2015

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
0,5	1,5	1	24	24	0,03	0,03	0,97	3,23	0,03	0,03	-3,42	0,00	0,00	0,00	-0,11	0,00	0,032
1,6	2,6	2,1	31	55	0,04	0,07	0,93	7,39	0,09	0,18	-2,57	0,74	0,03	0,02	-0,11	-0,0793	0,050
2,7	3,7	3,2	61	116	0,08	0,16	0,84	15,59	0,26	0,84	-1,77	1,16	0,10	0,11	-0,15	-0,1693	0,055
3,8	4,8	4,3	85	201	0,11	0,27	0,73	27,02	0,49	2,11	-1,16	1,46	0,17	0,24	-0,13	-0,1925	0,053
4,9	5,9	5,4	96	297	0,13	0,40	0,60	39,92	0,70	3,76	-0,67	1,69	0,22	0,37	-0,09	-0,1467	0,047
6,0	7,0	6,5	135	432	0,18	0,58	0,42	58,06	1,18	7,67	-0,14	1,87	0,34	0,64	-0,03	-0,0477	0,041
7,1	8,1	7,6	133	565	0,18	0,76	0,24	75,94	1,36	10,33	0,35	2,03	0,36	0,74	0,06	0,1283	0,034
8,2	9,2	8,7	101	666	0,14	0,90	0,10	89,52	1,18	10,28	0,81	2,16	0,29	0,64	0,11	0,2388	0,028
9,3	10,3	9,8	61	727	0,08	0,98	0,02	97,72	0,80	7,87	1,33	2,28	0,19	0,43	0,11	0,2488	0,022
10,4	11,4	11	11	738	0,01	0,99	0,01	99,19	0,16	1,76	1,57	2,39	0,04	0,08	0,02	0,0555	0,018
11,5	12,5	12	6	744	0,01	1,00	0,00	100,00	0,10	1,16							0,014
			744		1				6,3507	45,99			1,73	3,2617	-0,301	0,03593	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

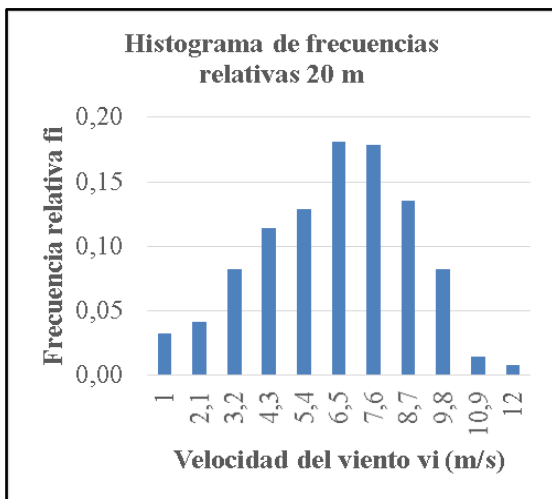


Fig. 4.61 Frecuencias relativas

Fuente: Autor

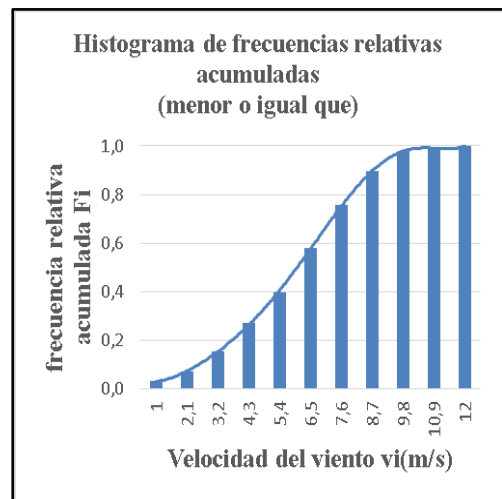


Fig. 4.62 Frecuencias relativas acumuladas

Fuente: Autor

Función de Weibull

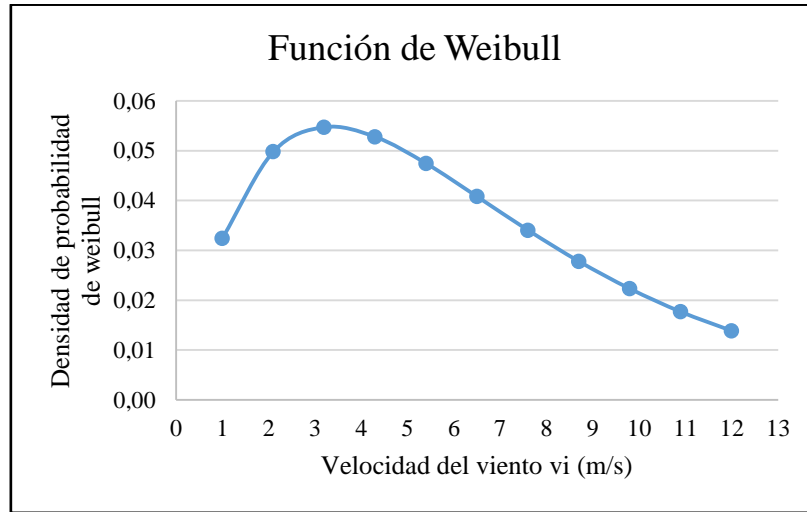


Fig. 4.63 Función de Weibull- Diciembre 2015
Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Diciembre 2015

Tabla 4.45 Resultados del análisis estadístico- Diciembre 2015

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Diciembre	6,31	2,03	6,48	1,01	0,19

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.46 Interés eólico- Diciembre 2015

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible ($\frac{P_d/A}{W/m^2}$)
Diciembre	355,99	0,78	132427,90	139,62

Fuente: Autor

ENERO 2016

Análisis estadístico- Mes de Enero 2016

Tabla 4.47 Análisis estadístico- Enero 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
0,5	1,5	1	137	137	0,18	0,18	0,82	18,41	0,18	0,18	-1,59	0,00	0,00	0,00	-0,29	0	0,164
1,6	2,6	2,1	120	257	0,16	0,35	0,65	34,54	0,34	0,71	-0,86	0,74	0,12	0,09	-0,14	-0,103	0,139
2,7	3,7	3,2	113	370	0,15	0,50	0,50	49,73	0,49	1,56	-0,37	1,16	0,18	0,21	-0,06	-0,066	0,109
3,8	4,8	4,3	70	440	0,09	0,59	0,41	59,14	0,40	1,74	-0,11	1,46	0,14	0,20	-0,01	-0,015	0,083
4,9	5,9	5,4	96	536	0,13	0,72	0,28	72,04	0,70	3,76	0,24	1,69	0,22	0,37	0,03	0,0528	0,062
6,0	7,0	6,5	82	618	0,11	0,83	0,17	83,06	0,72	4,66	0,57	1,87	0,21	0,39	0,06	0,1185	0,046
7,1	8,1	7,6	69	687	0,09	0,92	0,08	92,34	0,70	5,36	0,94	2,03	0,19	0,38	0,09	0,1775	0,034
8,2	9,2	8,7	34	721	0,05	0,97	0,03	96,91	0,40	3,46	1,25	2,16	0,10	0,21	0,06	0,1232	0,025
9,3	10,3	9,8	15	736	0,02	0,99	0,01	98,92	0,20	1,94	1,51	2,28	0,05	0,11	0,03	0,0695	0,018
10,4	11,4	11	7	743	0,01	1,00	0,00	99,87	0,10	1,12	1,89	2,39	0,02	0,05	0,02	0,0425	0,013
11,5	12,5	12	1	744	0,00	1,00	0,00	100,00	0,02	0,19							0,010
			744		1				4,245	24,6729			1,213	2,0016	-0,2	0,3998	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

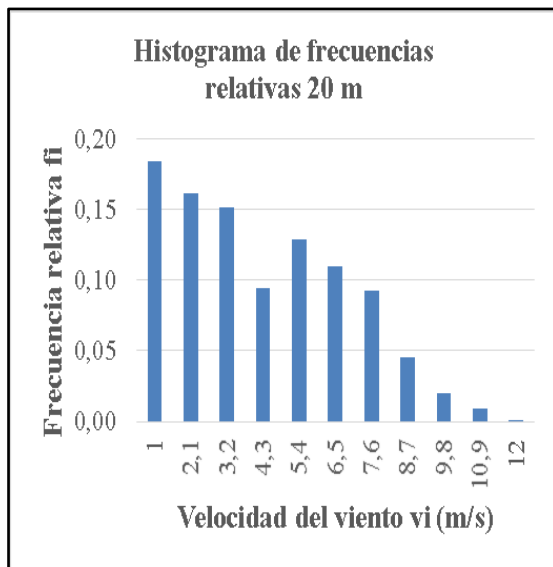


Fig. 4.64 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

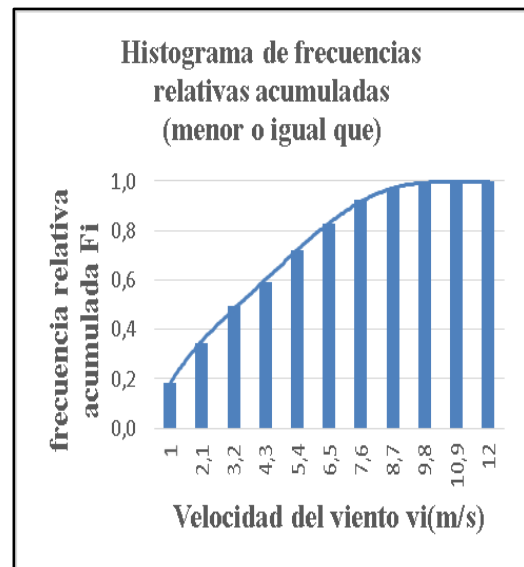


Fig. 4.65 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

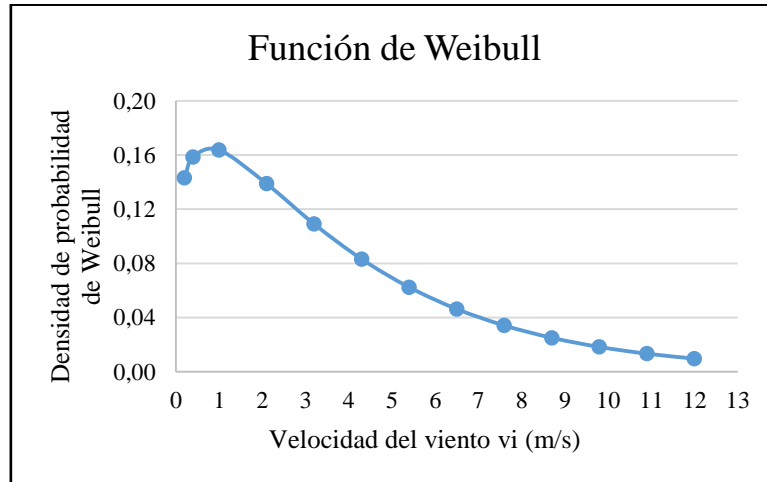


Fig. 4.66 Función de Weibull- Enero 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Enero 2016

Tabla 4.48 Resultados del análisis estadístico- Enero 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Enero	4,20	1,22	3,94	1,10	0,33

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.49 Interés eólico- Enero 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible $(P_d/A) W/m^2$
Enero	192,20	0,78	71497,88	75,11

Fuente: Autor

FEBRERO 2016

Análisis estadístico- Mes de Febrero 2016

Tabla 4.50 Análisis estadístico- Febrero 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
2,5	3,5	3	112	112	0,16	0,161	0,84	16,09	0,48	1,45	-1,74	1,10	0,18	0,19	-0,28	-0,3077	0,047
3,6	4,6	4,1	67	179	0,10	0,257	0,74	25,72	0,39	1,62	-1,21	1,41	0,14	0,19	-0,12	-0,1648	0,048
4,7	5,7	5,2	86	265	0,12	0,381	0,62	38,07	0,64	3,34	-0,74	1,65	0,20	0,34	-0,09	-0,1498	0,044
5,8	6,8	6,3	129	394	0,19	0,566	0,43	56,61	1,17	7,36	-0,18	1,84	0,34	0,63	-0,03	-0,0615	0,038
6,9	7,9	7,4	127	521	0,18	0,749	0,25	74,86	1,35	9,99	0,32	2,00	0,37	0,73	0,06	0,11778	0,032
8,0	9,0	8,5	88	609	0,13	0,875	0,13	87,50	1,07	9,14	0,73	2,14	0,27	0,58	0,09	0,19809	0,026
9,1	10,1	9,6	49	658	0,07	0,945	0,05	94,54	0,68	6,49	1,07	2,26	0,16	0,36	0,08	0,16996	0,021
10,2	11,2	11	23	681	0,03	0,978	0,02	97,84	0,35	3,78	1,34	2,37	0,08	0,19	0,04	0,10533	0,016
11,3	12,3	12	8	689	0,01	0,990	0,01	98,99	0,14	1,60	1,53	2,47	0,03	0,07	0,02	0,04329	0,013
12,4	13,4	13	4	693	0,01	0,996	0,00	99,57	0,07	0,96	1,70	2,56	0,01	0,04	0,01	0,02491	0,010
13,5	14,5	14	3	696	0,00	1,000	0,00	100,00	0,06	0,84							0,007
			696		1				6,412	46,5645			1,7739	3,31304	-0,2	-0,0245	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

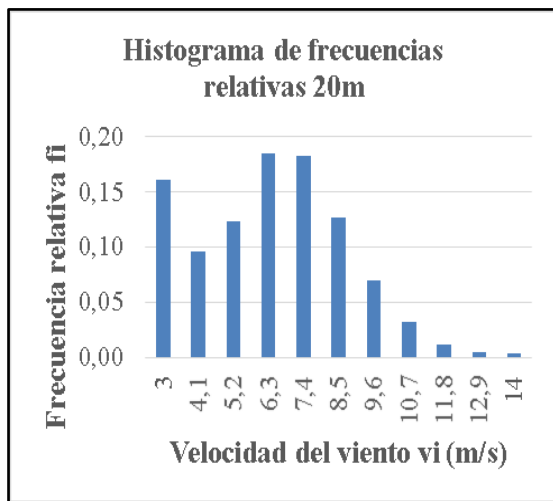


Fig. 4.67 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

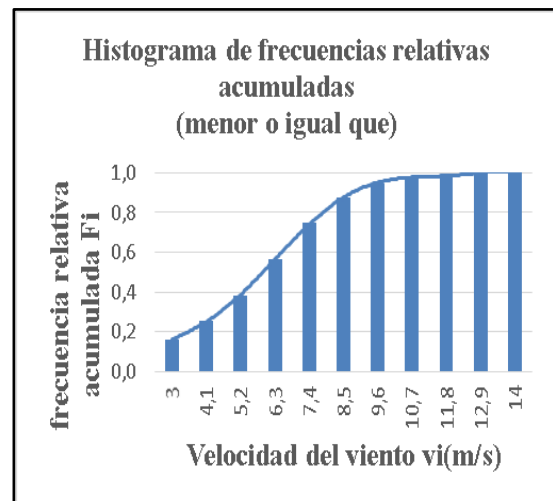


Fig. 4.68 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

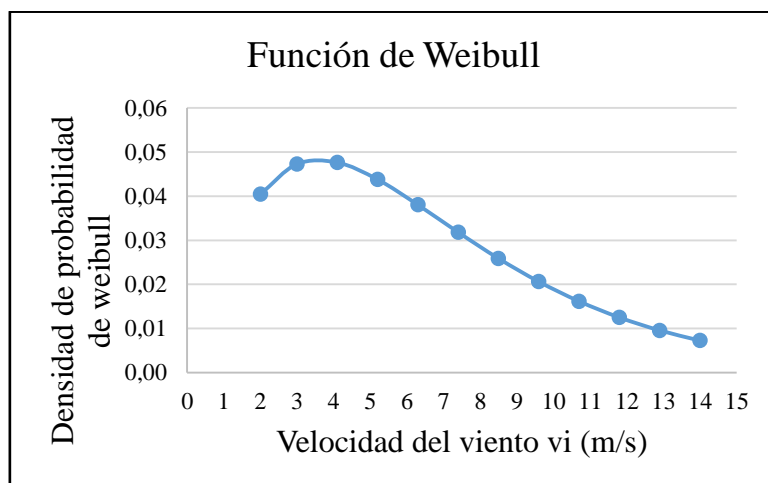


Fig. 4.69 Función de Weibull- Febrero 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Febrero 2016

Tabla 4.51 Resultados del análisis estadístico- Febrero 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Febrero	6,33	1,97	6,45	1,12	0,22

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.52 Interés eólico- Febrero 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del air (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) (W/m^2)
Febrero	362,74	0,78	115366,87	141,95

Fuente: Autor

MARZO 2016

Análisis estadístico- Mes de Marzo 2016

Tabla 4.53 Análisis estadístico- Marzo 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi'>=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
2,0	3,0	2,5	194	194	0,26	0,261	0,739	26,11	0,65	1,63	-1,20	0,92	0,24	0,22	-0,31	-0,2860	0,0893
3,1	4,1	3,6	89	283	0,12	0,381	0,619	38,09	0,43	1,55	-0,74	1,28	0,15	0,20	-0,09	-0,1128	0,0801
4,2	5,2	4,7	101	384	0,14	0,517	0,483	51,68	0,64	3,00	-0,32	1,55	0,21	0,33	-0,04	-0,0670	0,0676
5,3	6,3	5,8	84	468	0,11	0,630	0,370	62,99	0,66	3,80	-0,01	1,76	0,20	0,35	0,00	-0,0012	0,0552
6,4	7,4	6,9	99	567	0,13	0,763	0,237	76,31	0,92	6,34	0,36	1,93	0,26	0,50	0,05	0,0939	0,0440
7,5	8,5	8	76	643	0,10	0,865	0,135	86,54	0,82	6,55	0,70	2,08	0,21	0,44	0,07	0,1480	0,0346
8,6	9,6	9,1	43	686	0,06	0,923	0,077	92,33	0,53	4,79	0,94	2,21	0,13	0,28	0,05	0,1205	0,0269
9,7	10,7	10,2	36	722	0,05	0,972	0,028	97,17	0,49	5,04	1,27	2,32	0,11	0,26	0,06	0,1431	0,0207
10,8	11,8	11,3	17	739	0,02	0,995	0,005	99,46	0,26	2,92	1,65	2,42	0,06	0,13	0,04	0,0917	0,0158
11,9	12,9	12,4	1	740	0,00	0,996	0,004	99,60	0,02	0,21	1,71	2,52	0,00	0,01	0,00	0,0058	0,0120
13,0	14,0	13,5	3	743	0,00	1,000	0,000	100,00	0,05	0,74							0,0091
			743		1				5,4669	36,578			1,571	2,71668	-0,17	0,13606	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

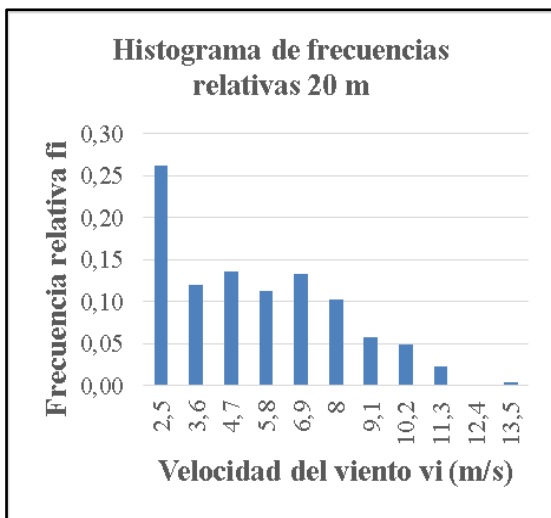


Fig. 4.70 Frecuencias relativas

Fuente: Autor

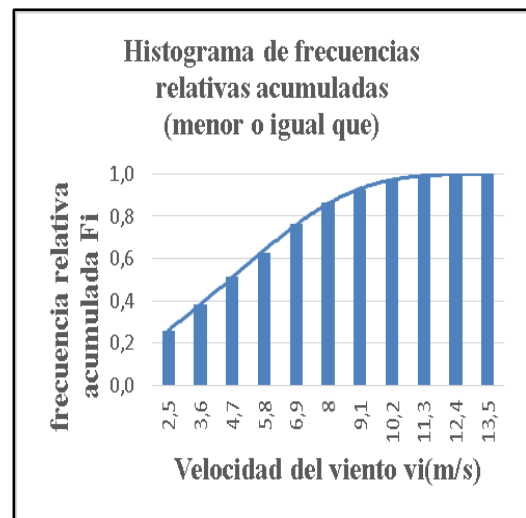


Fig. 4.71 Frecuencias relativas acumuladas

Fuente: Autor

Función de Weibull

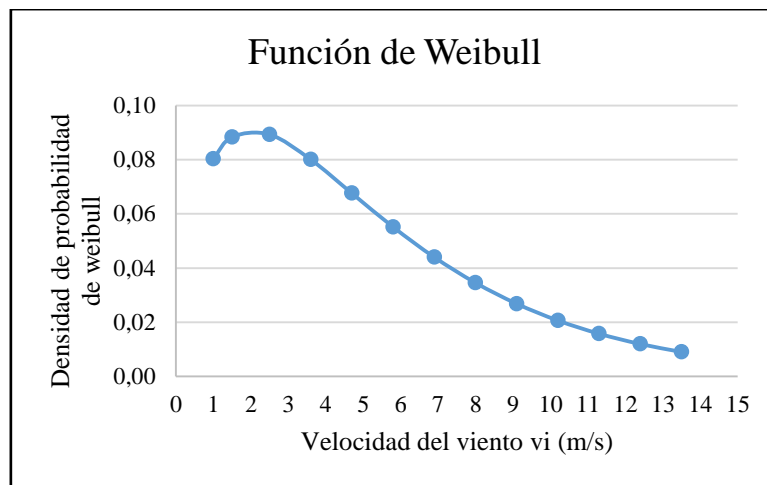


Fig. 4.72 Función de Weibull- Marzo 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Marzo 2016

Tabla 4.54 Resultados del análisis estadístico- Marzo 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Marzo	5,44	1,59	5,32	1,14	0,26

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.55 Interés eólico- Marzo 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Marzo	272,24	0,78	101275,09	106,48

Fuente: Autor

ABRIL 2016

Análisis estadístico- Mes de Abril 2016

Tabla 4.56 Análisis estadístico- Abril 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
1,0	2,0	1,5	124	124	0,17	0,172	0,828	17,22	0,26	0,39	-1,67	0,41	0,07	0,03	-0,29	-0,116	0,107
2,1	3,1	2,6	85	209	0,12	0,290	0,710	29,03	0,31	0,80	-1,07	0,96	0,11	0,11	-0,13	-0,121	0,100
3,2	4,2	3,7	83	292	0,12	0,406	0,594	40,56	0,43	1,58	-0,65	1,31	0,15	0,20	-0,08	-0,099	0,086
4,3	5,3	4,8	95	387	0,13	0,538	0,463	53,75	0,63	3,04	-0,26	1,57	0,21	0,32	-0,03	-0,054	0,071
5,4	6,4	5,9	89	476	0,12	0,661	0,339	66,11	0,73	4,30	0,08	1,77	0,22	0,39	0,01	0,017	0,057
6,5	7,5	7,0	91	567	0,13	0,788	0,213	78,75	0,88	6,19	0,44	1,95	0,25	0,48	0,06	0,108	0,045
7,6	8,6	8,1	78	645	0,11	0,896	0,104	89,58	0,88	7,11	0,82	2,09	0,23	0,47	0,09	0,185	0,035
8,7	9,7	9,2	37	682	0,05	0,947	0,053	94,72	0,47	4,35	1,08	2,22	0,11	0,25	0,06	0,123	0,027
9,8	10,8	10,3	22	704	0,03	0,978	0,022	97,78	0,31	3,24	1,34	2,33	0,07	0,17	0,04	0,095	0,021
10,9	11,9	11,4	13	717	0,02	0,996	0,004	99,58	0,21	2,35	1,70	2,43	0,04	0,11	0,03	0,075	0,016
12,0	13,0	12,5	3	720	0,00	1,000	0,000	100,00	0,05	0,65							0,012
			720		1				5,16	33,996			1,462	2,5264	-0,2	0,2135	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

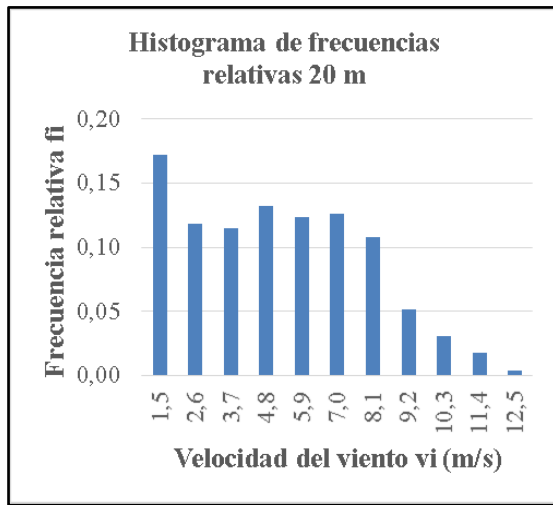


Fig. 4.73 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

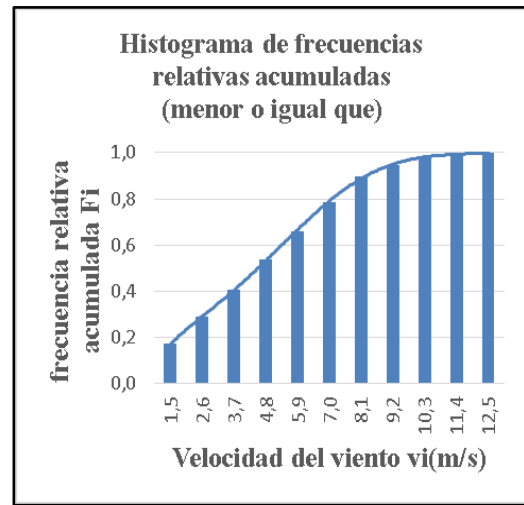


Fig. 4.74 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

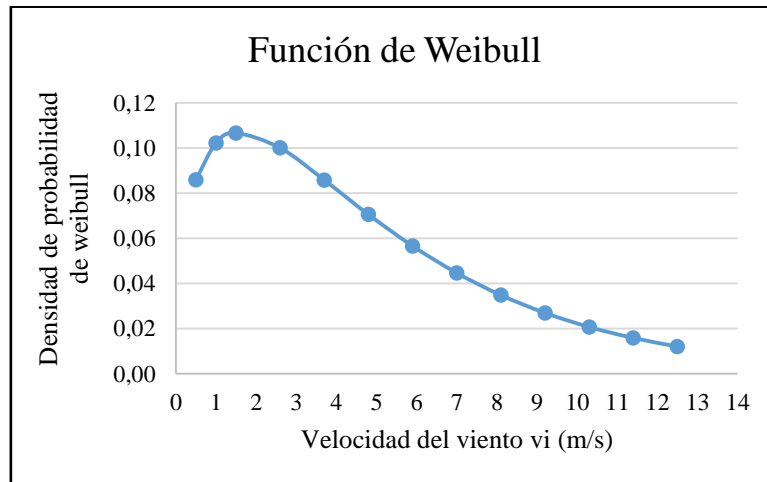


Fig. 4.75 Función de Weibull- Abril 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Abril 2016

Tabla 4.57 Resultados del análisis estadístico- Marzo 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Abril	4,96	1,43	4,98	1,08	0,26

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.58 Interés eólico- Abril 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) (W/m^2)
Abril	270,28	0,78	100721,03	105,74

Fuente: Autor

MAYO 2016

Análisis estadístico- Mes de Mayo 2016

Tabla 4.59 Análisis estadístico- mayo 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi'>=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
1,5	2,5	2	94	94	0,13	0,13	0,87	12,63	0,25	0,51	-2,00	0,69	0,09	0,06	-0,25	-0,175	0,066
2,6	3,6	3,1	60	154	0,08	0,21	0,79	20,70	0,25	0,78	-1,46	1,13	0,09	0,10	-0,12	-0,133	0,068
3,7	4,7	4,2	76	230	0,10	0,31	0,69	30,91	0,43	1,80	-0,99	1,44	0,15	0,21	-0,10	-0,146	0,063
4,8	5,8	5,3	88	318	0,12	0,43	0,57	42,74	0,63	3,32	-0,58	1,67	0,20	0,33	-0,07	-0,115	0,056
5,9	6,9	6,4	90	408	0,12	0,55	0,45	54,84	0,77	4,95	-0,23	1,86	0,22	0,42	-0,03	-0,052	0,048
7,0	8,0	7,5	125	533	0,17	0,72	0,28	71,64	1,26	9,45	0,23	2,01	0,34	0,68	0,04	0,078	0,040
8,1	9,1	8,6	99	632	0,13	0,85	0,15	84,95	1,14	9,84	0,64	2,15	0,29	0,62	0,08	0,183	0,033
9,2	10,2	9,7	60	692	0,08	0,93	0,07	93,01	0,78	7,59	0,98	2,27	0,18	0,42	0,08	0,179	0,027
10,3	11,3	11	35	727	0,05	0,98	0,02	97,72	0,51	5,49	1,33	2,38	0,11	0,27	0,06	0,149	0,021
11,4	12,4	12	11	738	0,01	0,99	0,01	99,19	0,18	2,09	1,57	2,48	0,04	0,09	0,02	0,058	0,017
12,5	13,5	13	6	744	0,01	1,00	0,00	100,00	0,10	1,36							0,014
			744		1				6,31	47,1833			1,704	3,19169	-0,28	0,02557	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

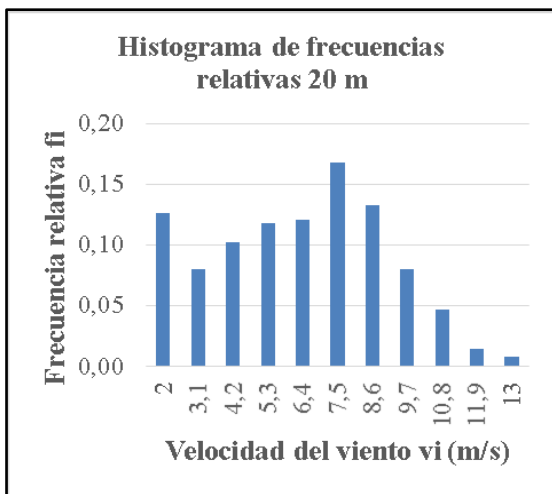


Fig. 4.76 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

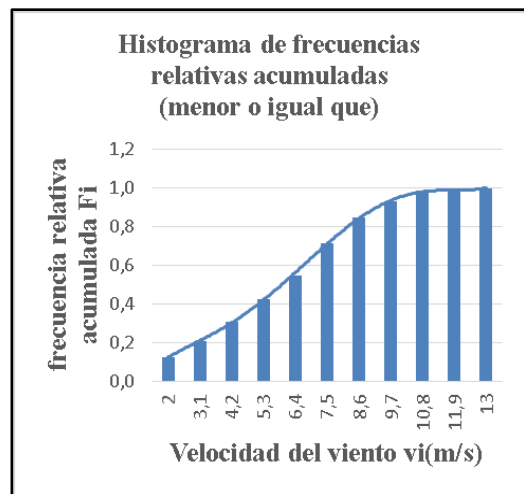


Fig. 4.77 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

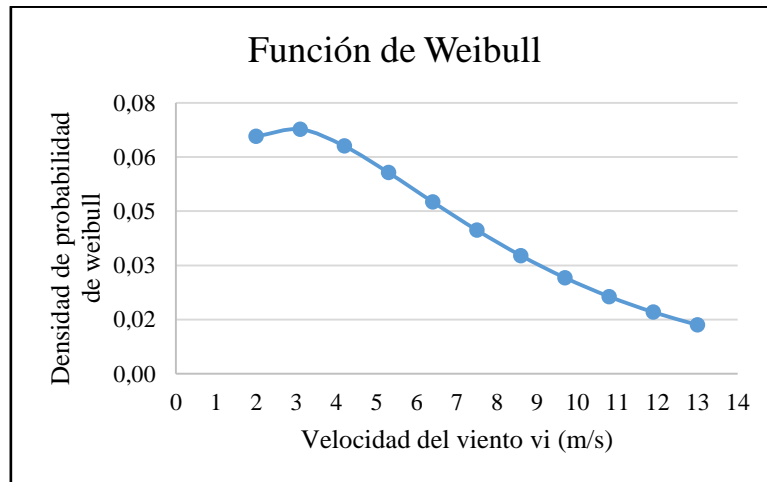


Fig. 4.78 Función de Weibull- Mayo 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Mayo 2016

Tabla 4.60 Resultados del análisis estadístico- Mayo 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Mayo	6,26	1,74	6,40	1,02	0,2

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.61 Interés eólico- Mayo 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Mayo	411,57	0,78	153105,62	161,32

Fuente: Autor

JUNIO 2016

Análisis estadístico- Mes de Junio 2016

Tabla 4.62 Análisis estadístico- Junio 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
3,0	4,0	3,5	113	113	0,157	0,157	0,84	15,69	0,55	1,92	-1,77	1,25	0,20	0,25	-0,28	-0,348	0,039
4,1	5,1	4,6	63	176	0,088	0,244	0,76	24,44	0,40	1,85	-1,27	1,53	0,13	0,20	-0,11	-0,170	0,040
5,2	6,2	5,7	80	256	0,111	0,356	0,64	35,56	0,63	3,61	-0,82	1,74	0,19	0,34	-0,09	-0,159	0,038
6,3	7,3	6,8	100	356	0,139	0,494	0,51	49,44	0,94	6,42	-0,38	1,92	0,27	0,51	-0,05	-0,102	0,034
7,4	8,4	7,9	123	479	0,171	0,665	0,33	66,53	1,35	10,66	0,09	2,07	0,35	0,73	0,02	0,032	0,029
8,5	9,5	9	90	569	0,125	0,790	0,21	79,03	1,13	10,13	0,45	2,20	0,27	0,60	0,06	0,122	0,025
9,6	10,6	10,1	82	651	0,114	0,904	0,10	90,42	1,15	11,62	0,85	2,31	0,26	0,61	0,10	0,224	0,020
10,7	11,7	11,2	44	695	0,061	0,965	0,03	96,53	0,68	7,67	1,21	2,42	0,15	0,36	0,07	0,179	0,017
11,8	12,8	12,3	20	715	0,028	0,993	0,01	99,31	0,34	4,20	1,60	2,51	0,07	0,17	0,04	0,112	0,013
12,9	13,9	13,4	2	717	0,003	0,996	0,00	99,58	0,04	0,50	1,70	2,60	0,01	0,02	0,00	0,012	0,011
14,0	15,0	14,5	3	720	0,004	1,000	0,00	100,00	0,06	0,88							0,008
			720		1				7,278	59,454			1,905	3,7897	-0,242	-0,0965	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

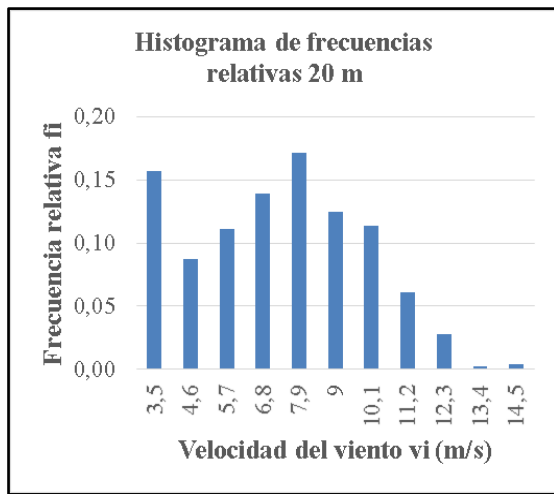


Fig. 4.79 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

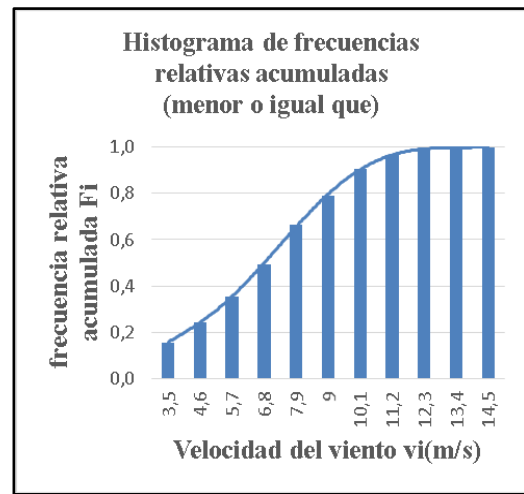


Fig. 4.80 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

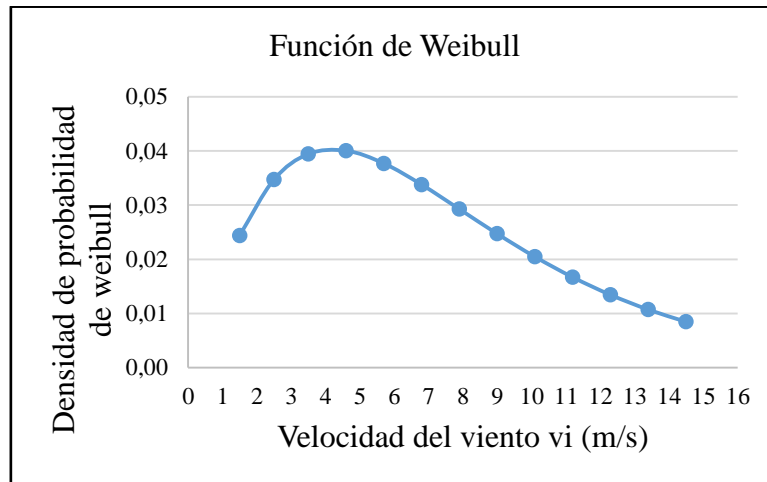


Fig. 4.81 Función de Weibull- Junio 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Junio 2016

Tabla 4.63 Resultados del análisis estadístico- Junio 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Junio	7,24	2,29	7,43	1,07	0,18

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.64 Interés eólico- Junio 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) (W/m^2)
Junio	480,94	0,79	176202,81	189,5

Fuente: Autor

JULIO 2016

Análisis estadístico- Mes de Julio 2016

Tabla 4.65 Análisis estadístico- Julio 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
1,0	2,0	1,5	18	18	0,02	0,02	0,98	2,42	0,04	0,05	-3,71	0,41	0,01	0,00	-0,09	-0,04	0,021
2,1	3,1	2,6	20	38	0,03	0,05	0,95	5,11	0,07	0,18	-2,95	0,96	0,03	0,02	-0,08	-0,0757	0,032
3,2	4,2	3,7	32	70	0,04	0,09	0,91	9,41	0,16	0,59	-2,31	1,31	0,06	0,07	-0,10	-0,1302	0,036
4,3	5,3	4,8	61	131	0,08	0,18	0,82	17,61	0,39	1,89	-1,64	1,57	0,13	0,20	-0,13	-0,2111	0,037
5,4	6,4	5,9	92	223	0,12	0,30	0,70	29,97	0,73	4,30	-1,03	1,77	0,22	0,39	-0,13	-0,2265	0,035
6,5	7,5	7	123	346	0,17	0,47	0,53	46,51	1,16	8,10	-0,47	1,95	0,32	0,63	-0,08	-0,1509	0,032
7,6	8,6	8,1	150	496	0,20	0,67	0,33	66,67	1,63	13,23	0,09	2,09	0,42	0,88	0,02	0,0397	0,028
8,7	9,7	9,2	135	631	0,18	0,85	0,15	84,81	1,67	15,36	0,63	2,22	0,40	0,89	0,11	0,2552	0,023
9,8	10,8	10	87	718	0,12	0,97	0,03	96,51	1,20	12,41	1,21	2,33	0,27	0,64	0,14	0,3300	0,020
10,9	11,9	11	19	737	0,03	0,99	0,01	99,06	0,29	3,32	1,54	2,43	0,06	0,15	0,04	0,0957	0,016
12,0	13,0	13	7	744	0,01	1,00	0,00	100,00	0,12	1,47							0,013
			744		1				7,4613	60,9			1,92	3,8826	-0,294	-0,1103	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

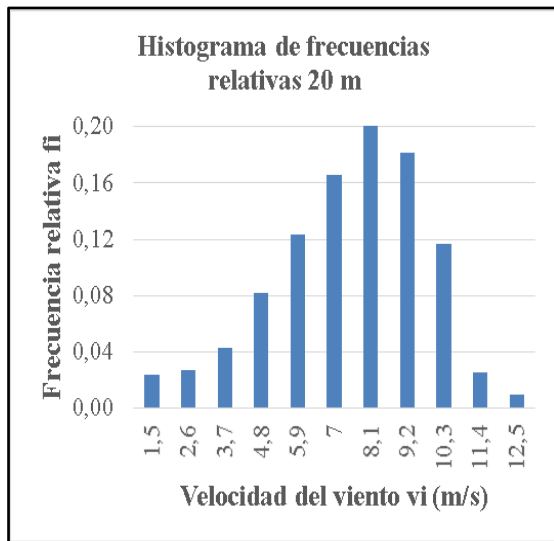


Fig. 4.82 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

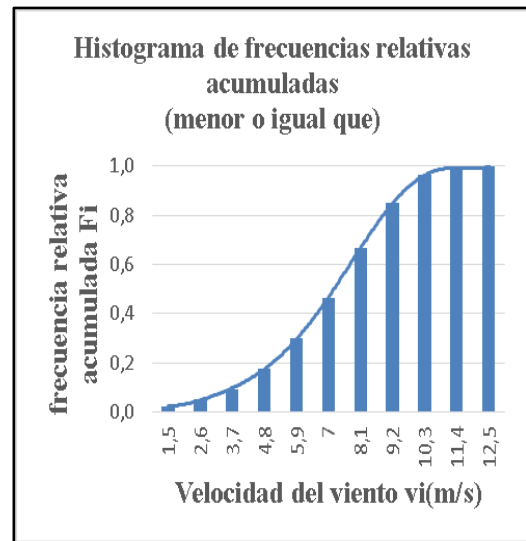


Fig. 4.83 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

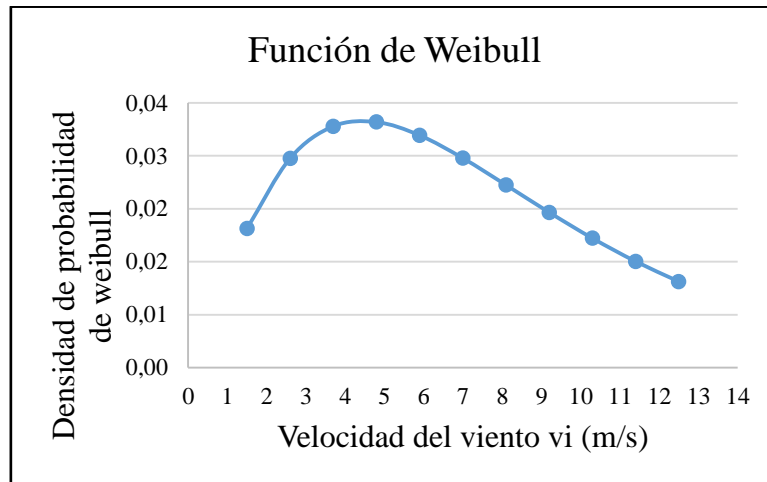


Fig. 4.84 Función de Weibull- Julio 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Julio 2016

Tabla 4.66 Resultados del análisis estadístico- Julio 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Julio	7,46	2,35	7,74	1,04	0,17

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.67 Interés eólico- Julio 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) (W/m^2)
Julio	532,28	0,79	198006,40	210

Fuente: Autor

AGOSTO 2016

Análisis estadístico- Mes de Agosto 2016

Tabla 4.68 Análisis estadístico- Agosto 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
3,5	4,5	4	138	138	0,19	0,19	0,81	18,55	0,74	2,97	-1,58	1,39	0,26	0,36	-0,29	-0,41	0,035
4,6	5,6	5,1	93	231	0,13	0,31	0,69	31,05	0,64	3,25	-0,99	1,63	0,20	0,33	-0,12	-0,2015	0,035
5,7	6,7	6,2	110	341	0,15	0,46	0,54	45,83	0,92	5,68	-0,49	1,82	0,27	0,49	-0,07	-0,1320	0,032
6,8	7,8	7,3	133	474	0,18	0,64	0,36	63,71	1,30	9,53	0,01	1,99	0,36	0,71	0,00	0,0048	0,028
7,9	8,9	8,4	121	595	0,16	0,80	0,20	79,97	1,37	11,48	0,48	2,13	0,35	0,74	0,08	0,1644	0,023
9,0	10,0	9,5	98	693	0,13	0,93	0,07	93,15	1,25	11,89	0,99	2,25	0,30	0,67	0,13	0,2924	0,019
10,1	11,1	11	27	720	0,04	0,97	0,03	96,77	0,38	4,08	1,23	2,36	0,09	0,20	0,04	0,1057	0,015
11,2	12,2	12	14	734	0,02	0,99	0,01	98,66	0,22	2,58	1,46	2,46	0,05	0,11	0,03	0,0676	0,012
12,3	13,3	13	6	740	0,01	0,99	0,01	99,46	0,10	1,32	1,65	2,55	0,02	0,05	0,01	0,0340	0,009
13,4	14,4	14	1	741	0,00	1,00	0,00	99,60	0,02	0,26	1,71	2,63	0,00	0,01	0,00	0,0060	0,007
14,5	15,5	15	3	744	0,00	1,00	0,00	100,00	0,06	0,91							0,005
			744		1				7,0058	53,934			1,88	3,6689	-0,192	-0,0658	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

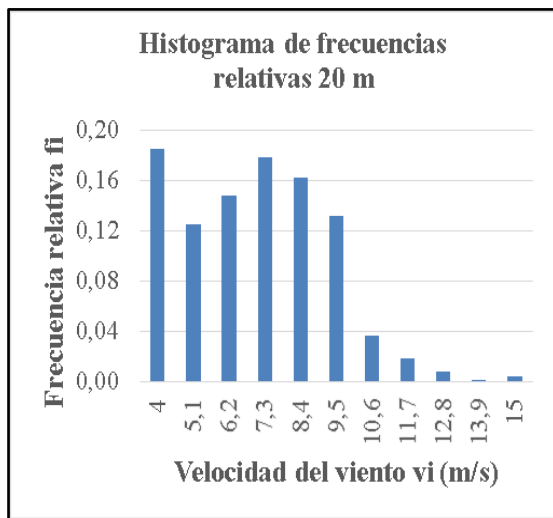


Fig. 4.85 Frecuencias relativas

Fuente: Autor

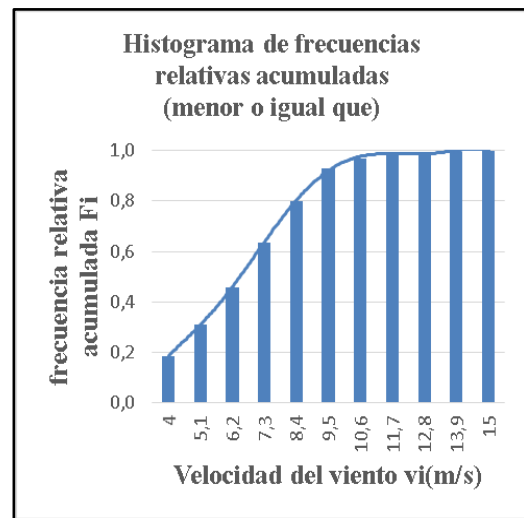


Fig. 4.86 Frecuencias relativas acumuladas

Fuente: Autor

Función de Weibull

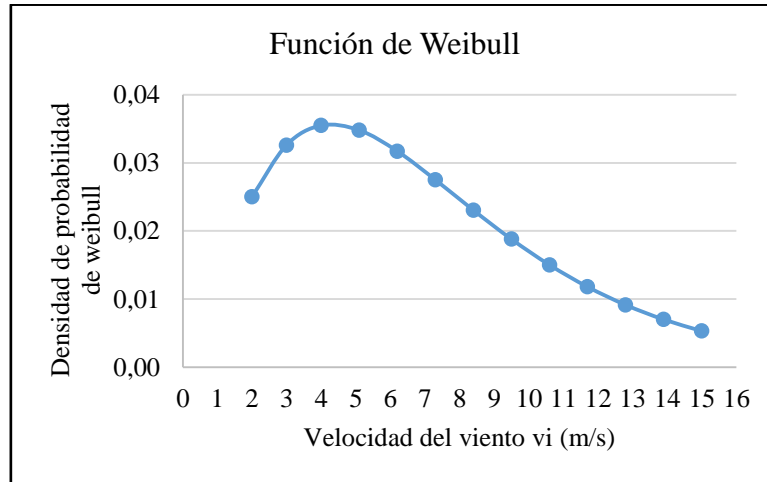


Fig. 4.87 Función de Weibull- Agosto 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Agosto 2016

Tabla 4.69 Resultados del análisis estadístico- Agosto 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Agosto	7,01	2,53	7,1	1,13	0,20

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.70 Interés eólico- Agosto 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) (W/m^2)
Agosto	391,47	0,788	145627,17	154,335

Fuente: Autor

SEPTIEMBRE 2016

Análisis estadístico- Mes de Septiembre 2016

Tabla 4.71 Análisis estadístico- Septiembre 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad	
0,5	1,0	0,75	18	18	0,03	0,025	0,975	2,50	0,02	0,01	-3,68	-0,29	-0,01	0,00	-0,09	0,026	0,04	
1,1	2,1	1,6	39	57	0,05	0,079	0,921	7,92	0,09	0,14	-2,50	0,47	0,03	0,01	-0,14	-0,064	0,06	
2,2	3,2	2,7	69	126	0,10	0,175	0,825	17,50	0,26	0,70	-1,65	0,99	0,10	0,09	-0,16	-0,157	0,07	
3,3	4,3	3,8	89	215	0,12	0,299	0,701	29,86	0,47	1,78	-1,04	1,34	0,17	0,22	-0,13	-0,171	0,06	
4,4	5,4	4,9	120	335	0,17	0,465	0,535	46,53	0,82	4,00	-0,47	1,59	0,26	0,42	-0,08	-0,124	0,06	
5,5	6,5	6	99	434	0,14	0,603	0,397	60,28	0,83	4,95	-0,08	1,79	0,25	0,44	-0,01	-0,020	0,05	
6,6	7,6	7,1	114	548	0,16	0,761	0,239	76,11	1,12	7,98	0,36	1,96	0,31	0,61	0,06	0,111	0,04	
7,7	8,7	8,2	95	643	0,13	0,893	0,107	89,31	1,08	8,87	0,80	2,10	0,28	0,58	0,11	0,223	0,03	
8,8	9,8	9,3	53	696	0,07	0,967	0,033	96,67	0,68	6,37	1,22	2,23	0,16	0,37	0,09	0,201	0,02	
9,9	10,9	10,4	20	716	0,03	0,994	0,006	99,44	0,29	3,00	1,65	2,34	0,07	0,15	0,05	0,107	0,02	
11,0	12,0	11,5	4	720	0	1	0	100	0,06	0,73							0,01	
			720		1					5,719	38,547			1,607	2,90214	-0,303	0,13406	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

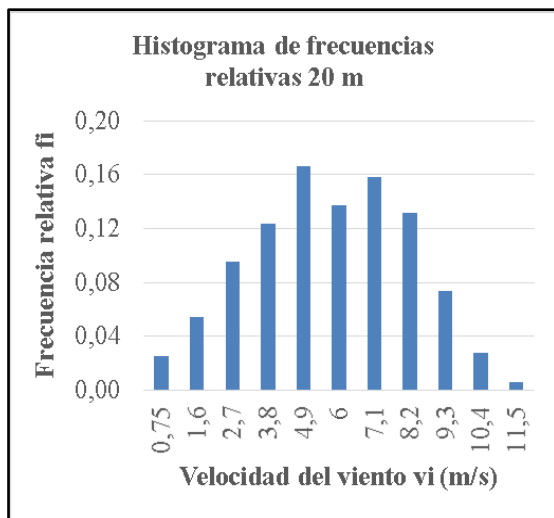


Fig. 4.88 Frecuencias relativas

Fuente: Autor

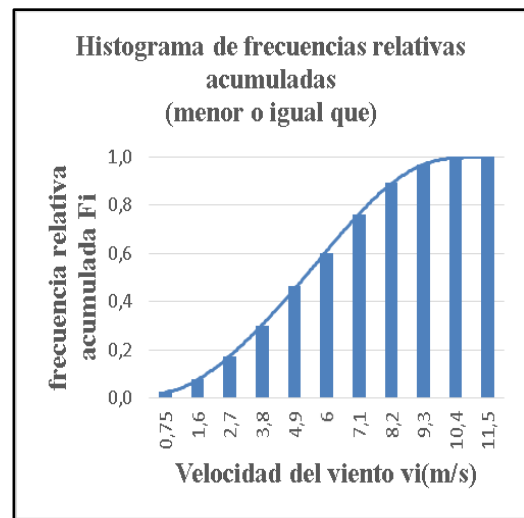


Fig. 4.89 Frecuencias relativas acumuladas

Fuente: Autor

Función de Weibull

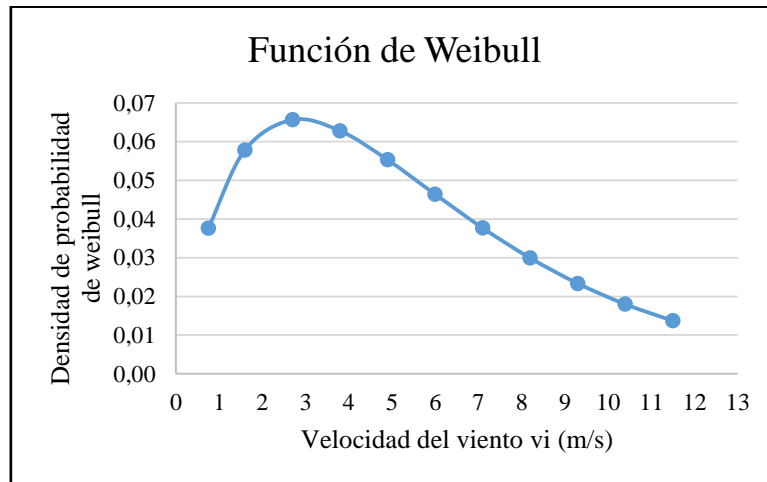


Fig. 4.90 Función de Weibull- Agosto 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Septiembre 2016

Tabla 4.72 Resultados del análisis estadístico- Septiembre 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Septiembre	5,72	1,94	5,83	1,02	0,22

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.73 Interés eólico- Septiembre 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) (W/m^2)
Septiembre	272,03	0,79	97929.24	107,21

Fuente: Autor

DATOS DE LA TORRE UBICADA A 30M DE ALTURA

OCTUBRE 2015

Análisis estadístico- Mes de Octubre 2015

Tabla 4.74 Análisis estadístico- Octubre 2015

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
0,0	1,0	0,5	5	5	0,02	0,015	0,985	1,53	0,01	0,00	-4,17	-0,69	-0,01	0,01	-0,06	0,04	0,011
1,1	2,1	1,6	12	17	0,04	0,052	0,948	5,21	0,06	0,09	-2,93	0,47	0,02	0,01	-0,11	-0,05	0,036
2,2	3,2	2,7	17	34	0,05	0,104	0,896	10,43	0,14	0,38	-2,21	0,99	0,05	0,05	-0,12	-0,11	0,047
3,3	4,3	3,8	43	77	0,13	0,236	0,764	23,62	0,50	1,90	-1,31	1,34	0,18	0,24	-0,17	-0,23	0,048
4,4	5,4	4,9	76	153	0,23	0,469	0,531	46,93	1,14	5,60	-0,46	1,59	0,37	0,59	-0,11	-0,17	0,043
5,5	6,5	6	55	208	0,17	0,638	0,362	63,80	1,01	6,07	0,02	1,79	0,30	0,54	0,00	0,00	0,035
6,6	7,6	7,1	65	273	0,20	0,837	0,163	83,74	1,42	10,05	0,60	1,96	0,39	0,77	0,12	0,23	0,028
7,7	8,7	8,2	46	319	0,14	0,979	0,021	97,85	1,16	9,49	1,35	2,10	0,30	0,62	0,19	0,40	0,021
8,8	9,8	9,3	6	325	0,02	0,997	0,003	99,69	0,17	1,59	1,76	2,23	0,04	0,09	0,03	0,07	0,016
9,9	10,9	10,4	1	326	0,00	1,000	0,000	100,00	0,03	0,33	3,60	2,34	0,01	0,02	0,01	0,03	0,012
		54,5	326		1				5,639	35,516			1,643	2,9316	-0,21	0,2151	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

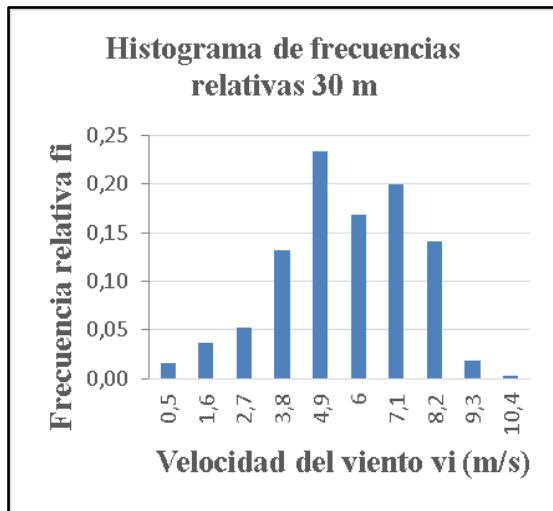


Fig. 4.91 Frecuencias relativas

Fuente: Autor

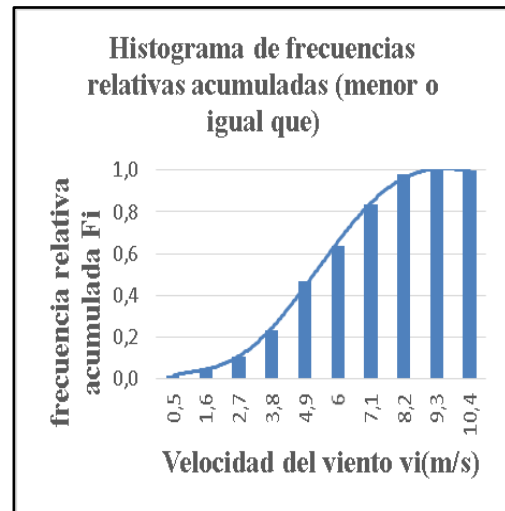


Fig. 4.92 Frecuencias relativas acumuladas

Fuente: Autor

Función de Weibull

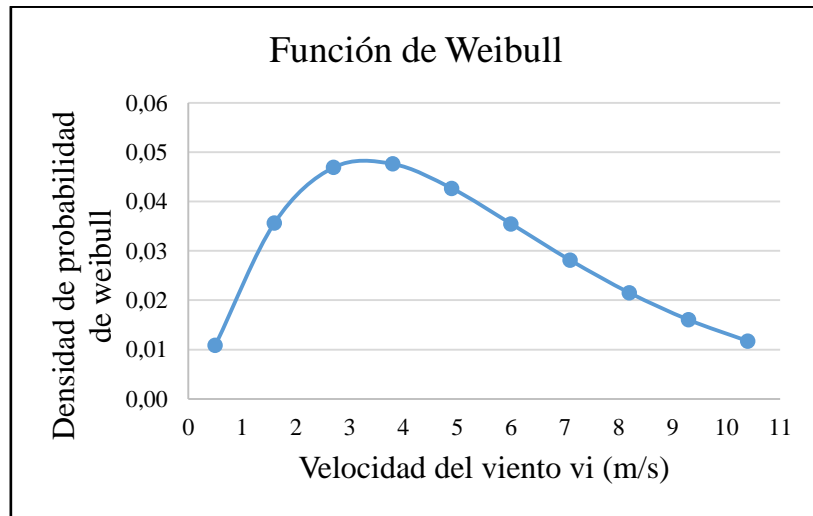


Fig. 4.93 Función de Weibull- Octubre 2015
Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Octubre 2015

Tabla 4.75 Resultados del análisis estadístico- Octubre 2015

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Octubre	5,62	2,49	5,65	1,01	0,18

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.76 Interés eólico- Octubre 2015

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) (W/m^2)
Octubre	198,71	0,79	32857,98	78,12

Fuente: Autor

NOVIEMBRE 2015

Análisis estadístico- Mes de Noviembre 2015

Tabla 4.77 Análisis estadístico- Noviembre 2015

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi'>=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
0,0	0,5	0,23	34	34	0,05	0,05	0,95	4,72	0,01	0,00	-3,03	-1,49	-0,07	0,11	-0,14	0,21	0,159
0,6	1,6	1,05	98	132	0,14	0,18	0,82	18,33	0,14	0,15	-1,60	0,05	0,01	0,00	-0,22	-0,01	0,164
1,7	2,7	2,15	95	227	0,13	0,32	0,68	31,53	0,28	0,61	-0,97	0,77	0,10	0,08	-0,13	-0,10	0,137
2,8	3,8	3,25	62	289	0,09	0,40	0,60	40,14	0,28	0,91	-0,67	1,18	0,10	0,12	-0,06	-0,07	0,108
3,9	4,9	4,35	92	381	0,13	0,53	0,47	52,92	0,56	2,42	-0,28	1,47	0,19	0,28	-0,04	-0,05	0,083
5,0	6,0	5,45	107	488	0,15	0,68	0,32	67,78	0,81	4,41	0,12	1,70	0,25	0,43	0,02	0,03	0,064
6,1	7,1	6,55	107	595	0,15	0,83	0,17	82,64	0,97	6,38	0,56	1,88	0,28	0,52	0,08	0,16	0,048
7,2	8,2	7,65	92	687	0,13	0,95	0,05	95,42	0,98	7,48	1,13	2,03	0,26	0,53	0,14	0,29	0,036
8,3	9,3	8,75	24	711	0,03	0,99	0,01	98,75	0,29	2,55	1,48	2,17	0,07	0,16	0,05	0,11	0,027
9,4	10,4	9,85	8	719	0,01	1,00	0,00	99,86	0,11	1,08	1,88	2,29	0,03	0,06	0,02	0,05	0,021
10,5	11,5	11	1	720	0,00	1,00	0,00	100,00	0,02	0,17							0,015
		60,2	720		1				4,4501	26,154			1,2156	2,2747	-0,27	0,61896	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

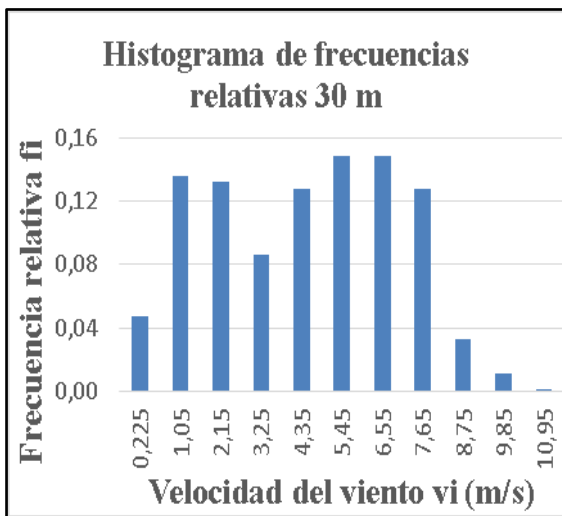


Fig. 4.94 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

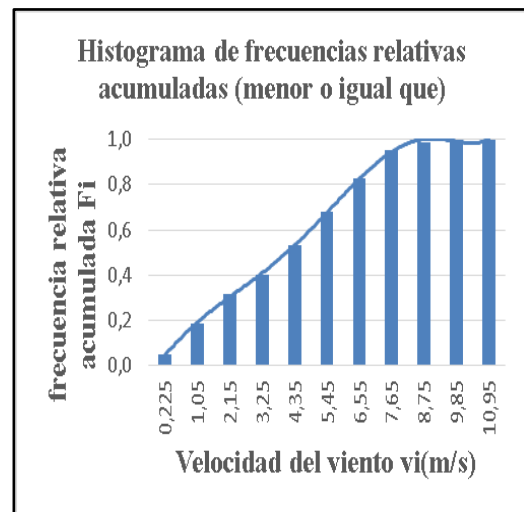


Fig. 4.95 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

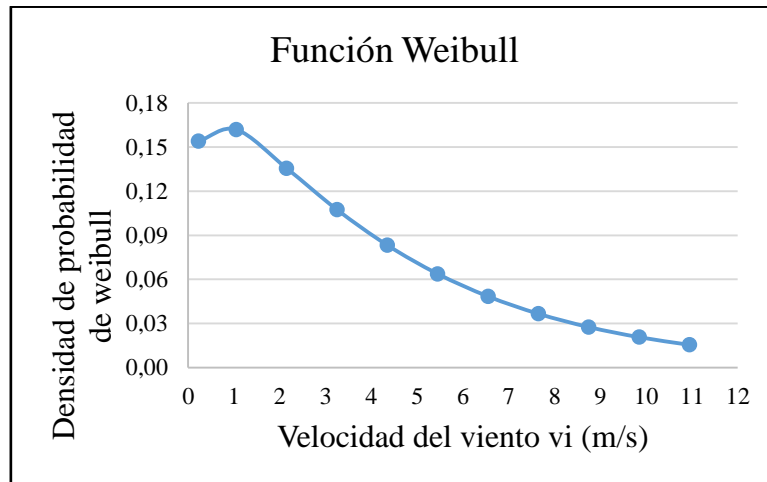


Fig. 4.96 Función de Weibull- Noviembre 2015

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Noviembre 2015

Tabla 4.78 Resultados del análisis estadístico- Noviembre 2015

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Noviembre	4,42	1,18	4,19	1,00	0,28

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.79 Interés eólico- Noviembre 2015

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) (W/m^2)
Noviembre	258,14	0,79	96026,36	101,31

Fuente: Autor

DICIEMBRE 2015

Análisis estadístico- Mes de Diciembre 2015

Tabla 4.80 Análisis estadístico- Diciembre 2015

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
0,5	1,5	1	13	13	0,02	0,02	0,98	1,75	0,02	0,02	-4,04	0,00	0,00	0,00	-0,07	0,00	0,021
1,6	2,6	2,1	32	45	0,04	0,06	0,94	6,05	0,09	0,19	-2,77	0,74	0,03	0,02	-0,12	-0,09	0,038
2,7	3,7	3,2	40	85	0,05	0,11	0,89	11,42	0,17	0,55	-2,11	1,16	0,06	0,07	-0,11	-0,13	0,044
3,8	4,8	4,3	83	168	0,11	0,23	0,77	22,58	0,48	2,06	-1,36	1,46	0,16	0,24	-0,15	-0,22	0,045
4,9	5,9	5,4	107	275	0,14	0,37	0,63	36,96	0,78	4,19	-0,77	1,69	0,24	0,41	-0,11	-0,19	0,041
6,0	7,0	6,5	135	410	0,18	0,55	0,45	55,11	1,18	7,67	-0,22	1,87	0,34	0,64	-0,04	-0,08	0,036
7,1	8,1	7,6	138	548	0,19	0,74	0,26	73,66	1,41	10,71	0,29	2,03	0,38	0,76	0,05	0,11	0,031
8,2	9,2	8,7	106	654	0,14	0,88	0,12	87,90	1,24	10,78	0,75	2,16	0,31	0,67	0,11	0,23	0,025
9,3	10,3	9,8	71	725	0,10	0,97	0,03	97,45	0,94	9,17	1,30	2,28	0,22	0,50	0,12	0,28	0,020
10,4	11,4	11	13	738	0,02	0,99	0,01	99,19	0,19	2,08	1,57	2,39	0,04	0,10	0,03	0,07	0,016
11,5	12,5	12	6	744	0,01	1,00	0,00	100,00	0,10	1,16							0,012
		72	744		1				6,587	48,58			1,783	3,4051	-0,3	-0,0176	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

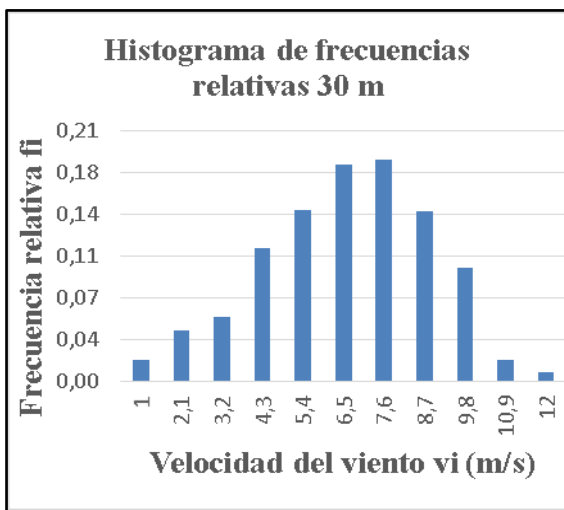


Fig. 4.97 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

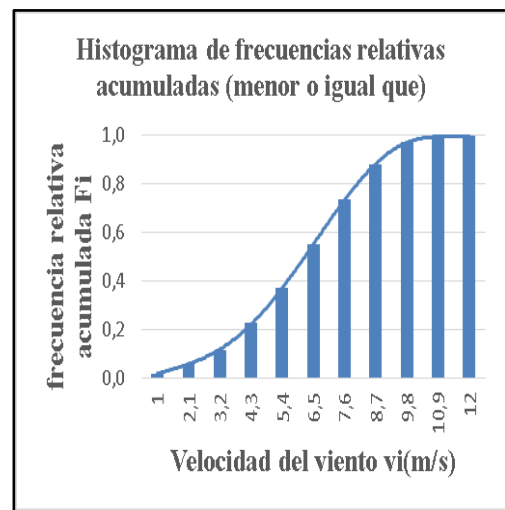


Fig. 4.98 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

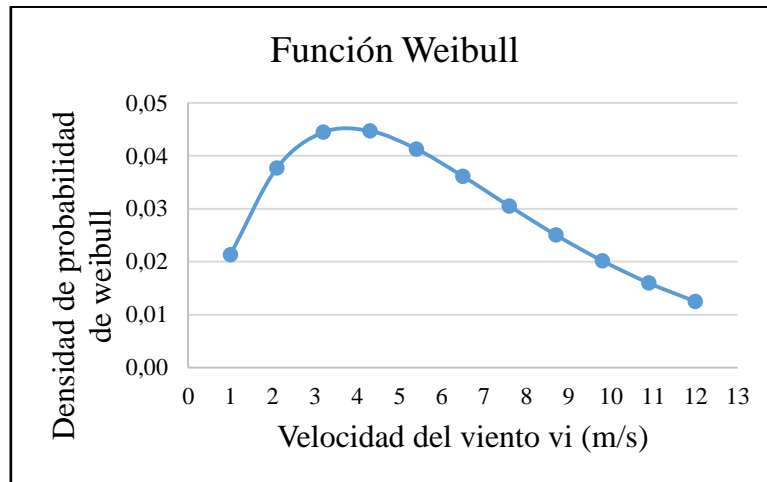


Fig. 4.99 Función de Weibull-Diciembre 2015

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Diciembre 2015

Tabla 4.81 Resultados del análisis estadístico- Diciembre 2015

Meses	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Diciembre	6,55	2,27	6,73	1,02	0,18

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.82 Interés eólico- Diciembre 2015

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Diciembre	361,38	0,78	134431,88	141,74

Fuente: Autor

ENERO 2016

Análisis estadístico- Mes de Enero 2016

Tabla 4.83 Análisis estadístico- Enero 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi'>=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
0,5	1,5	1	146	146	0,196	0,196	0,804	19,62	0,20	0,20	-1,52	0,00	0,00	0,00	-0,30	0,00	0,169
1,6	2,6	2,1	107	253	0,144	0,340	0,660	34,01	0,30	0,63	-0,88	0,74	0,11	0,08	-0,13	-0,09	0,141
2,7	3,7	3,2	117	370	0,157	0,497	0,503	49,73	0,50	1,61	-0,37	1,16	0,18	0,21	-0,06	-0,07	0,110
3,8	4,8	4,3	66	436	0,089	0,586	0,414	58,60	0,38	1,64	-0,13	1,46	0,13	0,19	-0,01	-0,02	0,084
4,9	5,9	5,4	103	539	0,138	0,724	0,276	72,45	0,75	4,04	0,25	1,69	0,23	0,39	0,04	0,06	0,063
6,0	7,0	6,5	81	620	0,109	0,833	0,167	83,33	0,71	4,60	0,58	1,87	0,20	0,38	0,06	0,12	0,047
7,1	8,1	7,6	69	689	0,093	0,926	0,074	92,61	0,70	5,36	0,96	2,03	0,19	0,38	0,09	0,18	0,034
8,2	9,2	8,7	32	721	0,043	0,969	0,031	96,91	0,37	3,26	1,25	2,16	0,09	0,20	0,05	0,12	0,025
9,3	10,3	9,8	17	738	0,023	0,992	0,008	99,19	0,22	2,19	1,57	2,28	0,05	0,12	0,04	0,08	0,019
10,4	11,4	11	5	743	0,007	0,999	0,001	99,87	0,07	0,80	1,89	2,39	0,02	0,04	0,01	0,03	0,014
11,5	12,5	12	1	744	0,001	1,000	0,000	100,00	0,02	0,19							0,010
		72	744		1				4,23	24,516			1,206	1,99597	-0,21	0,408	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

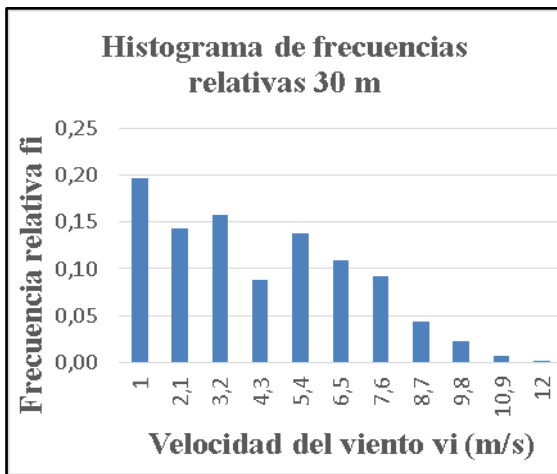


Fig. 4.100 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

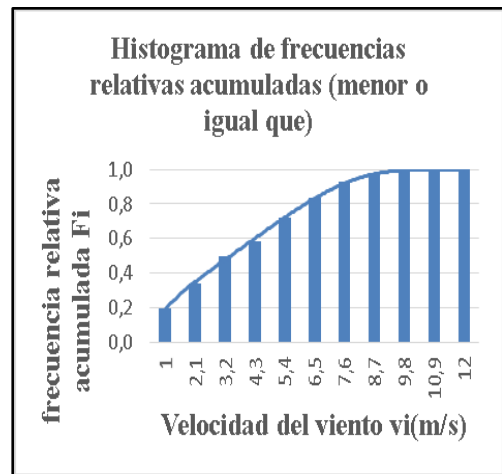


Fig. 4.101 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

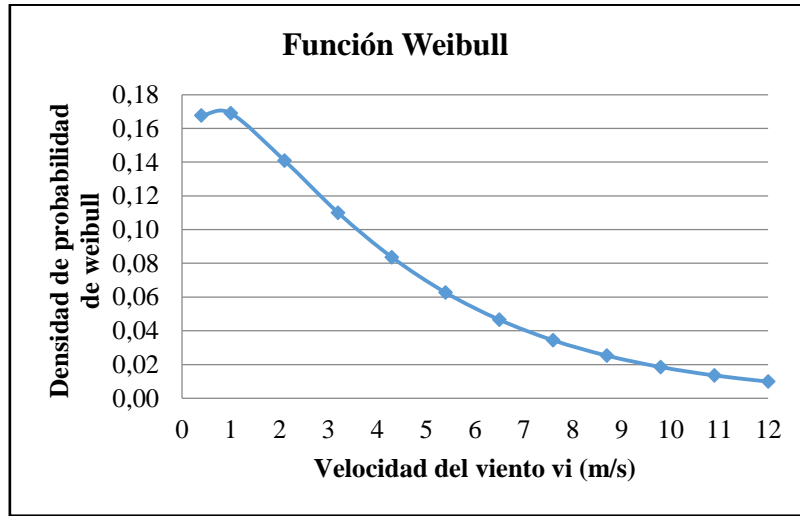


Fig. 4.102 Función de Weibull-Enero 2016
Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Enero 2016

Tabla 4.84 Resultados del análisis estadístico- Enero 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Enero	4,18	1,19	3,89	1,10	0,33

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.85 Interés eólico- Enero 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Enero	201	0,78	74773.53	78,55

Fuente: Autor

FEBRERO 2016

Análisis estadístico- Mes de Febrero2016

Tabla 4.86 Análisis estadístico- Febrero 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	F%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
2,5	3,5	3	107	107	0,154	0,154	0,846	15,37	0,46	1,38	-1,79	1,10	0,17	0,19	-0,28	-0,30	0,0499
3,6	4,6	4	52	159	0,075	0,228	0,772	22,84	0,31	1,26	-1,35	1,41	0,11	0,15	-0,10	-0,14	0,0499
4,7	5,7	5	84	243	0,121	0,349	0,651	34,91	0,63	3,26	-0,85	1,65	0,20	0,33	-0,10	-0,17	0,0460
5,8	6,8	6	133	376	0,191	0,540	0,460	54,02	1,20	7,58	-0,25	1,84	0,35	0,65	-0,05	-0,09	0,0403
6,9	7,9	7	130	506	0,187	0,727	0,273	72,70	1,38	10,23	0,26	2,00	0,37	0,75	0,05	0,10	0,0340
8,0	9,0	9	89	595	0,128	0,855	0,145	85,49	1,09	9,24	0,66	2,14	0,27	0,59	0,08	0,18	0,0281
9,1	10,1	10	60	655	0,086	0,941	0,059	94,11	0,83	7,94	1,04	2,26	0,19	0,44	0,09	0,20	0,0227
10,2	11,2	11	21	676	0,030	0,971	0,029	97,13	0,32	3,45	1,27	2,37	0,07	0,17	0,04	0,09	0,0181
11,3	12,3	12	13	689	0,019	0,990	0,010	98,99	0,22	2,60	1,53	2,47	0,05	0,11	0,03	0,07	0,0143
12,4	13,4	13	2	691	0,003	0,993	0,007	99,28	0,04	0,48	1,60	2,56	0,01	0,02	0,00	0,01	0,0111
13,5	14,5	14	5	696	0,007	1,000	0,000	100,00	0,10	1,41							0,0086
		94	696		1				6,58	48,841			1,792	3,3866	-0,23	-0,0483	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

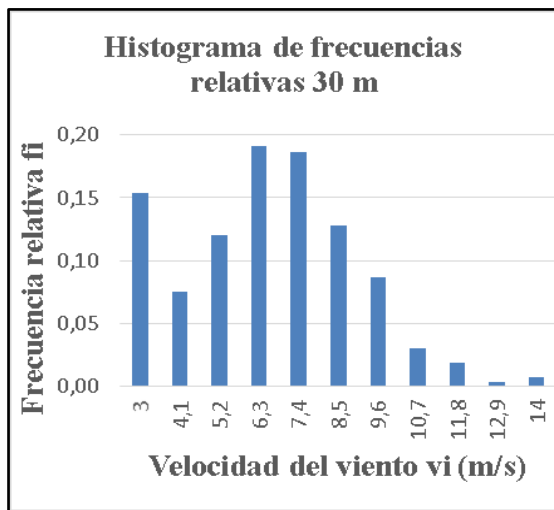


Fig. 4.103 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

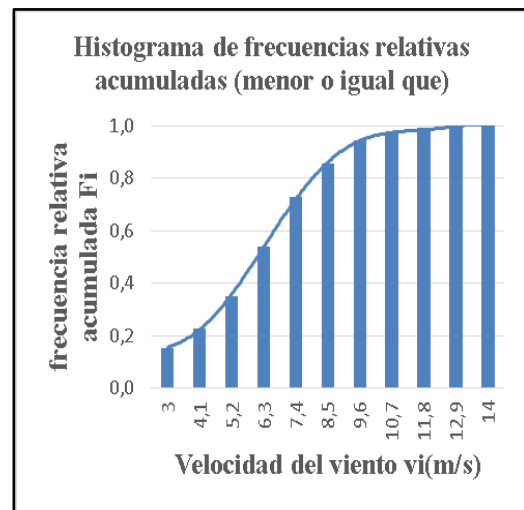


Fig. 4.104 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

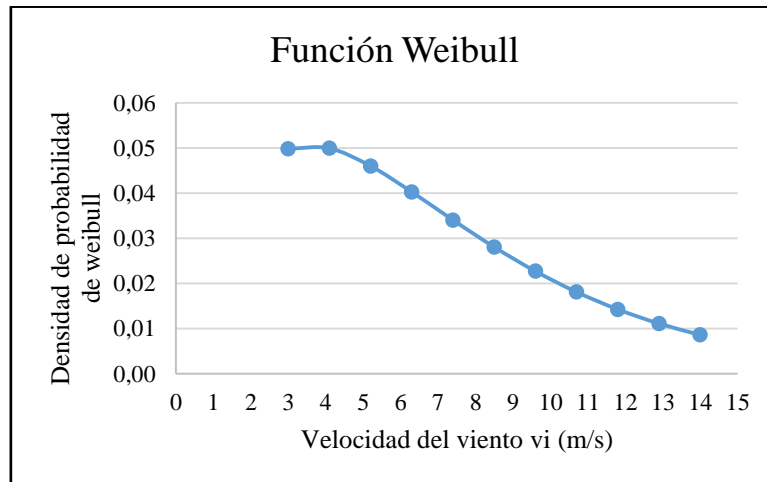


Fig. 4.105 Función de Weibull-Febrero 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Febrero 2016

Tabla 4.87 Resultados del análisis estadístico- Febrero 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Febrero	6,53	2,11	6.65	1,11	0,21

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.88 Interés eólico- Febrero 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Febrero	369,2	0,78	131401,08	144,47

Fuente: Autor

MARZO 2016

Análisis estadístico- Mes de Marzo 2016

Tabla 4.89 Análisis estadístico- Marzo 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	f*vi	f*vi^2	yi	xi	f*xi	f*xi^2	f*yi	f*xi*yi	Densidad de probabilidad
2,5	3,5	3	214	214	0,2876	0,288	0,712	28,76	0,86	2,59	-1,08	1,10	0,32	0,35	-0,31	-0,342	0,0764
3,6	4,6	4,1	99	313	0,1331	0,421	0,579	42,07	0,55	2,24	-0,61	1,41	0,19	0,26	-0,08	-0,114	0,0684
4,7	5,7	5,2	103	416	0,1384	0,559	0,441	55,91	0,72	3,74	-0,20	1,65	0,23	0,38	-0,03	-0,046	0,0579
5,8	6,8	6,3	88	504	0,1183	0,677	0,323	67,74	0,75	4,69	0,12	1,84	0,22	0,40	0,01	0,027	0,0473
6,9	7,9	7,4	93	597	0,1250	0,802	0,198	80,24	0,93	6,85	0,48	2,00	0,25	0,50	0,06	0,121	0,0377
8,0	9,0	8,5	69	666	0,0927	0,895	0,105	89,52	0,79	6,70	0,81	2,14	0,20	0,42	0,08	0,161	0,0296
9,1	10,1	9,6	30	696	0,0403	0,935	0,065	93,55	0,39	3,72	1,01	2,26	0,09	0,21	0,04	0,092	0,0229
10,2	11,2	10,7	34	730	0,0457	0,981	0,019	98,12	0,49	5,23	1,38	2,37	0,11	0,26	0,06	0,149	0,0176
11,3	12,3	11,8	10	740	0,0134	0,995	0,005	99,46	0,16	1,87	1,65	2,47	0,03	0,08	0,02	0,055	0,0133
12,4	13,4	12,9	2	742	0,0027	0,997	0,003	99,73	0,03	0,45	1,78	2,56	0,01	0,02	0,00	0,012	0,0101
13,5	14,5	14	2	744	0,0027	1,000	0,000	100,00	0,04	0,53							0,0076
		93,5	744		1				5,69	38,603			1,6379	2,877	-0,14	0,116813	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

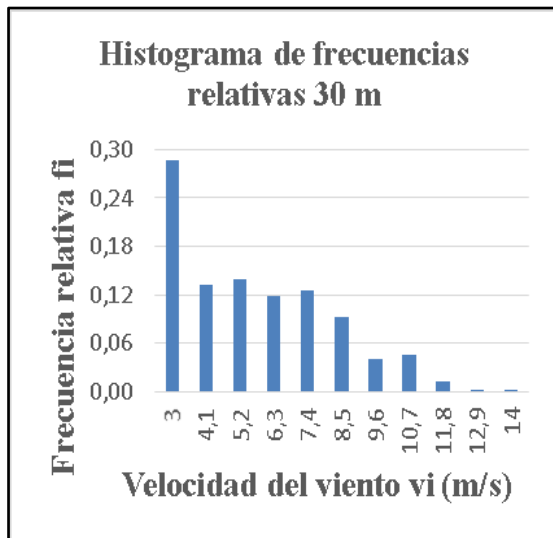


Fig. 4.106 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

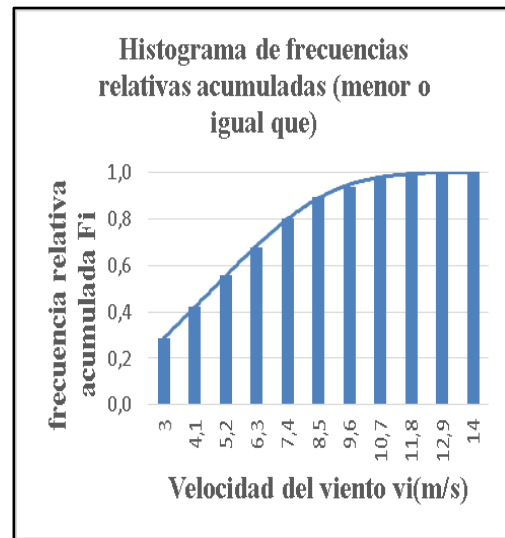


Fig. 4.107 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

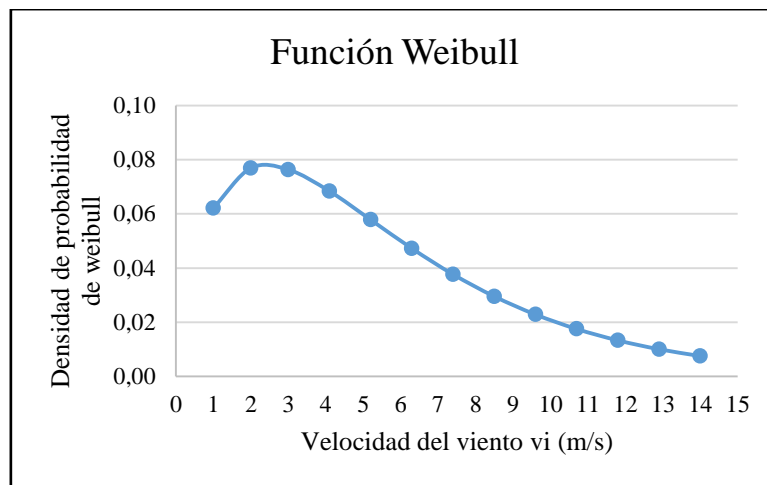


Fig. 4.108 Función de Weibull-Marzo 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Marzo 2016

Tabla 4.90 Resultados del análisis estadístico- Marzo 2016

Meses	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Marzo	5,64	1,76	5,5	1,18	0,26

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.91 Interés eólico- Marzo 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Marzo	258,55	0,78	96179,44	101,13

Fuente: Autor

ABRIL 2016

Análisis estadístico- Mes de Abril 2016

Tabla 4.92 Análisis estadístico- Abril 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
1,5	2,5	2	151	151	0,210	0,210	0,790	20,97	0,42	0,84	-1,45	0,69	0,15	0,10	-0,30	-0,21	0,094
2,6	3,6	3,1	87	238	0,121	0,331	0,669	33,06	0,37	1,16	-0,91	1,13	0,14	0,15	-0,11	-0,12	0,087
3,7	4,7	4,2	74	312	0,103	0,433	0,567	43,33	0,43	1,81	-0,57	1,44	0,15	0,21	-0,06	-0,08	0,075
4,8	5,8	5,3	102	414	0,142	0,575	0,425	57,50	0,75	3,98	-0,16	1,67	0,24	0,39	-0,02	-0,04	0,061
5,9	6,9	6,4	98	512	0,136	0,711	0,289	71,11	0,87	5,58	0,22	1,86	0,25	0,47	0,03	0,05	0,049
7,0	8,0	7,5	90	602	0,125	0,836	0,164	83,61	0,94	7,03	0,59	2,01	0,25	0,51	0,07	0,15	0,039
8,1	9,1	8,6	57	659	0,079	0,915	0,085	91,53	0,68	5,86	0,90	2,15	0,17	0,37	0,07	0,15	0,030
9,2	10,2	9,7	29	688	0,040	0,956	0,044	95,56	0,39	3,79	1,14	2,27	0,09	0,21	0,05	0,10	0,023
10,3	11,3	10,8	23	711	0,032	0,988	0,013	98,75	0,35	3,73	1,48	2,38	0,08	0,18	0,05	0,11	0,018
11,4	12,4	11,9	7	718	0,010	0,997	0,003	99,72	0,12	1,38	1,77	2,48	0,02	0,06	0,02	0,04	0,014
12,5	13,5	13	2	720	0,003	1,000	0,000	100,00	0,04	0,47							0,010
		82,5	720		1				5,353	35,616			1,5323	2,6526	-0,2	0,16142	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

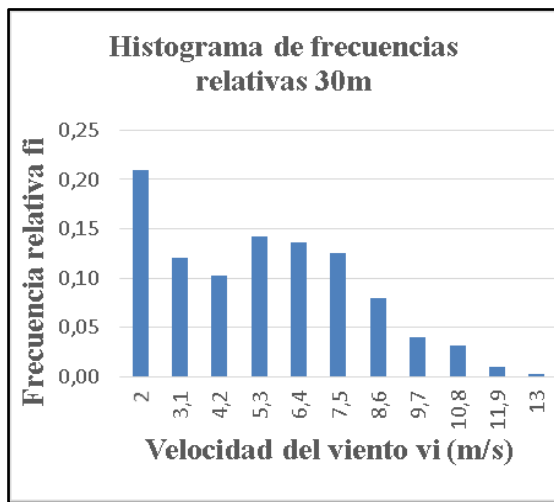


Fig. 4.109 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

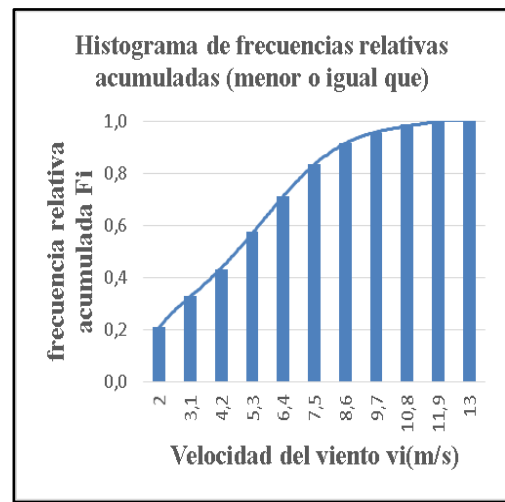


Fig. 4.110 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

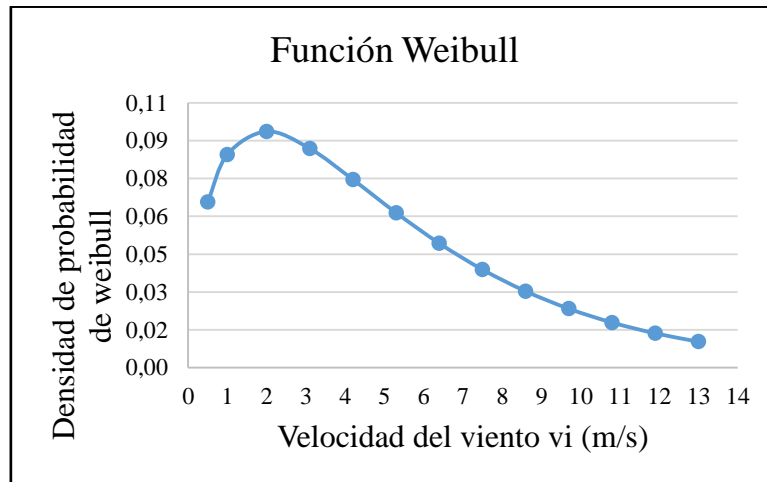


Fig. 4.111 Función de Weibull-Abril 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Abril 2016

Tabla 4.93 Resultados del análisis estadístico- Abril 2016

Meses	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Abril	5,27	1,47	5,24	1,10	0,26

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.94 Interés eólico- Abril 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible $(P_d/A) W/m^2$
Abril	298,15	0,78	96906,61	116,65

Fuente: Autor

MAYO 2016

Análisis estadístico- Mes de Marzo 2016

Tabla 4.95 Análisis estadístico- Marzo 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
1,5	2,5	2	83	83	0,11	0,11	0,89	11,16	0,22	0,45	-2,13	0,69	0,08	0,05	-0,24	-0,17	0,060
2,6	3,6	3,1	54	137	0,07	0,18	0,82	18,41	0,23	0,70	-1,59	1,13	0,08	0,09	-0,12	-0,13	0,063
3,7	4,7	4,2	74	211	0,10	0,28	0,72	28,36	0,42	1,75	-1,10	1,44	0,14	0,20	-0,11	-0,16	0,060
4,8	5,8	5,3	94	305	0,13	0,41	0,59	40,99	0,67	3,55	-0,64	1,67	0,21	0,35	-0,08	-0,13	0,053
5,9	6,9	6,4	104	409	0,14	0,55	0,45	54,97	0,89	5,73	-0,23	1,86	0,26	0,48	-0,03	-0,06	0,046
7,0	8,0	7,5	113	522	0,15	0,70	0,30	70,16	1,14	8,54	0,19	2,01	0,31	0,62	0,03	0,06	0,039
8,1	9,1	8,6	97	619	0,13	0,83	0,17	83,20	1,12	9,64	0,58	2,15	0,28	0,60	0,08	0,16	0,032
9,2	10,2	9,7	68	687	0,09	0,92	0,08	92,34	0,89	8,60	0,94	2,27	0,21	0,47	0,09	0,20	0,026
10,3	11,3	10,8	36	723	0,05	0,97	0,03	97,18	0,52	5,64	1,27	2,38	0,12	0,27	0,06	0,15	0,021
11,4	12,4	11,9	15	738	0,02	0,99	0,01	99,19	0,24	2,86	1,57	2,48	0,05	0,12	0,03	0,08	0,017
12,5	13,5	13	6	744	0,01	1,00	0,00	100,00	0,10	1,36							0,013
		82,5	744		1				6,44	48,8203			1,732	3,2742	-0,291	-0,0044	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

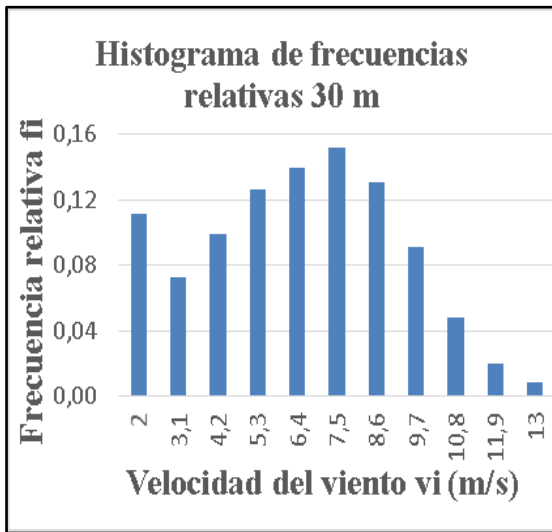


Fig. 4.112 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

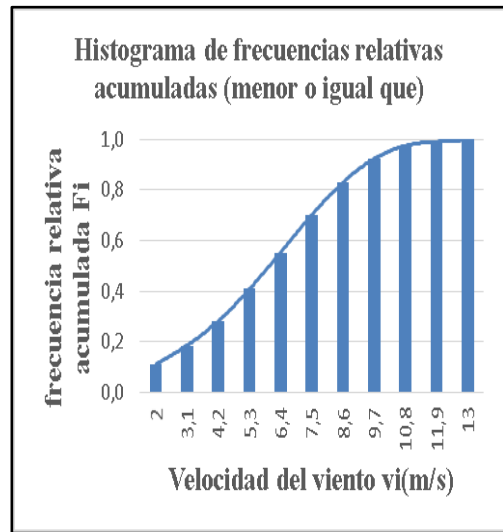


Fig. 4.113 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

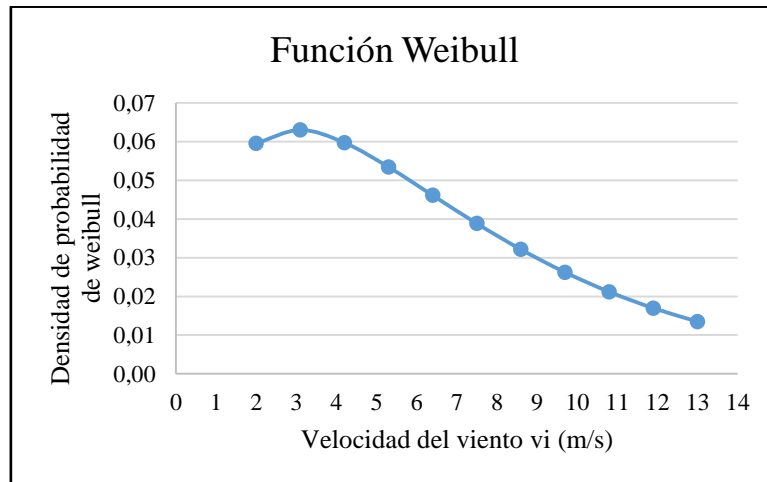


Fig. 4.114 Función de Weibull-Mayo 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Mayo2016

Tabla 4.96 Resultados del análisis estadístico- Mayo 2016

Meses	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Mayo	6,42	1,81	6,6	1,01	0,19

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.97 Interés eólico- Mayo 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Mayo	430,16	0,78	160019,57	168,61

Fuente: Autor

JUNIO 2016

Análisis estadístico- Mes de Junio 2016

Tabla 4.98 Análisis estadístico- Junio 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	F%	f*vi	f*vi^2	yi	xi	f*xi	f*xi^2	f*yi	f*xi*yi	Densidad de probabilidad
3,0	4,0	3,5	101	101	0,140	0,140	0,860	14,03	0,49	1,72	-1,89	1,25	0,18	0,22	-0,27	-0,33	0,039
4,1	5,1	4,6	58	159	0,081	0,221	0,779	22,08	0,37	1,70	-1,39	1,53	0,12	0,19	-0,11	-0,17	0,039
5,2	6,2	5,7	78	237	0,108	0,329	0,671	32,92	0,62	3,52	-0,92	1,74	0,19	0,33	-0,10	-0,17	0,037
6,3	7,3	6,8	99	336	0,138	0,467	0,533	46,67	0,94	6,36	-0,46	1,92	0,26	0,51	-0,06	-0,12	0,034
7,4	8,4	7,9	117	453	0,163	0,629	0,371	62,92	1,28	10,14	-0,01	2,07	0,34	0,69	0,00	0,00	0,030
8,5	9,5	9	98	551	0,136	0,765	0,235	76,53	1,23	11,03	0,37	2,20	0,30	0,66	0,05	0,11	0,025
9,6	10,6	10,1	88	639	0,122	0,888	0,113	88,75	1,23	12,47	0,78	2,31	0,28	0,65	0,10	0,22	0,021
10,7	11,7	11,2	52	691	0,072	0,960	0,040	95,97	0,81	9,06	1,17	2,42	0,17	0,42	0,08	0,20	0,018
11,8	12,8	12,3	22	713	0,031	0,990	0,010	99,03	0,38	4,62	1,53	2,51	0,08	0,19	0,05	0,12	0,014
12,9	13,9	13,4	3	716	0,004	0,994	0,006	99,44	0,06	0,75	1,65	2,60	0,01	0,03	0,01	0,02	0,012
14,0	15,0	14,5	4	720	0,006	1,000	0,000	100,00	0,08	1,17							0,009
		99	720		1				7,478	62,534			1,93	3,88814	-0,257	-0,13	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

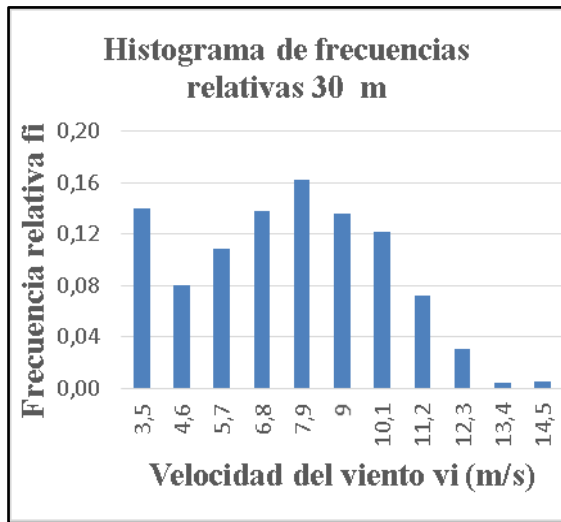


Fig. 4.115 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

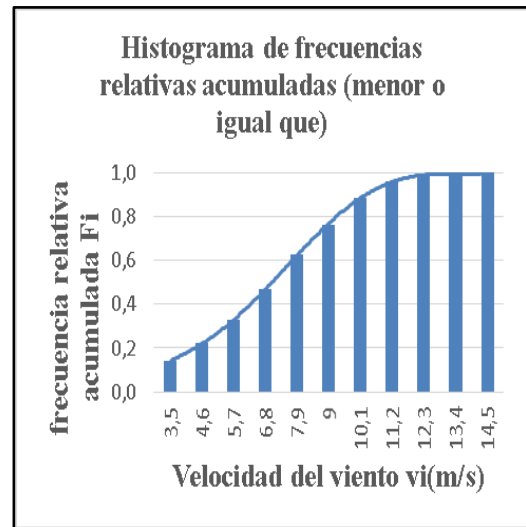


Fig. 4.116 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

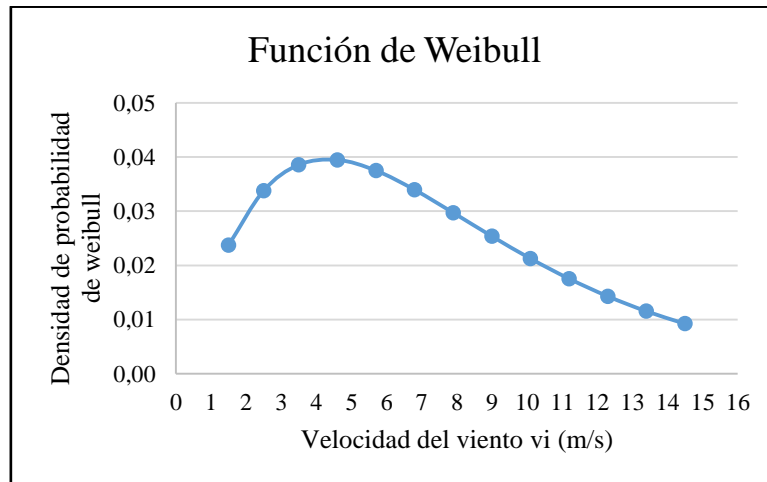


Fig. 4.117 Función de Weibull-Junio 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Junio 2016

Tabla 4.99 Resultados del análisis estadístico- Junio 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Junio	7,43	2,26	7,66	1,06	0,18

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.100 Interés eólico- Junio 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) (W/m^2)
Junio	534,24	0,79	196094,2	210,5

Fuente: Autor

JULIO 2016

Análisis estadístico- Mes de Julio 2016

Tabla 4.101 Análisis estadístico- Julio 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	f*vi	f*vi^2	yi	xi	f*xi	f*xi^2	f*yi	f*xi*yi	Densidad de probabilidad
1,0	2,0	1,5	12	12	0,02	0,02	0,98	1,61	0,02	0,04	-4,12	0,41	0,01	0,00	-0,07	-0,03	0,023
2,1	3,1	2,6	19	31	0,03	0,04	0,96	4,17	0,07	0,17	-3,16	0,96	0,02	0,02	-0,08	-0,08	0,034
3,2	4,2	3,7	27	58	0,04	0,08	0,92	7,80	0,13	0,50	-2,51	1,31	0,05	0,06	-0,09	-0,12	0,038
4,3	5,3	4,8	51	109	0,07	0,15	0,85	14,65	0,33	1,58	-1,84	1,57	0,11	0,17	-0,13	-0,20	0,039
5,4	6,4	5,9	89	198	0,12	0,27	0,73	26,61	0,71	4,16	-1,17	1,77	0,21	0,38	-0,14	-0,25	0,037
6,5	7,5	7	127	325	0,17	0,44	0,56	43,68	1,19	8,36	-0,55	1,95	0,33	0,65	-0,09	-0,18	0,034
7,6	8,6	8,1	151	476	0,20	0,64	0,36	63,98	1,64	13,32	0,02	2,09	0,42	0,89	0,00	0,01	0,030
8,7	9,7	9,2	124	600	0,17	0,81	0,19	80,65	1,53	14,11	0,50	2,22	0,37	0,82	0,08	0,18	0,025
9,8	10,8	10	105	705	0,14	0,95	0,05	94,76	1,45	14,97	1,08	2,33	0,33	0,77	0,15	0,36	0,022
10,9	11,9	11	29	734	0,04	0,99	0,01	98,66	0,44	5,07	1,46	2,43	0,09	0,23	0,06	0,14	0,018
12,0	13,0	13	10	744	0,01	1,00	0,00	100,00	0,17	2,10							0,015
		77	744		1				7,698	64,374			1,949	3,9874	-0,3	-0,1679	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

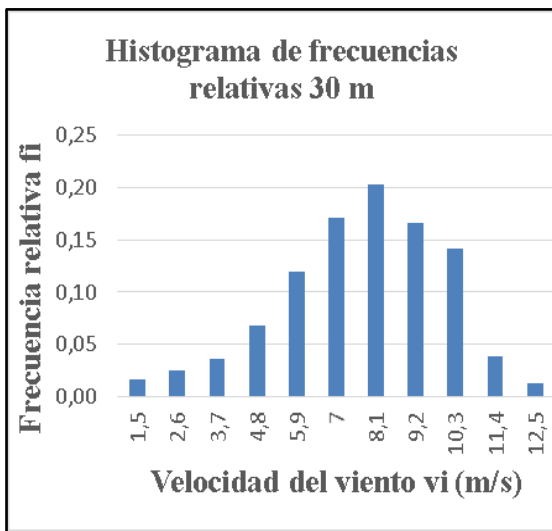


Fig. 4.118 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

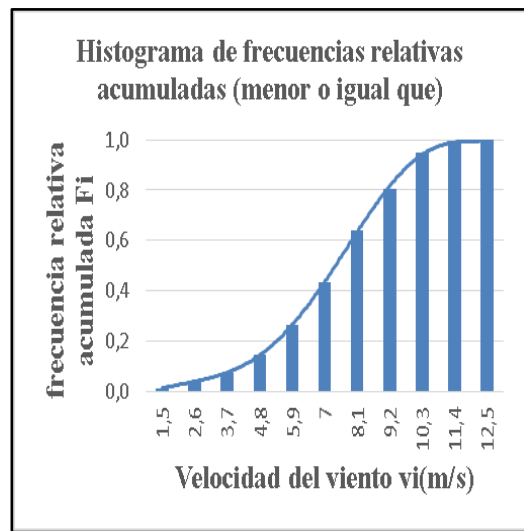


Fig. 4.119 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

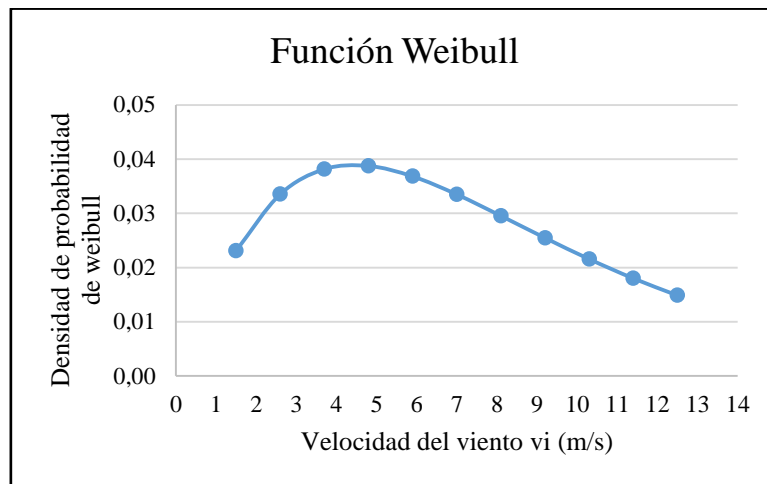


Fig. 4.120 Función de Weibull-Julio 2016
Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Julio 2016

Tabla 4.102 Resultados del análisis estadístico- Julio 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Julio	7,7	2,23	8,04	1,06	0,16

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.103 Interés eólico- Julio 2016

Meses	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $\frac{kw * h}{m^2 * mes}$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Julio	622,97	0,79	231744,32	245,78

Fuente: Autor

AGOSTO 2016

Análisis estadístico- Mes de Agosto 2016

Tabla 4.104 Análisis estadístico-Agosto 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	f*vi	f*vi^2	yi	xi	f*xi	f*xi^2	f*yi	f*xi*yi	Densidad de probabilidad
4,0	5,0	4,5	148	148	0,20	0,20	0,80	19,89	0,90	4,03	-1,51	1,50	0,30	0,45	-0,30	-0,45	0,032
5,1	6,1	5,6	106	254	0,14	0,34	0,66	34,14	0,80	4,47	-0,87	1,72	0,25	0,42	-0,12	-0,21	0,030
6,2	7,2	6,7	116	370	0,16	0,50	0,50	49,73	1,04	7,00	-0,37	1,90	0,30	0,56	-0,06	-0,11	0,028
7,3	8,3	7,8	146	516	0,20	0,69	0,31	69,35	1,53	11,94	0,17	2,05	0,40	0,83	0,03	0,07	0,024
8,4	9,4	8,9	115	631	0,15	0,85	0,15	84,81	1,38	12,24	0,63	2,19	0,34	0,74	0,10	0,21	0,020
9,5	10,5	10	73	704	0,10	0,95	0,05	94,62	0,98	9,81	1,07	2,30	0,23	0,52	0,11	0,24	0,016
10,6	11,6	11	19	723	0,03	0,97	0,03	97,18	0,28	3,15	1,27	2,41	0,06	0,15	0,03	0,08	0,013
11,7	12,7	12	13	736	0,02	0,99	0,01	98,92	0,21	2,60	1,51	2,50	0,04	0,11	0,03	0,07	0,010
12,8	13,8	13	4	740	0,01	0,99	0,01	99,46	0,07	0,95	1,65	2,59	0,01	0,04	0,01	0,02	0,008
13,9	14,9	14	1	741	0,00	1,00	0,00	99,60	0,02	0,28	1,71	2,67	0,00	0,01	0,00	0,01	0,006
15,0	16,0	16	3	744	0,00	1,00	0,00	100,00	0,06	0,97							0,005
		110	744		1				7,275	57,435			1,931	3,8267	-0,18	-0,0784	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

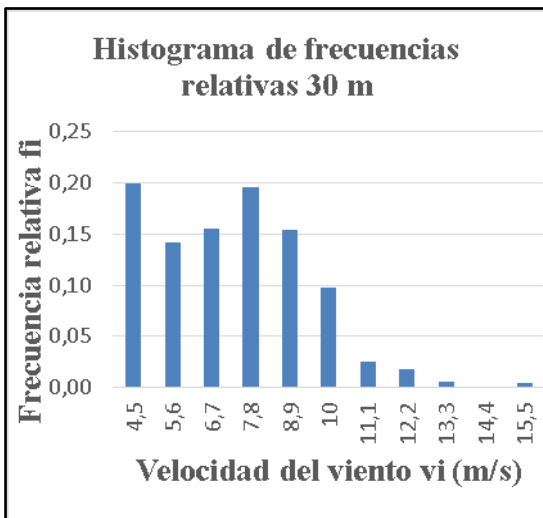


Fig. 4.121 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

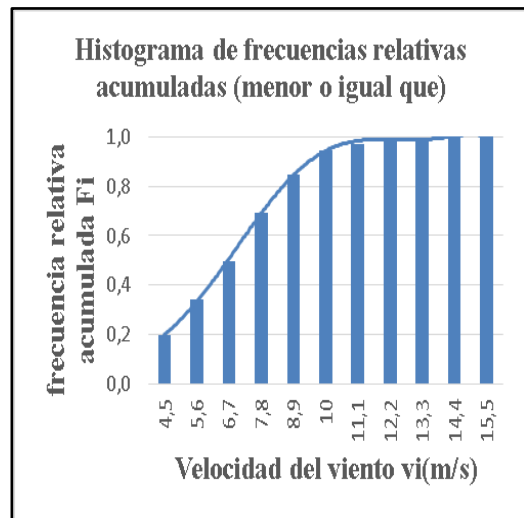


Fig. 4.122 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

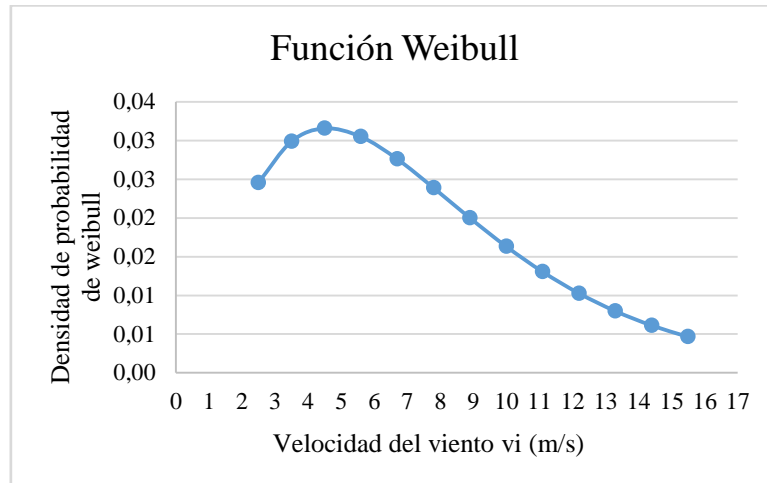


Fig. 4.123 Función de Weibull-Agosto 2016

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Agosto 2016

Tabla 4.105 Resultados del análisis estadístico- Agosto 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Agosto	7,28	2,65	7,37	1,17	0,20

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.106 Interés eólico- Agosto 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $\left(\frac{kw * h}{m^2 * mes}\right)$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Agosto	425,30	0,79	158211,94	167,67

Fuente: Autor

SEPTIEMBRE 2016

Análisis estadístico- Mes de Septiembre 2016

Tabla 4.107 Análisis estadístico-Septiembre 2016

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi'>=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
0,5	1,0	0,75	7	7	0,01	0,01	0,99	0,97	0,01	0,01	-4,63	-0,29	0,00	0,00	-0,04	0,01	0,159
1,1	2,1	1,6	39	46	0,05	0,06	0,94	6,39	0,09	0,14	-2,72	0,47	0,03	0,01	-0,15	-0,07	0,164
2,2	3,2	2,7	48	94	0,07	0,13	0,87	13,06	0,18	0,49	-1,97	0,99	0,07	0,07	-0,13	-0,13	0,137
3,3	4,3	3,8	79	173	0,11	0,24	0,76	24,03	0,42	1,58	-1,29	1,34	0,15	0,20	-0,14	-0,19	0,108
4,4	5,4	4,9	116	289	0,16	0,40	0,60	40,14	0,79	3,87	-0,67	1,59	0,26	0,41	-0,11	-0,17	0,083
5,5	6,5	6	126	415	0,18	0,58	0,42	57,64	1,05	6,30	-0,15	1,79	0,31	0,56	-0,03	-0,05	0,064
6,6	7,6	7,1	129	544	0,18	0,76	0,24	75,56	1,27	9,03	0,34	1,96	0,35	0,69	0,06	0,12	0,048
7,7	8,7	8,2	91	635	0,13	0,88	0,12	88,19	1,04	8,50	0,76	2,10	0,27	0,56	0,10	0,20	0,036
8,8	9,8	9,3	57	692	0,08	0,96	0,04	96,11	0,74	6,85	1,18	2,23	0,18	0,39	0,09	0,21	0,027
9,9	10,9	10,4	22	714	0,03	0,99	0,01	99,17	0,32	3,30	1,57	2,34	0,07	0,17	0,05	0,11	0,021
11,0	12,0	11,5	6	720	0,01	1,00	0,00	100,00	0,10	1,10							0,015
		66,3	720		1				5,9887	41,167			1,6702	3,052	-0,3	0,04804	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

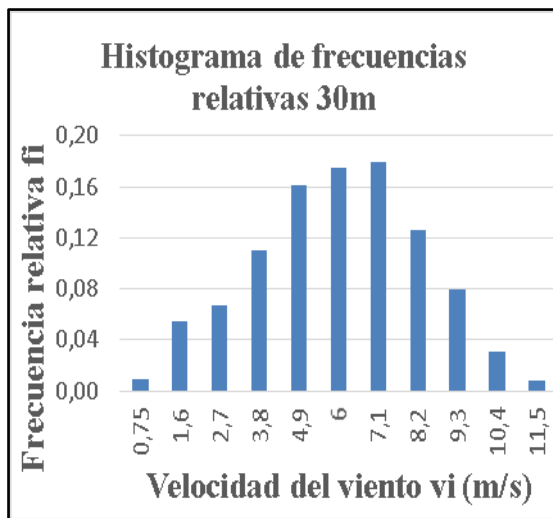


Fig. 4.124 Frecuencias relativas
Fuente: Auto

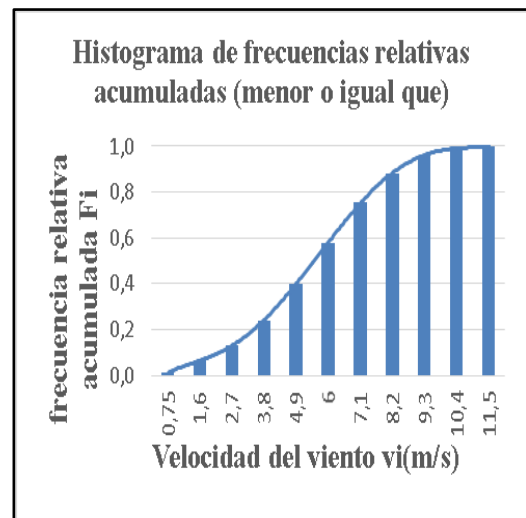


Fig. 4.125 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

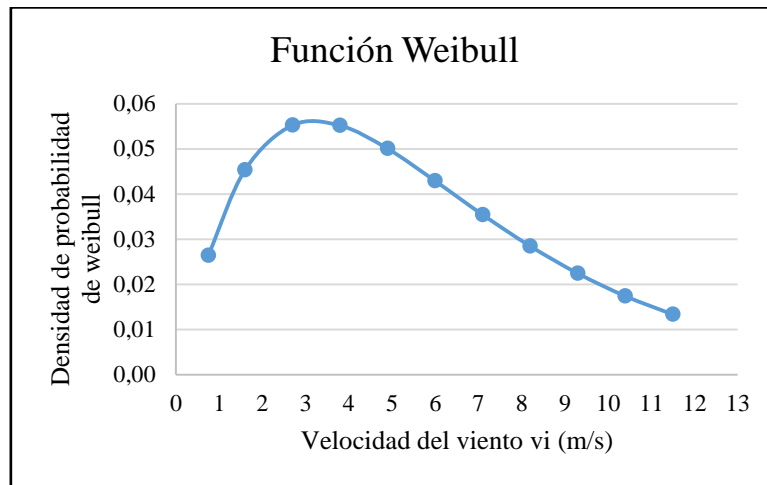


Fig. 4.126 Función de Weibull-Septiembre 2016
Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Septiembre 2016

Tabla 4.108 Resultados del análisis estadístico- Septiembre 2016

Mes	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Septiembre	6	2,1	6,13	1,02	0,2

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.109 Interés eólico- Septiembre 2016

Mes	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Septiembre	292,46	0,79	105284,73	115,27

Fuente: Autor

4.2.6 Dirección mensual del viento

Los puntos de referencia se dividen de acuerdo al ángulo de desplazamiento como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 4.110 Dirección- Rosa de los vientos

Norte	N
Norte Noreste	NNE
Noreste	NE
Este Noreste	ENE
Este	E
Este Sudeste	ESE
Sudeste	SE
Sur Sudeste	SSE
Sur	S
Sur Sudoeste	SSO
Sudoeste	SO
Oeste Sudoeste	OSO
Oeste	O
Oeste Noroeste	ONO
Noroeste	NO
Norte Noroeste	NNO

Fuente: Autor

La medida de los datos para determinar la dirección predominante del sector se realizó mediante una veleta ubicada a 30 metros de altura.

OCTUBRE 2015

Tabla 4.111 Dirección Predominante- Octubre 2015

DIRECCIÓN DEL VIENTO	
N	1
NNE	7
NE	52
ENE	961
E	653
ESE	209
SE	15
SSE	13
S	21
SSO	13
SO	3
OSO	1
O	4
ONO	0
NO	0
NNO	3
MAYOR PRESENCIA	961

Fuente: Autor

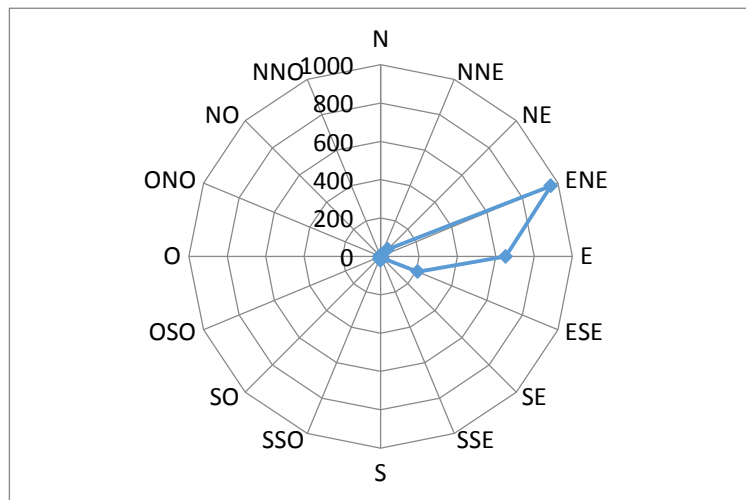


Fig. 4.127 Dirección del viento- Octubre 2015

Fuente: Autor

NOVIEMBRE 2015

Tabla 4.112 Dirección Predominante- Noviembre 2015

DIRECCIÓN DEL VIENTO		
N		30
NNE		82
NE		346
ENE		1474
E		774
ESE		320
SE		60
SSE		73
S		257
SSO		147
SO		143
OSO		318
O		107
ONO		57
NO		43
NNO		33
MAYOR PRESENCIA		1474

Fuente: Autor

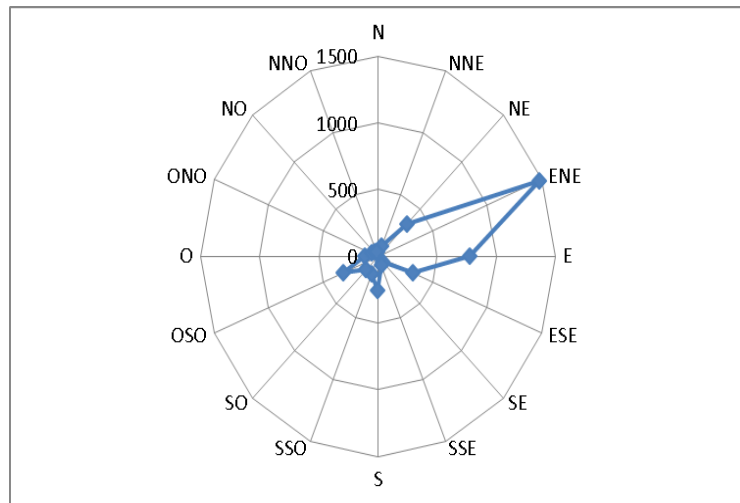


Fig. 4.128 Dirección del viento- Noviembre 2015
Fuente: Autor

DICIEMBRE 2015

Tabla 4.113 Dirección Predominante- Diciembre 2015

DIRECCIÓN DEL VIENTO		
N		10
NNE		23
NE		89
ENE		1283
E		1529
ESE		1458
SE		21
SSE		11
S		13
SSO		9
SO		4
OSO		0
O		2
ONO		4
NO		1
NNO		7
MAYOR PRESENCIA		1529

Fuente: Autor

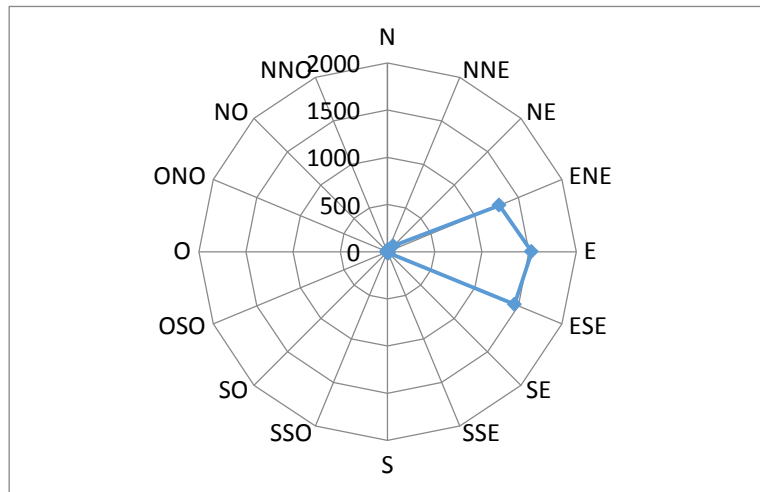


Fig. 4.129 Dirección del viento- Diciembre 2015
Fuente: Autor

ENERO 2016

Tabla 4.114 Dirección Predominante-Enero 2016

DIRECCIÓN DEL VIENTO	
N	53
NNE	84
NE	464
ENE	1721
E	638
ESE	265
SE	121
SSE	129
S	362
SSO	145
SO	82
OSO	153
O	78
ONO	74
NO	51
NNO	43
MAYOR PRESENCIA	1721

Fuente: Autor

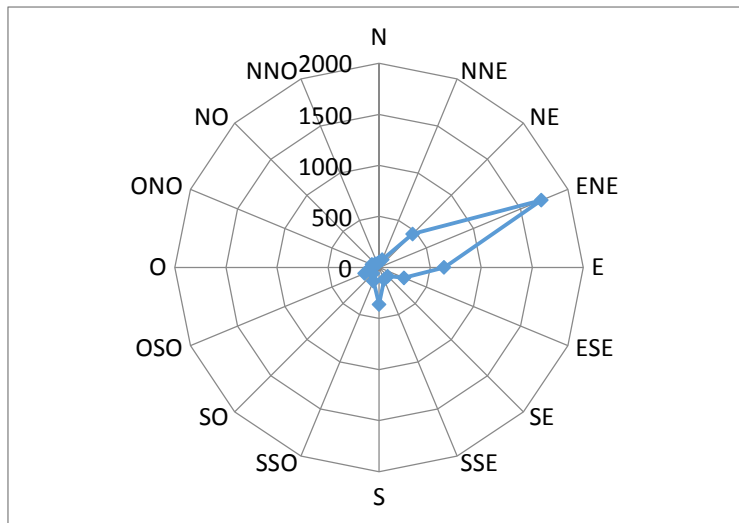


Fig. 4.130 Dirección del viento- Enero 2016

Fuente: Autor

FEBRERO 2016

Tabla 4.115 Dirección Predominante-Febrero 2016

DIRECCIÓN DEL VIENTO	
N	21
NNE	22
NE	117
ENE	1169
E	1477
ESE	1147
SE	29
SSE	29
S	69
SSO	51
SO	21
OSO	11
O	1
ONO	3
NO	2
NNO	7
MAYOR PRESENCIA	1477

Fuente: Autor

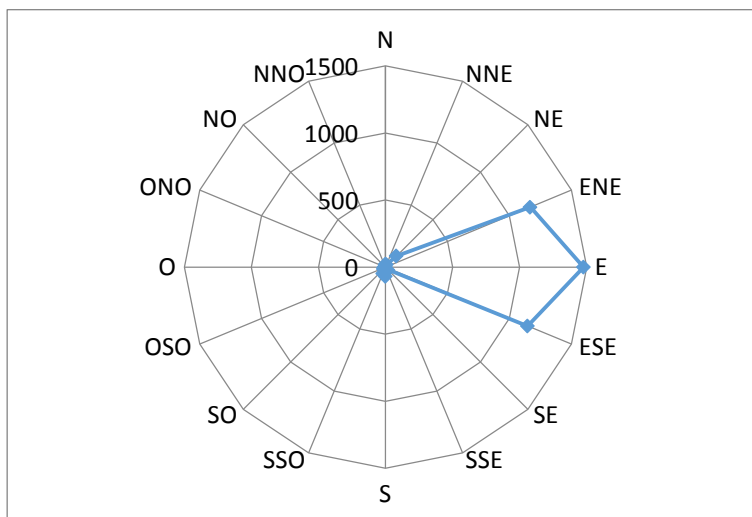


Fig. 4.131 Dirección del viento- Febrero 2016

Fuente: Autor

MARZO 2016

Tabla 4.116 Dirección Predominante-Marzo 2016

DIRECCIÓN DEL VIENTO	
N	33
NNE	58
NE	289
ENE	1366
E	1128
ESE	904
SE	55
SSE	47
S	178
SSO	108
SO	48
OSO	47
O	52
ONO	52
NO	52
NNO	47
MAYOR PRESENCIA	1366

Fuente: Autor

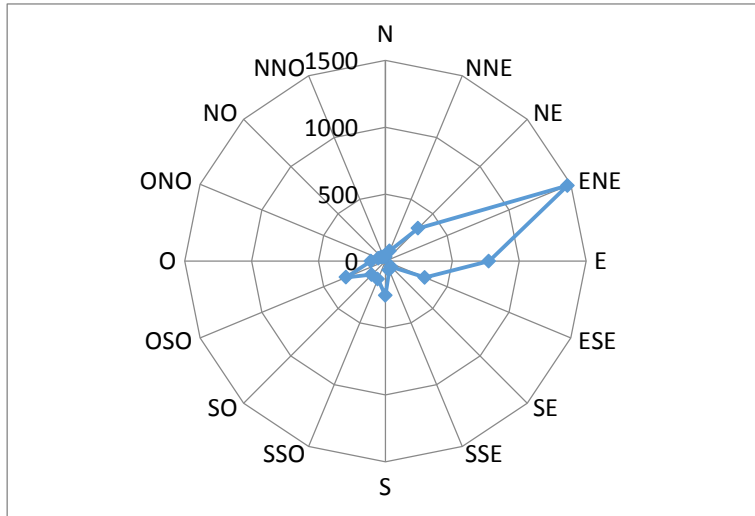


Fig. 4.132 Dirección del viento-Marzo 2016

Fuente: Autor

ABRIL 2016

Tabla 4.117 Dirección Predominante-Abril 2016

DIRECCIÓN DEL VIENTO	
N	30
NNE	42
NE	243
ENE	1355
E	1023
ESE	685
SE	53
SSE	57
S	231
SSO	163
SO	93
OSO	102
O	76
ONO	53
NO	77
NNO	36
MAYOR PRESENCIA	1355

Fuente: Autor

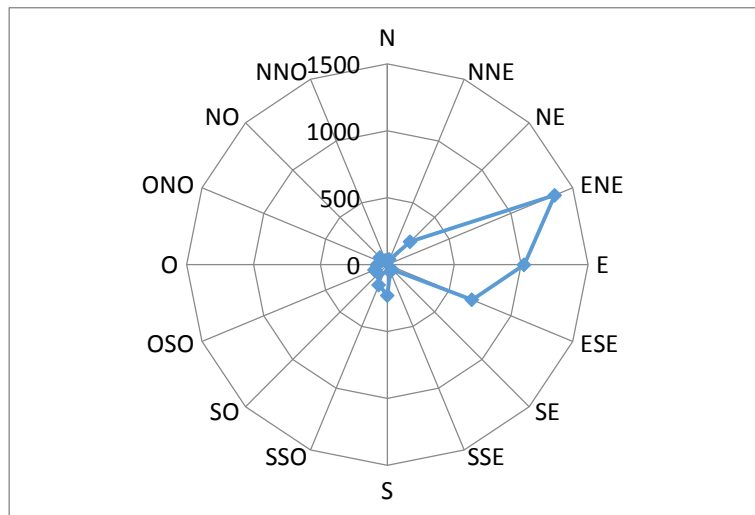


Fig. 4.133 Dirección del viento-Abril 2016

Fuente: Autor

MAYO 2016

Tabla 4.118 Dirección Predominante-Mayo 2016

DIRECCIÓN DEL VIENTO	
N	13
NNE	13
NE	178
ENE	1276
E	1526
ESE	1142
SE	37
SSE	55
S	116
SSO	49
SO	24
OSO	18
O	5
ONO	4
NO	3
NNO	5
MAYOR PRESENCIA	1526

Fuente: Autor

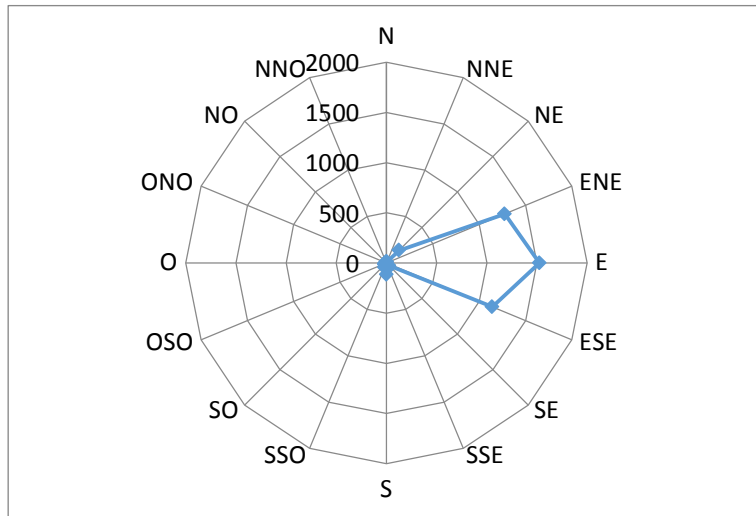


Fig. 4.134 Dirección del viento- Mayo 2016

Fuente: Autor

JUNIO 2016

Tabla 4.119 Dirección Predominante- Junio 2016

DIRECCIÓN DEL VIENTO	
N	7
NNE	22
NE	140
ENE	816
E	1780
ESE	1363
SE	33
SSE	21
S	57
SSO	15
SO	15
OSO	7
O	10
ONO	19
NO	10
NNO	5
MAYOR PRESENCIA	1780

Fuente: Autor

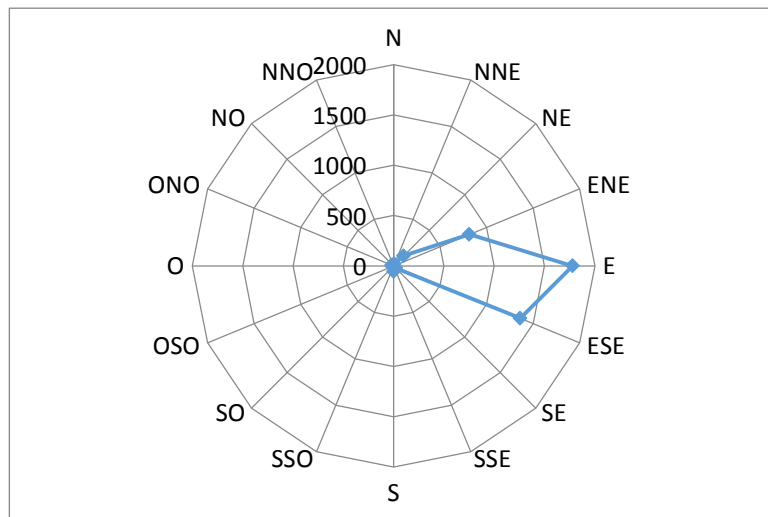


Fig. 4.135 Dirección del viento-Junio 2016

Fuente: Autor

JULIO 2016

Tabla 4.120 Dirección Predominante- Julio 2016

DIRECCIÓN DEL VIENTO		
N	2	
NNE	8	
NE	62	
ENE	763	
E	1972	
ESE	1624	
SE	7	
SSE	5	
S	12	
SSO	5	
SO	0	
OSO	0	
O	0	
ONO	0	
NO	1	
NNO	3	
MAYOR PRESENCIA	1972	

Fuente: Autor

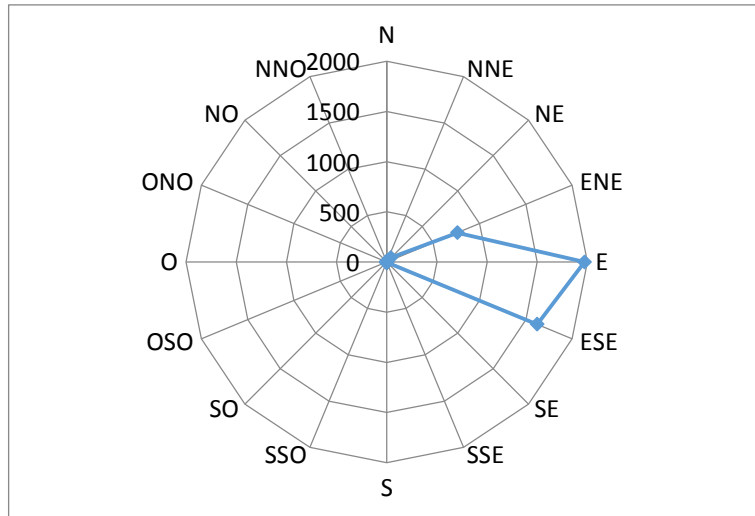


Fig. 4.136 Dirección del viento- Julio 2016

Fuente: Autor

AGOSTO 2016

Tabla 4.121 Dirección Predominante- Agosto 2016

DIRECCIÓN DEL VIENTO		
N	3	
NNE	12	
NE	130	
ENE	1657	
E	1779	
ESE	863	
SE	16	
SSE	0	
S	2	
SSO	0	
SO	0	
OSO	0	
O	1	
ONO	0	
NO	0	
NNO	1	
MAYOR PRESENCIA	1779	

Fuente: Autor

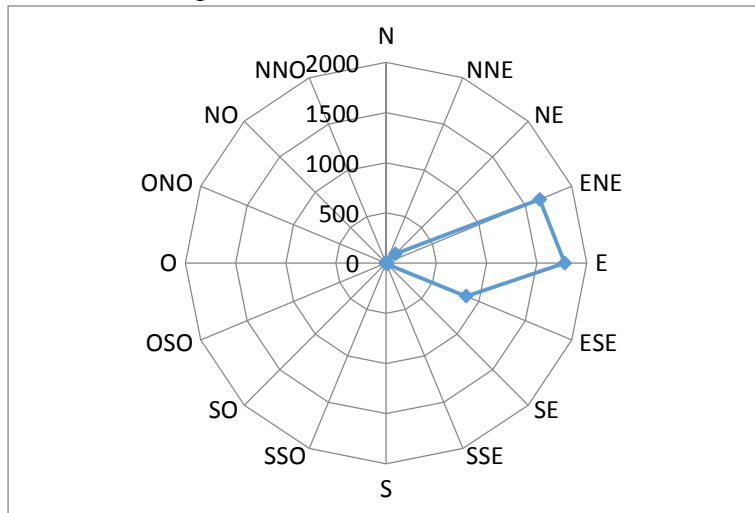


Fig. 4.137 Dirección del viento-Agosto

Fuente: Autor

SEPTIEMBRE 2016

Tabla 4.122 Dirección Predominante- Septiembre 2016

DIRECCIÓN DEL VIENTO	
N	7
NNE	20
NE	248
ENE	1744
E	1374
ESE	595
SE	48
SSE	30
S	117
SSO	25
SO	32
OSO	38
O	12
ONO	14
NO	7
NNO	9
MAYOR PRESENCIA	1744

Fuente: Autor

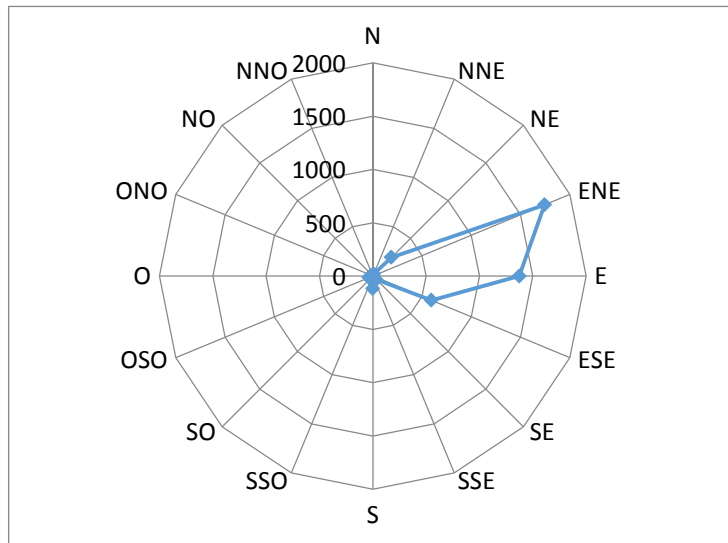


Fig. 4.138 Dirección del viento- Septiembre 2016
Fuente: Autor

4.2.7 Tratamiento estadístico de la velocidad del viento por estaciones del año en el Ecuador

Verano 2015 (Octubre- Diciembre)

Torre a 10 m de altura

Tabla 4.123 Análisis estadístico- Verano 2015 -10 m

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
0.0	0.5	0.25	38	38	0.0213	0.021	0.9787	2.13	0.01	0.00	-3.84	-1.4	-0.03	0.04	-0.08	0.113	0.0573
0.6	1.6	1.1	158	196	0.0887	0.110	0.8899	11.01	0.10	0.11	-2.15	0.1	0.01	0.00	-0.19	-0.018	0.0960
1.7	2.7	2.2	168	364	0.0943	0.204	0.7956	20.44	0.21	0.46	-1.48	0.8	0.07	0.06	-0.14	-0.110	0.0993
2.8	3.8	3.3	178	542	0.0999	0.304	0.6957	30.43	0.33	1.09	-1.01	1.2	0.12	0.14	-0.10	-0.121	0.0886
3.9	4.9	4.4	268	810	0.1505	0.455	0.5452	45.48	0.66	2.91	-0.50	1.5	0.22	0.33	-0.08	-0.111	0.0743
5.0	6.0	5.5	272	1082	0.1527	0.608	0.3925	60.75	0.84	4.62	-0.07	1.7	0.26	0.44	-0.01	-0.017	0.0603
6.1	7.1	6.6	281	1363	0.1578	0.765	0.2347	76.53	1.04	6.87	0.37	1.9	0.30	0.56	0.06	0.111	0.0479
7.2	8.2	7.7	249	1612	0.1398	0.905	0.0949	90.51	1.08	8.29	0.86	2.0	0.29	0.58	0.12	0.244	0.0375
8.3	9.3	8.8	118	1730	0.0663	0.971	0.0286	97.14	0.58	5.13	1.27	2.2	0.14	0.31	0.08	0.183	0.0290
9.4	10.4	9.9	41	1771	0.0230	0.994	0.0056	99.44	0.23	2.26	1.65	2.3	0.05	0.12	0.04	0.087	0.0223
10.5	11.5	11	9	1780	0.0051	0.999	0.0006	99.94	0.06	0.61	2.01	2.4	0.01	0.03	0.01	0.024	0.0170
11.6	12.6	12.1	1	1781	0.0006	1.000	0.0000	100.00	0.01	0.08							0.0129
		72.9	1781		1				5.13	32.43			1.45	2.62	-0.29	0.385	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

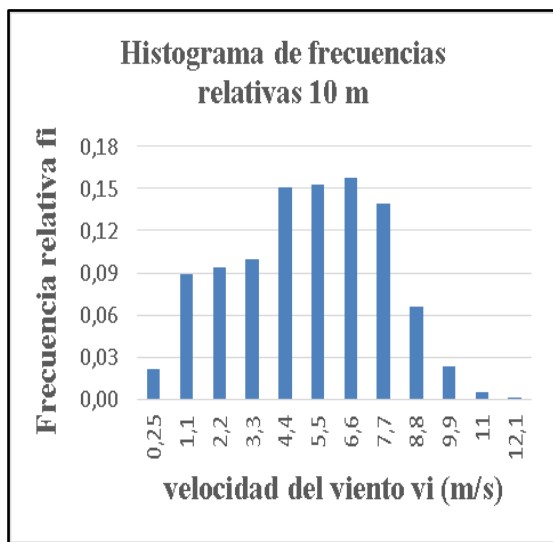


Fig. 4.139 Frecuencias relativas

Fuente: Autor

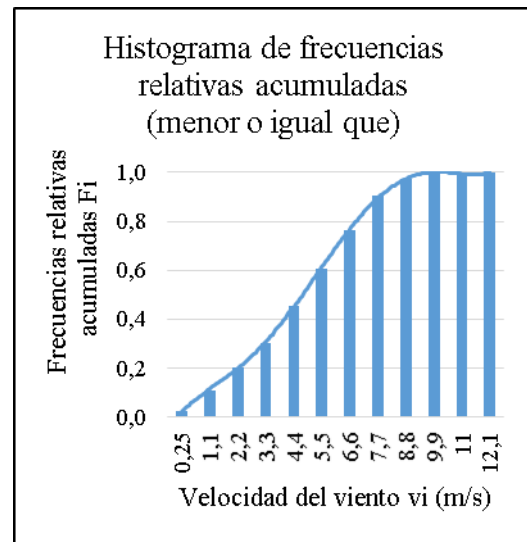


Fig. 4.140 Frecuencias relativas acumuladas

Fuente: Autor

Función de Weibull

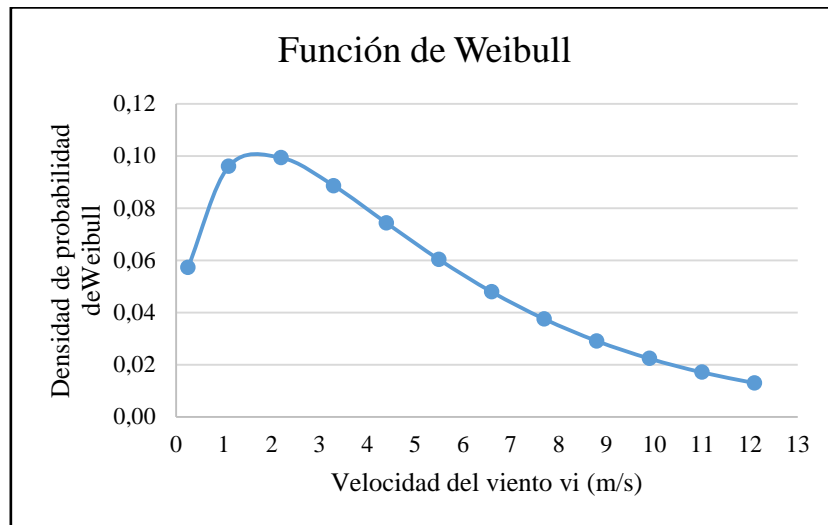


Fig. 4.141 Función de Weibull- Verano 2015-10m
Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Tabla 4.124 Resultados del análisis estadístico- Verano 2015-10m

Estaciones	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Verano 2015	5,13	1,52	5,14	0,95	0,15

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.125 Interés eólico- Verano 2015-10m

Estaciones	Valor medio del cubo de las velocidades $s < v^3 >$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) (W/m^2)
Verano 2015	266,38	0,788	237209,22	104,93

Fuente: Autor

Torre a 20m de altura

Tabla 4.126 Análisis estadístico- Verano 2015 -20m

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	f*vi	f*vi^2	yi	xi	f*xi	f*xi^2	f*yi	f*xi*yi	Densidad de probabilidad
0.0	1.0	0.5	86	86	0.048	0.048	0.952	4.83	0.02	0.01	-3.01	-0.69	-0.03	0.02	-0.15	0.1006	0.0676
1.1	2.1	1.6	161	247	0.090	0.139	0.861	13.87	0.14	0.23	-1.90	0.47	0.04	0.02	-0.17	-0.081	0.0927
2.2	3.2	2.7	142	389	0.080	0.218	0.782	21.84	0.22	0.58	-1.40	0.99	0.08	0.08	-0.11	-0.111	0.0901
3.3	4.3	3.8	197	586	0.111	0.329	0.671	32.90	0.42	1.60	-0.92	1.34	0.15	0.20	-0.10	-0.136	0.0795
4.4	5.4	4.9	262	848	0.147	0.476	0.524	47.61	0.72	3.53	-0.44	1.59	0.23	0.37	-0.06	-0.102	0.0669
5.5	6.5	6	289	1137	0.162	0.638	0.362	63.84	0.97	5.84	0.02	1.79	0.29	0.52	0.00	0.005	0.0547
6.6	7.6	7.1	285	1422	0.160	0.798	0.202	79.84	1.14	8.07	0.47	1.96	0.31	0.61	0.08	0.1477	0.0440
7.7	8.7	8.2	212	1634	0.119	0.917	0.083	91.75	0.98	8.00	0.91	2.10	0.25	0.53	0.11	0.2289	0.0349
8.8	9.8	9.3	106	1740	0.060	0.977	0.023	97.70	0.55	5.15	1.33	2.23	0.13	0.30	0.08	0.1762	0.0274
9.9	10.9	10	30	1770	0.017	0.994	0.006	99.38	0.18	1.82	1.63	2.34	0.04	0.09	0.03	0.0642	0.0213
11.0	12.0	12	10	1780	0.006	0.999	0.001	99.94	0.06	0.74	2.01	2.44	0.01	0.03	0.01	0.0276	0.0165
12.1	13.1	13	1	1781	0.001	1.000	0.000	100.00	0.01	0.09							0.0128
			1781		1.000				5.41	35.67			1.51	2.78	-0.29	0.3209	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

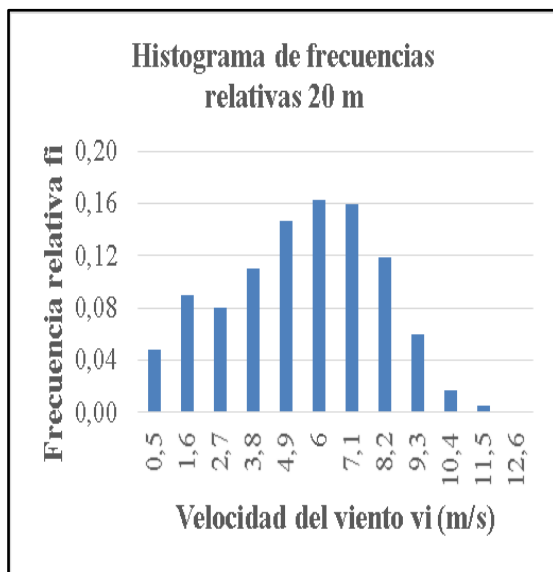


Fig. 4.142 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

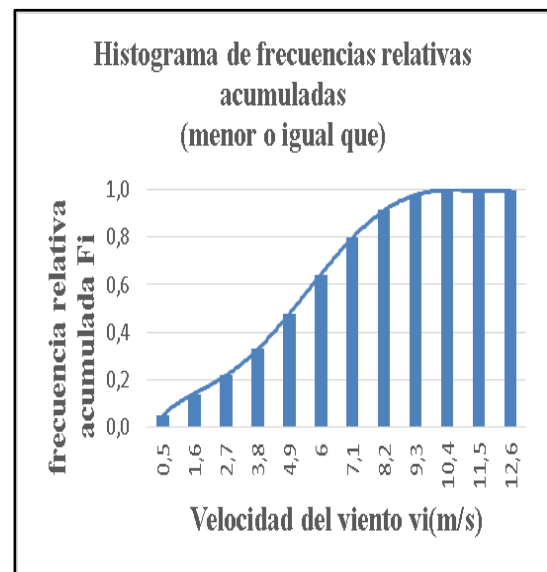


Fig. 4.143 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

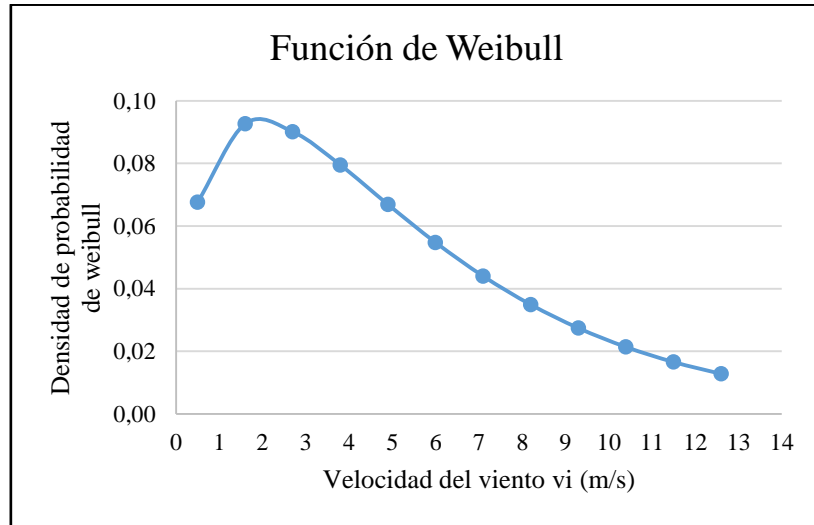


Fig. 4.144 Función de Weibull- Verano 2015-20 m
Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Tabla 4.127 Resultados del análisis estadístico- Verano 2015-20 m

Estaciones	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Verano 2015	5,41	1,54	5,47	0,97	0,15

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.128 Interés eólico- Verano 2015-20m

Estaciones	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $\left(\frac{kw * h}{m^2 * mes}\right)$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Verano 2015	313,21	0,79	278909,35	123,38

Fuente: Autor

Torre a 30 m de altura

Tabla 4.129 Análisis estadístico- Verano 2015 -30 m

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
0.0	1.0	0.5	76	76	0.043	0.043	0.957	4.27	0.02	0.01	-3.13	-0.69	-0.03	0.02	-0.13	0.09	0.0581
1.1	2.1	1.6	139	215	0.078	0.121	0.879	12.07	0.12	0.20	-2.05	0.47	0.04	0.02	-0.16	-0.08	0.0849
2.2	3.2	2.7	136	351	0.076	0.197	0.803	19.71	0.21	0.56	-1.52	0.99	0.08	0.08	-0.12	-0.12	0.0849
3.3	4.3	3.8	189	540	0.106	0.303	0.697	30.32	0.40	1.53	-1.02	1.34	0.14	0.19	-0.11	-0.14	0.0763
4.4	5.4	4.9	264	804	0.148	0.451	0.549	45.14	0.73	3.56	-0.51	1.59	0.24	0.37	-0.08	-0.12	0.0651
5.5	6.5	6	286	1090	0.161	0.612	0.388	61.20	0.96	5.78	-0.05	1.79	0.29	0.52	-0.01	-0.02	0.0539
6.6	7.6	7.1	309	1399	0.173	0.786	0.214	78.55	1.23	8.75	0.43	1.96	0.34	0.67	0.07	0.15	0.0437
7.7	8.7	8.2	220	1619	0.124	0.909	0.091	90.90	1.01	8.31	0.87	2.10	0.26	0.55	0.11	0.23	0.0349
8.8	9.8	9.3	121	1740	0.068	0.977	0.023	97.70	0.63	5.88	1.33	2.23	0.15	0.34	0.09	0.20	0.0276
9.9	10.9	10.4	30	1770	0.017	0.994	0.006	99.38	0.18	1.82	1.63	2.34	0.04	0.09	0.03	0.06	0.0216
11.0	12.0	11.5	7	1777	0.004	0.998	0.002	99.78	0.05	0.52	1.81	2.44	0.01	0.02	0.01	0.02	0.0168
12.1	13.1	12.6	4	1781	0.002	1.000	0.000	100.00	0.03	0.36							0.0131
		78.6	1781		1.000				5.57	37.27			1.55	2.86	-0.29	0.279	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

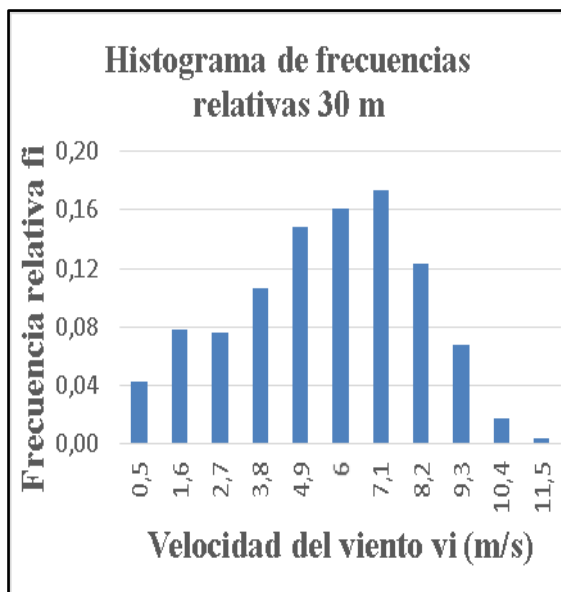


Fig. 4.145 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

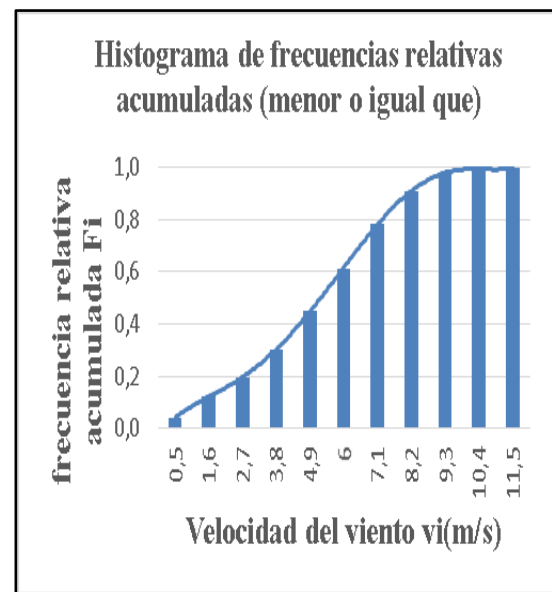


Fig. 4.146 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

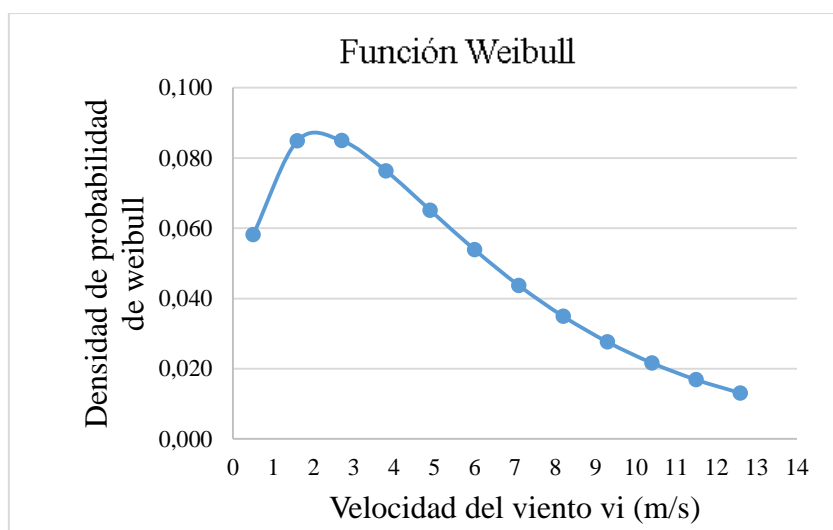


Fig. 4.147 Función de Weibull- Verano 2015-30 m

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Tabla 4.130 Resultados del análisis estadístico- Verano 2015-30 m

Estaciones	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Verano 2015	5,57	1,59	5,66	1,48	0,22

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.131 Interés eólico- Verano 2015-30m

Estaciones	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) (W/m^2)
Verano 2015	326,81	0,79	121573,86	128,73

Fuente: Autor

INVIERNO 2016 (ENERO-MAYO)

Torre a 10 m de altura

Tabla 4.132 Análisis estadístico- Invierno 2016 -10 m

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
0.0	1.0	0.5	292	292	0.0800	0.080	0.9200	8.00	0.04	0.02	-2.48	-0.7	-0.06	0.04	-0.20	0.138	0.1222
1.1	2.1	1.6	432	724	0.1184	0.198	0.8015	19.85	0.19	0.30	-1.51	0.5	0.06	0.03	-0.18	-0.084	0.1255
2.2	3.2	2.7	385	1109	0.1055	0.304	0.6960	30.40	0.28	0.77	-1.01	1.0	0.10	0.10	-0.11	-0.106	0.1089
3.3	4.3	3.8	397	1506	0.1088	0.413	0.5872	41.28	0.41	1.57	-0.63	1.3	0.15	0.19	-0.07	-0.092	0.0901
4.4	5.4	4.9	443	1949	0.1214	0.534	0.4657	53.43	0.60	2.92	-0.27	1.6	0.19	0.31	-0.03	-0.052	0.0729
5.5	6.5	6	507	2456	0.1390	0.673	0.3268	67.32	0.83	5.00	0.11	1.8	0.25	0.45	0.02	0.028	0.0582
6.6	7.6	7.1	509	2965	0.1395	0.813	0.1872	81.28	0.99	7.03	0.52	2.0	0.27	0.54	0.07	0.141	0.0460
7.7	8.7	8.2	358	3323	0.0981	0.911	0.0891	91.09	0.80	6.60	0.88	2.1	0.21	0.43	0.09	0.182	0.0361
8.8	9.8	9.3	195	3518	0.0535	0.964	0.0356	96.44	0.50	4.62	1.20	2.2	0.12	0.27	0.06	0.144	0.0282
9.9	10.9	10.4	96	3614	0.0263	0.991	0.0093	99.07	0.27	2.85	1.54	2.3	0.06	0.14	0.04	0.095	0.0220
11.0	12.0	11.5	23	3637	0.0063	0.997	0.0030	99.70	0.07	0.83	1.76	2.4	0.02	0.04	0.01	0.027	0.0171
12.1	13.1	12.6	9	3646	0.0025	0.999	0.0005	99.95	0.03	0.39	2.02	2.5	0.01	0.02	0.00	0.013	0.0132
13.2	14.2	13.7	2	3648	0.0005	1.000	0.0000	100	0.01	0.10							0.0102
		92.3	3648		1				5.03	33.01			1.37	2.55	-0.29	0.434	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

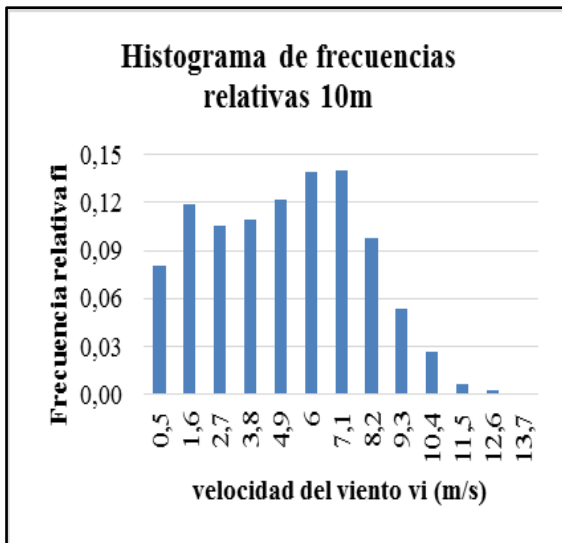


Fig. Frecuencias relativas
Fuente: Autor

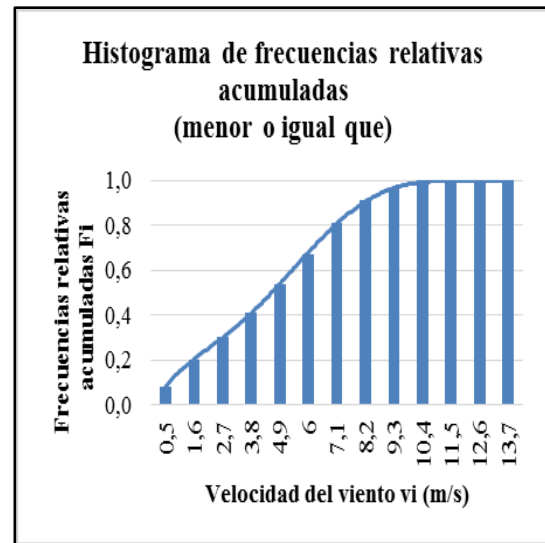


Fig. 4.148 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

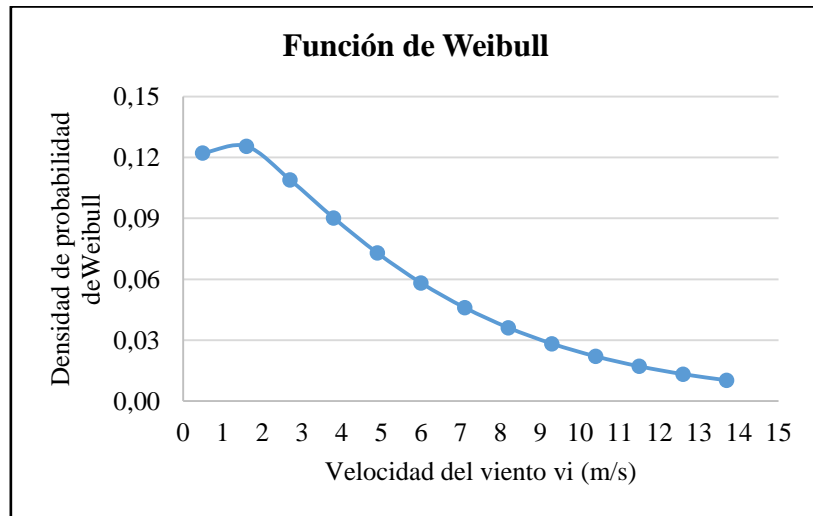


Fig. 4.149 Función de Weibull- invierno 2016-10 m
Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Tabla 4.133 Resultados del análisis estadístico- Invierno 2016-10 m

Estaciones	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Invierno 2016	5,03	1,26	4,98	0,83	0,17

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.134 Interés eólico- Invierno 2016-10 m

Estaciones	Valor medio del cubo de las velocidades $s < v^3 >$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Invierno 2016	358,26	0,781	653460,97	140,01

Fuente: Autor

Torre a 20 m de altura

Tabla 4.135 Análisis estadístico- Invierno 2016 -20 m

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
0.5	1.5	1	390	390	0.107	0.107	0.893	10.69	0.11	0.11	-2.18	0.00	0.00	0.00	-0.23	0	0.0948
1.6	2.6	2.1	382	772	0.105	0.212	0.788	21.16	0.22	0.46	-1.44	0.74	0.08	0.06	-0.15	-0.112	0.0990
2.7	3.7	3.2	379	1151	0.104	0.316	0.684	31.55	0.33	1.06	-0.97	1.16	0.12	0.14	-0.10	-0.117	0.0893
3.8	4.8	4.3	409	1560	0.112	0.428	0.572	42.76	0.48	2.07	-0.58	1.46	0.16	0.24	-0.07	-0.095	0.0761
4.9	5.9	5.4	462	2022	0.127	0.554	0.446	55.43	0.68	3.69	-0.21	1.69	0.21	0.36	-0.03	-0.046	0.0628
6.0	7.0	6.5	507	2529	0.139	0.693	0.307	69.33	0.90	5.87	0.17	1.87	0.26	0.49	0.02	0.0434	0.0509
7.1	8.1	7.6	485	3014	0.133	0.826	0.174	82.62	1.01	7.68	0.56	2.03	0.27	0.55	0.07	0.1509	0.0407
8.2	9.2	8.7	313	3327	0.086	0.912	0.088	91.20	0.75	6.49	0.89	2.16	0.19	0.40	0.08	0.1648	0.0322
9.3	10.3	9.8	181	3508	0.050	0.962	0.038	96.16	0.49	4.77	1.18	2.28	0.11	0.26	0.06	0.1338	0.0253
10.4	11.4	11	94	3602	0.026	0.987	0.013	98.74	0.28	3.06	1.48	2.39	0.06	0.15	0.04	0.0908	0.0198
11.5	12.5	12	30	3632	0.008	0.996	0.004	99.56	0.10	1.18	1.69	2.48	0.02	0.05	0.01	0.0346	0.0154
12.6	13.6	13	13	3645	0.004	0.999	0.001	99.92	0.05	0.61	1.96	2.57	0.01	0.02	0.01	0.018	0.0119
13.7	14.7	14	3	3648	0.001	1.000	0.000	100.00	0.01	0.17							0.0092
			3648		1.000				5.41	37.23			1.50	2.71	-0.29	0.2666	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

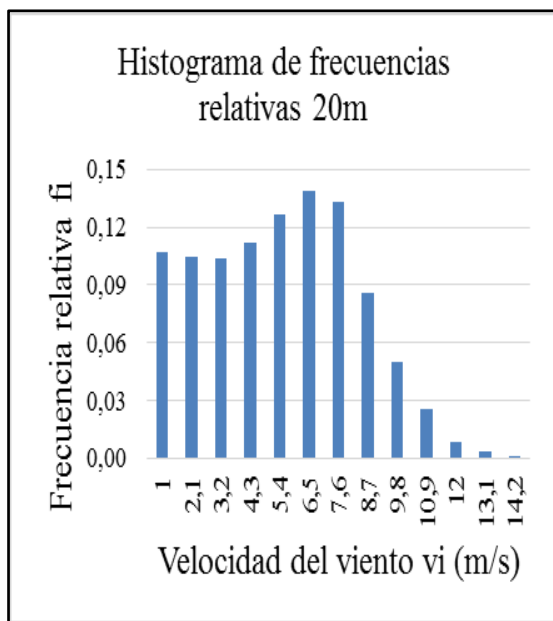


Fig. 4.150 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

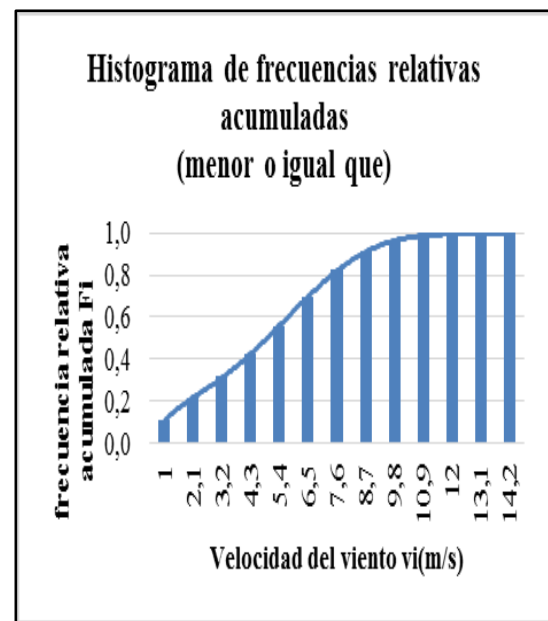


Fig. 4.151 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

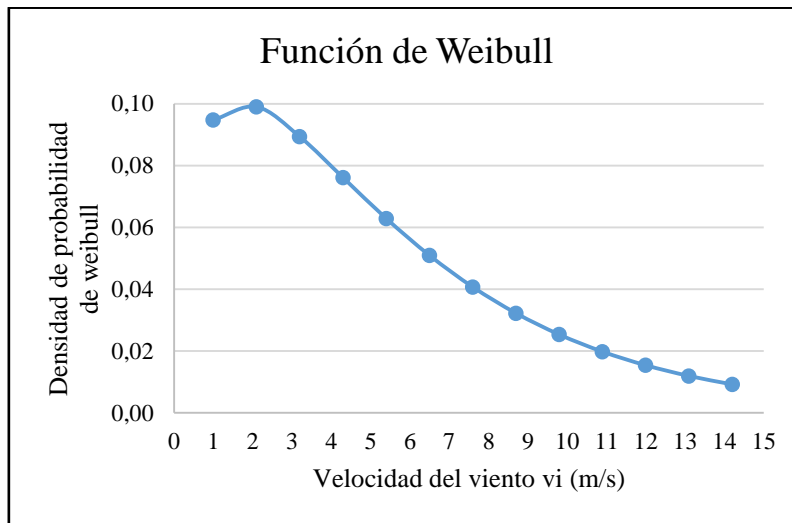


Fig. 4.152 Función de Weibull- Invierno-20m

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Tabla 4.136 Resultados del análisis estadístico- Invierno 2016-20 m

Estaciones	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Invierno 2016	5,41	1,46	5,43	0,84	0,16

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.137 Interés eólico- Invierno 2016-20 m

Estaciones	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Invierno 2016	337,63	0,78	615832,27	131,94

Fuente: Autor

Torre a 30m de altura

Tabla 4.138 Análisis estadístico- Invierno 2016 -30 m

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
0.5	1.5	1.0	362	362	0.099	0.099	0.901	9.92	0.10	0.10	-2.26	0.00	0.00	0.00	-0.22	0.00	0.0886
1.6	2.6	2.1	364	726	0.100	0.199	0.801	19.90	0.21	0.44	-1.51	0.74	0.07	0.05	-0.15	-0.11	0.0947
2.7	3.7	3.2	375	1101	0.103	0.302	0.698	30.18	0.33	1.05	-1.02	1.16	0.12	0.14	-0.11	-0.12	0.0867
3.8	4.8	4.3	373	1474	0.102	0.404	0.596	40.41	0.44	1.89	-0.66	1.46	0.15	0.22	-0.07	-0.10	0.0747
4.9	5.9	5.4	487	1961	0.133	0.538	0.462	53.76	0.72	3.89	-0.26	1.69	0.23	0.38	-0.03	-0.06	0.0622
6.0	7.0	6.5	519	2480	0.142	0.680	0.320	67.98	0.92	6.01	0.13	1.87	0.27	0.50	0.02	0.03	0.0508
7.1	8.1	7.6	504	2984	0.138	0.818	0.182	81.80	1.05	7.98	0.53	2.03	0.28	0.57	0.07	0.15	0.0409
8.2	9.2	8.7	318	3302	0.087	0.905	0.095	90.52	0.76	6.60	0.86	2.16	0.19	0.41	0.07	0.16	0.0326
9.3	10.3	9.8	182	3484	0.050	0.955	0.045	95.50	0.49	4.79	1.13	2.28	0.11	0.26	0.06	0.13	0.0258
10.4	11.4	10.9	104	3588	0.029	0.984	0.016	98.36	0.31	3.39	1.41	2.39	0.07	0.16	0.04	0.10	0.0203
11.5	12.5	12.0	41	3629	0.011	0.995	0.005	99.48	0.13	1.62	1.66	2.48	0.03	0.07	0.02	0.05	0.0158
12.6	13.6	13.1	14	3643	0.004	0.999	0.001	99.86	0.05	0.66	1.89	2.57	0.01	0.03	0.01	0.02	0.0123
13.7	14.7	14.2	5	3648	0.001	1.000	0.000	100.00	0.02	0.28							0.0096
		98.8	3648		1.000				5.54	38.70			1.52	2.78	-0.29	0.245	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

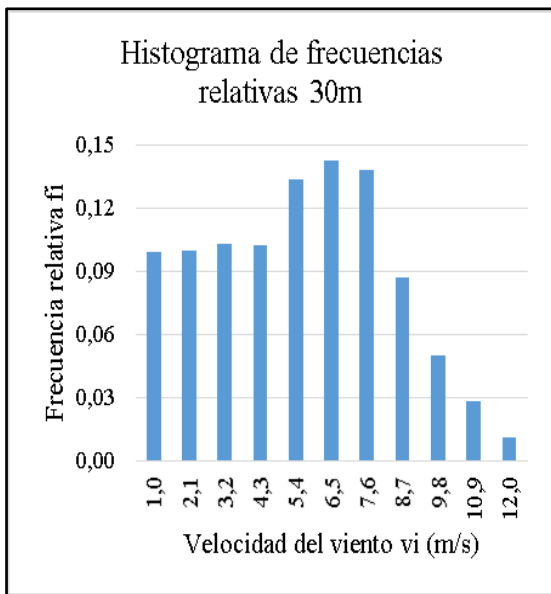


Fig. 4.153 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

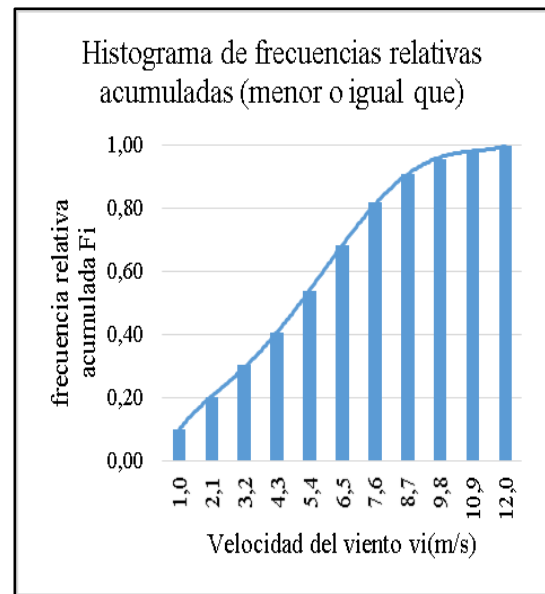


Fig. 4.154 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

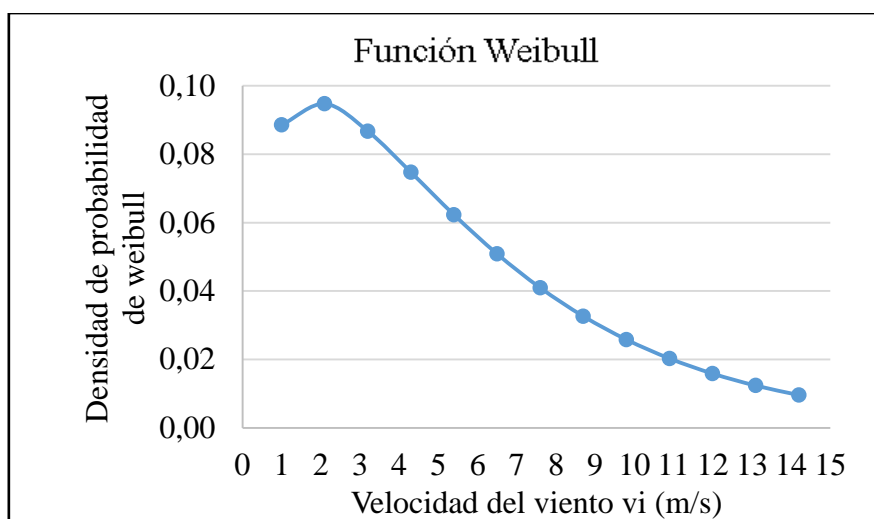


Fig. 4.155 Función de Weibull- Invierno-30m

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Tabla 4.139 Resultados del análisis estadístico- Invierno 2016-30 m

Estaciones	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Invierno 2016	5,54	1,49	5,58	0,83	0,15

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.140 Interés eólico- Invierno 2016-30m

Estaciones	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Invierno 2016	354,39	0,78	646406,04	138,49

Fuente: Autor

Verano 2016 (Junio-Septiembre)

Torre a 10m de altura

Tabla 4.141 Análisis estadístico- Verano 2016 -10 m

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
0.0	1.0	0.5	101	101	0.0345	0.035	0.9655	3.45	0.02	0.01	-3.35	-0.7	-0.02	0.02	-0.12	0.080	0.0365
1.1	2.1	1.6	132	233	0.0451	0.080	0.9204	7.96	0.07	0.12	-2.49	0.5	0.02	0.01	-0.11	-0.053	0.0631
2.2	3.2	2.7	173	406	0.0591	0.139	0.8612	13.88	0.16	0.43	-1.90	1.0	0.06	0.06	-0.11	-0.112	0.0688
3.3	4.3	3.8	248	654	0.0848	0.224	0.7765	22.35	0.32	1.22	-1.37	1.3	0.11	0.15	-0.12	-0.156	0.0657
4.4	5.4	4.9	367	1021	0.1254	0.349	0.6511	34.89	0.61	3.01	-0.85	1.6	0.20	0.32	-0.11	-0.169	0.0590
5.5	6.5	6	441	1462	0.1507	0.500	0.5003	49.97	0.90	5.43	-0.37	1.8	0.27	0.48	-0.06	-0.099	0.0510
6.6	7.6	7.1	496	1958	0.1695	0.669	0.3308	66.92	1.20	8.55	0.10	2.0	0.33	0.65	0.02	0.034	0.0430
7.7	8.7	8.2	460	2418	0.1572	0.826	0.1736	82.64	1.29	10.57	0.56	2.1	0.33	0.70	0.09	0.185	0.0357
8.8	9.8	9.3	346	2764	0.1183	0.945	0.0554	94.46	1.10	10.23	1.06	2.2	0.26	0.59	0.13	0.280	0.0292
9.9	10.9	10.4	109	2873	0.0373	0.982	0.0181	98.19	0.39	4.03	1.39	2.3	0.09	0.20	0.05	0.121	0.0237
11.0	12.0	11.5	44	2917	0.0150	0.997	0.0031	99.69	0.17	1.99	1.76	2.4	0.04	0.09	0.03	0.064	0.0190
12.1	13.1	12.6	5	2922	0.0017	0.999	0.0014	99.86	0.02	0.27	1.89	2.5	0.00	0.01	0.00	0.008	0.0152
13.2	14.2	13.7	4	2926	0.0014	1.000	0.0000	100	0.02	0.26							0.0120
		92.3	2926		1				6.28	46.11			1.69	3.28	-0.31	0.185	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

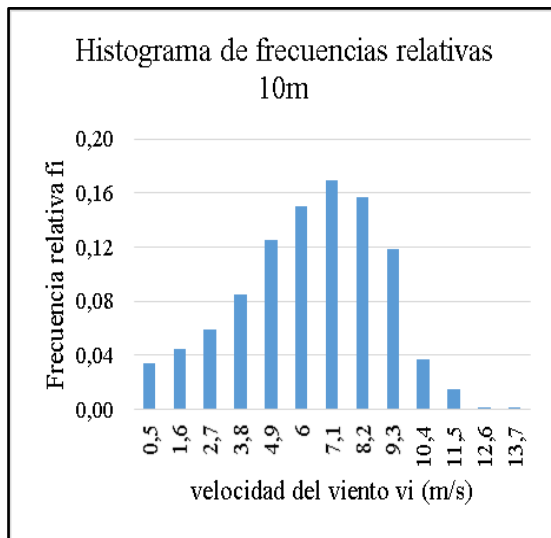


Fig. 4.156 Frecuencias relativas

Fuente: Autor

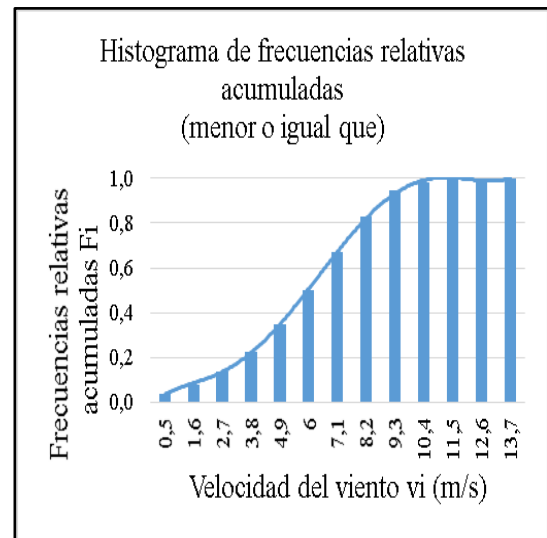


Fig. 4.157 Frecuencias relativas acumuladas

Fuente: Autor

Función de Weibull

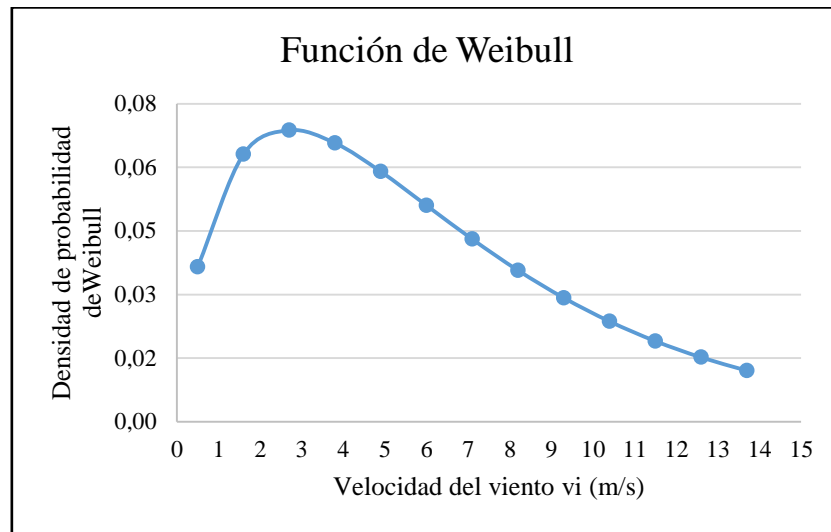


Fig. 4.158 Función de Weibull- Verano 2016-10 m
Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Tabla 4.142 Resultados del análisis estadístico- Verano 2016-10 m

Estaciones	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Verano 2016	6,28	1,72	6,50	0,87	0,14

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.143 Interés eólico- Verano 2016-10m

Estaciones	Valor medio del cubo de las velocidades $s < v^3 >$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Verano 2016	438,50	0,79	641958,23	172,79

Fuente: Autor

Torre a 20m de altura

Tabla 4.144 Analisis estadístico- Verano 2016 -20m

L.i	L.s	vi	ni	Ni	f	Fi<=	Ft' >=	f%	f*vi	f*vi^2	yi	xi	f*xi	f*xi^2	f*yi	f*xi*yi	Densidad de probabilidad
0.5	1.5	1	103	103	0.035	0.035	0.965	3.52	0.04	0.04	-3.33	0.00	0.00	0.00	-0.12	0	0.0258
1.6	2.6	2.1	117	220	0.040	0.075	0.925	7.52	0.08	0.18	-2.55	0.74	0.03	0.02	-0.10	-0.076	0.0421
2.7	3.7	3.2	179	399	0.061	0.136	0.864	13.64	0.20	0.63	-1.92	1.16	0.07	0.08	-0.12	-0.137	0.0482
3.8	4.8	4.3	280	679	0.096	0.232	0.768	23.21	0.41	1.77	-1.33	1.46	0.14	0.20	-0.13	-0.186	0.0481
4.9	5.9	5.4	364	1043	0.124	0.357	0.643	35.66	0.67	3.63	-0.82	1.69	0.21	0.35	-0.10	-0.172	0.0445
6.0	7.0	6.5	428	1471	0.146	0.503	0.497	50.29	0.95	6.18	-0.36	1.87	0.27	0.51	-0.05	-0.098	0.0393
7.1	8.1	7.6	497	1968	0.170	0.673	0.327	67.28	1.29	9.81	0.11	2.03	0.34	0.70	0.02	0.0382	0.0336
8.2	9.2	8.7	429	2397	0.147	0.819	0.181	81.95	1.28	11.10	0.54	2.16	0.32	0.69	0.08	0.1706	0.0280
9.3	10.3	9.8	349	2746	0.119	0.939	0.061	93.88	1.17	11.46	1.03	2.28	0.27	0.62	0.12	0.2798	0.0230
10.4	11.4	11	116	2862	0.040	0.978	0.022	97.85	0.43	4.71	1.34	2.39	0.09	0.23	0.05	0.1274	0.0186
11.5	12.5	12	51	2913	0.017	0.996	0.004	99.59	0.21	2.51	1.70	2.48	0.04	0.11	0.03	0.0738	0.0149
12.6	13.6	13	7	2920	0.002	0.998	0.002	99.83	0.03	0.41	1.85	2.57	0.01	0.02	0.00	0.0114	0.0118
13.7	14.7	14	5	2925	0.002	1.000	0.000	100.00	0.02	0.34							0.0093
			2925		1.000				6.78	52.77			1.80	3.53	-0.31	0.0331	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

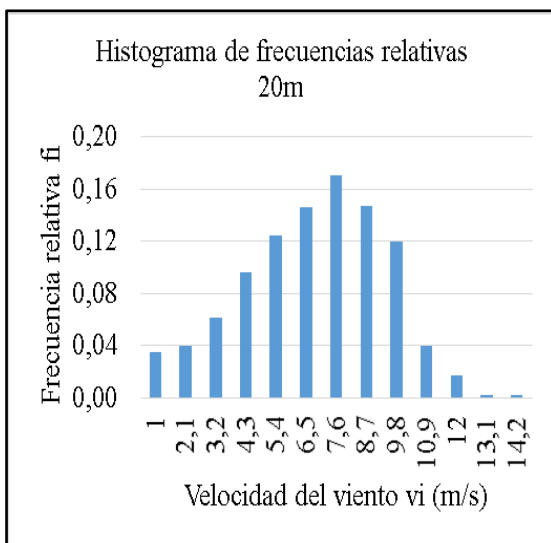


Fig. 4.159 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

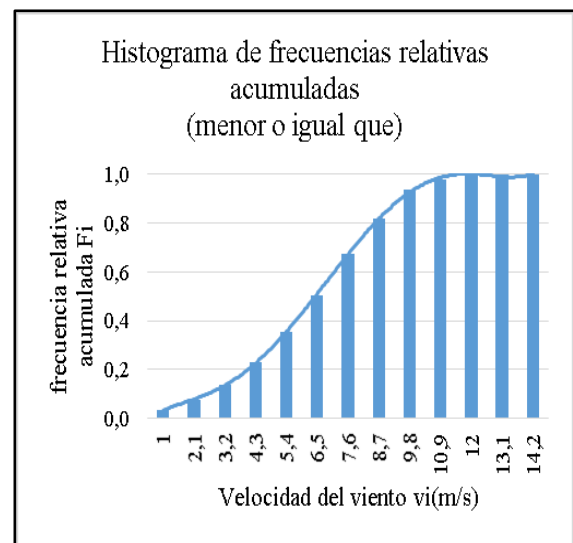


Fig. 4.160 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

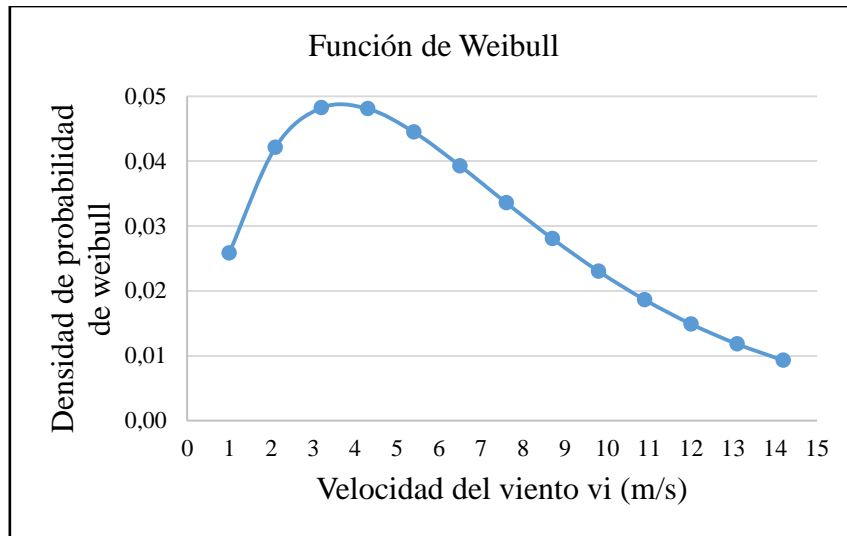


Fig. 4.161 Función de Weibull- Verano 2016-20m
Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Tabla 4.145 Resultados del análisis estadístico- Verano 2016-20m

Estaciones	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Verano 2016	6,78	2,10	7,03	0,87	0,13

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.146 Interés eólico- Verano 2016-20m

Estaciones	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Verano 2016	439,57	0,79	643534,31	173,21

Fuente: Autor

Torre a 30m de altura

Tabla 4.147 Análisis estadístico- Verano 2016 -30m

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
0.5	1.5	1	65	65	0.022	0.022	0.978	2.22	0.02	0.02	-3.80	0.00	0.00	0.00	-0.08	0.00	0.0156
1.6	2.6	2.1	97	162	0.033	0.055	0.945	5.54	0.07	0.15	-2.86	0.74	0.02	0.02	-0.10	-0.07	0.0300
2.7	3.7	3.2	151	313	0.052	0.107	0.893	10.70	0.17	0.53	-2.18	1.16	0.06	0.07	-0.11	-0.13	0.0373
3.8	4.8	4.3	267	580	0.091	0.198	0.802	19.84	0.39	1.69	-1.51	1.46	0.13	0.19	-0.14	-0.20	0.0391
4.9	5.9	5.4	376	956	0.129	0.327	0.673	32.69	0.69	3.75	-0.93	1.69	0.22	0.37	-0.12	-0.20	0.0374
6.0	7.0	6.5	441	1397	0.151	0.478	0.522	47.78	0.98	6.37	-0.43	1.87	0.28	0.53	-0.07	-0.12	0.0337
7.1	8.1	7.6	510	1907	0.174	0.652	0.348	65.22	1.33	10.07	0.05	2.03	0.35	0.72	0.01	0.02	0.0292
8.2	9.2	8.7	436	2343	0.149	0.801	0.199	80.13	1.30	11.29	0.48	2.16	0.32	0.70	0.07	0.15	0.0246
9.3	10.3	9.8	353	2696	0.121	0.922	0.078	92.20	1.18	11.59	0.94	2.28	0.28	0.63	0.11	0.26	0.0202
10.4	11.4	10.9	149	2845	0.051	0.973	0.027	97.30	0.56	6.05	1.28	2.39	0.12	0.29	0.07	0.16	0.0164
11.5	12.5	12	56	2901	0.019	0.992	0.008	99.21	0.23	2.76	1.58	2.48	0.05	0.12	0.03	0.08	0.0131
12.6	13.6	13.1	19	2920	0.006	0.999	0.001	99.86	0.09	1.12	1.89	2.57	0.02	0.04	0.01	0.03	0.0103
13.7	14.7	14.2	4	2924	0.001	1.000	0.000	100.00	0.02	0.28							0.0081
		98.8	2924		1.000				7.02	55.67			1.85	3.67	-0.31	-0.030	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

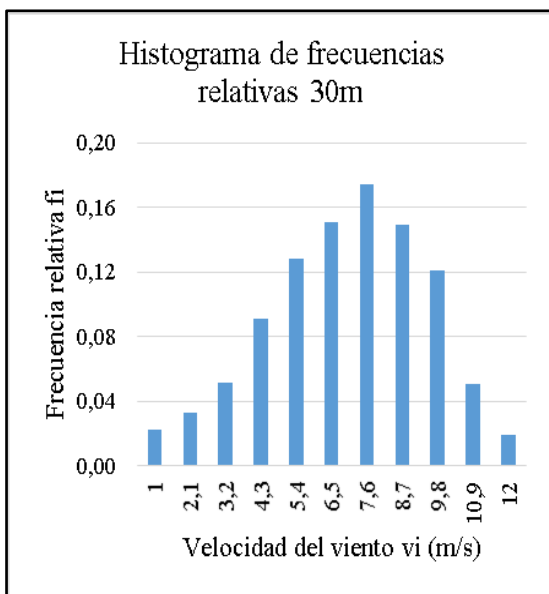


Fig. 4.162 Frecuencias relativas
Fuente: Autor

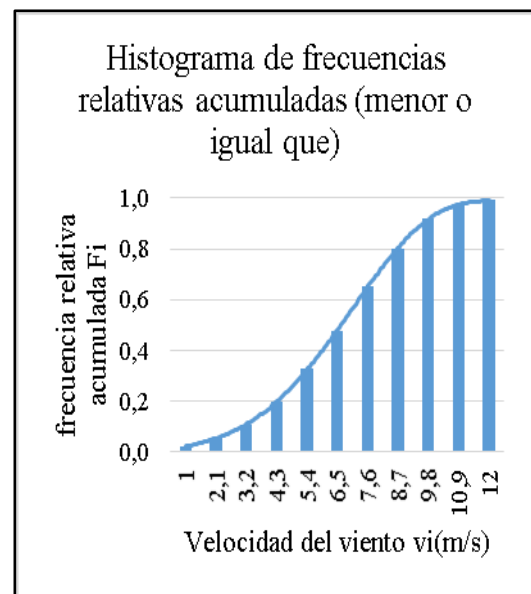


Fig. 4.163 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

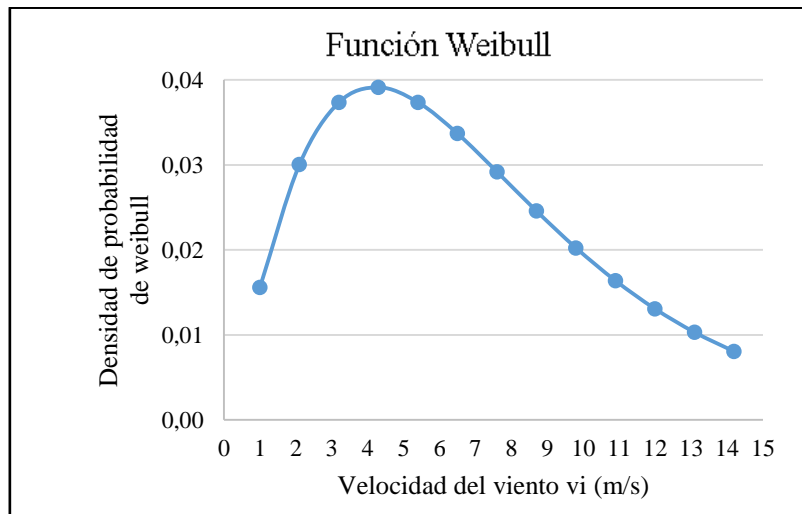


Fig. 4.164 Función de Weibull- Verano 2016-30m
Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Tabla 4.148 Resultados del análisis estadístico- Verano 2016-30m

Estaciones	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Verano 2016	7,02	2,36	7,29	0,86	0,12

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.149 Interés eólico-Verano 2016-30m

Estaciones	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Verano 2016	444,16	0,79	650250,44	175,02

Fuente: Autor

4.2.8 Dirección del viento por estaciones del año en el Ecuador

Verano 2015 (Octubre-Diciembre)

Tabla 4.150 Dirección Predominante- Verano 2015

DIRECCIÓN DEL VIENTO		
N	Norte	41
NNE	Norte Noreste	112
NE	Noreste	487
ENE	Este Nordeste	3718
E	Este	2956
ESE	Este Sudeste	1987
SE	Sudeste	96
SSE	Sur Sudeste	97
S	Sur	291
SSO	Sur Sudoeste	169
SO	Sudoeste	150
OSO	Oeste Sudoest	319
O	Oeste	113
ONO	Oeste Noroest	61
NO	Noroeste	44
NNO	Norte Noreoes	43
MAYOR PRESENCIA		3718

Fuente: Autor

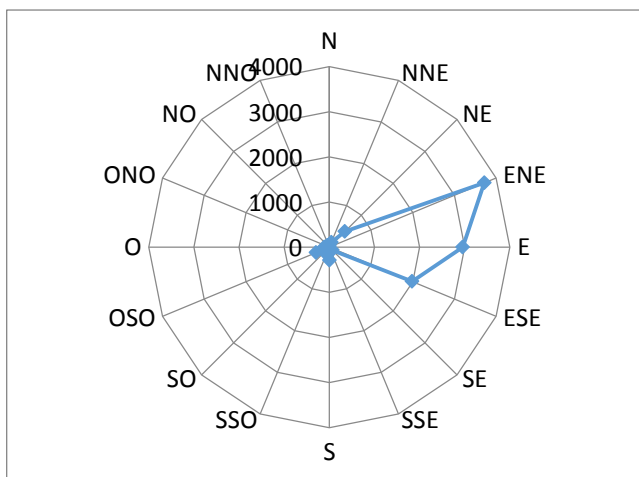


Fig. 4.165 Dirección del viento-Verano 2015

Fuente: Autor

Invierno 2016 (Enero- Mayo)

Tabla 4.151 Dirección Predominante- Invierno 2016

DIRECCIÓN DEL VIENTO		
N	Norte	150
NNE	Norte Noreste	219
NE	Noreste	1291
ENE	Este Nordeste	6887
E	Este	5792
ESE	Este Sudeste	4143
SE	Sudeste	295
SSE	Sur Sudeste	317
S	Sur	956
SSO	Sur Sudoeste	516
SO	Sudoeste	268
OSO	Oeste Sudoest	331
O	Oeste	212
ONO	Oeste Noroest	186
NO	Noroeste	185
NNO	Norte Noreoes	138
MAYOR PRESENCIA		6887

Fuente: Autor

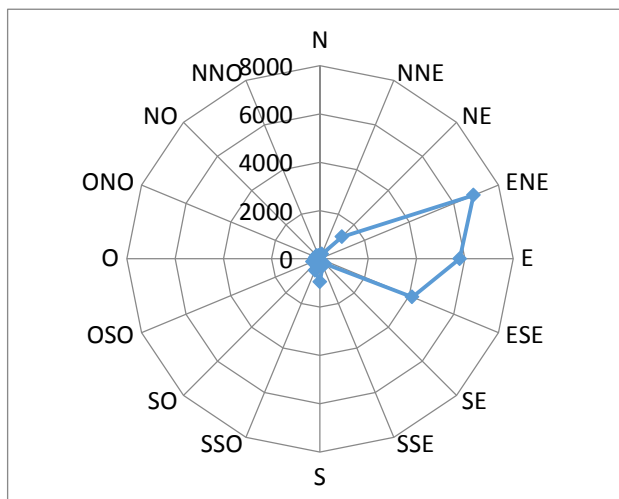


Fig. 4.166 Dirección del viento-Invierno 2016

Fuente: Autor

Verano 2016 (Junio-Septiembre)

Tabla 4.152 Dirección Predominante- Verano 2016

DIRECCIÓN DEL VIENTO		
N	Norte	19
NNE	Norte Noreste	62
NE	Noreste	580
ENE	Este Nordeste	4980
E	Este	6905
ESE	Este Sudeste	4445
SE	Sudeste	104
SSE	Sur Sudeste	56
S	Sur	188
SSO	Sur Sudoeste	45
SO	Sudoeste	47
OSO	Oeste Sudoest	45
O	Oeste	23
ONO	Oeste Noroest	33
NO	Noroeste	18
NNO	Norte Noreoes	18
	MAYOR PRESENCIA	6905

Fuente: Autor

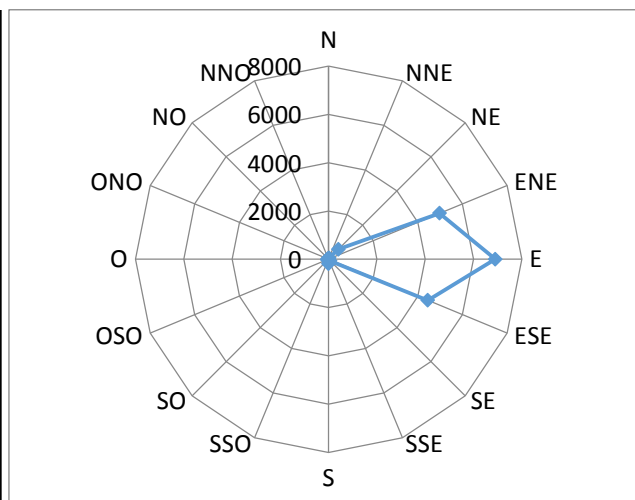


Fig. 4.167 Dirección del viento-Verano 2016

Fuente: Autor

4.2.9 Tratamiento estadístico de los datos anual (2015-2016)

Torre a 10m de altura

Tabla 4.153 Análisis estadístico Anual-10m

L.i	L.s	vi	ni	Ni	f	Fi<=	Fi' >=	f%	f*vi	f*vi^2	yi	xi	f*xi	f*xi^2	f*yi	f*xi*yi	Densidad de probabilidad
0.0	1.0	0.5	496	496	0.0594	0.0594	0.9406	5.94	0.03	0.01	-2.79	-0.7	-0.04	0.03	-0.166	0.115	0.0821
1.1	2.1	1.6	731	1227	0.0875	0.1468	0.8532	14.68	0.14	0.22	-1.84	0.5	0.04	0.02	-0.161	-0.076	0.1008
2.2	3.2	2.7	725	1952	0.0868	0.2336	0.7664	23.36	0.23	0.63	-1.32	1.0	0.09	0.09	-0.115	-0.114	0.0947
3.3	4.3	3.8	857	2809	0.1025	0.3361	0.6639	33.61	0.39	1.48	-0.89	1.3	0.14	0.18	-0.092	-0.122	0.0825
4.4	5.4	4.9	1077	3886	0.1289	0.4650	0.5350	46.50	0.63	3.09	-0.47	1.6	0.20	0.33	-0.060	-0.096	0.0693
5.5	6.5	6	1238	5124	0.1481	0.6131	0.3869	61.31	0.89	5.33	-0.05	1.8	0.27	0.48	-0.008	-0.014	0.0570
6.6	7.6	7.1	1298	6422	0.1553	0.7685	0.2315	76.85	1.10	7.83	0.38	2.0	0.30	0.60	0.059	0.116	0.0462
7.7	8.7	8.2	996	7418	0.1192	0.8876	0.1124	88.76	0.98	8.01	0.78	2.1	0.25	0.53	0.093	0.196	0.0371
8.8	9.8	9.3	620	8038	0.0742	0.9618	0.0382	96.18	0.69	6.42	1.18	2.2	0.17	0.37	0.088	0.196	0.0295
9.9	10.9	10.4	224	8262	0.0268	0.9886	0.0114	98.86	0.28	2.90	1.50	2.3	0.06	0.15	0.040	0.094	0.0234
11.0	12.0	11.5	73	8335	0.0087	0.9974	0.0026	99.74	0.10	1.16	1.78	2.4	0.02	0.05	0.016	0.038	0.0184
12.1	13.1	12.6	14	8349	0.0017	0.9990	0.0010	99.90	0.02	0.27	1.94	2.5	0.00	0.01	0.003	0.008	0.0145
13.2	14.2	13.7	6	8355	0.0007	0.9998	0.0002	99.98	0.01	0.13	2.12	2.6	0.00	0.00	0.002	0.004	0.0113
14.3	15.3	14.8	2	8357	0.0002	1.0000	0.0000	100.00	0.00	0.05							0.0088
		107	8357		1				5.50	37.55			1.50	2.83	-0.30	0.345	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

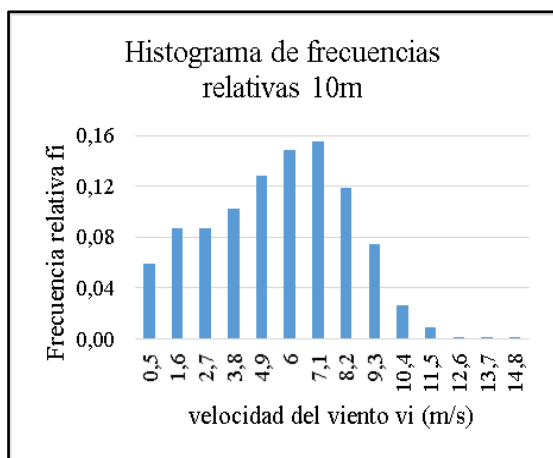


Fig. 4.168 Frecuencia relativa
Fuente: Autor

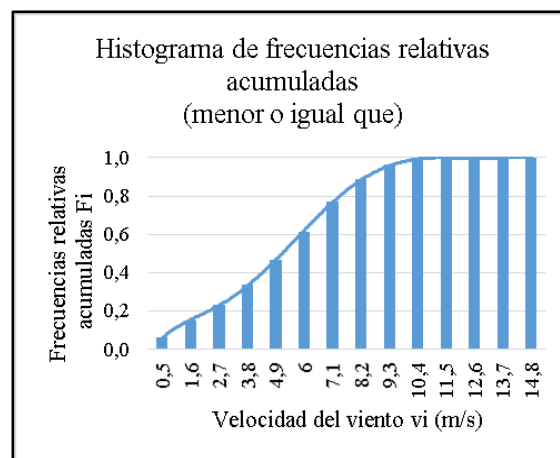


Fig. 4.169 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

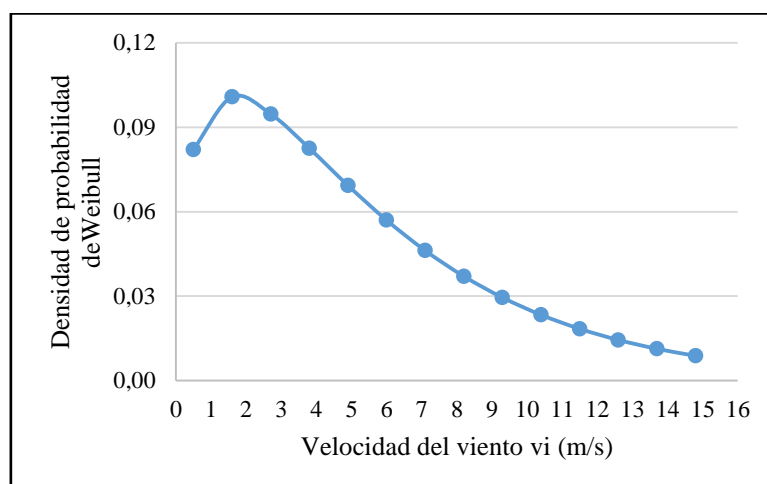


Fig. 4.170 Función de Weibull-Anual10m
Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Anual 10m

Tabla 4.154 Resultados del análisis estadístico- Anual-10m

Año	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
10/2015-09/2016	5,50	1,42	5,56	0,64	0,12

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.155 Interés eólico- Anual-10m

Año	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $\left(\frac{kw * h}{m^2 * año}\right)$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
10/2015-09/2016	384,93	0,79	1608,44	151,12

Fuente: Autor

Torre a 20m de altura

Tabla 4.156 Análisis estadístico Anual-20m

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
0.5	1.5	1	655	655	0.0784	0.0784	0.9216	7.84	0.08	0.08	-2.51	0.00	0.000	0.00	-0.196	0	0.0655
1.6	2.6	2.1	638	1293	0.0763	0.1547	0.8453	15.47	0.16	0.34	-1.78	0.74	0.057	0.04	-0.136	-0.101	0.0781
2.7	3.7	3.2	724	2017	0.0866	0.2414	0.7586	24.14	0.28	0.89	-1.29	1.16	0.101	0.12	-0.111	-0.13	0.0759
3.8	4.8	4.3	927	2944	0.1109	0.3523	0.6477	35.23	0.48	2.05	-0.83	1.46	0.162	0.24	-0.093	-0.135	0.0680
4.9	5.9	5.4	1082	4026	0.1295	0.4818	0.5182	48.18	0.70	3.78	-0.42	1.69	0.218	0.37	-0.054	-0.092	0.0583
6.0	7.0	6.5	1227	5253	0.1468	0.6286	0.3714	62.86	0.95	6.20	-0.01	1.87	0.275	0.51	-0.001	-0.003	0.0487
7.1	8.1	7.6	1265	6518	0.1514	0.7799	0.2201	77.99	1.15	8.74	0.41	2.03	0.307	0.62	0.063	0.1273	0.0399
8.2	9.2	8.7	894	7412	0.1070	0.8869	0.1131	88.69	0.93	8.10	0.78	2.16	0.231	0.50	0.083	0.1803	0.0322
9.3	10.3	9.8	603	8015	0.0722	0.9591	0.0409	95.91	0.71	6.93	1.16	2.28	0.165	0.38	0.084	0.1914	0.0258
10.4	11.4	11	224	8239	0.0268	0.9859	0.0141	98.59	0.29	3.18	1.45	2.39	0.064	0.15	0.039	0.0928	0.0204
11.5	12.5	12	87	8326	0.0104	0.9963	0.0037	99.63	0.12	1.50	1.72	2.48	0.026	0.06	0.018	0.0446	0.0161
12.6	13.6	13	20	8346	0.0024	0.9987	0.0013	99.87	0.03	0.41	1.89	2.57	0.006	0.02	0.005	0.0116	0.0126
13.7	14.7	14	8	8354	0.0010	0.9996	0.0004	99.96	0.01	0.19	2.07	2.65	0.003	0.01	0.002	0.0053	0.0099
14.8	15.8	15	3	8357	0.0004	1.0000	0.0000	100.00	0.01	0.08							0.0077
			8357		1.000				5.90	42.47			1.61	3.02	-0.30	0.1934	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

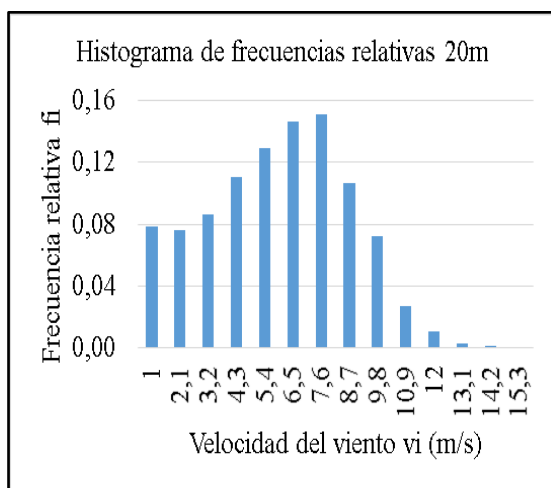


Fig. 4.171 Frecuencia relativa
Fuente: Autor

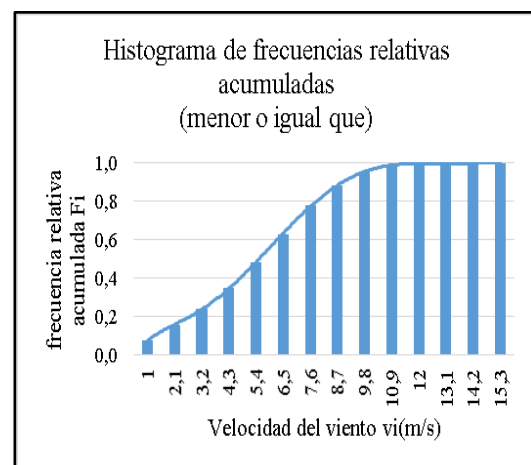


Fig. 4.172 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

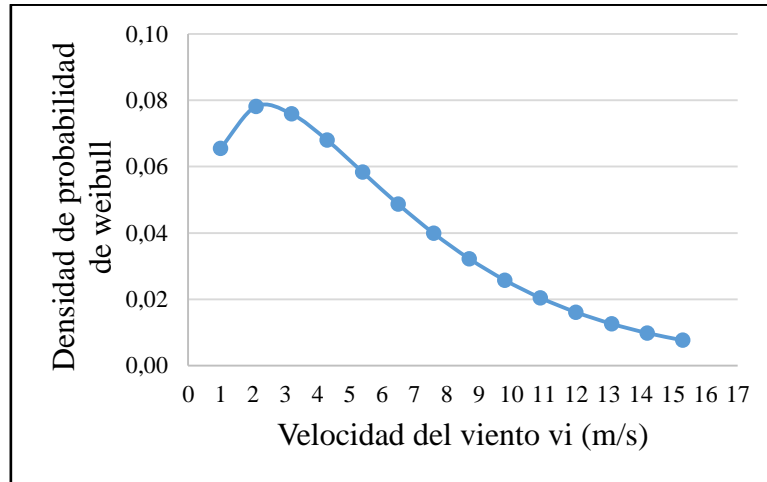


Fig. 4.173 Función de Weibull-Anual 20m

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Anual 20m

Tabla 4.157 Resultados del análisis estadístico- Anual-20m

Año	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
10/2015-09/2016	5,9	1,64	6,03	0,64	0,11

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.158 Interés eólico- Anual-20m

Año	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
10/2015-09/2016	375,26	0,79	1568,04	147,33

Fuente: Autor

Torre a 30m de altura

Tabla 4.159 Análisis estadístico Anual-30m

L.i	L.s	vi	ni	Ni	fi	Fi<=	Fi' >=	f%	fi*vi	fi*vi^2	yi	xi	fi*xi	fi*xi^2	fi*yi	fi*xi*yi	Densidad de probabilidad
1.0	2.0	1.5	824	824	0.0986	0.0986	0.9014	9.86	0.148	0.22	-2.27	0.41	0.04	0.02	-0.22	-0.09	0.0595
2.1	3.1	2.6	643	1467	0.0769	0.1755	0.8245	17.55	0.200	0.52	-1.64	0.96	0.07	0.07	-0.13	-0.12	0.0674
3.2	4.2	3.7	732	2199	0.0876	0.2631	0.7369	26.31	0.324	1.20	-1.19	1.31	0.11	0.15	-0.10	-0.14	0.0651
4.3	5.3	4.8	993	3192	0.1188	0.3820	0.6180	38.20	0.570	2.74	-0.73	1.57	0.19	0.29	-0.09	-0.14	0.0584
5.4	6.4	5.9	1207	4399	0.1444	0.5264	0.4736	52.64	0.852	5.03	-0.29	1.77	0.26	0.46	-0.04	-0.07	0.0502
6.5	7.5	7	1298	5697	0.1553	0.6817	0.3183	68.17	1.087	7.61	0.14	1.95	0.30	0.59	0.02	0.04	0.0419
7.6	8.6	8.1	1185	6882	0.1418	0.8235	0.1765	82.35	1.149	9.30	0.55	2.09	0.30	0.62	0.08	0.16	0.0343
8.7	9.7	9.2	728	7610	0.0871	0.9106	0.0894	91.06	0.801	7.37	0.88	2.22	0.19	0.43	0.08	0.17	0.0277
9.8	10.8	10.3	471	8081	0.0564	0.9670	0.0330	96.70	0.581	5.98	1.23	2.33	0.13	0.31	0.07	0.16	0.0220
10.9	11.9	11.4	188	8269	0.0225	0.9895	0.0105	98.95	0.256	2.92	1.52	2.43	0.05	0.13	0.03	0.08	0.0174
12.0	13.0	12.5	62	8331	0.0074	0.9969	0.0031	99.69	0.093	1.16	1.75	2.53	0.02	0.05	0.01	0.03	0.0136
13.1	14.1	13.6	15	8346	0.0018	0.9987	0.0013	99.87	0.024	0.33	1.89	2.61	0.00	0.01	0.00	0.01	0.0106
14.2	15.2	14.7	8	8354	0.0010	0.9996	0.0004	99.96	0.014	0.21	2.07	2.69	0.00	0.01	0.00	0.01	0.0082
15.3	16.3	15.8	3	8357	0.0004	1.0000	0.0000	100.00	0.006	0.09							0.0064
		121	8357		1.000				6.09	44.39			1.67	3.12	-0.29	0.102	

Fuente: Autor

Representación de distribución de velocidades

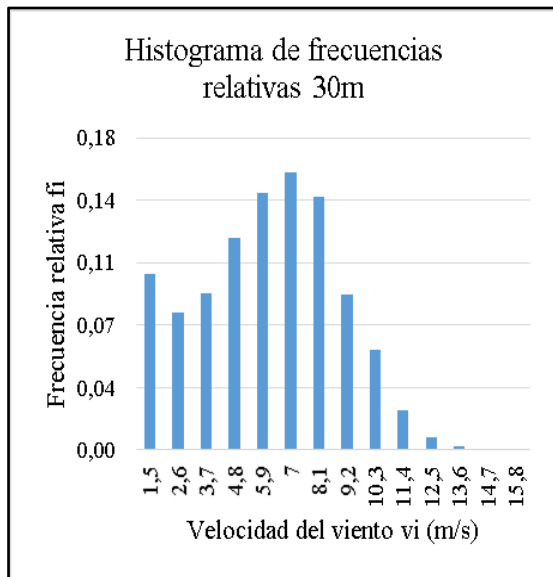


Fig. 4.174 Frecuencia relativa
Fuente: Autor

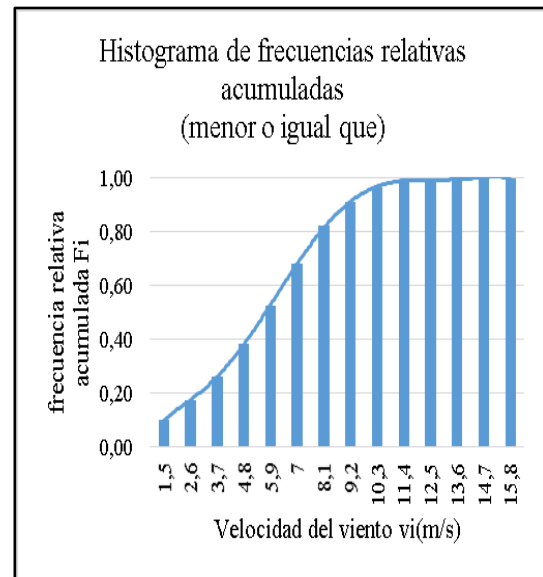


Fig. 4.175 Frecuencias relativas acumuladas
Fuente: Autor

Función de Weibull

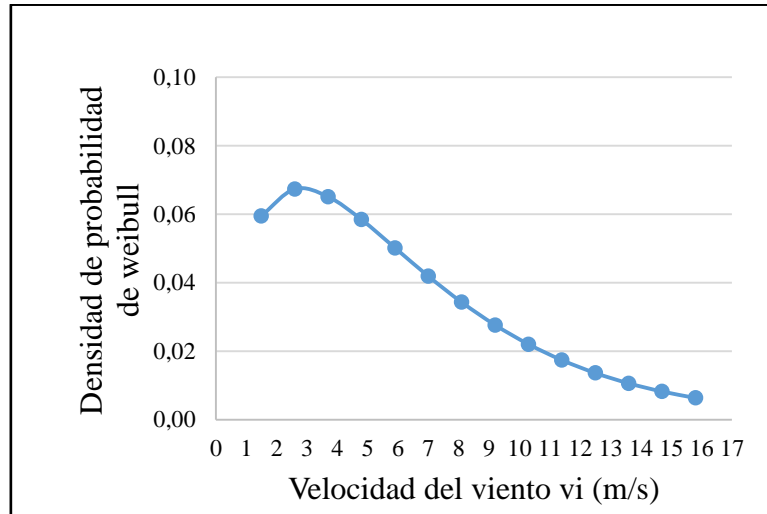


Fig. 4.176 Función de Weibull-Anua30m

Fuente: Autor

Resultado del tratamiento estadístico de la velocidad del viento

Resultados del análisis estadístico- Anual 30m

Tabla 4.160 Resultados del análisis estadístico- Anual-30m

Año	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
10/2015-09/2016	6,09	1,80	6,25	0,55	0,11

Fuente: Autor

Potencial eólico

Tabla 4.161 Interés eólico- Anual-10m

Año	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible $(\frac{P_d/A}{W/m^2})$
10/2015-09/2016	365,64	0,79	1527,82	143,55

Fuente: Autor

4.2.10 Dirección del viento anual (2015-2016)

Tabla 4.162 Dirección Predominante-Anual

DIRECCIÓN DEL VIENTO		
N	Norte	210
NNE	Norte Noreste	393
NE	Noreste	2358
ENE	Este Nordeste	15585
E	Este	15653
ESE	Este Sudeste	10575
SE	Sudeste	495
SSE	Sur Sudeste	470
S	Sur	1435
SSO	Sur Sudoeste	730
SO	Sudoeste	465
OSO	Oeste Sudoest	695
O	Oeste	348
ONO	Oeste Noroest	280
NO	Noroeste	247
NNO	Norte Noreoes	199
	MAYOR PRESENCIA	15653

Fuente: Autor

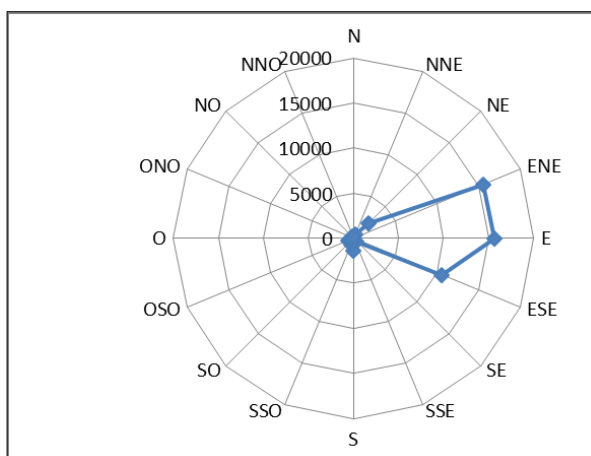


Fig. 4.177 Dirección del viento anual
Fuente: Autor

4.2.11 Resultado general mensual

Torre a 10 m

Tabla 4.163 Resultado estadístico mensual-10 m

Meses	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Octubre	5,14	2,02	5,12	1,01	0,2
Noviembre	4,14	1,09	3,88	1,03	0,31
Diciembre	6,01	2,07	6,14	1,01	0,21
Enero	4,11	1,24	3,83	1,12	0,34
Febrero	5,94	1,94	6,02	1,08	0,23
Marzo	5,01	1,48	4,83	1,13	0,28
Abril	4,71	1,28	4,55	1,08	0,29
Mayo	5,76	1,45	5,83	1,01	0,22
Junio	6,67	2,09	6,83	1,04	0,2
Julio	6,90	2,37	7,08	1,04	0,18
Agosto	6,49	2,40	6,60	1,08	0,21
Septiembre	5,32	1,27	5,42	1,02	0,23

Fuente: Autor

Tabla 4.164 Interés eólico mensual-10m

Meses	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Octubre	176,49	0,79	28768,65	69,39
Noviembre	256,98	0,79	95595,7	100,86
Diciembre	296,31	0,78	110228,29	116,22
Enero	172,70	0,78	64245,93	67,5
Febrero	299,18	0,78	104113,37	117,07
Marzo	231,79	0,78	86225,74	90,66
Abril	262,78	0,78	94600,50	102,81
Mayo	422,33	0,78	157105,37	165,54
Junio	404,21	0,79	145516,79	159,27
Julio	405,87	0,79	150984,12	160,13
Agosto	325,95	0,79	121254,71	128,51
Septiembre	454,33	0,79	163557,80	179,06

Fuente: Autor

El mes con mayor presencia de vientos es Julio con un valor de 6.90 m/s a una altura de 10 m, mientras que Enero es el mes con menor presencia de viento con un valor de 4.11 m/s.

Torre a 20 m**Tabla 4.165** Resultado estadístico mensual-20m

Meses	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Octubre	5,36	2,12	5,37	1,01	0,19
Noviembre	4,35	1,17	4,15	1,02	0,29
Diciembre	6,31	2,03	6,48	1,01	0,19
Enero	4,20	1,22	3,94	1,10	0,33
Febrero	6,33	1,97	6,45	1,12	0,22
Marzo	5,44	1,59	5,32	1,14	0,26
Abril	4,96	1,43	4,98	1,08	0,26
Mayo	6,26	1,74	6,4	1,02	0,20
Junio	7,24	2,29	7,43	1,07	0,18
Julio	7,46	2,35	7,74	1,04	0,17
Agosto	7,01	2,53	7,1	1,13	0,20
Septiembre	5,72	1,94	5,83	1,02	0,22

Fuente: Autor

Tabla 4.166 Interés eólico mensual-20m

Meses	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Octubre	194,11	0,79	33917,46	76,31
Noviembre	258,40	0,79	96124,93	101,42
Diciembre	355,99	0,78	132427,90	139,62
Enero	192,20	0,78	71497,88	75,11
Febrero	362,74	0,78	115366,87	141,95
Marzo	272,24	0,78	101275,09	106,48
Abril	270,28	0,78	100721,03	105,74
Mayo	411,57	0,78	153105,62	161,32
Junio	480,94	0,79	176202,81	189,5
Julio	532,28	0,79	198006,40	210
Agosto	391,47	0,79	145627,17	154,34
Septiembre	272,03	0,79	97929,24	107,21

Fuente: Autor

Para la altura de 20 m el mes con mayor presencia de viento es Julio con un valor de 7.46 m/s, con un potencial eólico de 210 W/m² mientras que el mes con menor presencia de viento es Enero con un valor de 4.20 m/s, con un potencial de 75.11 W/m²

Torre a 30 m**Tabla 4.167** Resultado estadístico mensual-30m

Meses	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Octubre	5,62	2,49	5,65	1,01	0,18
Noviembre	4,42	1,18	4,19	1,00	0,28
Diciembre	6,55	2,27	6,73	1,02	0,18
Enero	4,18	1,19	3,89	1,10	0,33
Febrero	6,53	2,11	6,65	1,11	0,21
Marzo	5,64	1,76	5,5	1,18	0,26
Abril	5,27	1,47	5,24	1,10	0,26

Mayo	6,46	1,81	6,6	1,01	0,19
Junio	7,43	2,26	7,66	1,06	0,18
Julio	7,70	2,23	8,04	1,06	0,16
Agosto	7,28	2,65	7,37	1,17	0,20
Septiembre	6	2,1	6,13	1,02	0,20

Fuente: Autor

Tabla 4.168 Interés eólico mensual-30m

Meses	Valor medio del cubo de las velocidades < v^3 >	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) ($\frac{kw * h}{m^2 * mes}$)	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Octubre	198,71	0,79	32857,98	78,12
Noviembre	258,14	0,79	96026,36	101,31
Diciembre	361,38	0,78	134431,88	141,74
Enero	200	0,78	74773,53	78,55
Febrero	369,2	0,78	131401,08	144,47
Marzo	258,55	0,78	96179,44	101,13
Abril	298,15	0,78	96906,61	116,65
Mayo	430,16	0,78	160019,57	168,61
Junio	534,24	0,79	196094,2	210,5
Julio	622,97	0,79	231744,32	245,78
Agosto	425,3	0,79	158211,94	167,67
Septiembre	292,46	0,79	105284,73	115,27

Fuente: Autor

A una altura de 30 m el mes con mayor presencia de viento es Julio con un valor de 7,7 m/s y un potencial eólico de 245,78 W/m² y mientras que Enero es el mes con menor presencia con una velocidad de 4,18 m/s y un potencial de 78,55 W/m².

4.2.12 Resultado general por estaciones climáticas existentes en el ecuador

Torre a 10 m

Tabla 4.169 Resultado estadístico por estaciones del año-10m

Estaciones	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Verano 2015	5,13	1,52	5,14	0,95	0,15
Invierno 2016	5,03	1,26	4,98	0,83	0,17
Verano 2016	6,28	1,72	6,50	0,87	0,14

Fuente: Autor

Tabla 4.170 Interés eólico por estaciones del año -10m

Estaciones	Valor medio del cubo de las velocidades $s < v^3 >$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Verano 2015	266,38	0,79	237209,22	104,93
Invierno 2016	358,26	0,78	653460,97	140,01
Verano 2016	438,50	0,79	641958,23	172,79

Fuente: Autor

Torre a 20 m

Tabla 4.171 Resultado estadístico por estaciones del año-20m

Estaciones	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Verano 2015	5,41	1,54	5,47	0,97	0,147
Invierno 2016	5,41	1,46	5,43	0,84	0,155
Verano 2016	6,78	2,10	7,03	0,87	0,128

Fuente: Autor

Tabla 4.172 Interés eólico por estaciones del año -20m

Estaciones	Valor medio del cubo de las velocidades $s < v^3 >$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Verano 2015	313,21	0,79	278909,35	123,38
Invierno 2016	337,63	0,78	615832,27	131,94
Verano 2016	439,57	0,79	643534,31	173,21

Fuente: Autor

Torre a 30m

Tabla 4.173 Resultado estadístico por estaciones del año-30m

Estaciones	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
Verano 2015	5,57	1,59	5,66	1,48	0,22
Invierno 2016	5,54	1,49	5,58	0,83	0,15
Verano 2016	7,02	2,36	7,29	0,86	0,12

Fuente: Autor

Tabla 4.174 Interés eólico por estaciones del año -30m

Estaciones	Valor medio del cubo de las velocidades $s < v^3 >$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
Verano 2015	326,81	0,79	121573,86	128,73
Invierno 2016	354,39	0,78	646406,04	138,49
Verano 2016	444,16	0,79	650250,44	175,02

Fuente: Autor

La época con mayor presencia de viento en el sector de Río Blanco es en verano con una velocidad media de 6,28 m/s a 10 metros de altura, 6,78 m/s a 20 metros y 7,02 m/s a 30 metros de altura, evidenciando así el potencial eólico que aporta en esta época del año.

4.2.13 Resultado general anual

Torre a 10m

Tabla 4.175 Resultado estadístico anual-10m

Año	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
10/2015-09/2016	5,50	1,42	5,56	0,64	0,12

Fuente: Autor

Tabla 4.176 Interés eólico anual-10m

Año	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * año})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
10/2015-09/2016	384,93	0,79	1608,44	151,12

Fuente: Autor

Torre a 20m**Tabla 4.177** Resultado estadístico anual-20m

Año	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
10/2015-09/2016	5,9	1,64	6,03	0,64	0,11

Fuente: Autor

Tabla 4.178 Interés eólico anual -20m

Año	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
10/2015-09/2016	375,26	0,79	1568,04	147,33

Fuente: Autor

Torre a 30m**Tabla 4.179** Resultado estadístico anual-30m

Año	Velocidad media (m/s)	Factor de forma k	Factor de escala c (m/s)	Desviación estándar (σ)	Intensidad de Turbulencia
10/2015-09/2016	6,09	1,8	6,25	0,55	0,11

Fuente: Autor

Tabla 4.180 Interés eólico anual -30m

Año	Valor medio del cubo de las velocidades $\langle v^3 \rangle$	Densidad del aire (kg/m^3)	Densidad de energía (E/A) $(\frac{kw * h}{m^2 * mes})$	Potencial eólico disponible (P_d/A) W/m^2
10/2015-09/2016	365,64	0,79	1527,82	143,55

Fuente: Autor

Del análisis de los datos de velocidad del viento anual se determinó que para una altura de 10 metros se tiene una velocidad media de 5,5 m/s, con un potencial eólico de 151,12 W/m², mientras que para una altura de 20 m se tiene una velocidad de 5.9 m/s con un potencial eólico de 147,327 W/m² y a una altura de 30 m se tiene una velocidad media de 6.09 m/s con un potencial eólico de 143,548 W/m².

4.2.14 Velocidades eficaces mensuales (m/s)

Tabla 4.181 Velocidades eficaces mensuales

MESES	VELOCIDAD EFICAZ 10m	VELOCIDAD EFICAZ 20m	VELOCIDAD EFICAZ 30m
OCTUBRE	5,61	5,93	5,86
NOVIEMBRE	6,36	6,34	6,39
DICIEMBRE	6,67	7,13	7,17
ENERO	5,57	5,79	5,87
FEBRERO	6,69	6,92	7,17
MARZO	6,14	6,46	6,43
ABRIL	6,41	6,54	6,46
MAYO	7,50	7,50	7,55
JUNIO	7,39	7,88	1,99
JULIO	7,40	8,10	8,54
AGOSTO	6,88	7,32	7,52
SEPTIEMBRE	7,69	6,48	6,64

Fuente: Autor

4.2.15 Velocidades eficaces por estaciones climáticas de ecuador (m/s)

Tabla 4.182 Velocidades eficaces por estaciones

ESTACIONES	VELOCIDAD EFICAZ 10 m	VELOCIDAD EFICAZ 20 m	VELOCIDAD EFICAZ 30 m
VERANO 2015	6,43	6,79	6,89
INVIERNO 2016	7,10	6,96	7,08
VERANO 2016	7,60	7,60	7,63

Fuente: Autor

4.2.16 Velocidad eficaz anual (m/s)

Tabla 4.183 Velocidad eficaz anual

AÑO	VELOCIDAD EFICAZ 10 m	VELOCIDAD EFICAZ 20 m	VELOCIDAD EFICAZ 30 m
Octubre 2015- Septiembre 2016	7,27	7,21	7,15

Fuente: Autor

4.2.17 Evaluación energética

En el sector de Río Blanco se ha encontrado que la mayoría de casas son otorgadas por el Gobierno del Ecuador.

Los electrodomésticos y aparatos eléctricos más usados en las familias del sector de Río Blanco son: televisores, Radios, planchas, cargadores de celular y licuadoras.

En cuanto al tiempo de uso de los aparatos mencionados anteriormente, los habitantes manifestaron que el más usado es el radio debido a que en la mañana las personas mayores salen a sus labores y hay ocasiones en las que sus casas se quedan abandonadas, razón por la cual ellos dejan el radio encendido por varias horas al día, en cuanto a luminarias manifestaron que el uso es aproximadamente de 3 - 4 horas especialmente en las noches.

De acuerdo al análisis realizado se ha elaborado la siguiente tabla en la cual se indica en detalle el consumo energético de una de las viviendas.

Tabla 4.184 Consumo energético

CARGAS	NÚMERO DE CARGAS	POTENCIA UNITARIA (W)	CONSUMO ESTIMADO (h/día)	ENERGÍA (wh/día)	ENERGÍA (wh/mes)	ENERGÍA (wh/año)
Focos ahorradores	3	20	3	180	5400	65700
Radio	1	16	3	48	1440	17520
Televisor	1	100	1	100	3000	36500
Cargador de celular	1	5	1	5	150	1825
			Σ	333	9990	121545

Fuente: Autor

La necesidad energética sería de:

$$E = \frac{9990}{1000} = 9,99 \frac{kwh}{mes} = 10 \frac{kwh}{mes}$$

$$E = \frac{121545}{1000} = 121,545 \frac{kwh}{año}$$

El total de horas al año es de 8375 debido a que la recolección de datos se realizó a partir del 17 de octubre del 2015 y se procesó hasta el 30 de septiembre del 2016 teniendo así la diferencia de 385 horas del año que se encuentra en 8760.

La potencia útil P_u que deberá entregar el generador en un periodo de 8357 h/año deberá ser:

$$P_u = \frac{121,545}{8357} = 0,0145 kW$$

4.2.18 Variación de las características del viento con la altura

Del análisis estadístico anterior se determinó los diferentes cambios producidos en las características del viento, esto cambios se debe a la turbulencia presente en el sector de estudio causada por irregularidades del suelo y por los gradientes de temperatura que crea corrientes convectivas verticales a estas turbulencias se denomina turbulencias mecánicas y térmicas respectivamente a continuación se presenta las variaciones producidas en porcentaje.

Variación de las características del viento anual

Tabla 4.185 Variación del viento a 10 vs 20 m de altura

Año	Velocidad media 10m (m/s)	Velocidad media 30m (m/s)	% de Variación	Intensidad de Turbulencia 10m	Intensidad de Turbulencia 30m	% de Variación	Turbulencia
10/2015-09/2016	5,5	5,9	6,8	0,116	0,108	7,4	Baja

Fuente: Autor

Se determinó que la velocidad varía en un 6.78% a las alturas de 10 m y 20 m, mientras que la intensidad de turbulencia existe una variación de 7.4% esto se debe a que a menor altura la intensidad de turbulencia aumenta.

Tabla 4.186 Variación del viento a 10 vs 30 m de altura

Año	Velocidad media 10m (m/s)	Velocidad media 30m (m/s)	% de Variación	Intensidad de Turbulencia 10m	Intensidad de Turbulencia 30m	% de Variación	Turbulencia
10/2015-09/2016	5,5	6,09	9,7	0,116	0,107	8,4	Baja

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla anterior los porcentajes tanto de velocidad media e intensidad de turbulencia varían considerablemente esto se debe a que mayor altura existe menos fricción del viento y por ende la velocidad aumenta.

Tabla 4.187 Variación del viento a 20 vs 30 m de altura

Año	Velocidad media 20m (m/s)	Velocidad media 30m (m/s)	% de Variación	Intensidad de Turbulencia 20m	Intensidad de Turbulencia 30m	% de Variación	Turbulencia
10/2015-09/2016	5.9	6.09	3.1	0.108	0.107	0.9	Baja

Fuente: Autor

Entre las alturas de 20 y 30 m la variación de la velocidad media es de 3,1% es un valor relativamente bajo, mientras que la variación de la turbulencia es de 0,9%, este valor se debe a que a estas altura la fricción del viento es aproximadamente constante.

4.2.19 Influencia del relieve del terreno y los obstáculos con respecto a la velocidad del viento

Para obtener el valor de la rugosidad del terreno (α) se utilizó la ecuación 15 de Justus-Mikjail y se comparó las velocidades para las diferentes alturas.

Se utilizó las velocidades determinadas estadísticamente y se comparó con las velocidades en las cuales se incluye la rugosidad del terreno para (v) a 10 m -5,5 m/s, (v) a 20 m -5,9 m/s, (v) a 30 m -6.09 m/s

Tabla 4.188 Conocido la velocidad a 10m

z(m)	α	$\langle v_{20} \rangle$ m/s	$\langle v_{30} \rangle$ m/s
10	0,22	6,41	7,00

Fuente: Autor

Tabla 4.189 Conocido la velocidad a 20m

z(m)	α	$\langle v_{10} \rangle$	$\langle v_{30} \rangle$
20	0,23	5,04	6,47

Fuente: Autor

Tabla 4.190 Conocido la velocidad a 30m

z(m)	α	$\langle v_{10} \rangle$	$\langle v_{20} \rangle$
30	0,23	4,71	5,54

Fuente: Autor

A continuación se presenta la comparación de velocidades entre lo estadístico y lo aproximado mediante las alturas.

Tabla 4.191 Conocido la velocidad a 30m

Comparación	Velocidad $\langle v_{10} \rangle$	Comparación	Velocidad $\langle v_{20} \rangle$	Comparación	Velocidad $\langle v_{30} \rangle$
Velocidad Determinada Estadísticamente	5,5m/s	Velocidad Determinada Estadísticamente	5,9m/s	Velocidad Determinada Estadísticamente	6,09m/s
Velocidad Aproximada a $\langle v_{20} \rangle$	5,04 m/s	Velocidad Aproximada a $\langle v_{10} \rangle$	6,41 m/s	Velocidad Aproximada a $\langle 10 \rangle$	7 m/s
Velocidad Aproximada a $\langle v_{30} \rangle$	4,71m/s	Velocidad Aproximada a $\langle v_{30} \rangle$	5,54m/s	Velocidad Aproximada a $\langle v_{20} \rangle$	6,47m/s

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla anterior los resultados de las aproximaciones son muy similares a las calculadas estadísticamente, mientras menor es la altura de comparación más acerca al valor real de velocidad.

Los valores deben ser comparados respecto a la velocidad real calculada estadísticamente con los valores de las aproximaciones de las diferentes alturas.

4.3 Verificación de hipótesis

De la hipótesis planteada anteriormente “En el sector de Río Blanco Provincia de Tungurahua existe el potencial eólico necesario para la implementación de aerogeneradores de baja potencia”, para su verificación se realizó cálculos estadísticos para la determinación del potencial eólico presente en el sector de investigación, teniendo como resultado un potencial eólico para las diversas alturas:

- A 10 m cuenta con un Potencial de Eólico disponible de $151,123 \text{ W/m}^2$, mientras que para una altura de 20 m su potencial es de $147,327 \text{ W/m}^2$ y para una altura de 30 m su potencial es de $143,548 \text{ W/m}^2$.

Comprobando así que existe el potencial necesario para la implementación de Aero generadores de baja potencia, cuyo rango de interés eólico se encuentra entre $50\text{-}150\text{W/ m}^2$, se puede utilizar para fines de bombeo de agua y consumo dispersos de energía eléctrica a baja escala.

CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Mediante la prospección eólica preliminar se obtiene resultados muy aproximados a los reales o calculados estadísticamente, también se determinó el consumo de energía de un hogar típico del sector de Río Blanco, con el fin de obtener una potencia demandada al cual se va a satisfacer.
- Los vientos del sector son lo suficientemente aptos para la generación de energía a baja escala, esto de acuerdo a la escala de Beaufurt en la cual se determinó que las condiciones de viento presentes en el sector se encuentra en la descripción que dice: “levantamiento de polvo y pequeñas ramas se mueven”, asumiéndonos un valor de velocidad apropiado para la generación de energía a baja escala y esto fue confirmado con el análisis estadístico realizado.
- Del análisis estadístico mensual de los datos de viento se determinó que Julio es el mes en el cual el viento se encuentra con mayor intensidad, mientras que del análisis por estaciones del año, la época que presenta mayor intensidad es en Verano.
- Se encontró una intensidad de turbulencia alrededor de (0,1) que corresponde a una turbulencia baja, razón por la cual se pueden instalar aerogeneradores de eje horizontal, debido a que estos presentan mayor eficiencia, el índice de turbulencia es relativamente bajo, es decir se puede aprovechar el viento en forma efectiva, sin provocar mayor desgaste o averías al Aero generador.
- Las características de viento varían de acuerdo a la altura que se realice el análisis debido a factores de temperatura, relieve, obstáculos y rugosidad del terreno, estos factores hacen que el flujo de viento vaya en varias direcciones y disminuye su velocidad a menor altura y a mayor altura ocurre lo contrario.

5.2 Recomendaciones

- Realizar proyectos en energías alternativas, en la cual se incluya estudiantes y docentes de las universidades buscando el bienestar socio económico del país.
- Realizar monitoreo periódico programado de los aparatos colocados en el sector de investigación puesto que se encuentran expuestos al ambiente.
- Buscar patrocinadores que financien los proyectos de investigación dentro del ámbito de energías renovables, ya que tendrá un auge en los siguientes años.
- Vincular a la industria para el uso de energías alternativas, para un desarrollo sustentable del país.
- Continuar con la investigación e implementar aerogeneradores para producción de energía a baja escala, para beneficiar a grupos de escasos recursos económicos.
- Instalar en las torres de sustentación sensores de humedad relativa con el fin de poder estimar de una forma más exacta los valores de velocidad para las diferentes alturas de análisis.
- Tener cuidado al momento de realizar los estadísticos del viento debido a que un error en los cálculos podría arrojar valores irracionales respecto a los parámetros de análisis.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. M. M. Muniz y R. C. Garcia, *Energía Solar Térmica*, España: Fundación Confemetal.
- [2] «Ministerio de electricidad y Energía Renovable,» [En línea]. Available: <http://www.energia.gob.ec/inauguracion-proyecto-eolico-baltra-y-parque-fotovoltaico-puerto-ayora/#search>. [Último acceso: Abril 2016].
- [3] «Agencia de Regulación y Control de Electricidad,» Febrero 2016. [En línea]. Available: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/estadistica-del-sector-electrico/balance-nacional/>. [Último acceso: 11 Mayo 2016].
- [4] «Energía Renovable para Galapagos,» EDIECUATORIAL, 17 Octubre 2007. [En línea]. Available: <http://www.ergal.org/cms.php?c=1293>. [Último acceso: 4 Abril 2016].
- [5] R. y. R. Dissemination, «Energía Eólica,» [En línea]. Available: http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49917eec3c3bd/1234272658_Gu_a_EnergiaEolica_Alternar.pdf. [Último acceso: Abril 2016].
- [6] P. S.A., «Aero generadores,» [En línea]. Available: <http://www.proviento.com.ec/aerogeneradores.html>. [Último acceso: Mayo 2016].
- [7] G. A. D. P. d. Pilahuin, «Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015-2020,» Septiembre 2015. [En línea]. Available: file:///C:/Users/Jose/Downloads/1865019420001_PDOT_Pilahuin-_14-10-2015_20-34-56.pdf. [Último acceso: Mayo 2016].
- [8] M. Villarubia, *Energía Eólica*, Barcelona: Ceac, 2004.
- [9] B. Guairacaja, «Potencial Eólico,» de *PROYECCIÓN DE UN PARQUE EÓLICO Y MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN EL PROYECTO EÓLICO SAN VICENTE DE TIPÍN*, Riobamba, 2013, pp. 11-12.
- [10] S. Mathew, «Fundamentals, Resource Analysis and Economics,» de *Wind Energy*, India, 2006, pp. 53-54-55.
- [11] «National Geographic Society,» 2016. [En línea]. Available: <http://nationalgeographic.org/encyclopedia/beaufort-scale/>. [Último acceso: Junio 2016].
- [12] C. J.A. Carta R, «generación eléctrica con energías renovables,» de *Centrales de Energía Renovable*, Madrid, Pearson Educación S.A., 2009, pp. 351-352.
- [13] A. Juarez, «IPEM 56 Abraham Juarez Villa María - Cordova,» [En línea]. Available: <http://www.oni.escuelas.edu.ar/2008/CORDOBA/1324/trabajo/anemometro.html>.

[Último acceso: Junio 2016].

- [14] P. U. C. d. Chile, «Integración de Energía Eólica a Gran Escala en los Sistemas Interconectados,» [En línea]. Available: <http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno10/wind/index3.html>.
- [15] «SKYLANDS RENEWABLE ENERGY,» [En línea]. Available: <http://www.skylandsrenewableenergy.com/siteselection.html>. [Último acceso: Junio 2016].
- [16] R. L. Cifuentes, Guía de desarrollo de pequeños y medianos proyectos de energía eólica, Santiago de Chile : Rodrigo Calderon Vieytes, 2013.
- [17] S. Rodriguez, «Calameo,» 10 Abril 2010. [En línea]. Available: <http://es.calameo.com/read/00257993899e3334782ea>. [Último acceso: Junio 2016].
- [18] «Renewable Systems,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.renewableenergy.com>. [Último acceso: 10 Septiembre 2016].
- [19] M. V. Lopez, Ingeniería de la Energía Eólica, BARCELONA: Marcombo, 2012.
- [20] «Mi energía solar,» [En línea]. Available: http://mienergiasolar.es/energy_technologies/micro_wind.htm. [Último acceso: Abril 2016].

ANEXOS

Anexo 1.- Potencia nominal en generación de energía eléctrica

Anexo 2.- Capacidad efectiva en generación de energía eléctrica

Anexo 3.- Formato de Encuesta

Anexo4.- Fotografías

Anexo 1.- Potencia nominal en generación de energía eléctrica

Potencia nominal en generación de energía eléctrica

INFORMACIÓN ESTADÍSTICA FEBRERO 2016			
1. Potencia nominal en generación de energía eléctrica		MW	%
Energía Renovable	Hidráulica	2.412,86	40,11%
	Eólica	21,15	0,35%
	Fotovoltaica	26,41	0,44%
	Biomasa	144,30	2,40%
	Biogás	2,00	0,03%
Total Energía Renovable		2.606,72	43,34%
No Renovable	Térmica MCI	1.864,05	30,99%
	Térmica Turbogas	1.086,19	18,06%
	Térmica Turbovapor	458,24	7,62%
Total Energía No Renovable		3.408,47	56,66%
Total Potencia Nominal		6.015,19	100,00%

Fuente: Autor

Anexo 2.- Capacidad efectiva en generación de energía eléctrica

Capacidad efectiva en generación de energía eléctrica

INFORMACIÓN ESTADÍSTICA FEBRERO 2016

2. Capacidad efectiva en generación de energía eléctrica		MW	%
Energía Renovable	Hidráulica	2.401,30	43,16%
	Eólica	21,15	0,38%
	Fotovoltaica	26,37	0,47%
	Biomasa	136,40	2,45%
	Biogas	1,76	0,03%
Total Energía Renovable		2.586,99	46,50%
No Renovable	Térmica MCI	1.550,07	27,86%
	Térmica Turbogas	978,00	17,58%
	Térmica Turbovapor	448,24	8,06%
Total Energía No Renovable		2.976,31	53,50%
Total Capacidad Efectiva		5.563,30	100,00%

Fuente: Autor

Anexo 3.- Formato de Encuesta

Formato de la encuesta

ENCUESTA PROSPECCIÓN EÓLICA

A. INFORMACIÓN BÁSICA DE LA LOCALIDAD

Fecha de Entrevista: ____/____/____ Hora _____

B. INFORMACIÓN SOBRE LA VIVIENDA

1. Tenencia de la vivienda

Propia ()

Alquilada () ¿Cuánto paga al mes? S/.

2. Posee energía eléctrica Si () No () ¿Cuánto paga al mes? S/.

.....

3. Red de agua Si () No () ¿Cuánto paga al mes? S/.

.....

4. Teléfono Si () No () ¿Cuánto paga al mes? S/.

.....

C. INFORMACIÓN SOBRE LA FAMILIA

5. ¿Cuántos miembros tiene su familia? _____

6. ¿Cuántas personas trabajan en su familia? _____

7. ¿Cuál es la labor a la que se dedica el jefe de hogar? _____

8. ¿Cuál es el ingreso mensual por familia?

RANGO POR FAMILIA	Si/No
0-50	
50 – 150	
151 – 250	
251 – 350	
351 – 450	
MAYOR A 450	

D. INFORMACIÓN SOBRE EL CONSUMO DE ENERGIA EN LA VIVIENDA

9. ¿Qué tipo de electrodomésticos dispone la vivienda y el tiempo aproximado de uso diario?

ELECTRODOMÉSTICOS	Si/No	NUMERO	TIEMPO APROXIMADO DE USO INDIVIDUAL	TOTAL
Computador				
Televisor				
Radio				

Cocina eléctrica, a gas o inducción (especificar)				
Plancha				
Cargador de celular				
Licuada				

10. ¿Cantidad de luminarias por casa?

Tipo	Si/No	NUMERO	TIEMPO APROXIMADO
Focos normales			
Foco ahorradores			

E. INFORMACION SOBRE EL SANEAMIENTO

11. ¿Estado del agua usada para el aseo personal?

Estado	Si/No
Fría	
Caliente	

12. ¿Frecuencia con la que utiliza el agua caliente para el aseo personal?

	FRECUENCIA/SEMANA						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
FAMILIAS							

13. ¿Medio utilizado para el calentamiento del agua?

MEDIO	Gas	Electricidad	Leña	Otro
SELECCIÓN				

F. CARACTERÍSTICAS DEL VIENTO

14. ¿En qué meses el viento sopla con mayor fuerza?

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
-------	---------	-------	-------	------	-------	-------	--------	------------	---------	-----------	-----------

15. ¿A qué hora del día sopla con mayor fuerza?

.....

16. Dirección diaria del viento

NORTE	SUR	ESTE	OESTE
-------	-----	------	-------

17. ¿En que grado le colocaria usted a los vientos del sector de acuerdo a las condiciones?

Grado escala de Beaufort	Condiciones en Tierra	Selección
0	Calma	
1	Humo se eleva de forma diagonal	
2	Se siente el aire ligero en el cuerpo	
3	Las hojas se empiezan a mover	
4	Polvo y pequeñas ramas se mueven	
5	Arboles pequeños empiezan a moverse	
6	Ramas grandes se mueven	
7	Árboles enteros en movimiento molestia al caminar	
8	Difícil de caminar en contra del viento	
9	Daños en las viviendas	
10	Árboles arrancados de raíz, daños estructurales	
11-17	Catastrofes	

Anexo 4.- Fotografías



Realización de las encuestas

Fuente: Autor



Realización de las encuestas

Fuente: Autor



Vegetación del lugar
Fuente: Autor



Vegetación del lugar
Fuente: Autor



Torre de sustentación
Fuente: Autor



Equipo de recolección de datos de velocidad del viento
Fuente: Autor