



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA
ELÉCTRICA CON EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES COMO LA EÓLICA
EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA AMBATILLO
CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

AUTOR: Pérez Barrionuevo Franklin Andrés

TUTOR: Ing. Mg. Guevara Robalino Jorge Javier

Ambato-Ecuador

Octubre - 2020

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, con el tema **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES COMO LA EÓLICA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA AMBATILLO CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”** elaborado por el Sr. Pérez Barrionuevo Franklin Andrés, portador de la cédula de ciudadanía: 1804365003, egresado de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, Octubre 2020



Ing. Mg. Guevara Robalino Jorge Javier
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo Pérez Barrionuevo Franklin Andrés, con CI. 1804365003 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES COMO LA EÓLICA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA AMBATILLO CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor de la investigación, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Octubre 2020



Pérez Barrionuevo Franklin Andrés

C.I. 1804365003

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de 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 Proyecto Técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Octubre 2020

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Franklin Andrés Pérez Barrionuevo', is written over a horizontal line.

Pérez Barrionuevo Franklin Andrés

C.I. 1804365003

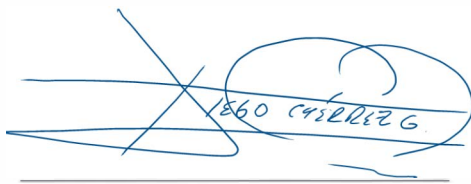
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Pérez Barrionuevo Franklin Andrés, de la Carrera de Ingeniería Civil, bajo el tema: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES COMO LA EÓLICA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA AMBATILLO CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

Ambato, Octubre 2020

Para constancia firman:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Diego Chérrez", written over a horizontal line.

Ing. Mg. Chérrez Gavilanes Diego Sebastián
Miembro del tribunal

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Wilfrido Galo", written over a horizontal line.

Ing. Mg. Núñez Aldas Galo Wilfrido
Miembro del tribunal

DEDICATORIA

A mis padres, Franklin y Karina por estar conmigo, por enseñarme a crecer y a que si tropiezo debo levantarme, por apoyarme y guiarme, por ser las bases que me ayudaron a llegar hasta aquí.

El presente trabajo es dedicado a ellos, a mi familia y amigos, quienes han sido parte fundamental para escribir esta tesis, ellos son quienes me dieron grandes enseñanzas y los principales protagonistas de este “sueño alcanzado”.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes.

Agradezco a mi tutor de tesis Mg. Ing. Jorge Guevara Robalino, quien con su experiencia, conocimiento y motivación me orientó en la investigación.

Agradezco a los todos docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad Técnica de Ambato.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA	i
A. PÁGINAS PRELIMINARES	ii
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE IMÁGENES	xv
RESUMEN EJECUTIVO	xvi
ABSTRACT	xvii
B. CONTENIDOS	1
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes Investigativos	1
1.1.1. Antecedentes	1
1.1.2. Justificación	3
1.1.3. Fundamentación Teórica	5
1.1.3.1. Energías renovables	5
1.1.3.2. El viento: una fuente inagotable de energía.....	7
1.1.3.3. La energía eólica.....	8
1.1.3.4. Aplicaciones.....	8

1.1.3.5. Beneficios	9
1.1.3.6. Inconvenientes	9
1.1.3.7. Estadísticas a nivel mundial.....	11
1.1.3.8. Energía eólica en ecuador	14
1.1.3.9. Equipos para generar electricidad.....	17
1.1.3.10. Estudio de vientos	20
1.2. Objetivos	23
1.2.1. Objetivo General	23
1.2.2. Objetivos Específicos	23
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....	24
2.1. Investigación Descriptiva	24
2.2. Investigación De campo.....	24
2.3. Población y Muestra	25
2.3.1. Población.....	25
2.3.2. Muestra	26
2.3.2.1. Muestra para determinar consumo energético	26
2.3.2.2. Muestra para determinar las velocidades medias del viento	26
2.3.2.3. Muestra para determinar la presión y temperatura promedio del aire	26
2.4. Materiales y Equipos	27
2.4.1. Materiales.....	27
2.4.2. Equipos.....	27
2.5. Métodos.....	29
2.5.1. Plan de recolección de datos.....	29
2.5.2. Plan de procesamiento y Análisis de información.....	30
2.5.2.1. Datos de consumo energético en viviendas	30
2.5.2.2. Datos de velocidades medias de viento	30
2.5.2.3. Datos de la presión y temperatura del aire.....	36

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
3.1. Análisis y discusión de los resultados	46
3.1.1. Consumo promedio anual.....	46
3.1.2. Consumo debido a electrodomésticos.....	48
3.1.3. Picos horarios debido a electrodomésticos.....	49
3.1.4. Análisis de las velocidades del viento	50
3.1.5. Análisis de la presión y temperatura del aire	53
3.1.6. Propuestas de aerogeneradores	54
3.1.7. Aerogenerador Wind 13+.....	55
3.1.7.1. Descripción general	55
3.1.7.2. Componentes del aerogenerador.....	56
3.1.7.3. Dimensiones del aerogenerador.....	57
3.1.7.4. Datos técnicos	58
3.1.7.5. Emplazamiento del aerogenerador.....	59
3.1.7.6. Montaje e instalación de sus partes.....	62
3.1.7.7. Mantenimiento.....	67
3.1.8. Cálculos del sistema y equipo propuesto.....	69
3.1.8.1. Aerogenerador	69
3.1.8.2. Baterías	73
3.1.8.3. Regulador.....	75
3.1.8.4. Inversor	77
3.1.8.5. Cableado eléctrico.....	79
3.1.9. Presupuesto Referencial	81
3.1.10. Análisis costo beneficio	83
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
4.1 CONCLUSIONES	85
4.2 RECOMENDACIONES	86

C. MATERIALES DE REFERENCIA	87
Referencias Bibliográficas	87
Anexos.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. COMPARACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LAS DIFERENTES FORMAS DE PRODUCIR ELECTRICIDAD	5
TABLA 2. CAPACIDAD DE ENERGÍA EÓLICA PRODUCIDA POR VARIOS PAÍSES	11
TABLA 3. APLICACIÓN DE AEROGENERADORES SEGÚN SU RANGO DE POTENCIA.....	18
TABLA 4. VELOCIDADES DEL VIENTO DEL DÍA LUNES, 09 DE DICIEMBRE DEL 2019 (EJEMPLO)	30
TABLA 5. VELOCIDADES DEL VIENTO MES DE DICIEMBRE.....	31
TABLA 6. VELOCIDADES DEL VIENTO MES DE ENERO	32
TABLA 7. VELOCIDADES DEL VIENTO MES DE FEBRERO.....	33
TABLA 8. VELOCIDADES DEL VIENTO MES DE MARZO	34
TABLA 9. DATOS DE PRESIÓN Y TEMPERATURA DÍA 09/03/2020	36
TABLA 10. DATOS DE PRESIÓN Y TEMPERATURA DÍA 10/03/2020.....	37
TABLA 11. DATOS DE PRESIÓN Y TEMPERATURA DÍA 11/03/2020.....	38
TABLA 12. DATOS DE PRESIÓN Y TEMPERATURA DÍA 12/03/2020.....	40
TABLA 13. DATOS DE PRESIÓN Y TEMPERATURA DÍA 13/03/2020.....	41
TABLA 14. DATOS DE PRESIÓN Y TEMPERATURA DÍA 14/03/2020.....	42
TABLA 15. DATOS DE PRESIÓN Y TEMPERATURA DÍA 15/03/2020.....	44
TABLA 16. DEMANDA ENERGÉTICA MENSUAL DE LAS VIVIENDAS ENCUESTADAS.....	46
TABLA 17. CONSUMO ENERGÉTICO DE ELECTRODOMÉSTICOS PARA UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL	48
TABLA 18. DEMANDA ENERGÉTICA POR HORA DEBIDA A ELECTRODOMÉSTICOS	49
TABLA 19. PROMEDIO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO DURANTE LOS 4 MESES DE ANÁLISIS	51
TABLA 20. PROMEDIO DE LA VELOCIDAD DE VIENTO EN AMBATILLO 51	
TABLA 21. PROMEDIO GENERAL DE LA PRESIÓN Y TEMPERATURA DEL AIRE	53
TABLA 22. AEROGENERADORES DISPONIBLES EN EL MERCADO	54

TABLA 23. DIMENSIONES DEL AEROGENERADOR WIND 13+	57
TABLA 24. DATOS TÉCNICOS DEL AEROGENERADOR WIND 13+.....	58
TABLA 25. RECOMENDACIONES MÍNIMAS PARA CABLEADO Y BATERÍA	62
TABLA 26. DENOMINACIÓN DEL VIENTO SEGÚN SU VELOCIDAD	71
TABLA 27. DATOS DE LA BATERÍA MEBG-12/150.....	75
TABLA 28. DATOS TÉCNICOS DEL REGULADOR MPPT WIND +	77
TABLA 29. PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTOS	81
TABLA 30. RUBROS PARA SISTEMA ELÉCTRICO OFF GRID	82

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CAPACIDAD DE ENERGÍA EÓLICA INSTALADA ACUMULADA GLOBAL	12
FIGURA 2. CAPACIDAD ANUAL INSTALADA POR REGIÓN	13
FIGURA 3. PLANIFICACIÓN DE AUMENTO DE LA CAPACIDAD INSTALADA EN LA MATRIZ ELÉCTRICA.....	14
FIGURA 4. PROYECTOS PROGRAMADOS PARA DESARROLLAR LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN ECUADOR (2009-2020)	16
FIGURA 5. ESQUEMA TÍPICO DE UN SISTEMA EÓLICO PARA USO RESIDENCIAL	19
FIGURA 6. RENDIMIENTO DE DISTINTOS TIPOS DE ROTORES EÓLICOS	21
FIGURA 7. DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO, AMBATILLO	25
FIGURA 8. VELOCIDADES DEL VIENTO DEL DÍA LUNES, 09 DICIEMBRE DEL 2019.....	31
FIGURA 9. VELOCIDADES DEL VIENTO MES DE DICIEMBRE.....	32
FIGURA 10. VELOCIDADES DEL VIENTO MES DE ENERO	33
FIGURA 11. VELOCIDADES DEL VIENTO MES DE FEBRERO.....	34
FIGURA 12. VELOCIDADES DEL VIENTO MES DE MARZO	35
FIGURA 13. TEMPERATURA DEL AIRE 09/03/2020	37
FIGURA 14. TEMPERATURA DEL AIRE 10/03/2020.....	38
FIGURA 15. TEMPERATURA DEL AIRE 11/03/2020.....	39
FIGURA 16. TEMPERATURA DEL AIRE 12/03/2020.....	41
FIGURA 17. TEMPERATURA DEL AIRE 13/03/2020.....	42
FIGURA 18. TEMPERATURA DEL AIRE 14/03/2020.....	43
FIGURA 19. TEMPERATURA DEL AIRE 15/03/2020.....	45
FIGURA 20. DEMANDA ENERGÉTICA POR HORA	50
FIGURA 21. VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO EN AMBATILLO	52
FIGURA 22. CURVA DE POTENCIA WIND 13+.....	72
FIGURA 23. CURVA DE POTENCIA ANUAL WIND 13+.....	73

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1. FLEXÓMETRO	27
IMAGEN 2. ANEMÓMETRO BENETECH GM816	28
IMAGEN 3. GPS GARMIN GPSMAP76	28
IMAGEN 4. COMPONENTES DEL AEROGENERADOR WIND 13+	56
IMAGEN 5. DIMENSIONES DEL AEROGENERADOR WIND 13+	57
IMAGEN 6. ESQUEMA DE LA TORRE PARA EL AEROGENERADOR WIND 13+	60
IMAGEN 7. DISTANCIA MÍNIMA DE LAS HÉLICES Y OBSTÁCULOS	61
IMAGEN 8. MONTAJE DEL AEROGENERADOR	62
IMAGEN 9. PLETINA DE FIJACIÓN	63
IMAGEN 10. TIMÓN DE ORIENTACIÓN	64
IMAGEN 11. SUJECCIÓN TUBO COLA – ALTERNADOR	65
IMAGEN 12. CARCASA PROTECTORA.....	66
IMAGEN 13. HÉLICES Y CONO FRONTAL.....	67
IMAGEN 14. BATERÍA MEBG-12/150.....	74
IMAGEN 15. REGULADOR MPPT WIND +.....	76
IMAGEN 16. INVERSOR PHOENIX 3000 VA	78
IMAGEN 17. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INVERSOR PHOENIX 3000 VA.....	79

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto técnico describe un plan para generar energía eléctrica utilizando los recursos eólicos del Ecuador. En primera instancia se indica una breve explicación respecto de las energías renovables, en especial la energía proveniente del viento y su importancia.

El siguiente paso es una investigación sobre el funcionamiento de los aerogeneradores que darán cabida a la generación de energía en una vivienda de interés social.

Es necesario un análisis de la zona en cuestión, concretamente de las velocidades del viento presentadas durante los días de elaboración del trabajo investigativo, así como de otras consideraciones para datos posteriores tales como: la presión atmosférica y la temperatura del aire de las estaciones de medición más cercanas al lugar.

Continuando se dimensiona y se planifica el diseño del sistema propuesto para la implantación en la vivienda a futuro, considerando previamente las variables más importantes como las económicas, técnicas y meteorológicas para llevar a cabo este proyecto.

Posteriormente se plantea un análisis costo-beneficio del sistema planteado en comparativa con el sistema eléctrico tradicional implantado por la empresa eléctrica pública, determinando así las ventajas y desventajas del sistema eólico.

En un futuro se espera que la información detallada en este proyecto de tesis proporcione suficiente conocimiento técnico para llevar a la práctica una aplicación de energía eólica en Ecuador, no solamente a nivel de vivienda unifamiliar y multifamiliar, sino a grandes industrias y sistemas de gran importancia en general, ya que es una energía limpia que beneficiaría al país.

ABSTRACT

This technical project describes a plan to generate electricity using the wind resources of Ecuador. In the first instance a brief explanation is indicated regarding renewable energies, especially wind energy and its importance.

The next step is an investigation on the operation of the wind turbines that will accommodate the generation of energy in a social interest housing.

An analysis of the area in question is necessary, specifically the wind speeds presented during the days of the research work, as well as other considerations for subsequent data such as: atmospheric pressure and air temperature of the measurement stations. closest to the place.

Continuing, the design of the proposed system for the implementation in the home in the future is dimensioned and planned, previously the most important variables such as economic, technical and meteorological to carry out this project.

Subsequently, a cost-benefit analysis of the system is proposed, compared with the traditional electrical system implemented by the public electricity company, thus determining the advantages and disadvantages of the wind system.

In the future, the specific information in this thesis project is expected to provide sufficient technical knowledge to carry out the practice of a wind energy application in Ecuador, not only at the level of single-family and multi-family housing, but at large industries and large systems in general, since it is a clean energy that will benefit the country.

B. CONTENIDOS

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

1.1.1. Antecedentes

La energía eólica ha alcanzado un notable nivel de desarrollo en las últimas décadas, que nos permite afirmar que nos encontramos ante una energía limpia, económicamente competitiva y con una tecnología de aprovechamiento madura. Partiendo de una fuente natural, renovable y no contaminante los actuales aerogeneradores son capaces de producir electricidad a precios competitivos frente a las fuentes tradicionales energéticas, lo que ha permitido posicionarla como una fuente energética de amplio crecimiento y demanda a nivel mundial con una expansión notable sobre todo en países de primer mundo.

La necesidad de combatir los cambios climáticos ha motivado en gran medida al desarrollo de energías limpias, al optar por nuevas fuentes generadoras de electricidad para evitar la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera.

Históricamente, los combustibles fósiles como petróleo, carbono y gas natural han dominado el mercado de energía y todavía en el año 2009 contribuyeron con un 81% a la demanda energética mundial.

La energía, es un sector estratégico para el gobierno ecuatoriano, y así lo demuestran los diferentes planes y programas que el gobierno ecuatoriano ha puesto en marcha. Es el Estado, a través del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), el actor principal del sector, encargándose de la rectoría, planificación, control y desarrollo del sector. Para ello el MEER ha establecido un sistema permanente de planificación energética, el cual comenzó en el año 2006, con la realización del estudio “Políticas y Estrategias para el Cambio de la Matriz Energética del Ecuador”, que procura el cambio de la actual producción del 43 % de energía eléctrica a partir de energía hidráulica y se plantea el objetivo del 80% de hidroelectricidad para el año 2020 [1].

En el año 1880 el norteamericano Charles F. Brush construyó en Estados Unidos una turbina eólica de 12 kW para producir electricidad en corriente continua; esta energía se almacenaba en 12 baterías. En la mitad del siglo XX un holandés, Johannes Jull introduce dos variaciones importantes, modifica los generadores para producir electricidad en corriente alterna y además diseña un aerogenerador que cambiaba la orientación en función de la dirección del viento para aprovechar con más intensidad la energía de éste [1]. Como precursor de los actuales aerogeneradores tenemos la aeroturbina de Lacourt, máquina de cuatro palas de 25 metros de diámetro capaz de desarrollar entre 5 y 25 kW [2].

Desde entonces la energía eólica ha experimentado un crecimiento vertiginoso y ya en las últimas décadas la ha hecho acreedora de la de mayor aplicación entre las energías renovables, motivado en gran medida por los altos precios del petróleo en el mercado mundial y el agotamiento de los combustibles fósiles como el carbón, gas o petróleo, unido además a que su utilización para la producción de electricidad genera gran contaminación ambiental y contribuyen al reforzamiento del efecto invernadero, a lo cual el mundo hoy presta mucha atención [1].

Ecuador, ha venido desarrollando un programa que le ha permitido incursionar en el empleo de esta energía. Además, en 2009 se comenzó a trabajar en desarrollar el atlas eólico de Ecuador, con la finalidad de hacerlo accesible y publicarlo en la Web del MEER [1].

Las energías renovables están tomando poco a poco vigencia e importancia, así que un estudio de este tipo es de gran utilidad para todos. A futuro pueden surgir ideas, recomendaciones o nuevas hipótesis que permitan aumentar el actual a un nivel de prestigio superior, con bases de datos sumamente confiables en climatología, mapas, y con la utilización de supercomputadoras que modelen el clima y permitan su proyección en el futuro, innovando en conceptos nuevos investigados e inclusive creando nuevos instrumentos para la medición de variables climáticas [1].

1.1.2. Justificación

Se ha incursionado en la búsqueda de nuevas fuentes de energía, encontrándonos con diversas fuentes renovables y amigables con el planeta, por tal motivo se decide investigar sobre las fuentes de Energía Renovable, las cuales demuestran ventajas realmente esperanzadoras frente a las energías más empleadas actualmente.

El constante e impredecible cambio climático de la actualidad, nos ha llevado a realizar ciertos cambios en nuestro modo de ver y vivir la vida, algunos de estos cambios se han sido en la búsqueda de nuevas fuentes de energía, que no contengan emisiones al medio ambiente y sean renovables, también conocida como Energías Verdes.

El presente trabajo, nos ayudará a conocer más a fondo, lo útil y necesario que es explotar y aprender a utilizar las energías renovables, pues son la esperanza de tener un mundo menos contaminado y unos años más de vida en la tierra, sin sufrir de raras enfermedades y pasar necesidades, por culpa del maltrato que le hemos dado a la madre naturaleza.

Con el estudio se beneficia de manera directa, principalmente, a todas las personas interesadas en aprender y conocer un poco más sobre las energías renovables, con énfasis en la eólica, debido a que son el futuro del mundo pues cada vez se aumenta la concientización al respecto de los cambios del medio ambiente, y, por lo tanto, se hace necesario tener conocimiento de cómo explotarlas correctamente y sacar beneficios de ellas, así como tener acceso a las tecnologías necesarias para poderlo hacer.

La poca información, conocimiento y los crecientes costos que implican las distintas formas de generar energía en la actualidad, nos han convertido en personas dependientes de entidades públicas que nos faciliten dicho servicio.

El presente tema de investigación tiene por objetivo el desarrollo de un sistema de energía autosustentable capaz de solventar las demandas energéticas en viviendas de interés social utilizando como principal medio el viento para la generación de energía.

El interés de desarrollar un nuevo sistema de energía autosustentable nace de las crecientes demandas energéticas en zonas de difícil acceso para la dotación de la tradicional energía eléctrica generada por las principales hidroeléctricas en el país, haciendo necesario la

aplicación de nuevas tecnologías que faciliten y permitan la necesidad básica de energía en las mencionadas zonas.

Con el desarrollo de nuevas tecnologías se busca incursionar en el campo de energías autosustentables para aprovechar todos los recursos que nos brinda la naturaleza para poder generar energía de una manera limpia evitando la contaminación al medio ambiente y sustituyendo costosos métodos de generación de energía actuales en el país.

Por consiguiente, se busca beneficiar a las zonas más vulnerables de nuestro país, concretamente al área rural, cuyo difícil acceso dificulta la necesidad de recursos básicos como la energía eléctrica.

1.1.3. Fundamentación Teórica

1.1.3.1. Energías renovables

Las energías renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana, aunque habría que decir que, para fuentes como la biomasa, esto es así siempre que se respeten los ciclos naturales [3].

La generación, el transporte y el consumo de las energías convencionales tienen, como toda actividad antrópica, un impacto sobre el medio, y puede argumentarse que están en el origen de algunos de los mayores problemas ambientales que sufre el planeta como el cambio climático y la lluvia ácida. Sin llegar a decir que esos efectos no existen en las renovables, sí es cierto, en cambio, que son infinitamente menores y siempre reversibles [3].

El consumo de energía y transportes es la principal fuente contaminante en la actualidad según la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), en los últimos años se ha disminuido la producción de gases de efecto invernadero gracias a la adopción de energías más limpias, sin embargo mientras no disminuya el protagonismo de los combustibles fósiles en la cesta energética, los gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático parecen estar abocados a aumentar; la solución planteada es el incremento del uso de energías renovables [3].

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se demuestra una comparativa de la cantidad de contaminación de las distintas formas de producción energética.

Tabla 1. Comparación del impacto ambiental de las diferentes formas de producir electricidad

Comparación del impacto ambiental de las diferentes formas de producir electricidad								
(Emisiones de contaminantes para todo el ciclo de combustibles. En toneladas por GWh producido)								
FUENTE	CO2	NOX	SO2	PARTÍCULAS SÓLIDAS EN SUSPENSIÓN	CO	HIDROCARBUROS	RESIDUOS NUCLEARES	TOTAL
Carbón	1058.2	2.986	2.971	1.626	0.267	0.102	-	1066.152
Gas natural (**)	824	0.251	0.336	1.176	TR (*)	TR	-	825.763
Nuclear	8.6	0.034	0.029	0.003	0.018	0.001	3.641	12.326
Fotovoltaica	5.9	0.008	0.023	0.017	0.003	0.002	-	5.953
Biomasa	0	0.614	0.154	0.512	11.361	0.768	-	13.409
Geotérmica	56.8	TR	TR	TR	TR	TR	-	56.8
Eólica	7.4	TR	TR	TR	TR	TR	-	7.4

Solar térmica	3.6	TR	TR	TR	TR	TR	-	3.6
Hidráulica	6.6	TR	TR	TR	TR	TR	-	6.6
*TRAZAS								
**GAS NATURAL EN CICLO COMBINADO								

Fuente: US Department of Energy, Council for Renewable Energy Education y Worldwatch Institute , [3]

Las energías renovables son inagotables. Utilizar la radiación solar para producir calor o electricidad no disminuye en ningún caso la cantidad de energía que el Sol envía a la Tierra, otro tanto sucede con el viento. Por más aerogeneradores que extrajeran su fuerza y la convirtieran en electricidad nunca trastocarían el equilibrio térmico del planeta. Sí podría hacerlo el uso indiscriminado de biomasa natural, el primer recurso energético que utilizó el hombre, más allá de su fuerza bruta [3].

Lejos de ser inagotables, los combustibles fósiles se están acabando. Hasta el punto de que su control estratégico provoca conflictos políticos y sociales en el mundo, y todo hace pensar que la adicción al petróleo y al gas natural que padecen los países industrializados tenderá a agravar estos problemas [3].

1.1.3.2. El viento: una fuente inagotable de energía

El calentamiento dispar de la superficie terrestre por acción de la radiación solar es el principal causante de los vientos. En las regiones ecuatoriales se produce una mayor absorción de radiación solar que en las polares; el aire caliente que se eleva en los trópicos es reemplazado por las masas de aire fresco superficiales proveniente de los polos. El ciclo se cierra con el desplazamiento, por la alta atmósfera, del aire caliente hacia los polos. [4]

Una de principales características del viento es su variabilidad. Sin embargo, se puede estimar tendencias a largo plazo a partir de situación geográfica, altitud y topografía. La velocidad del viento puede ser medido mediante un anemómetro de cazoletas y únicamente se tiene interés en su parte horizontal; la potencia necesaria esta descrita por la siguiente fórmula:

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

siendo P [W] la potencia que atraviesa el área A [m²], ρ [kg/m³] la densidad del aire, y v [m/s] la velocidad del viento. De (1) se deduce en gran medida la afectación que tiene los cambios de velocidad del viento en la generación y suministro de energía [5].

Se debe tener en cuenta que la potencia generada por el viento varía con el cubo de la velocidad del mismo, con lo cual a medida que las velocidades aumentan, el recurso se torna más aprovechable e, inversamente, habrá zonas donde los niveles medios del viento no serán los suficientes para justificar la aplicación [6].

En segundo lugar, deberá considerarse si el viento es uniforme y constante, o por el contrario si es turbulento (debido a la presencia de obstáculos o vegetación) y arrachado (ráfagas intermitentes), siendo el primer escenario el deseable. Por último, en regiones más frías, el aire es más denso y la potencia generada a igual velocidad aumenta. También será importante evaluar la variación de la velocidad del viento en función de la altura, y conocer los picos de velocidad que se tienen en el potencial emplazamiento, que pueden producir la destrucción de los equipos. En general a mayor altura la velocidad del viento es mayor y más uniforme [6].

1.1.3.3. La energía eólica

La energía eólica se aprovecha mediante la transformación de la energía cinética del viento en energía eléctrica a través de aerogeneradores, que utilizan una hélice para transmitir el movimiento que el viento produce en sus palas al rotor de un alternador [2].

La energía eólica para que pueda ser utilizada con cierta eficacia en una zona determinada, las características del viento deben cumplir una serie de condiciones relativas a velocidad, continuidad, estabilidad, etc. Un dato de gran importancia al respecto es la ‘densidad de potencia’ del viento, es decir, el valor máximo de la potencia que se puede conseguir por cada unidad de área barrida por el viento. En concreto, por debajo de los 50 vatios/ m² no tiene interés el emplazamiento de instalaciones eólicas; y sólo por encima de los 200 vatios/m² comienzan resultar auténticamente rentables. Aún así, hay que tener en cuenta que hacen falta densidades de potencia del viento superiores a 1.000 vatios/ m² para que los aerogeneradores tengan un rendimiento aceptable [2].

1.1.3.4. Aplicaciones

El uso más antiguo de la energía eólica del que se tiene documentación es como medio de locomoción. Existen dibujos egipcios, de 5000 años de antigüedad, que muestran naves con velas utilizadas para trasladarse por el Nilo. Hasta el siglo XIX, con el perfeccionamiento e introducción de las máquinas de vapor, la navegación dependió casi exclusivamente de este recurso energético. Ya en el siglo XX, con la invención de los motores de combustión interna, la navegación a vela quedó relegada solo a las actividades deportivas y a algunas actividades comerciales en pueblos costeros. Recientemente, sobre todo motivadas por los aumentos de los precios del petróleo de los años 1973 y 1979, se realizaron experiencias y construyeron barcos prototipo que utilizan la energía eólica como medio para ahorrar combustible. En transporte transoceánico, con los diseños actuales, podrían alcanzarse ahorros del orden del 10% [4].

La energía eólica se ha utilizado desde tiempos pasados como energía mecánica para molinos y bombeo de agua. En un inicio las turbinas tenían potencias de 20 a 50 kW, un cuarto de siglo después, la potencia se sitúa en 1.5 y 3 MW por aerogenerador y se prevé la

comercialización de turbinas eólicas de 4 a 6 MW y un gran desarrollo en el sector marino [7] .

1.1.3.5. Beneficios

Las energías renovables crean cinco veces más puestos de trabajo que las convencionales. Todos los estudios al respecto se ponen de acuerdo en los mejores efectos que sobre el empleo tienen las energías limpias [3].

La energía eólica tiene muchas facetas ambientales positivas. Es limpia, renovable y un medio de generación sustentable [8] .

La energía eólica ofrece una de las opciones energéticas más económicas entre las nuevas fuentes de energía renovables para reducir la emisión de CO₂ para la generación de electricidad. Una turbina eólica moderna de 600 kW en una localidad promedio reemplaza la emisión entre 20.000 y 30.000 toneladas de CO₂, según el régimen de viento y el factor de capacidad, en su vida útil de 20 años [8] .

Por otro lado, el empleo de la energía eólica genera un ahorro en el uso de las reservas de combustible fósiles en general, un aporte al uso racional de la energía, y en particular para muchos países un ahorro de divisas, contribuyendo a la seguridad y a la diversidad en el suministro de energía [8] .

La energía eólica ayuda a las economías locales, en varios aspectos importantes. En las áreas y comunidades donde se localizan las centrales eólicas se generan puestos de trabajo, mayores ingresos y hay un aporte al desarrollo regional [8] .

1.1.3.6. Inconvenientes

Desde un punto de vista técnico, la energía eólica presenta algunos inconvenientes y limitaciones. En el caso de aerogeneradores aislados, como ya se sabe, dependen de un banco de baterías o bien de la combinación con otras fuentes (por ejemplo, solar fotovoltaico, de modo que se espera que si no hay viento habrá sol, aunque aun así no puede prescindirse del todo del banco de baterías). Está claro que las baterías, al final de su vida útil, son altamente contaminantes. Todo esto hace que, tanto en parques o grandes eólicos interconectados como

en aerogeneradores pequeños, en este último caso si se quiere continuidad absoluta del suministro, siempre se depende de otras fuentes como complemento [6].

Además, los equipos o centrales de respaldo, si son alimentados con diésel, con carbón u otros combustibles fósiles, serán más contaminantes que de costumbre, ya que entrarán a funcionar esporádicamente, cuando falta la energía eólica, y en ese rango de trabajo son menos eficientes. También es problemático el hecho de no poder preverse cuanta generación se va a tener en determinado momento, más allá que haya promedios estadísticos a lo largo de un período más largo [6].

Como ya se dijo, existen limitaciones por no alcanzarse las velocidades mínimas y por velocidades máximas que pueden dañar el aerogenerador. Debe tenerse en cuenta que como toda maquinaria hay importantes conjuntos de piezas móviles y esto implica mantenimiento, y una vida útil limitada (unos 20 años con buen mantenimiento) [6].

Desde una perspectiva ambiental los problemas son mínimos:

- Paisajísticos y visuales, pudiendo resultar las formas verticales de grandes generadores una irrupción en el paisaje, además de eventuales sombras intermitentes sobre las viviendas (efecto discoteca)
- Faunísticos, por la mortandad de aves (muy baja) o de otros animales que se ven afectados por la invasión de actividad humana
- Sonoros y vibratorios, por el ruido típico de las aspas, o por la trepidación de la gran máquina, en particular si no hay perfecto balanceo

Además del costo inicial de la instalación (entre 60 y 70 % del total), deben sumarse el costo de operatoria de planta y el costo de mantenimiento. Tomando esto en cuenta, el valor del kW-hora resulta competitivo y comparable con el de otras fuentes, como la energía eléctrica de origen térmico o la hidroeléctrica [6].

1.1.3.7. Estadísticas a nivel mundial

La producción industrial de aerogeneradores comienza a fines de los 70s, con turbinas chicas, de unos 20 a 40 kW. El tamaño de los aerogeneradores ha venido aumentando permanentemente desde entonces [6].

En 2009 ya había instalados más de 140 Gigavatios en generadores eólicos en todo el mundo. Actualmente la energía eólica genera el 1% de la electricidad a nivel planetario. El porcentaje es mucho menor si se considera el uso total de energía [6].

Sin embargo, en países como Dinamarca la penetración en la generación eléctrica total se acerca al 20 %, siendo del orden del 15 % en Portugal y 13 % en España. El crecimiento global de la energía eólica es fuerte: alrededor de un 35 % anual a nivel mundial, básicamente debido a la reducción permanente de los costos. Algunas proyecciones prevén que para 2020 la energía eólica cubrirá el 12 % de la electricidad mundial. En cualquier caso, debe entenderse que el recurso es acotado, no pudiendo sustituir al momento enteramente todas las otras fuentes de energía [6].

La siguiente tabla muestra la producción de energía eólica por países a 2009 (entre paréntesis el porcentaje de la electricidad total en los países de mayor penetración) [6].

Tabla 2. Capacidad de energía eólica producida por varios países

Capacidad total de energía eólica instalada						
Posición	País	Capacidad (MW)				
		2009	2008	2006	2005	2004
1	USA	32919	25170	11603	9149	6725
2	Alemania	25030	23903	20622	18428	16628
3	China	20000	12210	2405	1260	764
4	España	(13%) 18263	16754	11730	10028	8504
5	India	10742	9654	6270	4430	3000
6	Francia	4655	3404	1567	757	386
7	Italia	4547	3736	2123	1717	1265
8	Reino Unido	4015	3241	1963	1353	888
9	Dinamarca	(20%) 3384	3180	3136	3128	3124
10	Portugal	(15%) 3374	2862	1716	1022	522
11	Canadá	3301				
12	Países Bajos	2220				

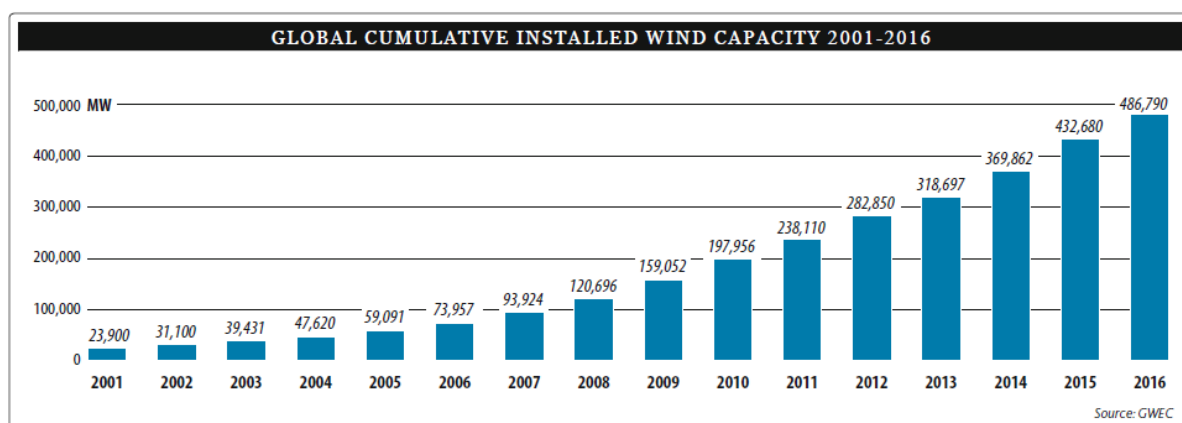
13	Japón	1980				
14	Australia	1494				
15	Grecia	1062				
16	Suecia	1021				
17	Irlanda	1002				
18	Austria	995				
19	Turquía	635				
20	Brasil	634				
	Total, mundial	140951	120791	73904	58982	47671

Fuente: Programa Permanente de Capacitación a Escala Humana, [6].

Europa y EEUU concentran el 90% de la potencia instalada. Alemania y España, desde 2005 generan más energía eólica que hidroelectricidad [6].

En la **Figura 1;Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se puede visualizar la capacidad de energía eólica producida a nivel mundial desde 2001-2016

Figura 1. Capacidad de energía eólica instalada acumulada global



Fuente: Global Wind Energy Council, [9]

En 2016, la industria eólica mundial mantuvo instalaciones anuales por encima de la marca de 50 GW. Después de una caída en 2013, la industria del viento estableció un nuevo récord para las instalaciones anuales en 2014, y luego nuevamente en 2015. El total de instalaciones acumuladas es de alrededor de 500 GW hasta el reporte de 2016 [9].

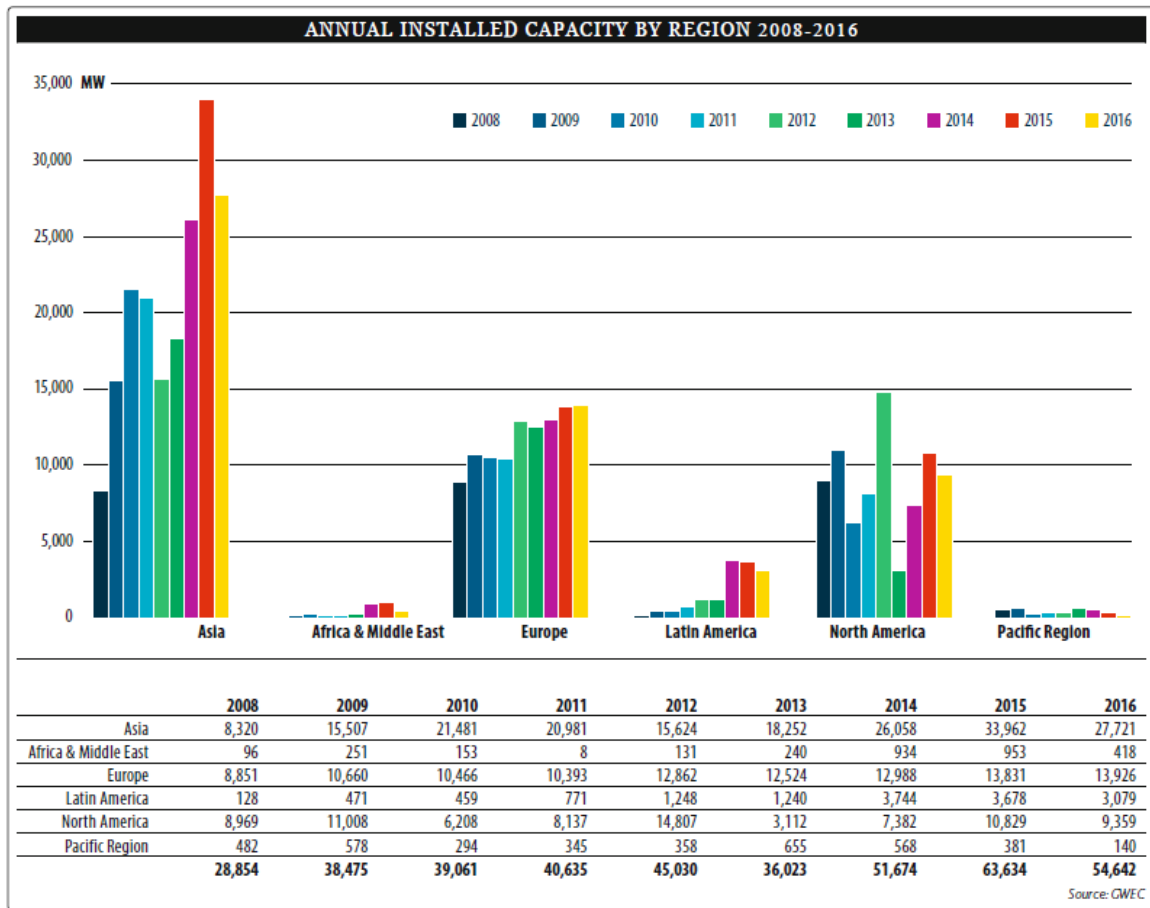
La energía eólica sigue siendo la forma más competitiva de agregar nueva capacidad de generación de energía a la red en gran número de los mercados de todo el mundo, incluso

cuando compiten contra tecnologías de generación convencional fuertemente subsidiadas [9].

2016 fue un gran año para los grandes mercados: China, Estados Unidos, Alemania e India, que establecieron un nuevo récord. Pero hay mucho de actividad en nuevos mercados de todo el mundo y en 2017 es probable que las instalaciones vean una distribución más amplia [9].

En Figura 2, se puede visualizar la capacidad anual instalada global en cada uno de los años a partir del 2008, hasta 2016, observando que Asia lidera el ranking global.

Figura 2. Capacidad anual instalada por región



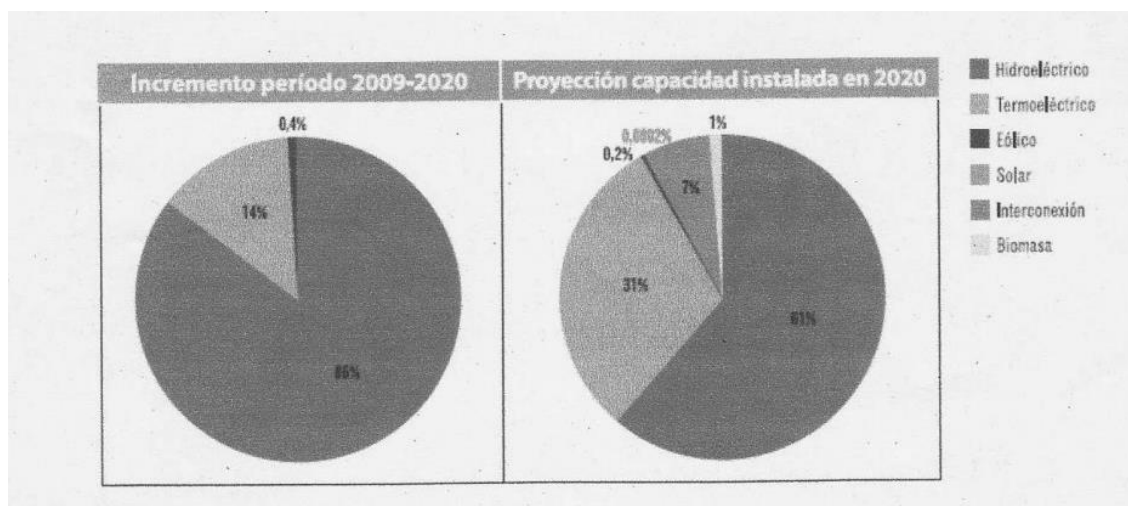
Fuente: Global Wind Energy Council, [9]

1.1.3.8. Energía eólica en Ecuador

La matriz energética en América Latina, para el año 1985, destacaba porque el 69% del aprovisionamiento de combustibles era de tipo fósil (petróleo y derivados, gas natural, carbón y coque), alcanzando el 73% en el año 2008 [10].

En este período, Ecuador ocupó el cuarto puesto en nivel de crecimiento de combustibles fósiles, por delante de Colombia, Perú, Venezuela y Bolivia. La estructura de la matriz energética muestra una dependencia de tipo fósil sobre el 85% para Ecuador, según la fuente indicada. En el período de 1990 a 2008, la demanda eléctrica creció en promedio un 6% anual, acompañada de un incremento de la importación de electricidad, con un valor de 24 GWh en el año 1999, y llegando a 500 GWh en el año 2008 [10].

Figura 3. Planificación de aumento de la capacidad instalada en la matriz eléctrica



Fuente: Revista de Estudios Económicos y Empresariales, [10]

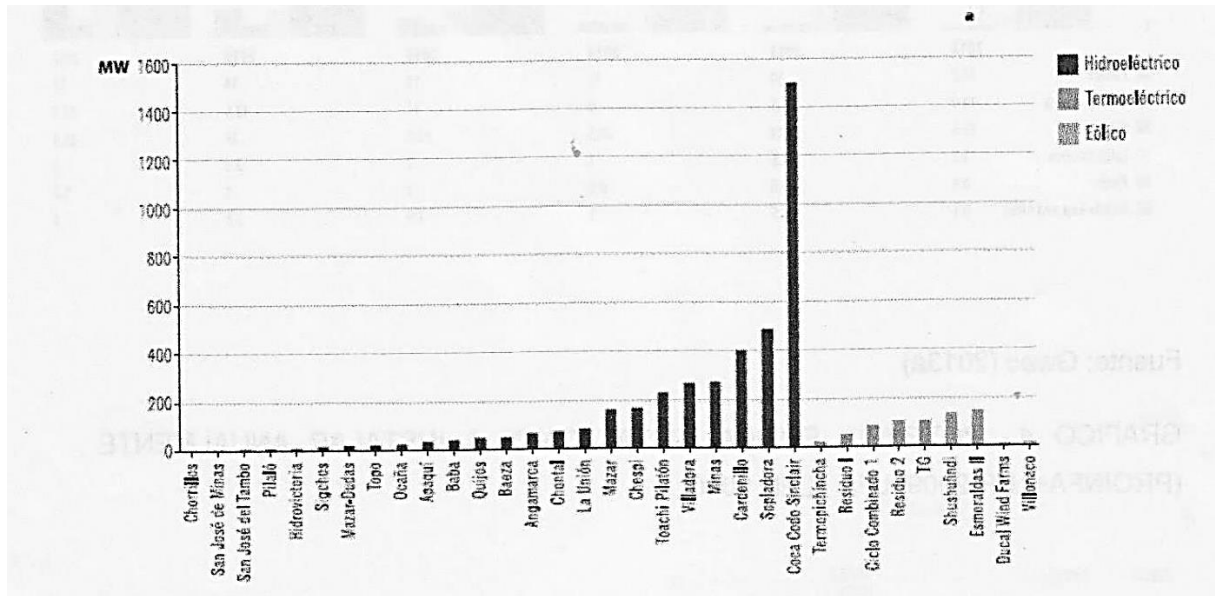
Estos datos reafirman la tendencia en Ecuador de una matriz eléctrica cada vez más dependiente de combustibles fósiles, con un coste económico y ambiental creciente, y de la compra de electricidad a otros países [10].

En un momento en el que se ha cuestionado la fortaleza de su matriz energética, y se considera importante diversificar el abastecimiento de energía, puede afirmarse que existe un marco legislativo de base a partir del cual establecer el marco integral de regulación del desarrollo eólico en Ecuador, destacando las siguientes normativas:

- Constitución Ecuatoriana del año 2008: esta ley marco supuso un gran avance para la generación de energías renovables, reconociendo el compromiso del gobierno “a promover la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua”.
- Plan Nacional para el Buen Vivir (Senplades, 2009): la Sección séptima del Régimen del buen vivir, bajo el título de Biósfera, ecología urbana y energías alternativas, explica en los artículos 413, 414 y 415, que el estado ecuatoriano, promoverá y da paso a la eficiencia energética, utilizando energías renovables que no generen impacto ambiental, o por el contrario lo generen en menor escala.
- Ley de Regulación del Sector Eléctrico (2006): en el capítulo IX artículo 63 se cita: “El Estado fomentará el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, la banca de desarrollo, las universidades y las instituciones privadas”.

En Ecuador existen zonas con un alto de potencial eólico, debido a su situación cerca del Océano Pacífico y de la cordillera de Los Andes, destacando localidades como Carchi, Imbabura, Pichincha, Loja y Galápagos. Destaca la central eólica del Villonaco, situada en la región de Loja, que cuenta con un total de 11 aerogeneradores, con una velocidad del viento de 12,4 m/s, una potencia nominal de 16,5 MW, y una energía anual generada de 60 millones de kWh/ año beneficiando a cerca de 150 mil habitantes. Se estima que la reducción de emisiones de dióxido de carbono es de 35 mil toneladas por año y equivale a una reducción del consumo de combustibles de 4,5 millones de galones de diésel al año, según la información facilitada por la empresa Corporación Eléctrica del Ecuador [10].

Figura 4. Proyectos programados para desarrollar la energía eléctrica en Ecuador (2009-2020)



Fuente: Revista de Estudios Económicos y Empresariales, [10]

Con todo, no debe olvidarse que el uso de la energía eólica en relativamente reciente en Ecuador y estadísticamente poco significativa. Sin embargo, existen experiencias de gran impacto como es el caso de la isla San Cristóbal con una capacidad de 2,4 MW la cual permite cubrir el 30% de la demanda de electricidad en la isla [10].

1.1.3.9. Equipos para generar electricidad

Los generadores eléctricos son máquinas operadoras que convierten la energía mecánica de rotación disponible en el eje de un motor en energía eléctrica. Esta forma de energía es fácilmente transportable a grandes distancias, desde el lugar de generación hasta los lugares de consumo. Los grandes generadores eléctricos, entre ellos los accionados por motores eólicos instalados en las llamadas granjas eólicas o parques eólicos, aportan energía a un sistema eléctrico interconectado. De este modo, un usuario vinculado a este sistema no puede identificar el origen de la energía eléctrica que recibe [11].

Aerogeneradores

Una turbina eólica o aerogenerador consta de un conjunto giratorio, llamado rotor, el cual a su vez se compone de un eje, y las aspas, palas o álabes, inclinados respecto de aquel, y dotados de un perfil aerodinámico para el mejor aprovechamiento del viento. El viento impulsa el rotor gracias a las palas del mismo (a la inversa de un ventilador) esta energía mecánica se transmite al eje, el cual a su vez acciona un alternador (generalmente trifásico) o dínamo para convertir la energía mecánica de rotación en energía eléctrica. Esta energía puede almacenarse (en baterías) o enviarse directamente a la red. Los aerogeneradores responden a dos disposiciones típicas: las de eje horizontal (más difundidos) o de eje vertical [6].

Los de eje horizontal suelen contar con un sistema de orientación al viento, o veleta, para su mejor aprovechamiento (el plano del rotor gira respecto de la vertical). Pueden clasificarse por el número de palas, siendo de gran difusión los tripala, en cuanto a los bipala y en particular los monopala, requieren de contrapesos para un funcionamiento balanceado [6].

Otro criterio de clasificación es por el tamaño y características de la torre, y por la potencia generada [6].

Según su potencia nominal. Una clasificación habitual es la siguiente:

Tabla 3. Aplicación de aerogeneradores según su rango de potencia

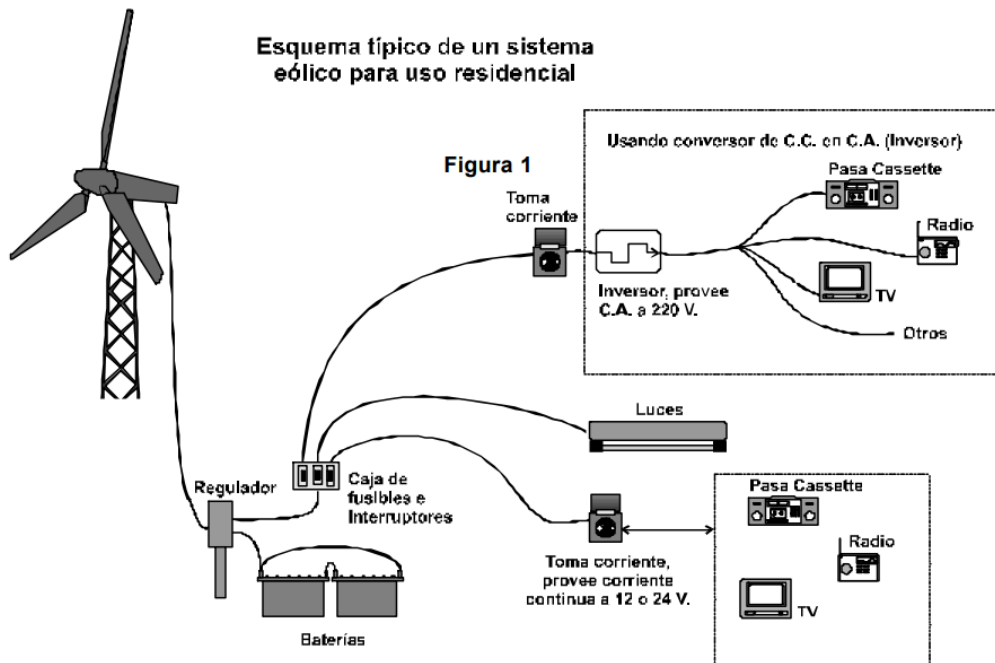
Tipo	Rango de Potencia	Aplicaciones
Muy baja potencia	Hasta 10 Kw	Viviendas particulares, granjas, sistemas de comunicación, refugios, embarcaciones, bombeo
Baja potencia	10 a 100 Kw	generadores comunitarios en aldeas, sistemas híbridos eólico-diesel, PyMES
Media potencia	100 Kw a 1 Mw	Parques eólicos en terrenos complejos
Alta potencia	Mayor a 1 Mw	Parques eólicos en terreno llano o mar adentro

Fuente: Programa Permanente de Capacitación a Escala Humana, [6].

Otros equipos

La configuración normal de un sistema autónomo está esquematizada en la **Figura 5**. Las potencias van de 0,15 hasta 10 kW. Se emplean rotores de eje horizontal habiendo máquinas de paso variable y de paso fijo. Se prefieren estas últimas pues presentan menos problemas de mantenimiento, aunque en este caso serán necesarios dispositivos que la protejan ante vientos muy fuertes.

Figura 5. Esquema Típico de un sistema eólico para uso residencial



Fuente: Instituto argentino de la energía, [4]

Para la generación de energía, se indica una lista de componentes que complementan el funcionamiento de los aerogeneradores [12].

- Cables: transmiten la electricidad desde el aerogenerador.
- Baterías: almacenan la electricidad producida para usarla cuando se necesite, independientemente de la existencia de viento. El tamaño del conjunto de baterías está relacionado con la potencia a instalar.
- Regulador de carga: protege a las baterías de sobrecargas de energía, detectando el estado de la carga de la batería en cada momento y regulando el paso de la energía.
- Inversor: transforma la electricidad continua en trifásica alterna.
- Convertidor: interconecta la producción del aerogenerador con la red eléctrica, manteniendo el voltaje de conexión estable y variando los amperios de salida.

1.1.3.10. Estudio de vientos

La energía máxima teórica que puede ser extraída de una masa de aire en movimiento está dada por la expresión:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \quad (2)$$

Donde:

E_c = energía cinética [joule/s]

m = flujo de aire [kg/s]

v = velocidad del viento [m/s]

Si suponemos un área de captación A (o área barrida por las palas) perpendicular a la dirección del viento, el flujo de aire circulante que la atraviesa será:

$$m = \rho * A * v \quad (3)$$

Siendo:

ρ = densidad del aire [kg/m³]

A = área de captación [m²]

la energía teórica máxima por unidad de tiempo y de área ($A=1$) que podremos extraer de una masa de aire en movimiento, como ya se describió en un apartado anterior será:

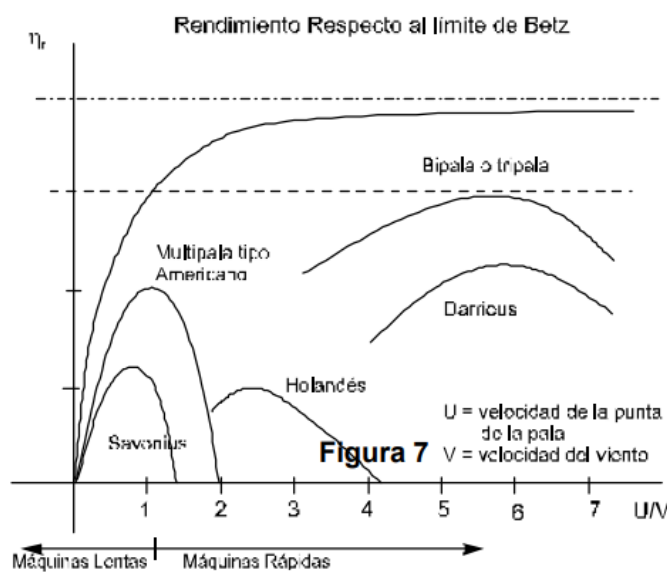
$$P = \frac{1}{2} \rho v^3 \quad (1)$$

A esta energía se la denomina potencia meteorológica y se la expresa en W/m² [4]. Como la velocidad del viento, luego de atravesar la superficie de captación, no es nula, la potencia dada por la expresión anterior no será totalmente aprovechable. Betz demostró que la máxima energía recuperable, con un aerogenerador ideal, es igual al 60% de la energía total. Tomando en cuenta que ningún rotor es ideal, para caracterizarlo es necesario conocer su eficiencia o rendimiento r . La potencia obtenible por unidad de área de rotor, medida en W/m² , puede expresarse entonces como:

$$Pa = \frac{1}{2} rpv^3 \quad (4)$$

El rendimiento r depende del tipo de máquina y de las condiciones de operación. En la **Figura 6**, se representan los rendimientos típicos de diversos tipos de rotores eólicos, cuya descripción veremos luego, referidos a la relación entre la velocidad de la punta de las palas en los rotores de eje horizontal (o del punto más alejado del eje de rotación en el caso de los rotores de eje vertical tipo Darrius y Savonius) y la velocidad del viento [4].

Figura 6. Rendimiento de distintos tipos de rotores eólicos



Fuente: Instituto argentino de la energía, [4]

Conociendo las características de una turbina eólica y la velocidad del viento en un instante dado, es sencillo determinar la potencia útil. El problema radica en que la velocidad del viento no es constante y, por lo tanto, es necesario conocer su evolución temporal para estimar la energía útil que una turbina eólica es capaz de entregar en un período determinado [4].

Lamentablemente, las mediciones que se realizan con fines climatológicos no tienen, por lo general, el grado de detalle que requieren ciertos proyectos eólicos. En el caso de instalaciones de pequeña potencia, o para analizar la prefactibilidad de instalaciones de potencias altas, existen métodos estadísticos que permiten, a partir de las características de un lugar y la velocidad media del viento, determinar la distribución de velocidades horarias

a lo largo de, por ejemplo, todo un año y estimar la energía útil anual obtenible. Cuando se trate de instalaciones de mayor potencia será inevitable la realización de mediciones especiales, como frecuencia y velocidad máxima de ráfagas, que contribuyan a la selección de las máquinas y a un cálculo más preciso de la rentabilidad del proyecto [4].

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Analizar el sistema de abastecimiento de energía eléctrica y el uso de energías alternativas como la eólica.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar el sistema de abastecimiento de energía eléctrica.
- Determinar el uso de energías alternativas como la eólica en la parroquia Ambatillo
- Diseñar un sistema autosustentable de energía eólica.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.

Para darle respuesta a los objetivos de la presente investigación, es necesario describir el tipo y nivel de investigación, incluyendo la población y muestra necesaria para el estudio abordado, tal como se muestra a continuación:

2.1. Investigación Descriptiva

Consiste, fundamentalmente, en caracterizar un fenómeno o situación concreta indicando sus rasgos más peculiares o diferenciadores [13].

En el informe de la investigación se señalan los datos obtenidos y la naturaleza exacta de la población de donde fueron extraídos. Las unidades que la integran pueden ser individuos, hechos o elementos de otra índole. Una vez identificada la población con la que se trabajará, entonces se decide si se recogerán datos de la población total o de una muestra representativa de ella. El método elegido dependerá de la naturaleza del problema y de la finalidad para la que se desee utilizar los datos [13].

La presente investigación es descriptiva pues se toma datos representativos de cada una de las viviendas analizadas para determinar el consumo energético, así como las necesidades propias de cada una.

2.2. Investigación De campo

Se apoya en información del objeto de estudio o de los involucrados en él, a partir de indagación de campo como en la investigación:

- Censal; Con estudios demostrables sobre toda la población.
- De caso; Con encuestas, observaciones, entrevistas y cuestionarios [14].

Debido a lo mencionado la presente investigación se define netamente como una investigación de campo, pues todos los datos obtenidos se realizan en viviendas pertenecientes a la Parroquia Ambatillo, cantón Ambato y concretamente de Caso, pues se han realizado encuestas con entrevistas a cada uno de los dueños de las viviendas.

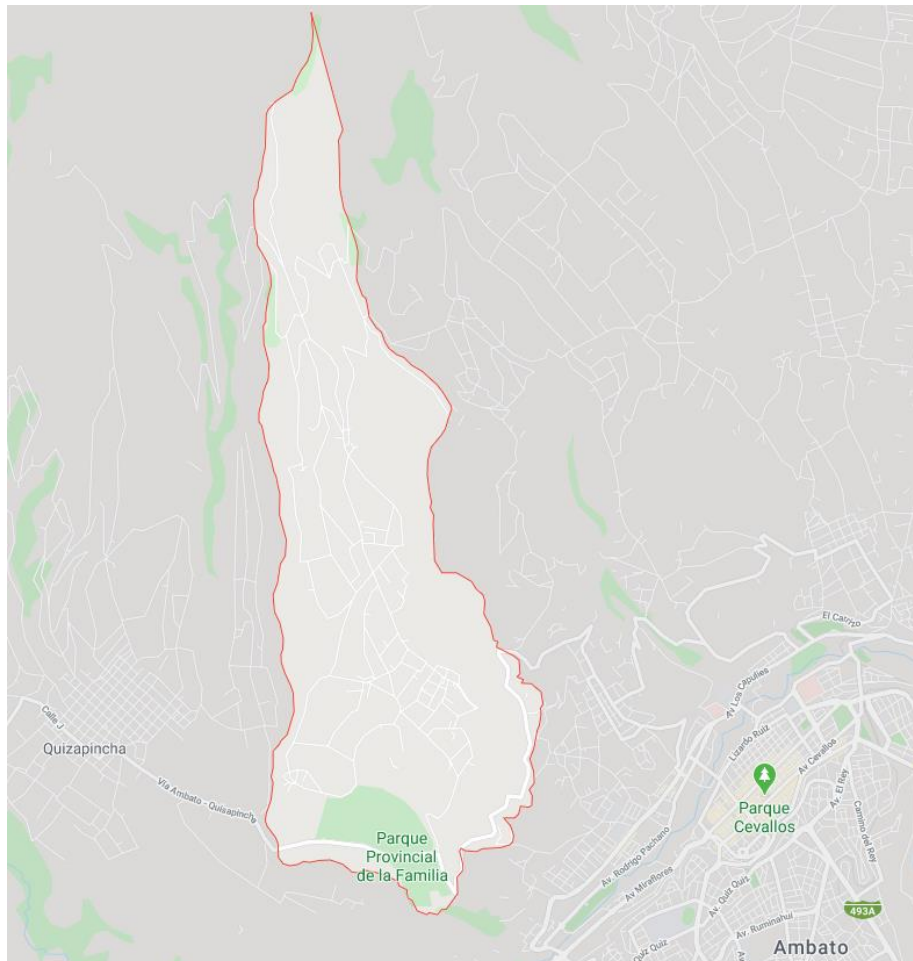
2.3. Población y Muestra

2.3.1. Población

Es el conjunto de personas u objetos de los que se desea conocer algo en una investigación. "El universo o población puede estar constituido por personas, animales, registros médicos, los nacimientos, las muestras de laboratorio, los accidentes viales entre otros". En nuestro campo pueden ser artículos de prensa, editoriales, películas, videos, novelas, series de televisión, programas radiales y por supuesto personas [15].

Para fines del presente estudio, la población abarca la parroquia Ambatillo, cantón Ambato.

Figura 7. Delimitación de la zona de estudio, Ambatillo



Fuente: Google Maps

2.3.2. Muestra

Es un subconjunto o parte del universo o población en que se llevará a cabo la investigación. En definitiva, la muestra es una parte representativa de la población [15].

Muestreo es tomar una porción de una población como subconjunto representativo de dicha población. Para que la muestra, al menos teóricamente, sea representativa de la población, debe seleccionarse siguiendo procedimientos que permita a cualquiera de todas las posibles muestras del mismo tamaño contenidas en la población, tener igual oportunidad de ser seleccionada [16].

2.3.2.1. Muestra para determinar consumo energético

La muestra en el presente estudio se tomará únicamente en las viviendas de interés social pertenecientes a la parroquia Ambatillo, cantón Ambato, con un total de 54 representativas de dicho cantón para obtener el consumo energético medio de las mismas.

Por otro lado, se tendrá una correlación con el consumo energético debido a artefactos eléctricos presentes en la mayoría de viviendas encuestadas.

2.3.2.2. Muestra para determinar las velocidades medias del viento

La muestra para determinar las velocidades del viento se realizará en 4 lugares ubicados dentro de la parroquia Ambatillo, estos sitios se han seleccionado tomando en consideración que no existan obstáculos para la medición de las velocidades y que sean a una distancia considerable uno del otro, respetando los límites de la parroquia.

La muestra se tomará durante tres meses: Diciembre, enero y febrero para tener una velocidad media del viento muy representativa en general de la parroquia en cuestión.

2.3.2.3. Muestra para determinar la presión y temperatura promedio del aire

La muestra para determinar la presión y temperatura media el aire se obtendrá del INAMHI, concretamente de la estación Querochaca que es la más cercana al lugar de estudio.

2.4. Materiales y Equipos

2.4.1. Materiales

Para la presente investigación los materiales a usarse netamente son de escritorio para la recolectar los datos obtenidos en campo de las encuestas realizadas como: esferos, hojas de encuestas, cuadernos, calculadora, etc.

2.4.2. Equipos

Dentro de los equipos necesarios para la presente investigación se toma en consideración:

- Computadora
- Impresora
- Transporte
- GPS o celular, para la localización y selección de las viviendas en cuestión.
- Flexómetro: Este equipo es conocido como cinta métrica y existe de diferentes marcas, este, permite tomar medidas lineales de 1 a 5 metros [17]

Imagen 1. Flexómetro



Fuente: Universidad Técnica de Ambato, [17]

Para poder establecer las velocidades medias de viento en el lugar en cuestión se ha optado por el uso de un anemómetro:

Imagen 2. Anemómetro Benetech GM816



Fuente: Andrés Pérez

Para poder establecer las coordenadas exactas de toma de velocidades medias de viento en el lugar en cuestión se ha optado por el uso de un GPS:

Imagen 3. GPS GARMIN GPSmap76



Fuente: Andrés Pérez

2.5. Métodos

Para el presente estudio se optó por un análisis netamente de campo con una metodología de tipo investigativo-descriptivo, pues se busca analizar el consumo energético de viviendas de interés social tomando en consideración características individuales, así como el comportamiento en conjunto para obtener una media de consumo y poder diseñar el sistema eléctrico tipo, de las viviendas unifamiliares a base de energía proveniente del viento.

También se busca analizar si en el sitio en cuestión es factible implementar un sistema eólico analizando las velocidades medias del viento y determinando las constantes numéricas para la implantación de dicho sistema en comparativa con otros sistemas de generación eléctrica amigables con el medio ambiente.

2.5.1. Plan de recolección de datos

Para la recolección de información de las viviendas tipo se ha implementado un modelo de encuesta en el que se busca obtener información suficiente del consumo energético, haciendo énfasis en la potencia de los artefactos, la disponibilidad de los mismos, el consumo hora al día, entre otros datos necesarios para el proyecto en estudio.

El plan de recolección de datos implica la realización de la encuesta tipo y la toma del número de medidor de la vivienda para la obtención de un consumo mensual a lo largo de todo el año 2019, se analiza 54 viviendas en total pertenecientes a la zona de estudio.

Para el análisis de factibilidad de implantación del sistema en cuestión netamente se realizará un estudio de campo obteniendo las velocidades medias del viento a partir de las 7 a.m. hasta las 7 p.m., durante tres meses en la zona de estudio para determinar un comportamiento estimativo del viento en dicho sector.

Posteriormente se analizará los resultados obtenidos mediante tablas y se tendrá una correlación de factibilidad con el sistema propuesto a implantarse.

2.5.2. Plan de procesamiento y Análisis de información

2.5.2.1. Datos de consumo energético en viviendas

Para los datos obtenidos de las viviendas de interés social se realizó una encuesta tipo, en las que se detallan datos concretos de las viviendas, representando el consumo energético y los artefactos eléctricos disponibles en las viviendas, así como las horas de uso y su potencia.

Se incluye el pago mensual medio realizado, cabe mencionar que se tomó el número de medidor de cada una de las viviendas para ingresar al sistema de la empresa eléctrica Ambato para obtener el consumo y pago mensual de cada una de las viviendas durante el año 2019.

Los datos obtenidos son de viviendas de interés social que cumplen con las características de viviendas tipo analizadas, concretamente construidas por el MIDUVI; las viviendas fueron encuestadas entre tres tesis y la información será compartida para propósitos de este trabajo investigativo.

2.5.2.2. Datos de velocidades medias de viento

Para la obtención de las velocidades medias del viento se detalla la medición de un día, concretamente 09 de diciembre del 2019, y se colocan los promedios para los meses de diciembre, enero, febrero y marzo.

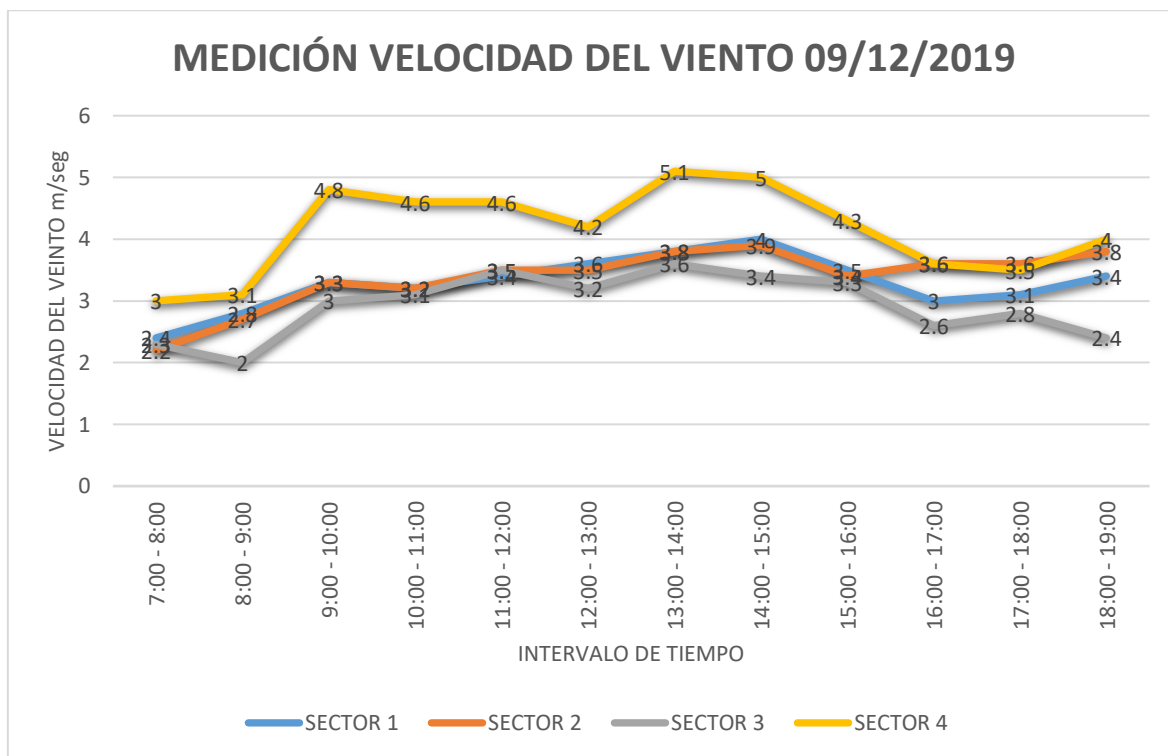
Tabla 4. Velocidades del viento del día lunes, 09 de diciembre del 2019 (ejemplo)

Medición de la velocidad del viento del día 09/12/2019				
HORA	Coordenadas del lugar			
	1°14'45.9"S	1°13'42.0"S	1°12'50.0"S	1°12'03.9"S
	78°39'19.8"W	78°39'30.3"W	78°39'49.9"W	78°40'02.5"W
Velocidades del viento (m/seg)				
7:00 - 8:00	2.4	2.2	2.3	3
8:00 - 9:00	2.8	2.7	2	3.1
9:00 - 10:00	3.3	3.3	3	4.8
10:00 - 11:00	3.2	3.2	3.1	4.6
11:00 - 12:00	3.4	3.5	3.5	4.6
12:00 - 13:00	3.6	3.5	3.2	4.2
13:00 - 14:00	3.8	3.8	3.6	5.1

14:00 - 15:00	4	3.9	3.4	5
15:00 - 16:00	3.5	3.4	3.3	4.3
16:00 - 17:00	3	3.6	2.6	3.6
17:00 - 18:00	3.1	3.6	2.8	3.5
18:00 - 19:00	3.4	3.8	2.4	4

Fuente: Andrés Pérez

Figura 8. Velocidades del viento del día lunes, 09 diciembre del 2019



Fuente: Andrés Pérez

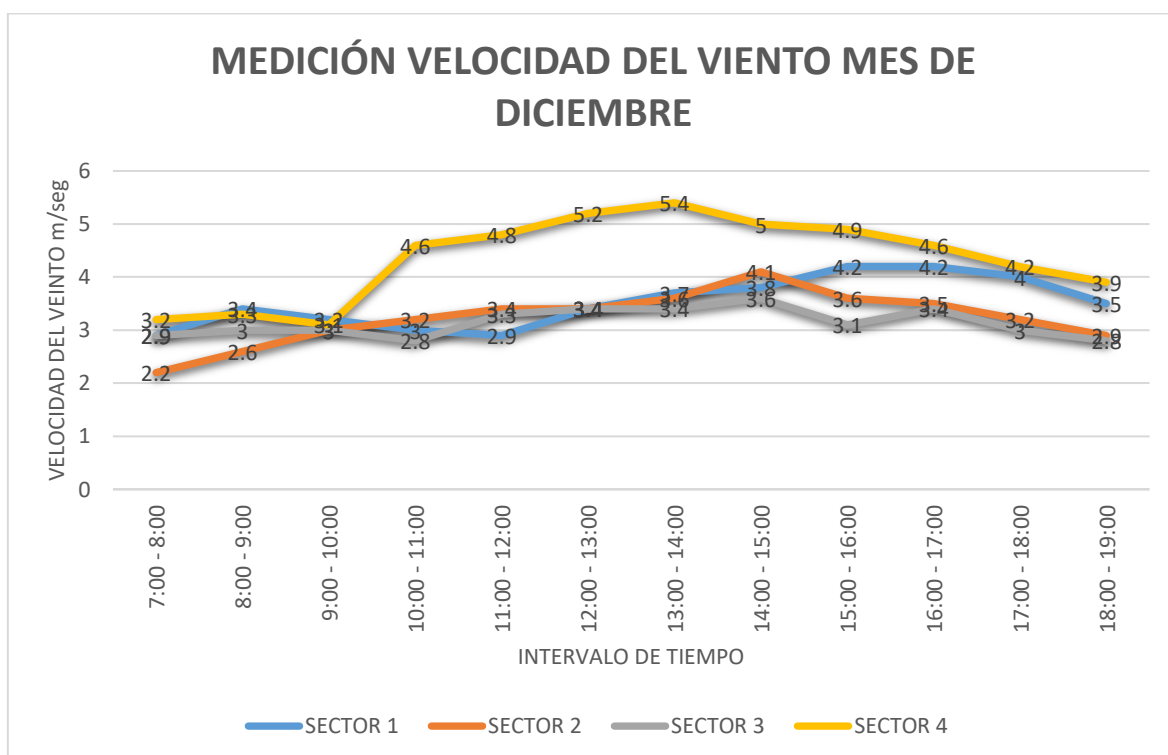
Tabla 5. Velocidades del viento mes de diciembre

Medición de la velocidad del viento mes de diciembre				
HORA	Coordenadas del lugar			
	1°14'45.9"S	1°13'42.0"S	1°12'50.0"S	1°12'03.9"S
	78°39'19.8"W	78°39'30.3"W	78°39'49.9"W	78°40'02.5"W
Velocidades del viento (m/seg)				
7:00 - 8:00	2.9	2.2	2.9	3.2
8:00 - 9:00	3.4	2.6	3	3.3
9:00 - 10:00	3.2	3	3	3.1
10:00 - 11:00	3	3.2	2.8	4.6
11:00 - 12:00	2.9	3.4	3.3	4.8
12:00 - 13:00	3.4	3.4	3.4	5.2
13:00 - 14:00	3.7	3.6	3.4	5.4

14:00 - 15:00	3.8	4.1	3.6	5
15:00 - 16:00	4.2	3.6	3.1	4.9
16:00 - 17:00	4.2	3.5	3.4	4.6
17:00 - 18:00	4	3.2	3	4.2
18:00 - 19:00	3.5	2.9	2.8	3.9

Fuente: Andrés Pérez

Figura 9. Velocidades del viento mes de diciembre



Fuente: Andrés Pérez

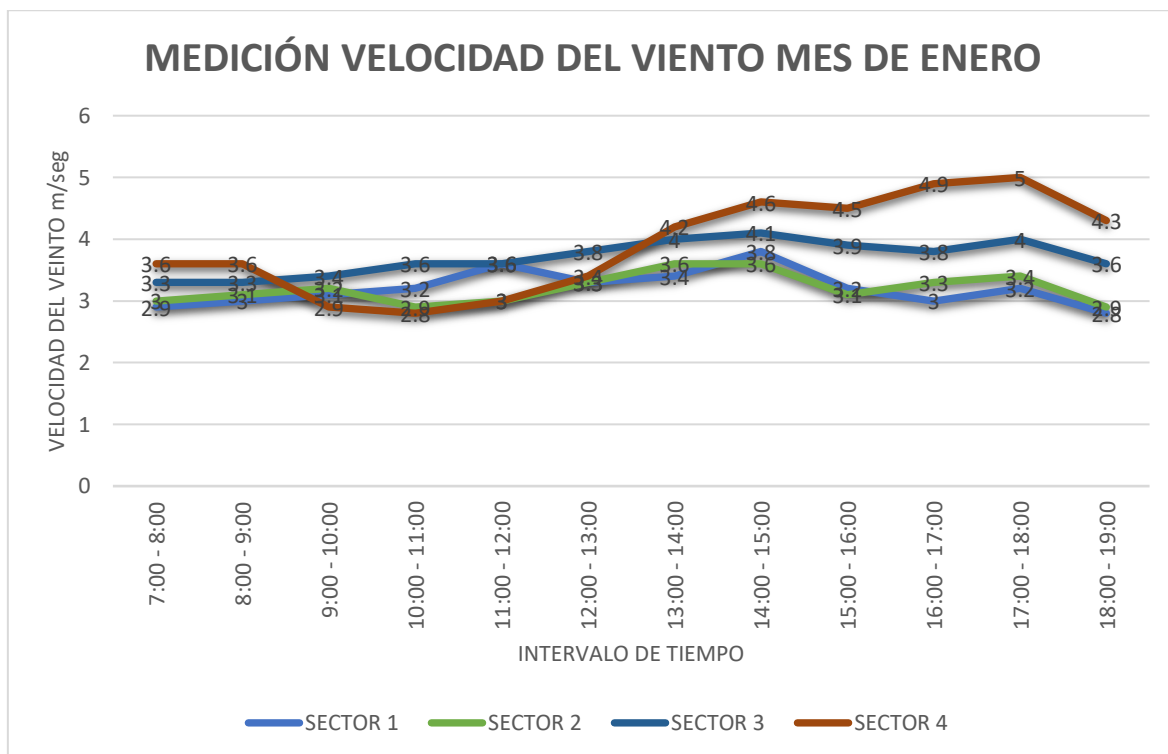
Tabla 6. Velocidades del viento mes de enero

Medición de la velocidad del viento mes de enero				
HORA	Coordenadas del lugar			
	1°14'45.9"S	1°13'42.0"S	1°12'50.0"S	1°12'03.9"S
	78°39'19.8"W	78°39'30.3"W	78°39'49.9"W	78°40'02.5"W
Velocidades del viento (m/seg)				
7:00 - 8:00	2.9	3	3.3	3.6
8:00 - 9:00	3	3.1	3.3	3.6
9:00 - 10:00	3.1	3.2	3.4	2.9
10:00 - 11:00	3.2	2.9	3.6	2.8
11:00 - 12:00	3.6	3	3.6	3
12:00 - 13:00	3.3	3.3	3.8	3.4
13:00 - 14:00	3.4	3.6	4	4.2

14:00 - 15:00	3.8	3.6	4.1	4.6
15:00 - 16:00	3.2	3.1	3.9	4.5
16:00 - 17:00	3	3.3	3.8	4.9
17:00 - 18:00	3.2	3.4	4	5
18:00 - 19:00	2.8	2.9	3.6	4.3

Fuente: Andrés Pérez

Figura 10. Velocidades del viento mes de enero



Fuente: Andrés Pérez

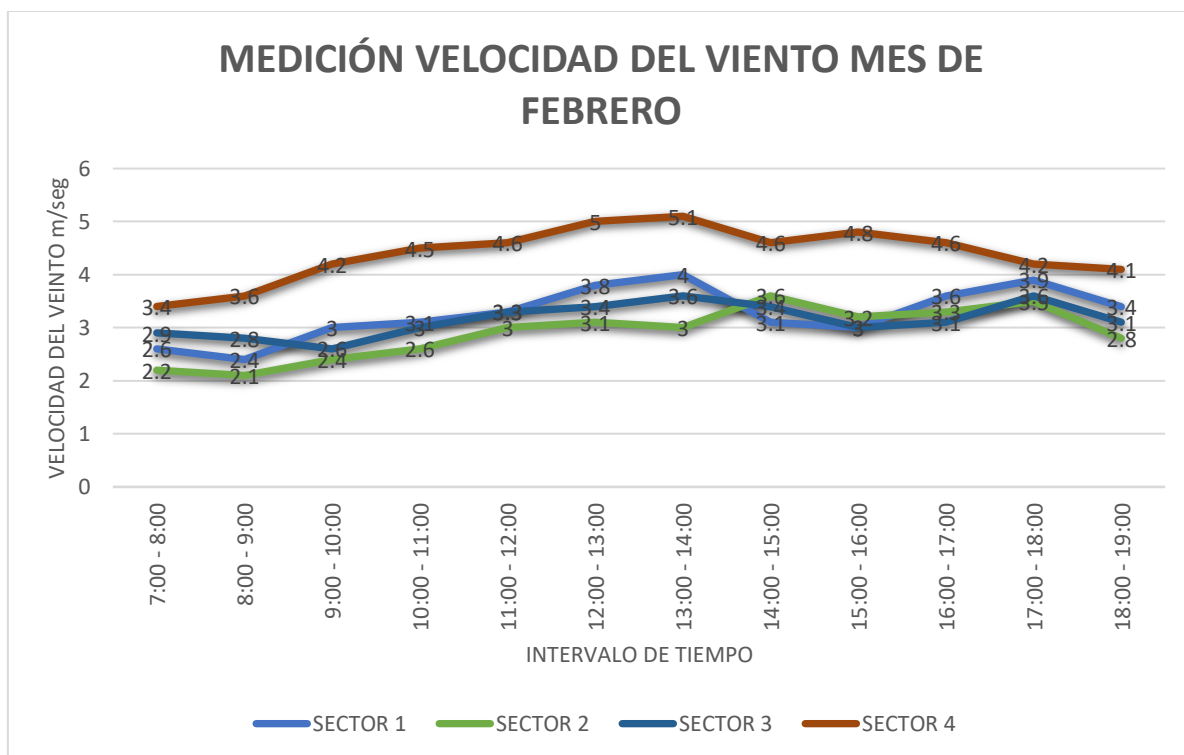
Tabla 7. Velocidades del viento mes de febrero

Medición de la velocidad del viento mes de febrero				
HORA	Coordenadas del lugar			
	1°14'45.9"S	1°13'42.0"S	1°12'50.0"S	1°12'03.9"S
	78°39'19.8"W	78°39'30.3"W	78°39'49.9"W	78°40'02.5"W
Velocidades del viento (m/seg)				
7:00 - 8:00	2.6	2.2	2.9	3.4
8:00 - 9:00	2.4	2.1	2.8	3.6
9:00 - 10:00	3	2.4	2.6	4.2
10:00 - 11:00	3.1	2.6	3	4.5
11:00 - 12:00	3.3	3	3.3	4.6
12:00 - 13:00	3.8	3.1	3.4	5
13:00 - 14:00	4	3	3.6	5.1
14:00 - 15:00	3.1	3.6	3.4	4.6
15:00 - 16:00	3	3.2	3	4.8

16:00 - 17:00	3.6	3.3	3.1	4.6
17:00 - 18:00	3.9	3.5	3.6	4.2
18:00 - 19:00	3.4	2.8	3.1	4.1

Fuente: Andrés Pérez

Figura 11. Velocidades del viento mes de febrero



Fuente: Andrés Pérez

Para el mes de marzo no se pudo tener los días completos del mes para la medición debido a situaciones inconvenientes dentro del país, por lo que se trabajó con las dos primeras semanas del mes.

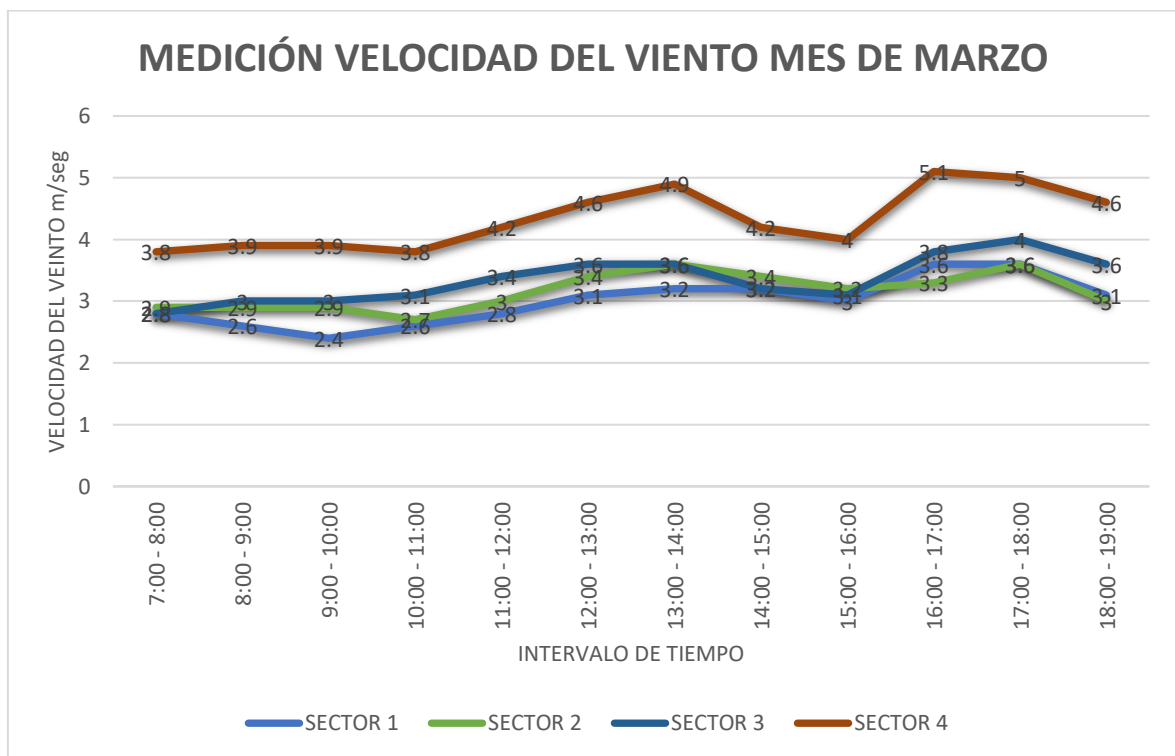
Tabla 8. Velocidades del viento mes de marzo

Medición de la velocidad del viento mes de marzo				
HORA	Coordenadas del lugar			
	1°14'45.9"S	1°13'42.0"S	1°12'50.0"S	1°12'03.9"S
	78°39'19.8"W	78°39'30.3"W	78°39'49.9"W	78°40'02.5"W
Velocidades del viento (m/seg)				
7:00 - 8:00	2.8	2.9	2.8	3.8
8:00 - 9:00	2.6	2.9	3	3.9

9:00 - 10:00	2.4	2.9	3	3.9
10:00 - 11:00	2.6	2.7	3.1	3.8
11:00 - 12:00	2.8	3	3.4	4.2
12:00 - 13:00	3.1	3.4	3.6	4.6
13:00 - 14:00	3.2	3.6	3.6	4.9
14:00 - 15:00	3.2	3.4	3.2	4.2
15:00 - 16:00	3	3.2	3.1	4
16:00 - 17:00	3.6	3.3	3.8	5.1
17:00 - 18:00	3.6	3.6	4	5
18:00 - 19:00	3.1	3	3.6	4.6

Fuente: Andrés Pérez

Figura 12. Velocidades del viento mes de marzo



Fuente: Andrés Pérez

2.5.2.3. Datos de la presión y temperatura del aire

Para la obtención de presión y temperatura del aire se tomó los datos provenientes del INAMHI, concretamente de la estación Querochaca debido a la cercanía con la zona de estudio.

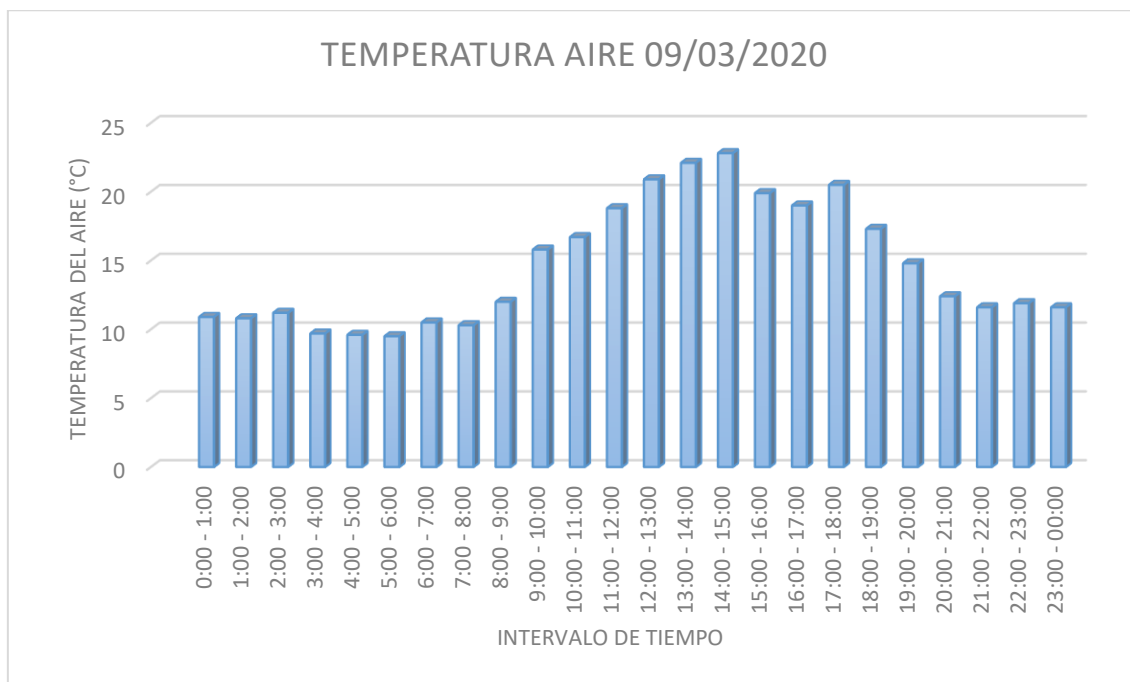
Al ser un dato muy aproximado se tomó durante siete días para el análisis, del 09 al 15 de marzo.

Tabla 9. Datos de presión y temperatura día 09/03/2020

Datos meteorológicos: Presión y temperatura del aire		
Día: lunes 09 de marzo del 2020		
HORA	PRESIÓN ATMOSFÉRICA (hPa)	TEMPERATURA AIRE (°C)
0:00 - 1:00	725.5	10.9
1:00 - 2:00	725.1	10.8
2:00 - 3:00	724.6	11.2
3:00 - 4:00	724.1	9.7
4:00 - 5:00	724.3	9.6
5:00 - 6:00	724.3	9.5
6:00 - 7:00	724.6	10.5
7:00 - 8:00	725.2	10.3
8:00 - 9:00	725.8	12
9:00 - 10:00	726	15.8
10:00 - 11:00	726.1	16.7
11:00 - 12:00	725.7	18.8
12:00 - 13:00	724.9	20.9
13:00 - 14:00	723.7	22.1
14:00 - 15:00	722.7	22.8
15:00 - 16:00	721.8	19.9
16:00 - 17:00	721.8	19
17:00 - 18:00	721.7	20.5
18:00 - 19:00	722.3	17.3
19:00 - 20:00	723	14.8
20:00 - 21:00	723.9	12.4
21:00 - 22:00	724.8	11.6
22:00 - 23:00	725.6	11.9
23:00 - 00:00	725.5	11.6

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI

Figura 13. Temperatura del aire 09/03/2020



Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI

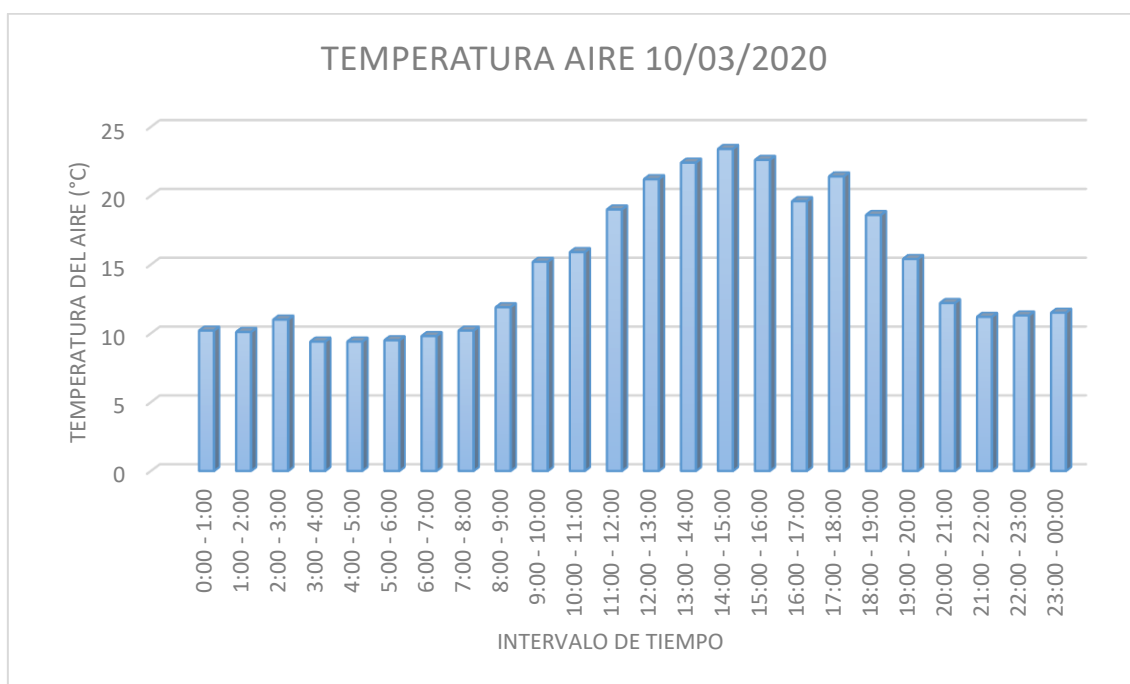
Tabla 10. Datos de presión y temperatura día 10/03/2020

Datos meteorológicos: Presión y temperatura del aire		
Día: martes 10 de marzo del 2020		
HORA	PRESIÓN ATMOSFÉRICA (hPa)	TEMPERATURA AIRE (°C)
0:00 - 1:00	724.8	10.2
1:00 - 2:00	724.6	10.1
2:00 - 3:00	724.6	11
3:00 - 4:00	721.4	9.4
4:00 - 5:00	722.6	9.4
5:00 - 6:00	726	9.5
6:00 - 7:00	724.5	9.8
7:00 - 8:00	724.2	10.2
8:00 - 9:00	726.9	11.9
9:00 - 10:00	736.5	15.2
10:00 - 11:00	721.6	15.9
11:00 - 12:00	722	19
12:00 - 13:00	722.8	21.2
13:00 - 14:00	724.5	22.4
14:00 - 15:00	725.2	23.4
15:00 - 16:00	726	22.6

16:00 - 17:00	724.9	19.6
17:00 - 18:00	726.1	21.4
18:00 - 19:00	725.4	18.6
19:00 - 20:00	722.8	15.4
20:00 - 21:00	723.6	12.2
21:00 - 22:00	724.6	11.2
22:00 - 23:00	725.4	11.3
23:00 - 00:00	725.1	11.5

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI

Figura 14. Temperatura del aire 10/03/2020



Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI

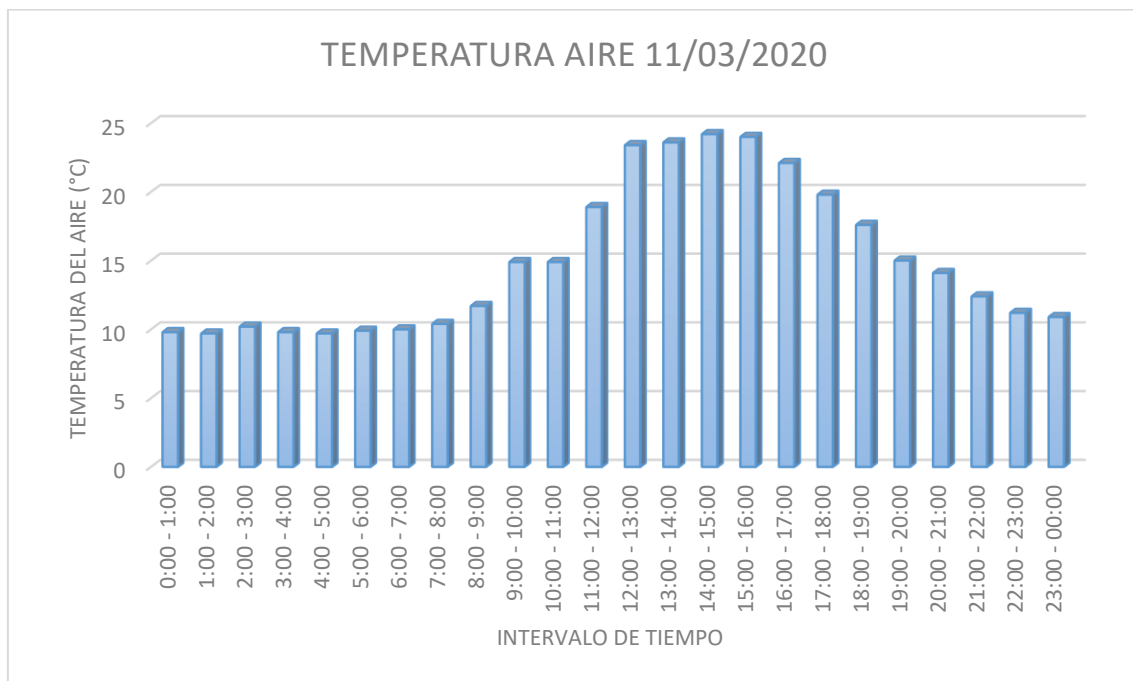
Tabla 11. Datos de presión y temperatura día 11/03/2020

Datos meteorológicos: Presión y temperatura del aire		
Día: miércoles 11 de marzo del 2020		
HORA	PRESIÓN ATMOSFÉRICA (hPa)	TEMPERATURA AIRE (°C)
0:00 - 1:00	722.8	9.8
1:00 - 2:00	724	9.7
2:00 - 3:00	726	10.2
3:00 - 4:00	725.5	9.8
4:00 - 5:00	723	9.7

5:00 - 6:00	725.2	9.9
6:00 - 7:00	725.6	10
7:00 - 8:00	724	10.4
8:00 - 9:00	723.8	11.7
9:00 - 10:00	728.4	14.9
10:00 - 11:00	722.8	14.9
11:00 - 12:00	722.4	18.9
12:00 - 13:00	722.4	23.4
13:00 - 14:00	726.4	23.6
14:00 - 15:00	726.6	24.2
15:00 - 16:00	726.6	24
16:00 - 17:00	725	22.1
17:00 - 18:00	723.6	19.8
18:00 - 19:00	725.2	17.6
19:00 - 20:00	721.4	15
20:00 - 21:00	724	14.1
21:00 - 22:00	724.6	12.4
22:00 - 23:00	729.4	11.2
23:00 - 00:00	724.6	10.9

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI

Figura 15. Temperatura del aire 11/03/2020



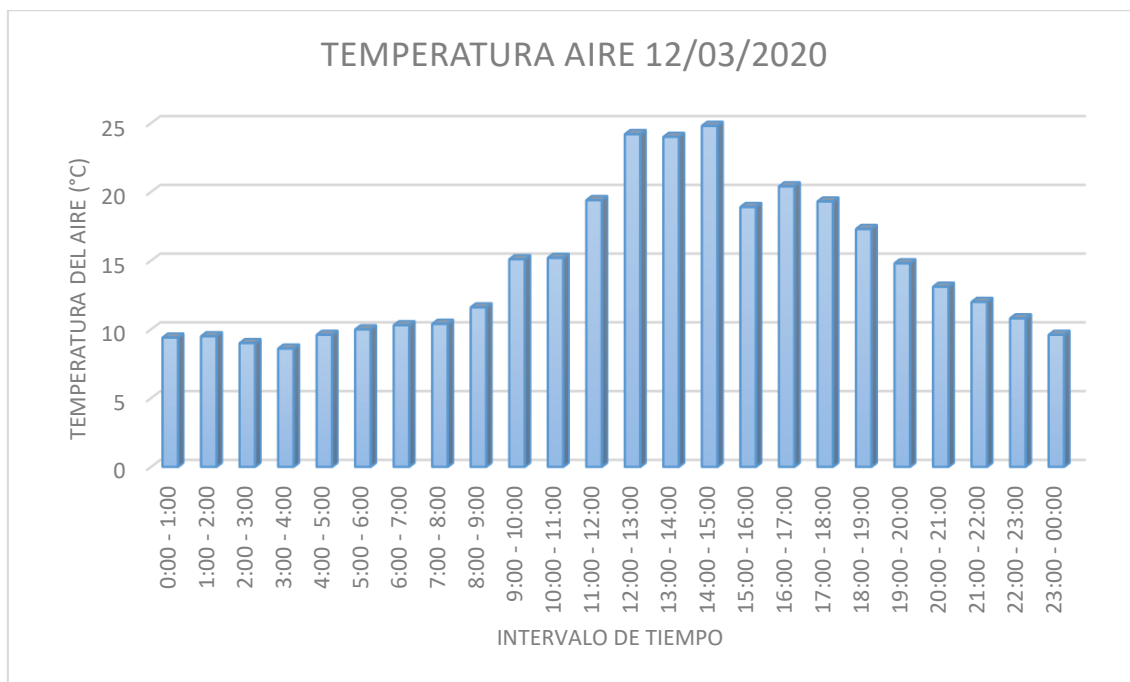
Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI

Tabla 12. Datos de presión y temperatura día 12/03/2020

Datos meteorológicos: Presión y temperatura del aire		
Día: jueves 12 de marzo del 2020		
HORA	PRESIÓN ATMOSFÉRICA (hPa)	TEMPERATURA AIRE (°C)
0:00 - 1:00	722.6	9.4
1:00 - 2:00	722.4	9.5
2:00 - 3:00	724.6	9
3:00 - 4:00	725.1	8.6
4:00 - 5:00	722.8	9.6
5:00 - 6:00	726.1	10
6:00 - 7:00	724.8	10.3
7:00 - 8:00	724.2	10.4
8:00 - 9:00	723	11.6
9:00 - 10:00	725.2	15.1
10:00 - 11:00	724.6	15.2
11:00 - 12:00	722.4	19.4
12:00 - 13:00	722.2	24.2
13:00 - 14:00	724.1	24
14:00 - 15:00	725.6	24.8
15:00 - 16:00	725.6	18.9
16:00 - 17:00	722.1	20.4
17:00 - 18:00	722	19.3
18:00 - 19:00	722.4	17.3
19:00 - 20:00	723.5	14.8
20:00 - 21:00	724.3	13.1
21:00 - 22:00	724.8	12
22:00 - 23:00	725.8	10.8
23:00 - 00:00	726.5	9.6

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI

Figura 16. Temperatura del aire 12/03/2020



Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI

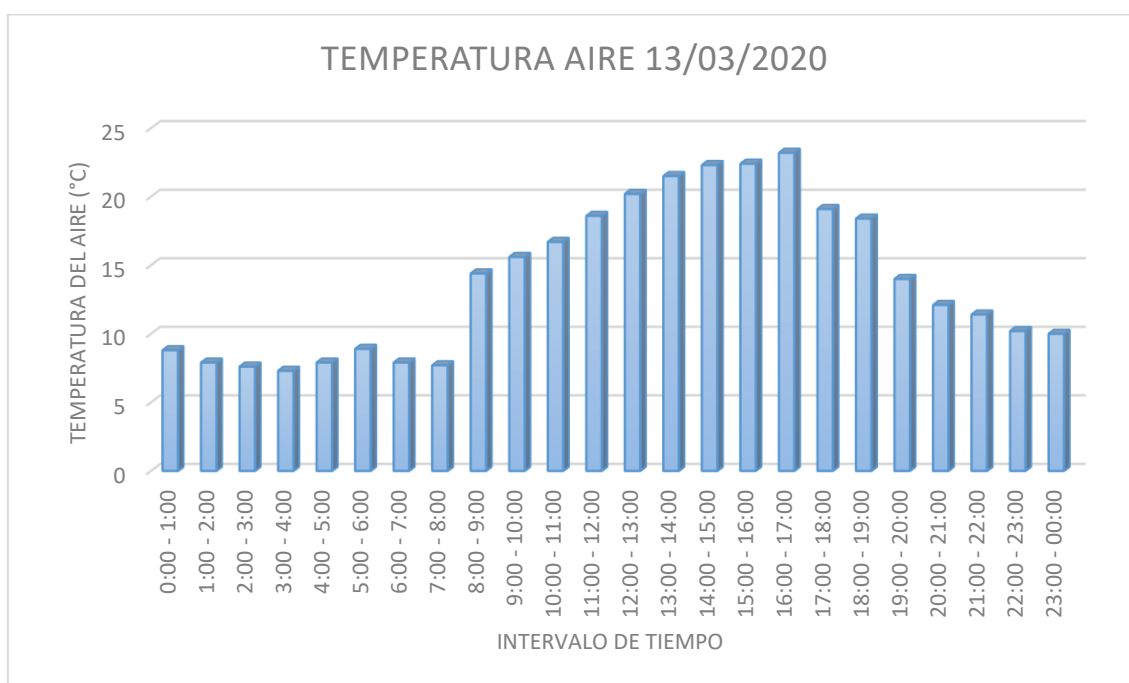
Tabla 13. Datos de presión y temperatura día 13/03/2020

Datos meteorológicos: Presión y temperatura del aire		
Día: viernes 13 de marzo del 2020		
HORA	PRESIÓN ATMOSFÉRICA (hPa)	TEMPERATURA AIRE (°C)
0:00 - 1:00	726.4	8.8
1:00 - 2:00	725.8	7.9
2:00 - 3:00	725.4	7.6
3:00 - 4:00	725.3	7.3
4:00 - 5:00	724.9	7.9
5:00 - 6:00	725	8.9
6:00 - 7:00	725.2	7.9
7:00 - 8:00	726.2	7.7
8:00 - 9:00	726.6	14.4
9:00 - 10:00	725.7	15.6
10:00 - 11:00	726.4	16.7
11:00 - 12:00	725.8	18.6
12:00 - 13:00	724.9	20.2
13:00 - 14:00	723.9	21.5

14:00 - 15:00	722.7	22.3
15:00 - 16:00	724.2	22.4
16:00 - 17:00	724	23.2
17:00 - 18:00	723.6	19.1
18:00 - 19:00	725.8	18.4
19:00 - 20:00	724.8	14
20:00 - 21:00	724.2	12.1
21:00 - 22:00	725.6	11.4
22:00 - 23:00	725.1	10.2
23:00 - 00:00	724.3	10

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI

Figura 17. Temperatura del aire 13/03/2020



Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI

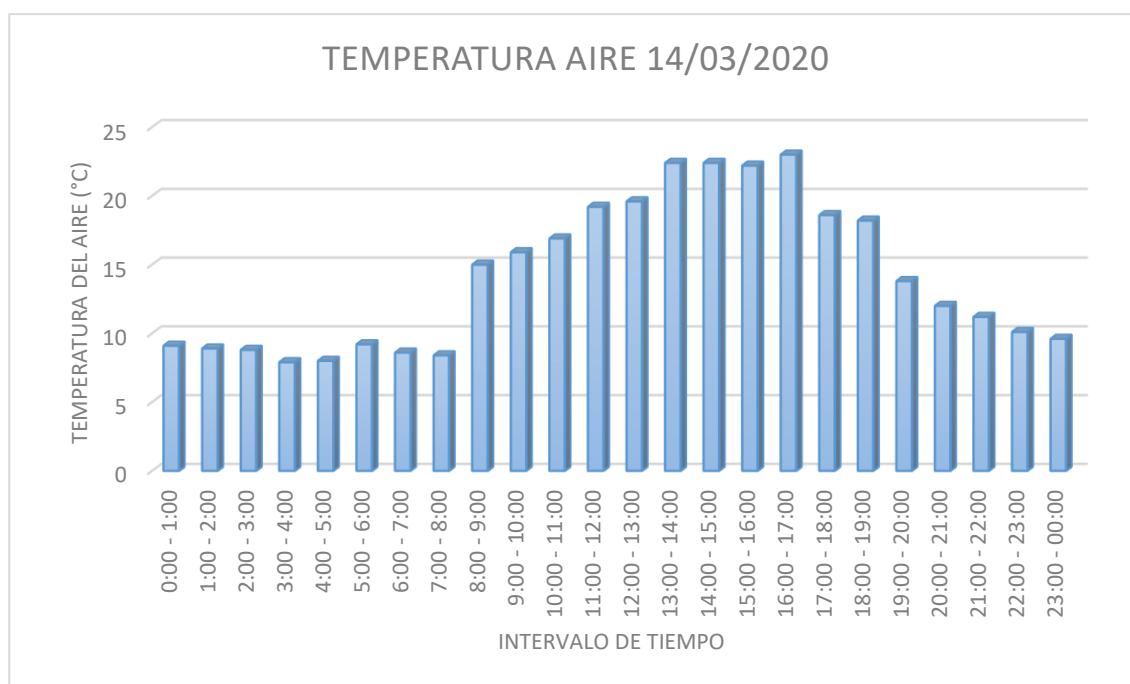
Tabla 14. Datos de presión y temperatura día 14/03/2020

Datos meteorológicos: Presión y temperatura del aire		
Día: sábado 14 de marzo del 2020		
HORA	PRESIÓN ATMOSFÉRICA (hPa)	TEMPERATURA AIRE (°C)
0:00 - 1:00	724.2	9.1
1:00 - 2:00	724.1	8.9

2:00 - 3:00	725.6	8.8
3:00 - 4:00	726.1	7.9
4:00 - 5:00	723.2	8
5:00 - 6:00	724.8	9.2
6:00 - 7:00	724.6	8.6
7:00 - 8:00	726.2	8.4
8:00 - 9:00	723.1	15
9:00 - 10:00	722.8	15.9
10:00 - 11:00	722.4	16.9
11:00 - 12:00	725.3	19.2
12:00 - 13:00	724.8	19.6
13:00 - 14:00	723.2	22.4
14:00 - 15:00	722.4	22.4
15:00 - 16:00	721.6	22.2
16:00 - 17:00	726	23
17:00 - 18:00	725.4	18.6
18:00 - 19:00	725.5	18.2
19:00 - 20:00	722.4	13.8
20:00 - 21:00	722.6	12
21:00 - 22:00	725.1	11.2
22:00 - 23:00	724.7	10.1
23:00 - 00:00	724.6	9.6

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI

Figura 18. Temperatura del aire 14/03/2020



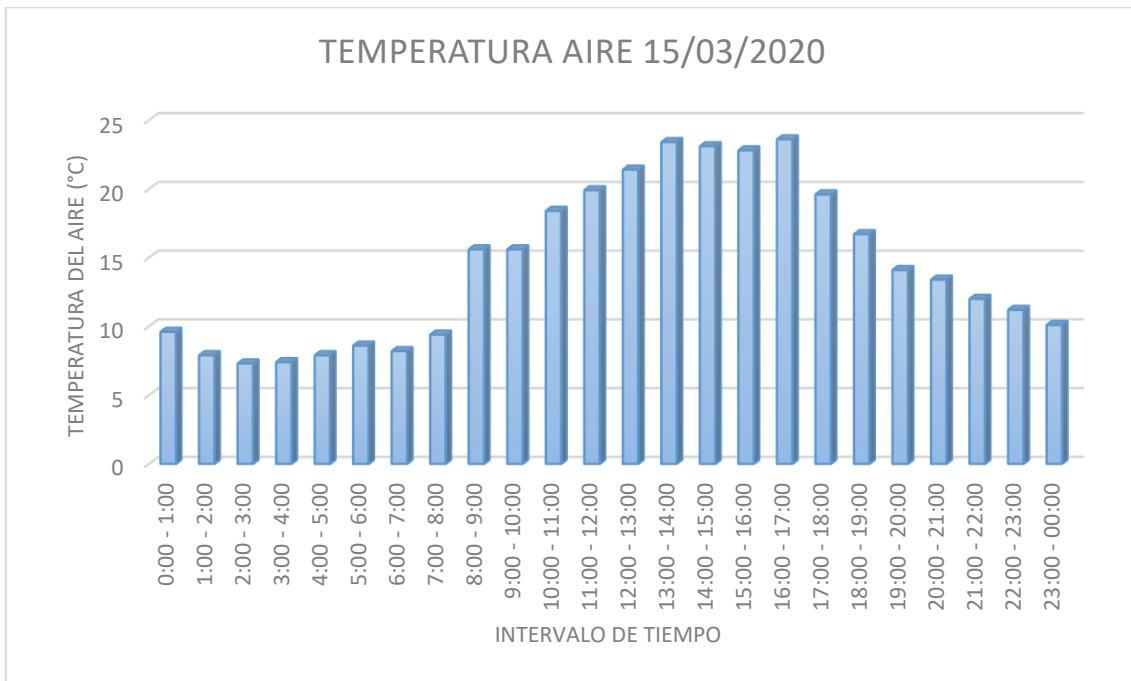
Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI

Tabla 15. Datos de presión y temperatura día 15/03/2020

Datos meteorológicos: Presión y temperatura del aire		
Día: domingo 15 de marzo del 2020		
HORA	PRESIÓN ATMOSFÉRICA (hPa)	TEMPERATURA AIRE (°C)
0:00 - 1:00	723.8	9.6
1:00 - 2:00	723.6	7.9
2:00 - 3:00	725.6	7.3
3:00 - 4:00	725.4	7.4
4:00 - 5:00	722.8	7.9
5:00 - 6:00	726.1	8.6
6:00 - 7:00	725.4	8.2
7:00 - 8:00	722.6	9.4
8:00 - 9:00	722.4	15.6
9:00 - 10:00	722.1	15.6
10:00 - 11:00	724.5	18.4
11:00 - 12:00	725	19.9
12:00 - 13:00	724.1	21.4
13:00 - 14:00	722.9	23.4
14:00 - 15:00	725.1	23.1
15:00 - 16:00	726.1	22.8
16:00 - 17:00	725.5	23.6
17:00 - 18:00	725.4	19.6
18:00 - 19:00	725.1	16.7
19:00 - 20:00	722.8	14.1
20:00 - 21:00	722.6	13.4
21:00 - 22:00	724.5	12
22:00 - 23:00	724.3	11.2
23:00 - 00:00	722.6	10.1

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI

Figura 19. Temperatura del aire 15/03/2020



Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este capítulo comprende el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en esta investigación, donde se planteó el diseño de un sistema auto sustentable de generación eléctrica a partir del viento para una vivienda de interés social, tomando en consideración el consumo necesario de dicha vivienda.

A continuación, se presenta en forma detallada toda la información desde la obtención del consumo neto para la vivienda en cuestión en base a encuestas y análisis de datos, hasta la obtención del diseño del sistema adoptado para la vivienda esto con la finalidad de dar respuesta al objetivo general planteado por los investigadores.

3.1. Análisis y discusión de los resultados

3.1.1. Consumo promedio anual

Para la obtención del consumo eléctrico necesario para la vivienda propuesta se obtuvo la demanda energética mensual de 54 viviendas de interés social durante todo el año 2019.

Tabla 16. Demanda energética mensual de las viviendas encuestadas

VIVIENDA	N° de cuenta:	CONSUMO MENSUAL kWh												Promedio
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
1	209506	6	4	0	36	61	68	81	71	72	68	75	71	51.08
2	207608	98	82	90	81	67	51	62	0	0	65	99	78	64.42
3	145683	38	40	42	44	39	32	42	31	34	36	38	46	38.50
4	212728	116	0	46	136	55	53	76	11	21	30	42	35	51.75
5	206608	17	19	20	17	11	9	21	11	14	11	21	40	17.58
6	242117	9	8	7	13	14	15	16	9	7	6	6	7	9.75
7	206148	19	10	15	15	10	14	32	26	18	15	27	18	18.25
8	202663	18	22	79	121	119	103	142	123	98	78	103	118	93.67
9	210863	39	44	39	42	36	36	52	36	38	42	31	34	39.08
10	211656	31	31	34	38	32	30	43	36	41	33	34	42	35.42

11	192682	13	12	11	13	10	9	10	9	11	11	30	46	15.42
12	212800	124	118	115	140	127	114	126	106	114	111	115	119	119.08
13	209528	175	147	157	170	163	151	170	172	189	167	178	177	168.00
14	224158	19	49	51	22	44	25	34	53	37	35	46	33	37.33
15	214772	63	51	66	59	61	67	60	93	55	68	69	51	63.58
16	231357	107	84	108	87	85	74	78	71	54	64	69	66	78.92
17	227654	12	31	36	36	39	31	57	29	26	28	29	27	31.75
18	227657	107	137	74	77	69	72	54	54	70	72	74	77	78.08
19	253884	39	44	27	29	39	64	95	130	114	83	96	83	70.25
20	310325	164	119	111	131	129	168	119	123	122	121	114	130	129.25
21	211770	170	150	157	174	166	192	129	116	186	172	182	158	162.67
22	207951	80	61	71	67	75	69	54	49	48	60	61	51	62.17
23	208853	124	93	73	120	150	112	97	126	131	139	150	128	120.25
24	207455	32	34	30	25	19	26	21	23	23	23	16	20	24.33
25	205461	75	61	76	57	67	69	87	66	75	91	143	143	84.17
26	132235	120	133	123	124	75	73	73	75	67	99	55	57	89.50
27	205564	95	65	55	57	60	46	91	55	41	66	65	75	64.25
28	213206	109	92	86	67	92	99	104	50	46	2	0	1	62.33
29	21476	280	217	294	190	349	339	332	275	261	351	335	311	294.50
30	212327	107	96	142	64	71	84	84	63	82	118	138	147	99.67
31	206572	36	50	60	46	54	46	48	38	34	38	40	30	43.33
32	214979	5	2	0	2	6	8	13	9	6	5	7	6	5.75
33	231678	48	34	48	32	41	37	51	38	42	56	60	64	45.92
34	226711	153	131	149	112	119	118	139	119	113	120	112	111	124.67
35	260632	82	84	101	73	72	68	80	75	125	8	55	55	73.17
36	241736	45	24	59	53	63	50	80	69	71	74	79	84	62.58
37	202927	113	100	119	95	125	108	158	87	84	127	111	115	111.83
38	144760	129	112	114	85	103	109	110	80	110	132	107	106	108.08
39	213059	163	155	182	157	167	142	207	120	98	147	131	108	148.08
40	255381	23	27	41	25	39	19	41	25	26	33	28	34	30.08
41	209178	77	61	62	67	94	80	74	86	62	78	62	60	71.92
42	222466	52	37	32	31	30	36	15	24	26	31	23	33	30.83
43	212755	131	112	125	133	141	99	152	106	115	100	137	134	123.75
44	26362	91	93	107	96	97	87	117	99	106	114	130	118	104.58
45	216548	82	78	76	88	68	57	77	66	70	71	66	79	73.17
46	148260	79	73	77	91	80	90	131	77	92	110	107	109	93.00
47	135874	24	22	22	21	19	32	72	20	23	21	26	28	27.50
48	142771	35	26	27	42	42	38	53	36	48	42	38	28	37.92
49	139361	83	71	96	72	70	73	71	116	64	91	76	76	79.92
50	231357	107	84	108	87	85	74	78	71	54	64	69	66	78.92
51	253956	51	43	60	46	45	46	44	54	35	58	47	48	48.08
52	246582	92	91	97	94	90	119	135	118	110	113	124	102	107.08
53	261976	47	29	38	29	36	27	50	28	33	42	29	33	35.08
54	127270	97	79	93	74	81	88	85	83	0	0	0	0	56.67

PROMEDIO DE CONSUMO ANUAL (kWh)	74
CONSUMO DIARIO (kWh)	2.5

Fuente: Andrés Pérez

El consumo energético para la vivienda en estudio estará dado por la media del promedio anual de cada una de las viviendas y desglosado a un día de consumo para el dimensionamiento y diseño del sistema.

Se puede observar que el sistema deberá proveer de 2.5 Kw mínimo por día por lo que debe estar diseñado correctamente para que cumpla con dicha demanda energética.

3.1.2. Consumo debido a electrodomésticos

El consumo energético debe abastecer todos electrodomésticos presentes en las viviendas de interés social. Tomando en consideración esto, en la realización de las encuestas se planteó la descripción de cada uno de los artefactos presentes y se hizo una comparativa entre todas ellas para estimar los artefactos y la cantidad media presente para una vivienda tipo.

Tomando en cuenta ello la mayoría de viviendas presenta los artefactos presentados en Tabla 17, se ha optado por tener una media de la cantidad entre todas las viviendas encuestadas.

Tabla 17. Consumo energético de electrodomésticos para una vivienda de interés social

Electrodomésticos	Cantidad	Potencia en:		Minutos de uso al día	Horas de uso al día (minutos/60)	Consumo diario (Kwh)
		Watts	Kilowatts (Watts/1000)			
LICUADORA	1	350	0.35	3	0.05	0.02
PLANCHA	1	1100	1.1	15	0.25	0.28
REFRIGERADORA	1	300	0.3	120	2.00	0.60
DUCHA ELÉCTRICA	1	4000	4	15	0.25	1.00
FOCOS AHORRADORES	5	17	0.017	240	4.00	0.34
RADIO	1	150	0.15	60	1.00	0.15
TELEVISOR	1	150	0.15	180	3.00	0.45

Consumo total diario	2.83
-----------------------------	-------------

Fuente: Andrés Pérez

Como se evidencia el consumo energético oscila en promedio de unos 2.8 KW diarios para una vivienda de interés social que cuenta con artefactos eléctricos presentes en la mayoría de viviendas encuestadas.

3.1.3. Picos horarios debido a electrodomésticos

La mayoría de sistemas de generación eléctrica por aerogeneradores presentan una potencia generada por hora, por lo que es de importancia saber los picos horarios de consumo durante un día para el dimensionamiento del sistema.

En la **Tabla 18** se muestra el consumo por hora de los artefactos eléctricos presentes en una vivienda tipo de interés social, así como sus picos de consumo y la hora de mayor consumo energético

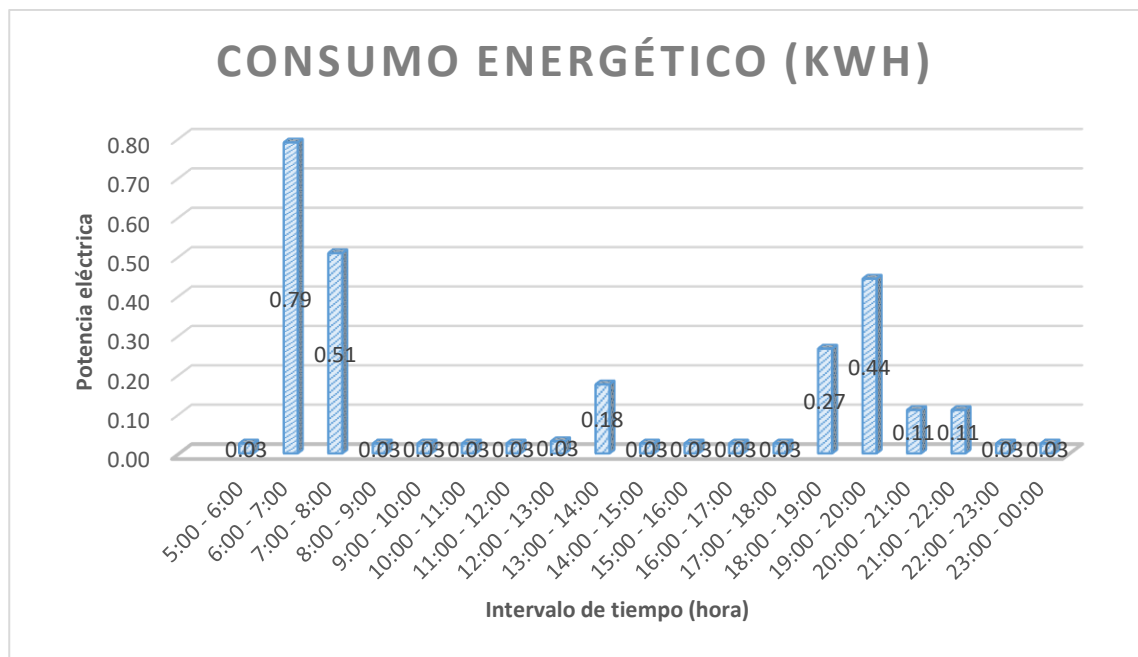
Tabla 18. Demanda energética por hora debida a electrodomésticos

HORA	Potencia eléctrica minutos de uso (Watts)							Potencia total/hora (Kwh)
	Licudora	Plancha	Refrigeradora	Ducha eléctrica	Focos ahorradores (x5)	Radio	Televisor	
5:00 - 6:00			25					0.03
6:00 - 7:00	5.83	275.00	25	333.33		150		0.79
7:00 - 8:00			25	333.33			150	0.51
8:00 - 9:00			25					0.03
9:00 - 10:00			25					0.03
10:00 - 11:00			25					0.03
11:00 - 12:00			25					0.03
12:00 - 13:00	5.83		25					0.03
13:00 - 14:00			25				150	0.18
14:00 - 15:00			25					0.03
15:00 - 16:00			25					0.03
16:00 - 17:00			25					0.03
17:00 - 18:00			25					0.03
18:00 - 19:00	5.83		25		85		150	0.27
19:00 - 20:00			25	333.33	85			0.44

20:00 - 21:00			25		85			0.11
21:00 - 22:00			25		85			0.11
22:00 - 23:00			25					0.03
23:00 - 00:00			25					0.03

Fuente: Andrés Pérez

Figura 20. Demanda energética por hora



Fuente: Andrés Pérez

Como se puede evidenciar el pico de consumo energético se ubica de 06:00 a 07:00 con una demanda energética de 0.79 KW, por lo que el sistema planteado debe satisfacer esta necesidad.

3.1.4. Análisis de las velocidades del viento

Dada la complejidad topográfica de Ambato en general se tomó la velocidad media en 4 sectores representativos dentro de la parroquia Ambatillo, obteniendo los siguientes promedios de velocidad del viento:

Tabla 19. Promedio de la velocidad del viento durante los 4 meses de análisis

Promedio de las velocidades del viento durante los 4 meses de análisis				
HORA	Coordenadas del lugar			
	1°14'45.9"S	1°13'42.0"S	1°12'50.0"S	1°12'03.9"S
	78°39'19.8"W	78°39'30.3"W	78°39'49.9"W	78°40'02.5"W
Velocidades del viento (m/seg)				
7:00 - 8:00	2.80	2.58	2.98	3.50
8:00 - 9:00	2.85	2.68	3.03	3.60
9:00 - 10:00	2.93	2.88	3.00	3.53
10:00 - 11:00	2.98	2.85	3.13	3.93
11:00 - 12:00	3.15	3.10	3.40	4.15
12:00 - 13:00	3.40	3.30	3.55	4.55
13:00 - 14:00	3.58	3.45	3.65	4.90
14:00 - 15:00	3.48	3.68	3.58	4.60
15:00 - 16:00	3.35	3.28	3.28	4.55
16:00 - 17:00	3.60	3.35	3.53	4.80
17:00 - 18:00	3.68	3.43	3.65	4.60
18:00 - 19:00	3.20	2.90	3.28	4.23

Fuente: Andrés Pérez

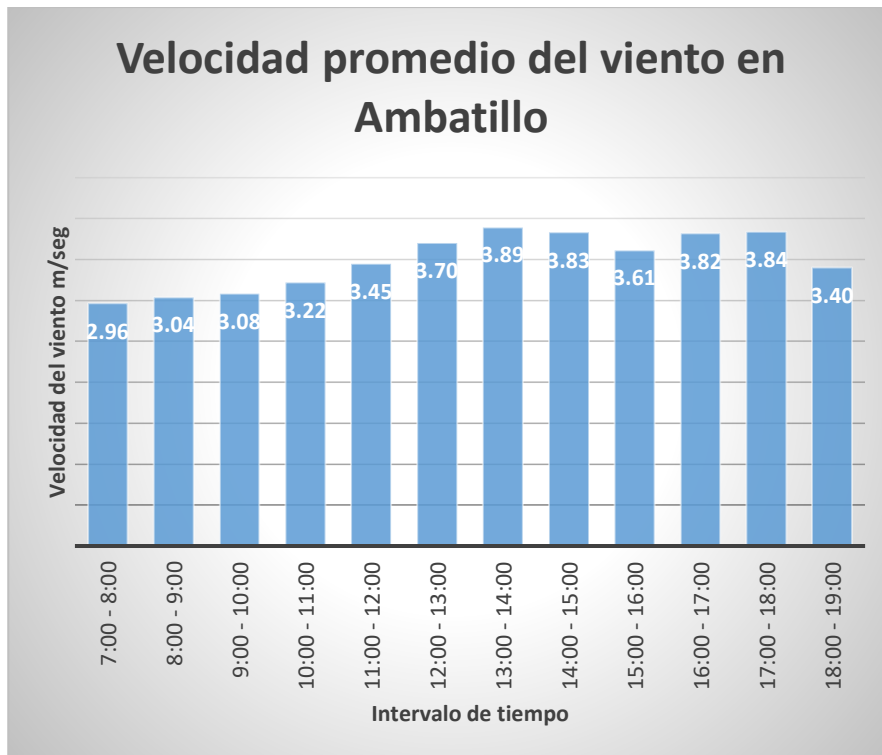
Una vez obtenido un promedio general de los 4 sectores analizados se tiene una información mucho más contundente de la media de la velocidad del viento dentro de la parroquia Ambatillo.

Tabla 20. Promedio de la velocidad de viento en Ambatillo

Promedio de las velocidades del viento de los 4 sectores	
HORA	Velocidades del viento (m/seg)
7:00 - 8:00	2.96
8:00 - 9:00	3.04
9:00 - 10:00	3.08
10:00 - 11:00	3.22
11:00 - 12:00	3.45
12:00 - 13:00	3.70
13:00 - 14:00	3.89
14:00 - 15:00	3.83
15:00 - 16:00	3.61
16:00 - 17:00	3.82
17:00 - 18:00	3.84
18:00 - 19:00	3.40
Promedio general	3.49

Fuente: Andrés Pérez

Figura 21. Velocidad promedio del viento en Ambatillo



Fuente: Andrés Pérez

Como se puede evidenciar el pico horario de velocidad de viento en Ambatillo se encuentra entre las 13:00 y 14:00 horas. Con una velocidad media estable de **3.89 m/seg**. Cabe mencionar que la velocidad del viento en este sector es bastante constante teniendo intervalos muy cortos en los que no sopla el viento.

Como promedio general se obtuvo una velocidad de **3.49 m/seg** en el día, dato que nos servirá posteriormente para obtener la potencia generada por el aerogenerador con estas velocidades.

3.1.5. Análisis de la presión y temperatura del aire

Es de suma importancia establecer la presión y temperatura del aire para el análisis de la potencia generada posteriormente por el aerogenerador, se tiene que mencionar que los datos obtenidos de presión y temperatura del aire son del INAMHI concretamente de la estación Querochaca que es la más cercana y se puede tener una idea clara de la presión y temperaturas para la zona estudiada.

En Tabla 21, se puede visualizar un promedio de cada uno de los días obteniendo un promedio general de la presión y temperatura en el aire.

Tabla 21. Promedio general de la presión y temperatura del aire

Presión y temperatura del aire promedio		
DÍA	PRESIÓN ATMOSFÉRICA (hPa)	TEMPERATURA AIRE (°C)
9/3/2020	724.29	14.61
10/3/2020	724.84	14.68
11/3/2020	724.72	14.93
12/3/2020	724.03	14.47
13/3/2020	725.08	13.92
14/3/2020	724.20	14.13
15/3/2020	724.18	14.47
PROMEDIO GENERAL	724.48	14.46

Fuente: Andrés Pérez




Durante los 7 días que se obtuvo los datos se obtuvo un promedio general con una presión de **724.48 hPa** y una temperatura media del aire de **14.46** grados centígrados.

3.1.6. Propuestas de aerogeneradores

Para la selección del sistema, se hizo un análisis entre varios proveedores de mini aerogeneradores eólicos para seleccionarlo al sistema a diseñarse, entre las características principales están: la potencia generada, la vida útil del sistema, la fiabilidad de los sistemas, el costo, entre otros parámetros indispensables para su selección.

En la Tabla 22, se muestra tres opciones catalogadas como las mejores, debido a la necesidad energética planteada según el estudio a las viviendas y el análisis de vientos en la parroquia Ambatillo.

Tabla 22. Aerogeneradores disponibles en el mercado

Marca	Nohana 3000	Bornay	Enair
Aerogenerador	SWG 3Kw	Wind 13+	Enair 30PRO
Gráfico			
Especificaciones técnicas			
Número de hélices	3	2	3
Diámetro	4.5 m.	2.86 m.	3.8 m.
Material	-	Fibra de vidrio/carbono	Fibra de vidrio con resinas y núcleo de poliuretano
Especificaciones eléctricas			
Alternador	-	Trifásico imanes permanentes	-
Imanes	-	Neodimio	Neodimio
Potencia nominal	3000 W	1500 W	1900 W
Voltaje	240 v	220 v	220 v
RPM nominal	220	600	250
Velocidad del viento			
Rango de funcionamiento	2-45 m/s	2-30 m/s	2-60 m/s
Arranque	2 m/s	3 m/s	2 m/s
Potencia nominal	10 m/s	12 m/s	11 m/s
Máxima	45 m/s	60 m/s	60 m/s

Especificaciones físicas			
Peso total	-	63.8 kg	125 kg.
Garantía	-	3 años	-
Precio (solo aerogenerador)	-	3145 euros	6600 euros

Fuente: Andrés Pérez

Entre los distintos tipos de aerogeneradores planteados se optó por escoger el modelo **Wind 13+**, de la compañía Bornay, debido entre muy otras cosas a su precio y a la fiabilidad del proveedor, así como la potencia de su aerogenerador que cubre con las demandas energéticas de la vivienda planteada.

3.1.7. Aerogenerador Wind 13+

3.1.7.1. Descripción general

La gama de Aerogeneradores Wind + va un paso más allá, avanzando la tecnología mini eólica hasta un punto desconocido en esta tecnología. Bajo una estética ya conocida, se esconde una evolución hacia unos aerogeneradores más compatibles, más sencillos de instalar y con unas mejores prestaciones. [18]

Entre las innovaciones más destacadas, los nuevos Wind + están equipados con alternador trifásico de imanes permanentes de neodimio a una tensión única de salida de 220 Vac, para cualquier tipo de aplicación, aportando la máxima eficiencia al equipo. La segunda importante innovación viene de la mano de la electrónica de control, con 2 controladores para todo tipo de aplicaciones: Controlador MPPT para carga de baterías y un Interface para la conexión directa de todo tipo de consumos, tanto en AC ó DC, o inversores de conexión a red. [18]

Los nuevos controladores introducen un nuevo sistema de control de máquina, que incorpora control por voltaje, tensión y rpm, lo cual garantiza un perfecto control de máquina, a la vez que mejora sustancialmente la eficiencia del aerogenerador. [18]

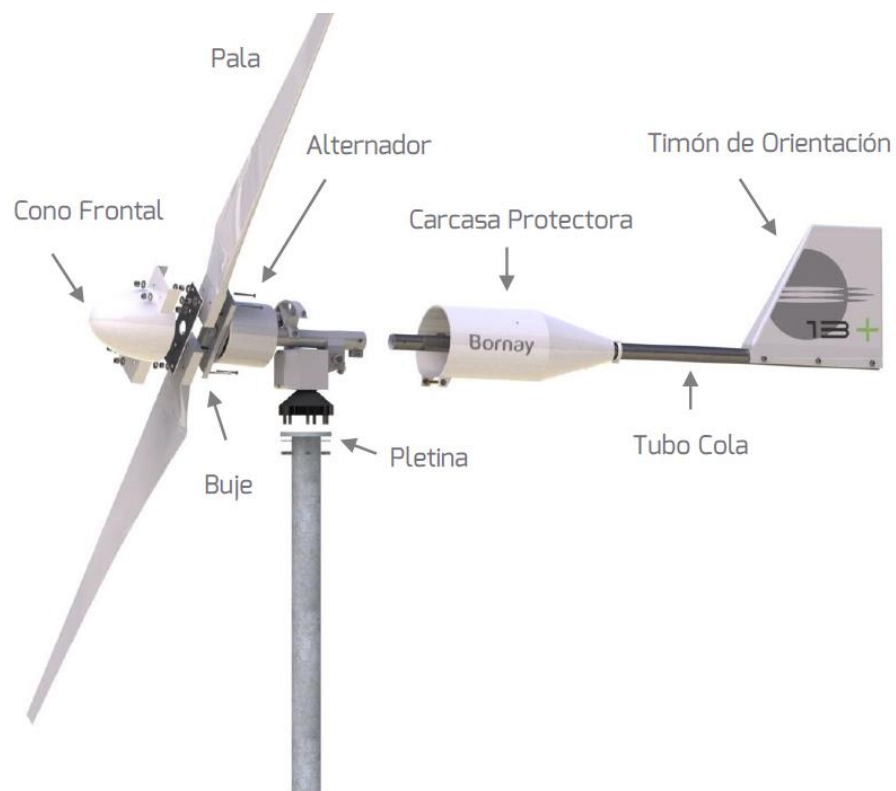
El aerogenerador mini eólico de Bornay Wind 13+ tiene una potencia de 1500W, está compuesto por 2 palas con un diámetro de 2,86m. Puede trabajar en conjunto con instalaciones solares, aportando una mayor seguridad en el suministro, al venir la producción energía de dos fuentes de generación independientes. [18]

3.1.7.2. Componentes del aerogenerador

Dentro de los componentes del aerogenerador tenemos:

- 1 Timón de orientación
- 1 Tubo Cola
- 1 Carcasa protectora
- 1 Alternador
- 1 Buje
- 2 Palas
- 1 Cono frontal
- 1 Juego tornillería
- 1 Pletina fijación torre

Imagen 4. Componentes del aerogenerador Wind 13+



Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

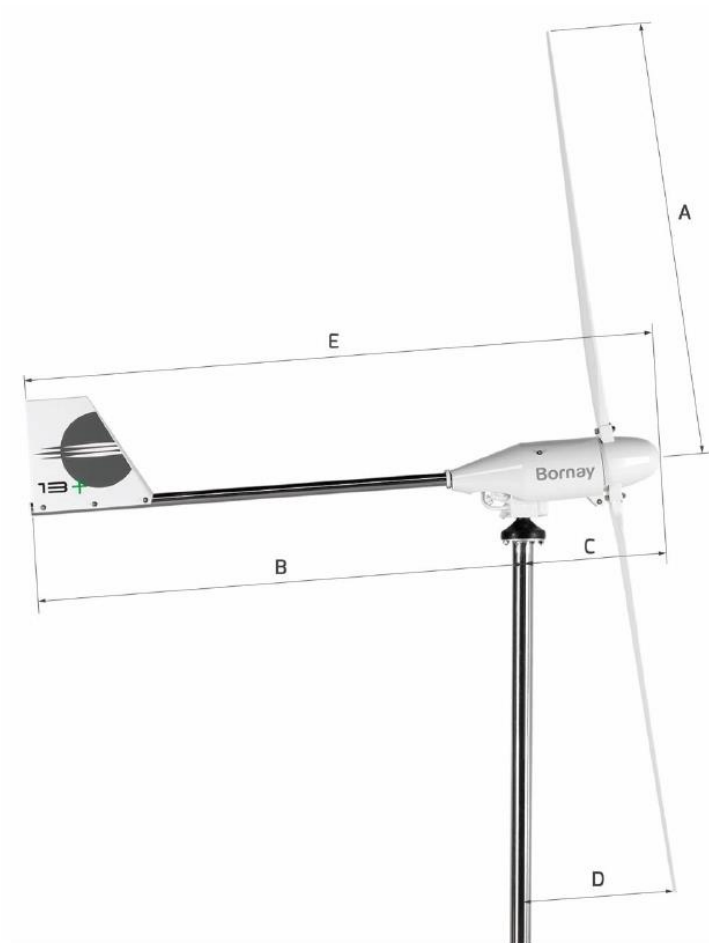
3.1.7.3. Dimensiones del aerogenerador

Tabla 23. Dimensiones del aerogenerador Wind 13+

Modelo	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)
Wind 13+	1430	1585	420	4700	2085

Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

Imagen 5. Dimensiones del aerogenerador Wind 13+



Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

3.1.7.4. Datos técnicos

Tabla 24. Datos técnicos del aerogenerador Wind 13+

Especificaciones técnicas	
Número de hélices	2
Diámetro	2.86 m.
Material	Fibra de vidrio/carbono
Dirección de rotación	Anti-horario
Especificaciones eléctricas	
Alternador	Trifásico imanes permanentes
Imanes	Neodimio
Potencia nominal	1500 W
Voltaje	220 v
RPM nominal	600
Velocidad del viento	
Rango de funcionamiento	2-30 m/s
Arranque	3 m/s
Potencia nominal	12 m/s
Frenado automático	14 m/s
Máxima	60 m/s
Especificaciones físicas	
Peso aerogenerador	41 kg
Bulto 1 (Aero.) - peso	57 kg
Bulto 1-Dimensiones (cm)	50x77x57
Bulto 2 (Hélices.) - peso	6.8 kg
Bulto 2-Dimensiones (cm)	153x27x7
Total-Volumen	0.23 m3
Total-Peso	63.8 kg
Garantía	3 años

Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

3.1.7.5. Emplazamiento del aerogenerador

Es muy importante instalar el aerogenerador en un lugar donde el viento sople con la mayor velocidad y constancia posibles. La velocidad del viento depende, en gran medida, del terreno sobre el que se mueve el aire, la vegetación, el tipo de terreno. [18]

Las construcciones cercanas y otros factores y sólidos frenan el viento y producen turbulencias. El lugar idóneo para un aerogenerador, es una zona libre de obstáculos y lo más alto posible respecto de los obstáculos. [18]

Montaje

Las precauciones a seguir deben de ser:

- No planifique la instalación del aerogenerador en días de viento.
- No deje el generador funcionando libremente. Con el aerogenerador funcionando libremente, el sistema de frenado automático por inclinación no funciona, esto podría producir daños irreparables en el aerogenerador.
- Utilice el cableado adecuado. [18]

La Torre

Se recomienda colocar el aerogenerador sobre una torre independiente, separada de la vivienda, para evitar que esta pueda provocar turbulencias y cualquier tipo de vibración que pueda ser transmitida a la vivienda. [18]

El anclaje de la torre se realizará según el tipo a instalar, sujeta al suelo firmemente, generalmente con una cimentación de hormigón, totalmente vertical y nivelada, para evitar un mal funcionamiento de su aerogenerador. [18]

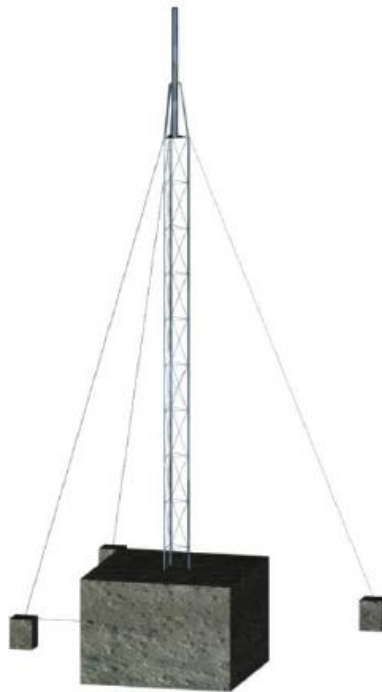
En el caso de torres de poca base que precisen tensores, una vez anclada la base y colocada la torre, se le colocarán 3 ó 4 tensores cuyos soportes se anclarán firmemente al suelo, generalmente con una base de hormigón. [18]

La torre debe quedar totalmente inmóvil y consistente. Los tensores deberán ser cables de acero de 6 a 10 mm de grosor, y su sujeción a la torre en la parte alta deberá estar por debajo del diámetro de las hélices. [18]

Para una mayor seguridad eléctrica es recomendable la instalación de una placa toma-tierra, conectada a la base de la torre y situada a unos metros de la base de la misma. [18]

No es recomendable la instalación de para rayos cercanos, dentro del área del aerogenerador. [18]

Imagen 6. Esquema de la torre para el aerogenerador Wind 13+



Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

El aerogenerador debe girar libremente 360 grados sin que llegue a rozar con ningún obstáculo, una vez instalado el aerogenerador sobre la torre, debe de comprobarse que este es capaz de girar libremente y que no existe ningún obstáculo dentro del diámetro de las hélices. [18]

Las hélices, ante la presión del viento, pueden llegar a tener una torsión de hasta 15 cm, por lo que es necesario que entre las hélices y el punto más cercano exista, como mínimo, una distancia de 20 cm. [18]

Imagen 7. Distancia mínima de las hélices y obstáculos



Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

Cableado eléctrico

Previo a la instalación del aerogenerador y una vez instalada la torre, debe de realizarse el cableado eléctrico. [18]

El primer paso en el conexionado eléctrico, es colocar el banco de baterías adecuado, en su configuración correcta y conexionado conforme a las especificaciones del fabricante, obteniendo como resultado el voltaje y capacidad adecuados para la instalación que vamos a realizar. [18]

Existen diferentes tipologías de baterías. En el caso de instalaciones domésticas híbridas eólico / solares, se recomienda el uso de baterías de plomo ácido abiertas y en función de las capacidades de carga de la instalación, se precisan de unos requisitos mínimos de instalación para asegurar el correcto funcionamiento y la durabilidad de la instalación. [18]

Las recomendaciones mínimas de instalación, así como del cableado entre la batería y el regulador son:

Tabla 25. Recomendaciones mínimas para cableado y batería

Modelo	Cable Batería	Batería Mínima
Wind 13+/220V	10 mm ²	150 Ah C100

Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

3.1.7.6. Montaje e instalación de sus partes

Antes de realizar el montaje del aerogenerador sobre la torre se debe de realizar la instalación eléctrica, así como la interconexión de las baterías y el regulador. [18]

Para poder colocar fácilmente el Aerogenerador sobre la torre puede utilizarse un soporte vertical sujeto a la torre con una polea. [18]

El soporte que se utilice deberá estar bien sujeto a la torre, con una polea en el extremo a la que se le pasará una cuerda, con la que se atará el aerogenerador. [18]

Imagen 8. Montaje del aerogenerador



Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

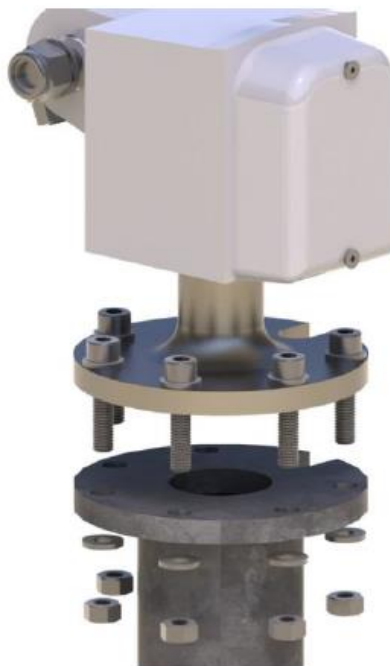
Pletina de fijación

Su función será la sujeción del aerogenerador y permitirá desmontarlo en cualquier momento. [18]

La unión se hace a través de dos pletinas, una de ellas soldada en la torre y la otra en el aerogenerador. [18]

La pletina cuenta con una ranura para la bajada los cables eléctricos y seis taladros para seis tornillos allen M10x40, con arandelas M10 en ambas caras y seis tuercas M10. El conjunto de tornillos se suministra en una bolsa separada del resto de la tornillería y junto a la pletina en el caso de no haber sido enviada por anticipado o no adjuntar la torre. [18]

Imagen 9. Pletina de fijación



Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

Timón de orientación/Tubo cola

La función del timón de orientación es la de mantener el rotor alineado al viento en todo momento. [18]

Está compuesto de dos partes: el timón de orientación de polietileno y un tubo de acero. La unión se realiza mediante tres tornillos M6x80 con seis arandelas M6 de serie ancha, que se instalan en ambas partes del tornillo y tres tuercas autoblocantes M6. [18]

Imagen 10. Timón de orientación



Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

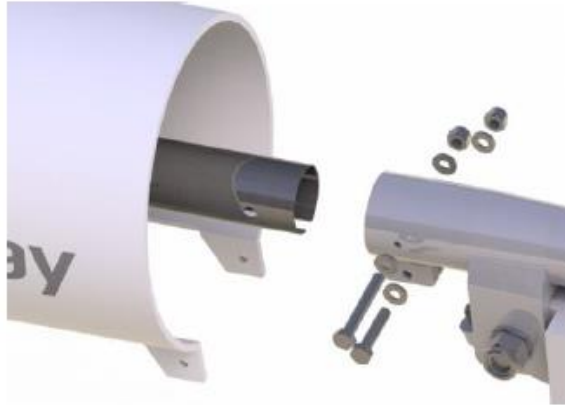
Sujeción Tubo cola Alternador

Esta es la parte en la que se unen el tubo de cola con el alternador. Antes de atornillar esta unión se debe introducir la carcasa protectora por el tubo. (Una vez montado el tubo al alternador no se podrá insertar la carcasa). [18]

La unión del tubo al alternador consta de dos partes: una es pasante y otra en forma de brida. Se introduce el tubo de cola en la parte trasera del alternador, haciendo coincidir los taladros de ambas piezas y quedando la ranura del tubo hacia abajo. En los orificios se instala un tornillo hexagonal M8x60 con dos arandelas M8, una en cada parte y una tuerca autoblocante M8. En la parte superior se tiene un sistema de apriete en forma de brida. Simplemente se

apretará el tornillo que lleva la brida, una vez esté en su posición. Ambos tornillos necesitan un apriete de 2.5 Kg. [18]

Imagen 11. Sujeción Tubo cola – Alternador



Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

Carcasa protectora

Su función es proteger el alternador de las condiciones climatológicas. La fijación de la carcasa se realiza con cuatro tornillos, dos de ellos en la parte superior, uno en la parte trasera en forma de abrazadera y, por último, otro en la parte inferior frontal a modo de brida:

En la parte superior de la carcasa hay dos taladros para alojar dos tornillos M6x15 con sus correspondientes arandelas M-6 de la serie ancha y una arandela grower, que enroscan directamente sobre el puente del alternador. [18]

El orden de instalación es: tornillo, arandela grower, arandela de serie ancha.

A continuación, se ha de apretar el tornillo de la abrazadera de la parte posterior de la carcasa. [18]

Por último, en la parte frontal inferior, en las dos pestañas conformadas a modo de brida, se instala el tubo de latón, de 102 mm de longitud y un diámetro exterior de 10 mm, un tornillo M6 x 120 y con una arandela M6 serie ancha por cada parte. El conjunto se alojará en la zona interior de la carcasa, entre las dos pestañas. Para finalizar, instale una nueva arandela y la tuerca de seguridad autoblocante. [18]

Imagen 12. Carcasa protectora



Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

Hélices y cono frontal

Las hélices, de fibra de vidrio / carbono reforzadas, son la parte en contacto directo con el viento. Su aerodinámica, diseñada específicamente para los aerogeneradores Bornay, permite el funcionamiento del alternador haciéndolo rodar en función de la velocidad del viento. [18]

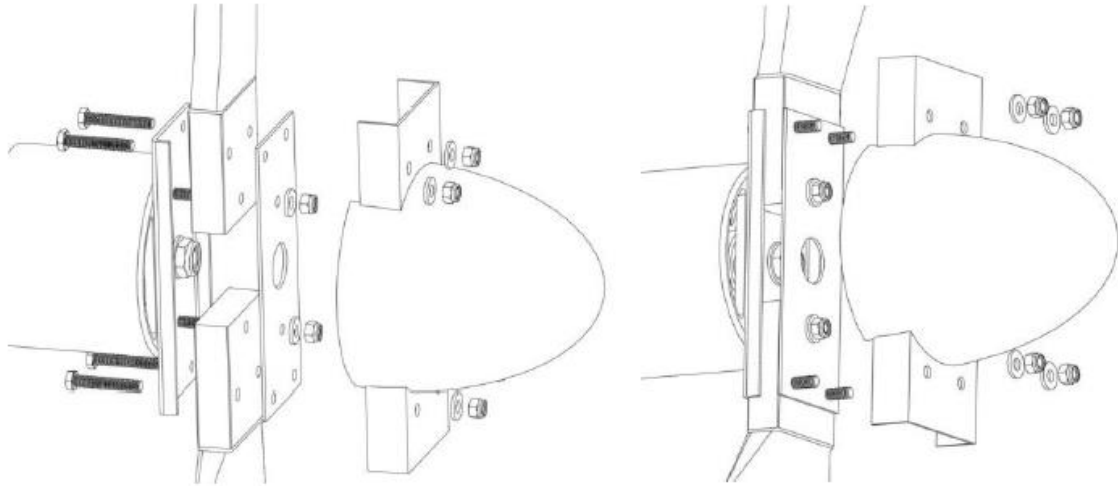
Su montaje se realiza fijándolas al buje con el logotipo en relieve hacia la parte trasera, es decir, mirando al alternador. Los dos tornillos exteriores serán M10x55 y el tornillo central-interior, ya instalado, es M10. Una vez instalados se ajustarán las hélices. [18]

Sin colocar tuercas ni arandelas se montará la chapa refuerzo buje de aluminio, que proporciona robustez al conjunto. [18]

Fijaremos la chapa refuerzo buje a los tornillos centrales, con una arandela serie ancha y una tuerca autobloqueo M10. Con la ayuda de una llave dinamométrica se ha de aplicar un apriete inicial de 2 kg. a todas las tuercas. Una vez estén todas apretadas, deben ser reapretadas a 2,5 kg. [18]

Posteriormente, se coloca el cono frontal sobre los cuatro tornillos exteriores. Una vez instalado, se introduce una arandela serie ancha y una tuerca autobloqueo M10. Con ayuda de la llave dinamométrica se ha de aplicar un apriete inicial de 2 kg. a todas las tuercas. Una vez estén todas apretadas, deben ser reapretadas a 2,5 kg. [18]

Imagen 13. Hélices y cono frontal



Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

3.1.7.7. Mantenimiento

Transcurrido 1 mes desde la instalación del aerogenerador, se recomienda reapretar toda la tornillería del aerogenerador. [18]

A ser posible en los cambios de estación, se recomienda realizar una inspección de mantenimiento en la que se deben de revisar los siguientes puntos:

- Revisar y reapretar todos los tornillos.
- Comprobar el estado de los cables.
- Inspección visual de las hélices.
- Revisión del sistema de frenado automático, accionando este manualmente.

Se recomienda realizar mantenimiento en sus partes principales que son:

Rodamientos

El aerogenerador está equipado con rodamientos blindados de gran calidad que no necesitan mantenimiento. Puede comprobar si giran libremente o si, por el contrario, se observa algún tipo de roce o vibración. [18]

Tornillería

Toda la tornillería es de acero inoxidable. Ante la falta de cualquier tornillo en una revisión de mantenimiento, debe reemplazarse inmediatamente, antes de que pueda producir daños mayores. [18]

Cableado

Comprobar el estado de las uniones y empalmes, así como las regletas de las conexiones que haya, para evitar que pueda desconectarse y dejar el aerogenerador funcionando libremente. [18]

Hélices

Las hélices de fibra de vidrio / carbono, llevan en el borde de ataque una cinta protectora de Poliuretano abrasivo. [18]

Esta cinta con el paso del tiempo puede verse afectada por las condiciones climatológicas. En caso de falta total ó parcial de la cinta, acuda a su instalador y reemplace la cinta. En caso contrario, la erosión y cambios climáticos incidirán directamente sobre la hélice, reduciendo su vida útil. [18]

Amortiguador

El aerogenerador lleva instalado un amortiguador hidráulico que permite la desorientación respecto al viento rápidamente, y su vuelta a la posición normal lenta, evitando golpes bruscos. [18]

El amortiguador tiene una pequeña holgura al principio de su retroceso que es normal. Si su holgura fuera mayor de la mitad del recorrido y se observan pérdidas de aceite, habría que sustituir los amortiguadores por unos nuevos. [18]

Engrase

El aerogenerador Wind + consta de 3 partes móviles:

El eje delantero (Hélice-alternador), provisto de rodamientos blindados y recubiertos totalmente con una grasa de por vida. No precisan engrase. [18]

El eje de orientación (aerogenerador-torre), provisto con rodamientos blindados. No precisan engrase. [18]

El eje de inclinación (alternador-giratoria), es un casquillo de acero inoxidable / bronce engrasado de por vida. [18]

3.1.8. Cálculos del sistema y equipo propuesto

3.1.8.1. Aerogenerador

Coefficiente de potencia

Hay que tener en consideración que el sistema propuesto no funcionará al 100% de eficiencia, esto debido a las condiciones externas del mismo, como la variabilidad en el viento, para nuestro sistema propuesto no presenta un coeficiente de potencia, sin embargo en la teoría se destaca que el máximo porcentaje aprovechable del 60%, concretamente el límite de Betz proporciona el límite superior de las posibilidades de un aerogenerador, pero todavía es poco realista al no tener en consideración: la resistencia aerodinámica de las palas, la pérdida de energía por la estela generada en la rotación, etc.

Para fines de cálculo se tomará el límite de la potencia de Betz del **59.3%**.

Densidad del aire

Para la densidad del aire se han tomado los datos de la estación meteorológica más cercana ubicada en Querochaca, cantón Quero, provincia de Tungurahua, durante los 7 días que se ha hecho las mediciones de las velocidades del viento, trabajando con una constante R del aire de $286.9 \frac{N*m}{Kg*°K}$ una presión promedio $P=724.48$ hPA, y una temperatura promedio $T=14.16$ °C.

$$D = \frac{P}{R * T}$$

$$D = \frac{72448 \frac{N}{m^2}}{286.9 \frac{N * m}{Kg * °K} * (14.16 + 273.15)°K}$$

$$D = 0.879 \frac{Kg}{m^3}$$

Área de barrida

Para el área de barrida se toma el diámetro de las aspas del aerogenerador $d=2.86$ m.

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$A = \frac{3.1416 * 2.86 m^2}{4}$$

$$A = 6.42 m^2$$

Potencia de salida máxima

Para la potencia de salida se toma en consideración todos los datos obtenidos previamente en base a estudios y análisis para ello:

$$D = 0.879 \frac{Kg}{m^3}$$

$$A = 6.42 m^2$$

$$v = 3.43 \frac{m}{s}$$

$$Pot = \frac{1}{2} * D * v^3 * A$$

$$Pot = \frac{1}{2} * 0.879 \frac{Kg}{m^3} * \left(3.49 \frac{m}{s}\right)^3 * 6.42 m^2$$

$$Pot = 119.94 Wh.$$

Potencia de salida real

Para la potencia de salida real se toma en consideración la eficiencia del sistema $e=59.3\%$

$$Pot. Real = \frac{e}{100\%} * Pot$$

$$Pot. Real = \frac{59.3\%}{100\%} * 119.94 Wh.$$

$$Pot. Real = 71.13 Wh.$$

Como se puede observar la potencia generada está directamente relacionada con la velocidad del viento, el lugar presenta un viento bastante constante en promedio de 3.49 m/s, por lo que el cálculo de la potencia se realizó con esta velocidad, sin embargo, el viento no es completamente constante varía por la que la potencia será generada dependiendo el mismo.

Como se puede observar en Tabla 26 con la velocidad del viento presente en el sector se tendrá una brisa suave, suficiente para arrancar el sistema y tener un buen rango de generación eléctrica, sin embargo, el sistema propuesto no será suficiente para abastecer la demanda de electrodomésticos en un momento pico o en una hora de alta demanda.

Tabla 26. Denominación del viento según su velocidad

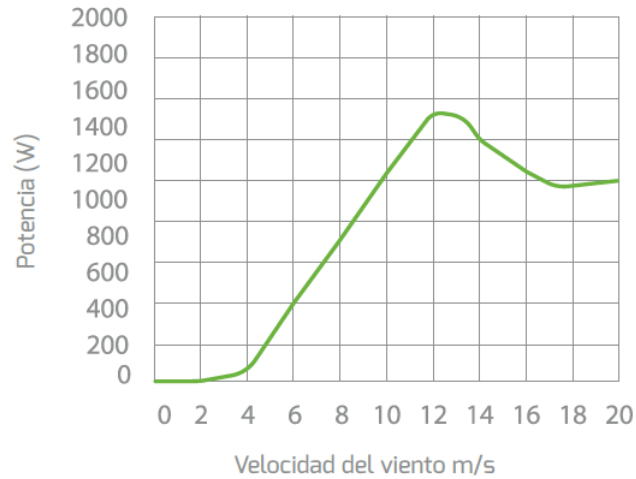
Force	Wind speed (m/s)	Wind speed (km/h)	Denomination
0	0-0.5	0-1	Calm
1	0.6-1.7	2-6	Light air
2	1.8-3.3	7-12	Light breeze
3	3.4-5.2	13-18	Gentle breeze
4	5.3-7.4	19-26	Moderate breeze
5	5.7-9.8	27-35	Fresh breeze
6	9.9-10.4	36-44	Strong breeze
7	12.5-15.2	45-54	Near gale
8	15.3-18.2	55-65	Gale
9	18.3-21.5	66-77	Strong Gale
10	21.6-25.1	78-90	Storm*
11	25.2-29	91-104	Violent storm
12	More than 29	More than 104	Hurricane

Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

Por consiguiente, Si se presta atención a la **Figura 22**, se tiene la curva de potencia generada según la velocidad a la que este expuesto el sistema, comparando con los cálculos y según el gráfico, se puede corroborar que la potencia según la velocidad del viento es la correcta y estará estrechamente relacionado con el mismo.

Figura 22. Curva de potencia Wind 13+

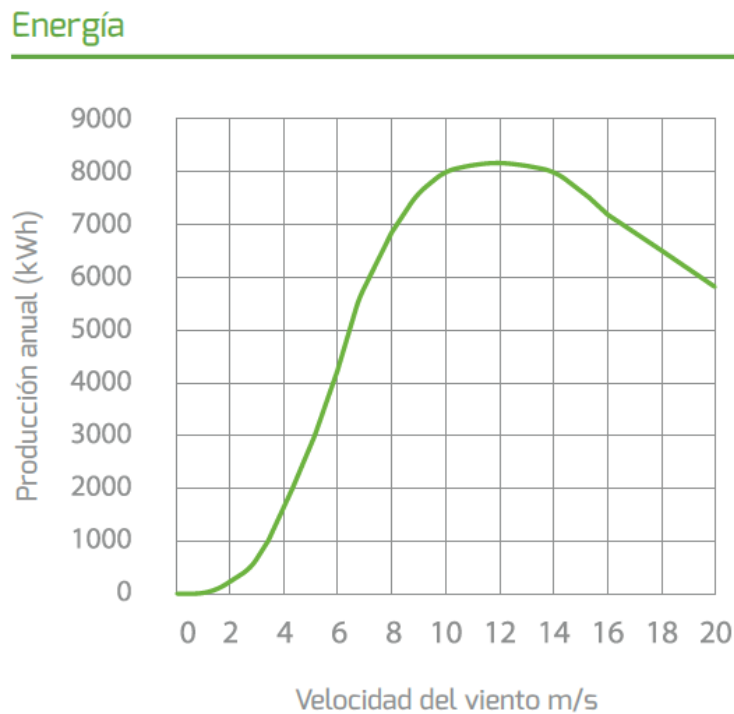
Curva de potencia



Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

En la Figura 23, se puede visualizar la producción eléctrica anual que se puede obtener con una velocidad dada, para nuestro caso y según el análisis dado en el sector estará entre 2-5 m/seg, por lo que la producción eléctrica variará según este rango y según los picos de velocidad.

Figura 23. Curva de potencia anual Wind 13+



Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

3.1.8.2. Baterías

Para la selección de las baterías en donde se almacenará toda la energía procedente del aerogenerador se debe tener en consideración su capacidad necesaria para abastecer todos los artefactos eléctricos de la vivienda.

Para el caso de la vivienda tipo se debe suministrar 2.83 Kwh/día por lo que la batería seleccionada debe cubrir esa demanda, dentro de las recomendaciones del manual se especifica una batería mínima de 150 Ah C100 de plomo ácido, por lo que se tomó esta consideración para seleccionar las baterías a implementarse en el sistema. Las baterías escogidas son de la marca Bornay el modelo MEBG-12/150 es una batería recomendada para sistemas aislados de generación eléctrica, en estas baterías, el electrolito está inmovilizado en forma de gel y son de descarga profunda.

Imagen 14. Batería MEBG-12/150



Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

Capacidad mínima de las baterías

Para la capacidad mínima de las baterías de debe tener en consideración 4 parámetros indispensables entre los cuales están: la demanda energética de la vivienda, los días de autonomía de la batería, el porcentaje de profundidad de descarga y la tensión que tendrá el sistema.

Para el sistema propuesto la demanda energética es de 2.83 KWh, dos días de autonomía, el voltaje a trabajar es de 24 V. y la profundidad de descarga establecida en la batería es del 80%.

$$C_{bat} = \frac{\text{Demanda energética} * DA}{V_{nom} * P_d}$$
$$C_{bat} = \frac{2830 Wh * 2}{24 V * 0.8}$$
$$C_{bat} = 294.79 Ah$$

La capacidad mínima que debe tener nuestra batería para cubrir las necesidades de la vivienda es de 294 Ah.

Cantidad de baterías

La batería seleccionada no cubrirá la demanda del sistema propuesto, por lo que se tiene que hacer un banco de baterías si se desea trabajar con 24 V. ya que la batería solo está disponible de 12 V.

$$N_{bat} = \frac{V_{nom} * C_{nom/banco}}{V_{nom/batería} * C_{nom/batería}}$$

$$N_{bat} = \frac{24 V * 294.79 Ah}{12 V * 150 Ah}$$

$$N_{bat} = 3.93$$

$$N_{bat} = 4$$

Se establece una cantidad de 4 baterías MEBG-12/150 para cubrir la demanda energética de la vivienda.

Tabla 27. Datos de la batería MEBG-12/150

Modelo	Voltaje	Capacidad Ah 1,80 UPC 20 °C	Dimensiones (largo x ancho x alto)	Peso
MEBG-12/150	12	150 Ah C10- 190 Ah C100	484 x 170 x 241 mm.	42.5 Kg.

Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

3.1.8.3. Regulador

Para la selección del regulador se tiene que tener en consideración sus funciones que son controlar los procesos de carga y descarga de la batería, así como evitar su sobrecarga.

Posteriormente se debe establecer un margen de seguridad del 10% de energía que ingresa al regulador es decir la potencia generada por el aerogenerador debe ser menor en 10 % a la potencia que puede recibir el regulador

$$I = \frac{Potencia}{Tensión}$$

$$I = \frac{71.13Wh}{24 V}$$

$$I = 2.96 Ah$$

La corriente generada por el aerogenerador es de 2. 82 Ah, por lo que el regulador debe tener la capacidad mínima de llevar 3.26 Ah de intensidad.

Para el proyecto se ha escogido el regulador MPPT Wind +, recomendado para instalaciones aisladas que funcionan con un aerogenerador de la gama Wind +.

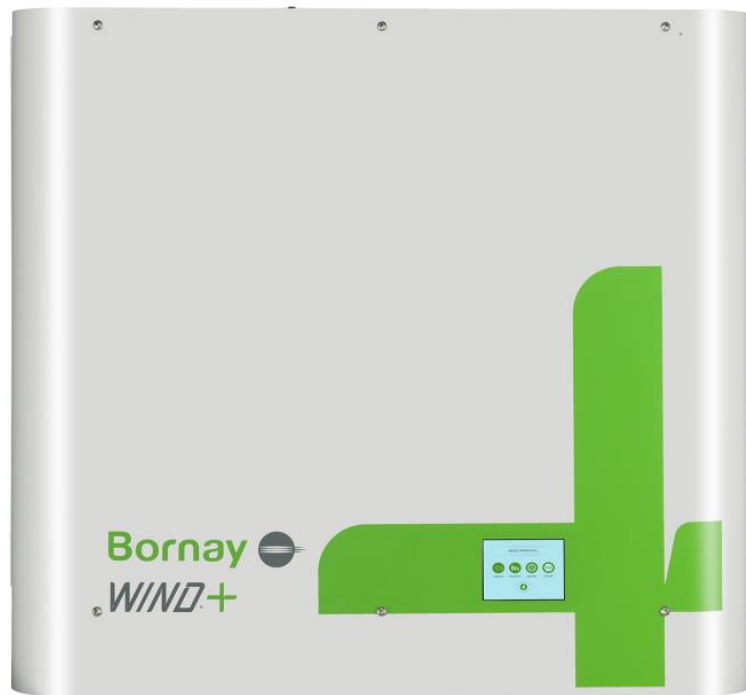
El Regulador MPPT Wind + rectifica, controla y filtra la energía producida por el aerogenerador entregando energía apta para la carga de baterías, optimizando y generando el máximo de energía posible desde el Aerogenerador, gracias al seguimiento del punto de máxima eficiencia MPPT [18].

El Aerogenerador proporciona energía en CA trifásica a una tensión nominal de 220 vac.

El regulador MPPT Wind + realiza todas las funciones de rectificación y extracción de la mayor cantidad, disponible, de energía, entregando la energía en CC a 12, 24 ó 48 voltios a la batería[18].

El regulador dispone de todos los sistemas de seguridad y control, con configuración programable y sistemas de control aptos para todo tipo de condiciones de viento[18].

Imagen 15. Regulador MPPT Wind +



Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

Tabla 28. Datos técnicos del regulador MPPT Wind +

Entrada Aerogenerador	
Tipo de entrada	MPPT Wind +
Rango de voltaje operativo	80-480 Vac
Voltaje máximo	510 Vac
Potencia máxima	3000 W (wind 13+)
Resistencia de frenado	5000 W (wind 13+)
Salida	
Tipo de salida	CC
Tensión de salida	12/24/48 Vcc
Protección	Salida protegida mediante fusible de 125 Amp
Físicas	
Material	Aluminio
Montaje	Sobre pared
Dimensiones	508 x 597 x 190 mm
Peso	30Kg (Wind 13+)

Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

3.1.8.4. Inversor

Su función principal básicamente es transformar la corriente continua proveniente de la batería y transformarla en corriente alterna para ser utilizado por los artefactos de la vivienda.

Para la selección del inversor se debe tener en consideración la máxima demanda de la vivienda en su hora pico, para la vivienda planteada la hora pico presentaba una demanda de 790 Wh por lo que debemos considerar que nuestro inversor cumpla con esa necesidad, adicionalmente se debe tener un margen de seguridad que debe ser planteado por la persona encargada del diseño del sistema, para la vivienda se optó por un factor de seguridad el 20 %, es decir que el inversor debe ser capaz de trabajar con 948 Wh, adicionalmente a esto el inversor debe ser capaz de abastecer la potencia del máximo consumidor y es aquí donde se debe tener en consideración que se tiene ducha eléctrica en la vivienda y la potencia será insuficiente si se escoge un modelo de nada mas 1000 Wh. Debido a que la ducha necesita una potencia de arranque de 4000 W.

Tomando en consideración todo esto se ha escogido el modelo presentado por la compañía Bornay PHOENIX 3000 VA, desarrollado para uso profesional, la gama de inversores Phoenix es ideal para innumerables aplicaciones. El criterio utilizado en su diseño fue el de producir un verdadero inversor sinusoidal con una eficiencia optimizada, pero sin comprometer su rendimiento. Al utilizar tecnología híbrida de alta frecuencia, obtenemos como resultado un producto de la máxima calidad, de dimensiones compactas, ligero y capaz de suministrar potencia, sin problemas, a cualquier carga[18].

Una de las características singulares de la tecnología SinusMax consiste en su muy alta potencia de arranque. La tecnología de alta frecuencia convencional no ofrece un rendimiento tan extraordinario. Los inversores Phoenix, sin embargo, están bien dotados para alimentar cargas difíciles, como frigoríficos, compresores, motores eléctricos y aparatos similares[18].

Imagen 16. Inversor PHOENIX 3000 VA



Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

Imagen 17. Especificaciones técnicas del Inversor PHOENIX 3000 VA

Especificaciones eléctricas	
Funcionamiento paralelo trifásico	Si
Potencia de salida, continua 25°C	3000 VA
Potencia de salida, continua 25/40°C	2500 / 2200 W
Potencia máxima (instantánea)	6000 W
Voltaje de salida	230 Vac ±2%
Frecuencia de salida	50 /60 Hz ±0,1 %
Tipo de onda	Sinusoidal
Eficiencia máxima 12/24/48 V	93 / 94 / 95 %
Rango de voltaje de entrada	9,5 – 17 / 19 – 33 / 38 – 66 Vcc
Especificaciones generales	
Rango de temperatura	-20 a + 50 °C
Conexión a la batería	2+2 Pernos M8
Dimensiones (mm)	362 x 258 x 218
Peso	18 Kg

Fuente: Manual de montaje, operación y mantenimiento de Bornay, Wind +, [18]

3.1.8.5. Cableado eléctrico

Para la selección de los cables se dividió todo el sistema en sus partes para el dimensionamiento de cada una. Primero el cableado que va desde el aerogenerador-regulador, regulador-baterías y finalmente baterías-inversor.

Aerogenerador-Regulador

$$S = \frac{2 * L * I}{K * \Delta v}$$

donde

L= Longitud del cable

I= Intensidad (A)

K= Conductividad del cable (m/Ω mm²)

Δv= Caída de tensión

Es de vital importancia el dimensionamiento correcto del cableado, por lo tanto, la potencia generada por el aerogenerador con la velocidad media no será suficiente para tener seguridad en el sistema si se alcanza la potencia nominal generada por el mismo, por lo que la intensidad del sistema se deberá tomar en cuenta la potencia nominal que produce el aerogenerador para seleccionar una intensidad adecuada.

Para la conductividad del cable se trabajará con cobre cuyo valor es de 58.5 m/ mm².

Para la caída de tensión en el caso aerogenerador-regulador se trabajará con una caída del 3% en la tensión del sistema de 24 V.

$$S = \frac{2 * 10 m * 41.67 A}{58.5 * 0.72}$$

$$S = 19.78 mm^2$$

$$\mathbf{S Nominal = 25 mm^2}$$

$$\mathbf{Cable = 3 AWG}$$

Regulador- Baterías

Para la caída de tensión en el caso Regulador-Baterías se trabajará con una caída del 1% en la tensión del sistema de 24 V.

$$S = \frac{2 * 1.5 m * 41.67 A}{58.5 * 0.24}$$

$$S = 8.90 mm^2$$

$$\mathbf{S Nominal = 10 mm^2}$$

$$\mathbf{Cable = 7 AWG}$$

Baterías-Inversor

Para la intensidad mínima que circula hacia el inversor se debe tener en consideración la potencia mínima del inversor y dividirla para el voltaje del sistema en el caso propuesto la potencia mínima es de 3000W, por lo que la intensidad mínima será de 125 A.

Para la caída de tensión en el caso Regulador-Baterías se trabajará con una caída del 1% en la tensión del sistema de 24 V.

$$S = \frac{2 * 1.20m * 125 A}{58.5 * 0.24}$$

$$S = 21.36mm^2$$

$$\mathbf{S Nominal = 25 mm^2}$$

Cable = 3 AWG

Para protección del cableado eléctrico se trabajará con una tubería Conduit de ½" para el cableado en general.

3.1.9. Presupuesto Referencial

Para el presupuesto del sistema se contactó con la compañía Bornay y se solicitó una proforma del sistema, la cual plateo dos opciones, la primera un aerogenerador Wind 13+ con regulador MPPT (12v., 24v., 48v.) para instalaciones off grid (aisladas), para carga de baterías y la segunda Wind 13+ con Interface de conexión a red + SMA inverter (para sistemas on grid) para autoconsumo o conexión a red; por ser para una instalación aislada concretamente no dependiente a la red eléctrica pública la opción a tomar en consideración y la dimensionada es la de off Grid o aislada.

Tabla 29. Producción y rendimientos

RUBRO	DESCRIPCIÓN	PERSONAL	PRODUCCIÓN	UNIDAD	RENDIMIENTO
Sistema Eléctrico					
1	Instalación Torre	1 Maestro mayor + 2 Peones	2	U	4.00
2	Montaje e intalación del aerogenerador	1 Electricista + 2 Peones	3	U	2.67
3	Instalación regulador	1 Electricista + 1 Peón	2	U	4.00
4	Instalación banco de baterías	1 Electricista + 2 Peones	4	U	2.00
5	Instalación inversor	1 Electricista + 1 Peón	2	U	4.00
6	Tomacorrientes Doble	1 Eléctrico + 2 Peón	15	Pto.	0.53
7	Punto eléctrico foco + plafón	1 Eléctrico + 2 Peones	15	Pto.	0.53
8	Caja breakers	1 Eléctricista + 1 Peón	4	Pto.	2.00
9	Cableado eléctrico	2 Eléctricistas + 1 Peón	50	m.	0.16
10	Tubo PVC conduit 1/2"	2 Peones	50	m.	0.16

Cuarto de Equipos					
11	Limpieza y desbroce	1 Maestro mayor + 1 Peón	100	m ²	0.08
12	Replanteo y nivelación	1 Maestro mayor + 2 Peones	200	m ²	0.04
13	Replanteo f'c= 140 kg/cm ²	1 Maestro mayor + 2 Peones	2.5	m ³	3.20
14	Puerta panelada 2.1*1.0 (laurel)	1 Peón + 1 Carpintero	5	U	1.60
15	Mampostería	1 Maestro mayor + 2 Peones	30	m ²	0.27
16	Contrapiso H.S. f'c= 180kg/cm ²	1 Maestro mayor + 2 Peones	50	m ²	0.16
17	Enlucido vertical (mortero 1:3)	1 Maestro mayor + 1 Peón + 1 Albañil	60	m ²	0.13
18	Enlucido horizontal (mortero 1:3)	1 Maestro mayor + 1 Peón + 1 Albañil	60	m ²	0.13

Fuente: Andrés Pérez

Tabla 30. Rubros para sistema eléctrico off grid

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Instalación Torre	U	1	\$1,363.56	\$1,363.56
2	Montaje e intalación del aerogenerador	U	1	\$4,013.99	\$4,013.99
3	Instalación regulador	U	1	\$1,515.07	\$1,515.07
4	Instalación banco de baterías	U	1	\$1,240.37	\$1,240.37
5	Instalación inversor	U	1	\$1,598.43	\$1,598.43
6	Tomacorrientes Doble	Pto.	10	\$8.65	\$86.49
7	Punto eléctrico foco + plafón	Pto.	7	\$8.37	\$58.57
8	Caja breakers	Pto.	1	\$74.40	\$74.40

9	Cableado eléctrico	m.	1	\$21.66	\$21.66
10	Tubo PVC conduit 1/2"	m.	100	\$1.53	\$152.90
11	Limpieza y desbroce	m ²	4	\$0.74	\$2.95
12	Replanteo y nivelación	m ²	4	\$2.12	\$8.48
13	Replantillo f'c= 140 kg/cm2	m ³	0.4	\$77.77	\$31.11
14	Puerta panelada 2.1*1.0 (laurel)	U	1	\$140.89	\$140.89
15	Mampostería	m ²	30	\$10.54	\$316.17
16	Contrapiso H.S. f'c= 180kg/cm2	m ²	4	\$5.99	\$23.94
17	Enlucido vertical (mortero 1:3)	m ²	32	\$3.48	\$111.49
18	Enlucido horizontal (mortero 1:3)	m ²	8	\$3.48	\$27.87
SUBTOTAL					\$10,788.36
12% IVA:					\$1,294.60
TOTAL					\$12,082.96

Fuente: Andrés Pérez

3.1.10. Análisis costo beneficio

En Ecuador se trabaja en su gran mayoría con energía proveniente de las hidroeléctricas, por lo que se considera un país que trabaja con energía limpia y el costo de ella no es muy elevado, sin embargo con la nueva propuesta de energía eólica se busca llegar a territorios en donde la energía eléctrica escasea o netamente no está presente, por lo que se plantea la idea de energía proveniente del viento, para ello se debe hacer el análisis costo beneficio tanto en zonas donde se cuenta con energía eléctrica, como en zonas donde no presta el servicio la empresa.

El costo de Kwh está considerado en 9.33 centavos, el consumo energético máximo de las viviendas de interés social está por 2.83 KhW al día tomando en consideración el escenario más crítico que es el consumo debido a electrodomésticos y no el promedio de las viviendas encuestadas, por lo que al costo mensual se tendrá un precio promedio de \$8, cabe mencionar que esto variará mucho dependiendo de los electrodomésticos y las horas de uso al día.

En promedio al año se tendrá un consumo total de \$96 a esto debe sumársele el medidor de luz que instala la Empresa Eléctrica, con un costo de \$50.

El aerogenerador tiene una vida útil en promedio de unos 25 años teniendo en consideración su mantenimiento y cuidado.

El costo en 25 años dependiendo de la Empresa eléctrica será de \$2400 únicamente considerando los pagos de consumo energético, a esto hay que adicionarle la implementación del sistema como tomacorrientes, medidor, etc; En promedio este valor es de \$500 por lo que el monto total del sistema eléctrico dependiente de la red pública será de unos \$2900.

Ahor hay que analizar la otra parte que es el sistema eólico. El costo mínimo del sistema planteado con el aerogenerador y el sistema off grid es de \$12,082.96, teniendo en consideración el equipo completo y el sistema eléctrico en su totalidad para la vivienda.

Realmente hay una diferencia notable de casi \$10,000 entre ser independientes de la red eléctrica y ser parte de la misma, sin embargo, esté sistema puede ser una buena solución en situaciones donde no se disponga de la red pública, no obstante, su costo no deja ser demasiado elevado para una vivienda de interés social.

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El sistema de abastecimiento de energía eléctrica en Ecuador está dado casi en su totalidad por la empresa eléctrica pública, aislando a las zonas rurales en las cuales debido a su difícil acceso y situación geográfica no cuentan con energía eléctrica. La electricidad en su gran mayoría es producida por las centrales hidroeléctricas con cerca del 50% de producción energética, la cual se encarga de ser distribuida a las viviendas, por lo que al día de hoy toda la zona de estudio cuenta con energía eléctrica proveniente de la empresa pública.
- Es factible implementar un sistema eólico en Ambatillo para la generación de energía eléctrica en una vivienda de interés social, teniendo en consideración todos los parámetros ya descritos para su correcto funcionamiento, sin embargo, hay que tener en consideración que las velocidades del viento en el sitio a implantarse no sean fluctuantes y se tenga una constante considerable.
- Se diseñó un sistema eólico para generación eléctrica en una vivienda de interés social cuyo dimensionamiento del equipo y cableado toma en consideración la situación más crítica, es decir que el aerogenerador trabaje con su potencia nominal, por lo que el equipo seleccionado debe abastecer esa generación eléctrica, sin embargo, en el sitio en cuestión no se tiene registro en los días de toma de datos que se llegue a tal velocidad del viento, por lo que el sistema podría trabajar en condiciones de viento máximas sin problema y con un rango de seguridad evidente en la zona de estudio.

4.2 RECOMENDACIONES

Luego de ser recolectada toda la información y una vez planteado el diseño del sistema eléctrico para la vivienda se pueden plantear las siguientes recomendaciones:

- El estudio de nuevas formas de producción de energías limpias es de vital importancia para el cuidado y preservación de nuestro planeta, por lo que se recomienda ampliar nuevos proyectos de energías renovables para generación eléctrica en todo el país, así como promover la independencia de la red pública y establecer nuevos modos de generación eléctrica propios.
- Se recomienda el estudio de nuevos y más variados equipos para generación eléctrica mediante energías renovables, ya que hoy en día es muy limitada la información y el abanico de posibilidades en cuanto a equipos que se ajusten a las necesidades energéticas de las viviendas en estudio.
- El sistema eléctrico planteado debe cubrir todas las demandas energéticas para su correcto funcionamiento, sin embargo, no se recomienda sobredimensionar la capacidad de los equipos por tener un margen de seguridad, se recomienda tener un análisis más profundo de las demandas para seleccionar el equipo estrictamente necesario.

C. MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias Bibliográficas

- [1] O. Alvarez, “ENERGÍAS RENOVABLES EN LA REGIÓN SUR DE ECUADOR,” no. December, 2018.
- [2] C. Espejo, “La energía eólica en España,” vol. 35, pp. 45–65, 2004.
- [3] Merino Luis, “Las energías Renovables,” Iberdrola, p. 20, 2003.
- [4] J. Moragues and A. Rapallini, “Energía Eólica,” 2003.
- [5] M. Mikati, M. Santos, and C. Armenta, “Modelado y Simulación de un Sistema Conjunto de Energía Solar y Eólica para Analizar su Dependencia de la Red Eléctrica,” *Rev. Iberoam. Automática e Informática Ind.*, vol. 9, no. 3, pp. 267–281, 2012.
- [6] L. Capalbo, “Energías limpias y renovables,” 2009.
- [7] M. Villarrubia, *Ingeniería de la Energía Eólica, Primera*. Barcelona: Marcombo, S.A., 2012.
- [8] J. Moragues and A. Rapallini, “Aspectos ambientales de la energía eólica,” pp. 1–10.
- [9] S. Sawyer, Q. Liming, L. Fried, and S. Shukla, “Global Wind Report 2016 - Annual Market Update,” 2017.
- [10] R. M. Regueiro Ferreira, “EL DESARROLLO EÓLICO EN BRASIL, ECUADOR Y ESPAÑA: REFLEXIONES A PARTIR DEL MARCO NORMATIVO,” pp. 95–112, 2014.
- [11] D. Aristides, “GENERADORES EÓLICOS DE BAJA POTENCIA,” pp. 411–429, 2007.

- [12] D. A. Maldonado Rivera and D. X. De Jerónimo Toromoreno, “Ubicación de un Parque de Energía Eólica en la Costa Ecuatoriana,” 2008.
- [13] F. Morales, “Clasificación de la investigación,” Unidep, 2015.
- [14] M. D. Sanca Tinta, “Tipos de Investigación científica,” pp. 621–624, 2011.
- [15] L. P. López, “Población Muestra Y Muestreo,” Punto Cero, vol. 09, no. 08, pp. 69–74, 2004.
- [16] G. Tevni Grajales, “Población y selección de la muestra,” 2010.
- [17] U. Facultad de ingeniería civil, “Indicador de equipamientos de laboratorio de ensayo de materiales,” in Indicador de equipamientos de laboratorio de ensayo de materiales, 2018, p. 35.
- [18] BORNAY, “Wind 13+, Manual,” 2020.

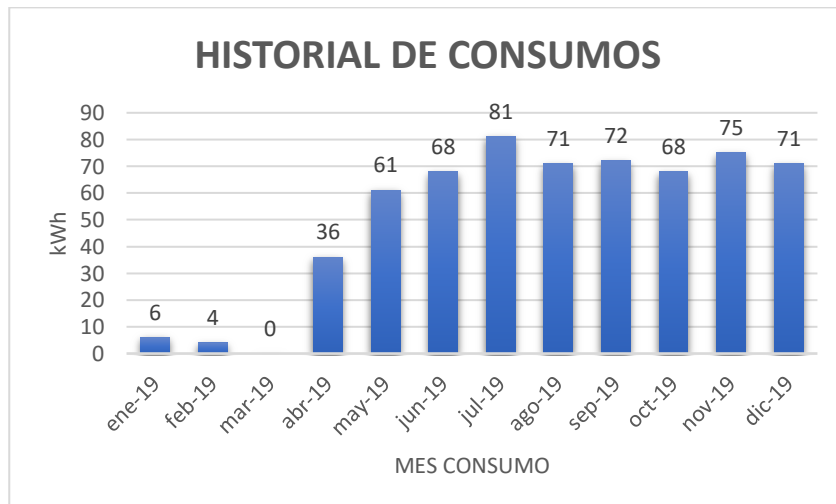
Anexos

CONSUMO ANUAL POR VIVIENDA (kWh)

1. N° DE CUENTA: 209506

Propietario: BALLADARES FREIRE MARIA VICTORIA		
N° de cuenta: 209506		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	6	51.08
feb-19	4	
mar-19	0	
abr-19	36	
may-19	61	
jun-19	68	
jul-19	81	
ago-19	71	
sep-19	72	
oct-19	68	
nov-19	75	
dic-19	71	

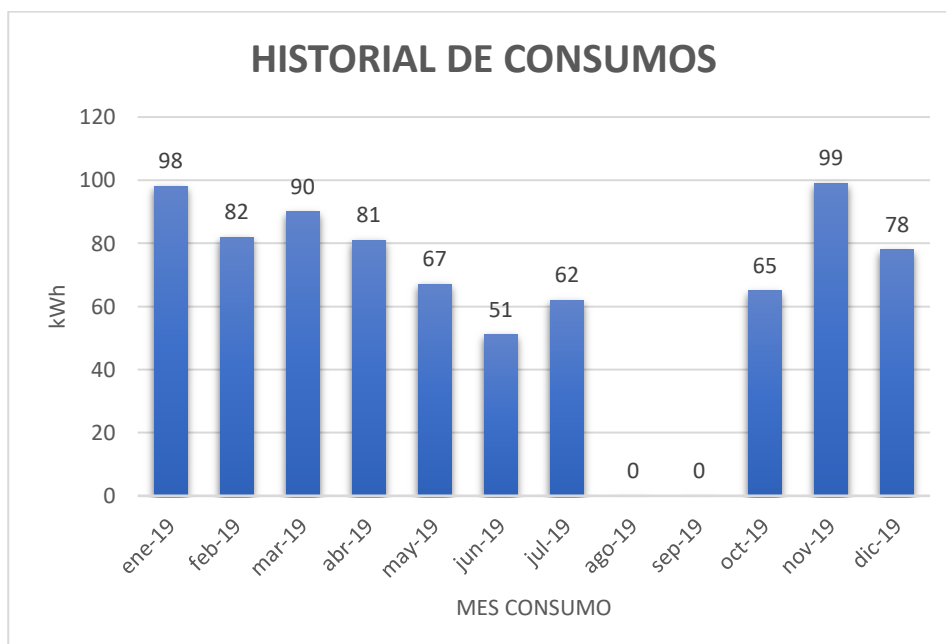
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



2. N° DE CUENTA: 207608

Propietario: SALINAS SALINAS LORENA DEL ROCIO		
N° de cuenta: 207608		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	98	64.42
feb-19	82	
mar-19	90	
abr-19	81	
may-19	67	
jun-19	51	
jul-19	62	
ago-19	0	
sep-19	0	
oct-19	65	
nov-19	99	
dic-19	78	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



3. N° DE CUENTA: 145683

Propietario: NOGALES PAGUAY MARCO RODRIGO		
N° de cuenta: 145683		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	38	38.5
feb-19	40	
mar-19	42	
abr-19	44	
may-19	39	
jun-19	32	
jul-19	42	
ago-19	31	
sep-19	34	
oct-19	36	
nov-19	38	
dic-19	46	

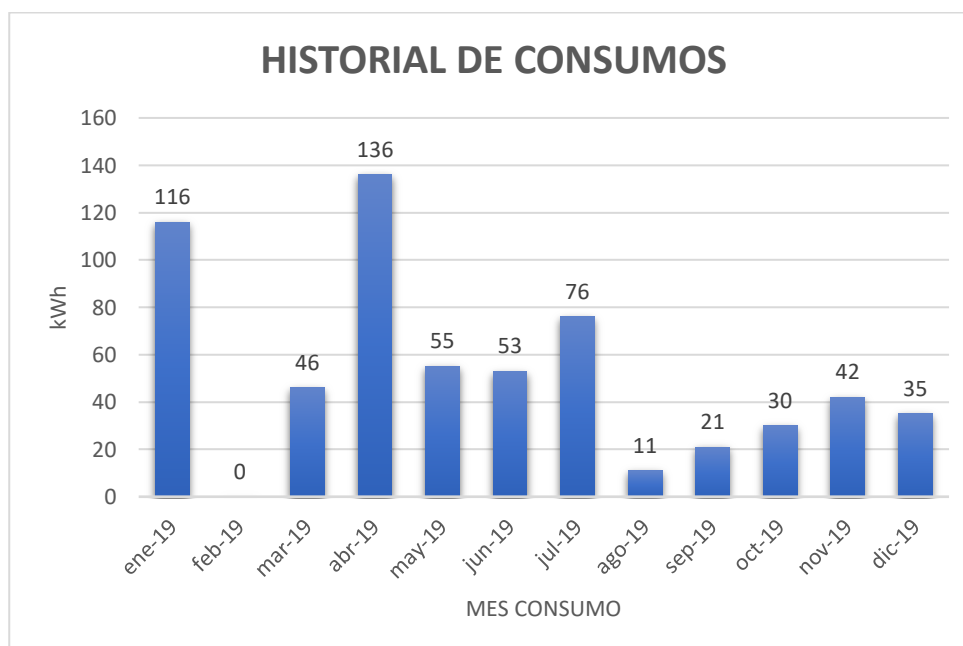
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



4. N° DE CUENTA: 212728

Propietario: TINTIN SANDOVAL FRANCISCO JAVIER		
N° de cuenta: 212728		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	116	51.75
feb-19	0	
mar-19	46	
abr-19	136	
may-19	55	
jun-19	53	
jul-19	76	
ago-19	11	
sep-19	21	
oct-19	30	
nov-19	42	
dic-19	35	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



5. N° DE CUENTA: 206608

Propietario: LOPEZ ESCOBAR ESTELA GUADALUPE		
N° de cuenta: 206608		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	17	17.58
feb-19	19	
mar-19	20	
abr-19	17	
may-19	11	
jun-19	9	
jul-19	21	
ago-19	11	
sep-19	14	
oct-19	11	
nov-19	21	
dic-19	40	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



6. N° DE CUENTA: 242117

Propietario: MUÑOZ LOPEZ ALICIA ELIZABETH		
N° de cuenta: 242117		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	9	9.75
feb-19	8	
mar-19	7	
abr-19	13	
may-19	14	
jun-19	15	
jul-19	16	
ago-19	9	
sep-19	7	
oct-19	6	
nov-19	6	
dic-19	7	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



7. N° DE CUENTA: 206148

Propietario: MARFETAN FREIRE CARLOS HUMBERTO		
N° de cuenta: 206148		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	19	18.25
feb-19	10	
mar-19	15	
abr-19	15	
may-19	10	
jun-19	14	
jul-19	32	
ago-19	26	
sep-19	18	
oct-19	15	
nov-19	27	
dic-19	18	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



8. N° DE CUENTA: 202663

Propietario: MARFETAN FREIRE CARLOS HUMBERTO		
N° de cuenta: 202663		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	18	93.67
feb-19	22	
mar-19	79	
abr-19	121	
may-19	119	
jun-19	103	
jul-19	142	
ago-19	123	
sep-19	98	
oct-19	78	
nov-19	103	
dic-19	118	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



9. N° DE CUENTA: 210863

Propietario: SEPA SEPA LUIS ELADIO		
N° de cuenta: 210863		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	39	39.08
feb-19	44	
mar-19	39	
abr-19	42	
may-19	36	
jun-19	36	
jul-19	52	
ago-19	36	
sep-19	38	
oct-19	42	
nov-19	31	
dic-19	34	

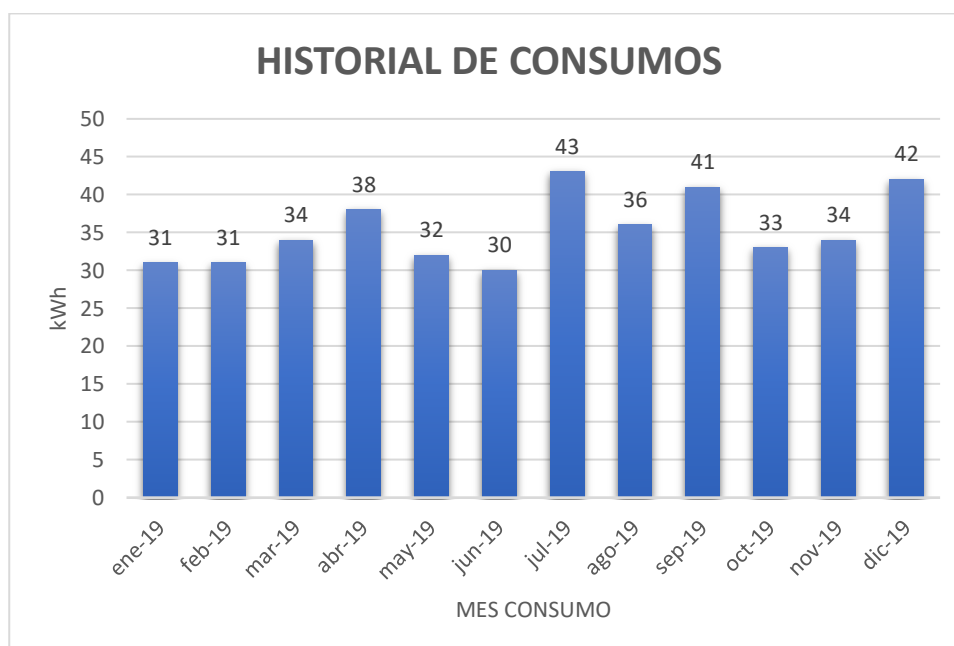
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



10. N° DE CUENTA: 211656

Propietario: PESANTES SANCHEZ CARLOS ROLANDO		
N° de cuenta: 211656		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	31	35.42
feb-19	31	
mar-19	34	
abr-19	38	
may-19	32	
jun-19	30	
jul-19	43	
ago-19	36	
sep-19	41	
oct-19	33	
nov-19	34	
dic-19	42	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



11. N° DE CUENTA: 192682

Propietario: CUENCA SATIAN ROSA CLEOTILDE		
N° de cuenta: 192682		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	13	15.42
feb-19	12	
mar-19	11	
abr-19	13	
may-19	10	
jun-19	9	
jul-19	10	
ago-19	9	
sep-19	11	
oct-19	11	
nov-19	30	
dic-19	46	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



12. N° DE CUENTA: 212800

Propietario: TAMAYO RODRIGUEZ ALEXANDRA ELIZABETH		
N° de cuenta: 212800		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	124	119.08
feb-19	118	
mar-19	115	
abr-19	140	
may-19	127	
jun-19	114	
jul-19	126	
ago-19	106	
sep-19	114	
oct-19	111	
nov-19	115	
dic-19	119	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



13. N° DE CUENTA: 209528

Propietario: LOPEZ ESCOBAR CLELIA GUADALUPE		
N° de cuenta: 209528		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	175	168
feb-19	147	
mar-19	157	
abr-19	170	
may-19	163	
jun-19	151	
jul-19	170	
ago-19	172	
sep-19	189	
oct-19	167	
nov-19	178	
dic-19	177	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



14. N° DE CUENTA: 224158

Propietario: MIRANDA ESCOBAR MANUEL HERIBERTO		
N° de cuenta: 224158		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	19	37.33
feb-19	49	
mar-19	51	
abr-19	22	
may-19	44	
jun-19	25	
jul-19	34	
ago-19	53	
sep-19	37	
oct-19	35	
nov-19	46	
dic-19	33	

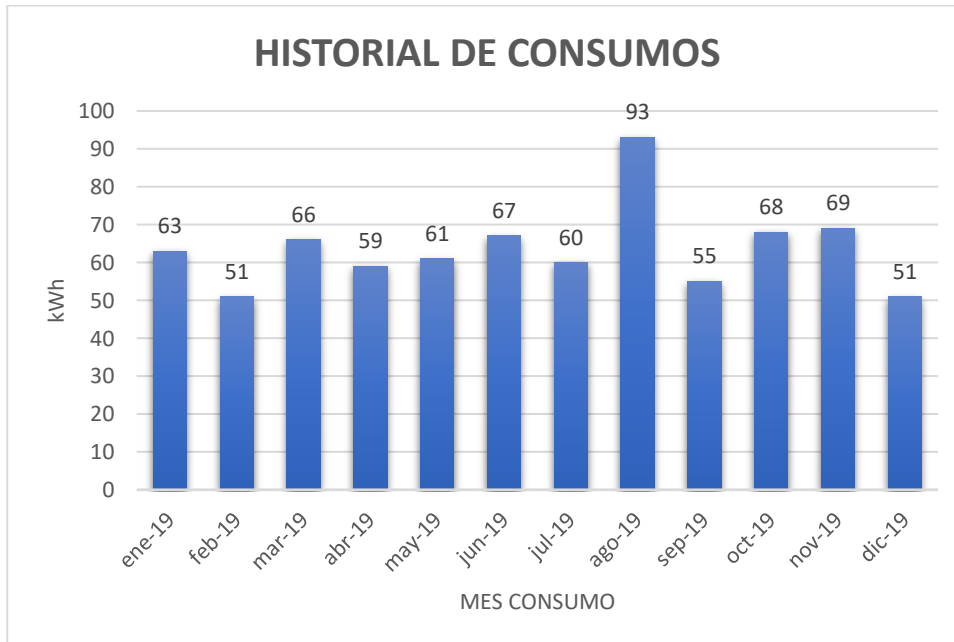
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



15. N° DE CUENTA: 214772

Propietario: BALLADARES CASTILLO EMMA LUSMILA		
N° de cuenta: 214772		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	63	63.58
feb-19	51	
mar-19	66	
abr-19	59	
may-19	61	
jun-19	67	
jul-19	60	
ago-19	93	
sep-19	55	
oct-19	68	
nov-19	69	
dic-19	51	

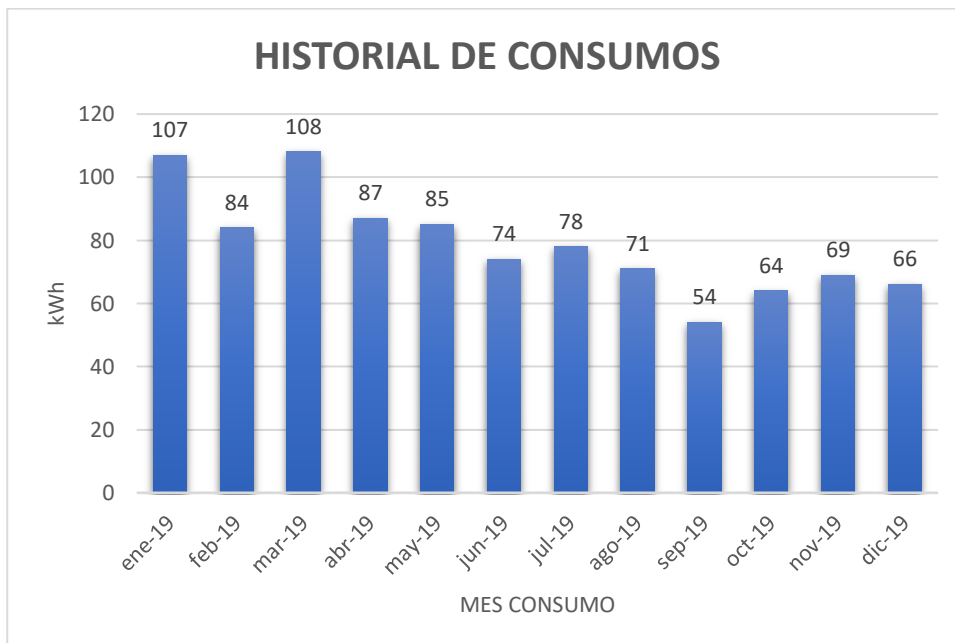
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



16. N° DE CUENTA: 231357

Propietario: MENESES GAVILANES NESTOR AMABLE		
N° de cuenta: 231357		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	107	78.92
feb-19	84	
mar-19	108	
abr-19	87	
may-19	85	
jun-19	74	
jul-19	78	
ago-19	71	
sep-19	54	
oct-19	64	
nov-19	69	
dic-19	66	

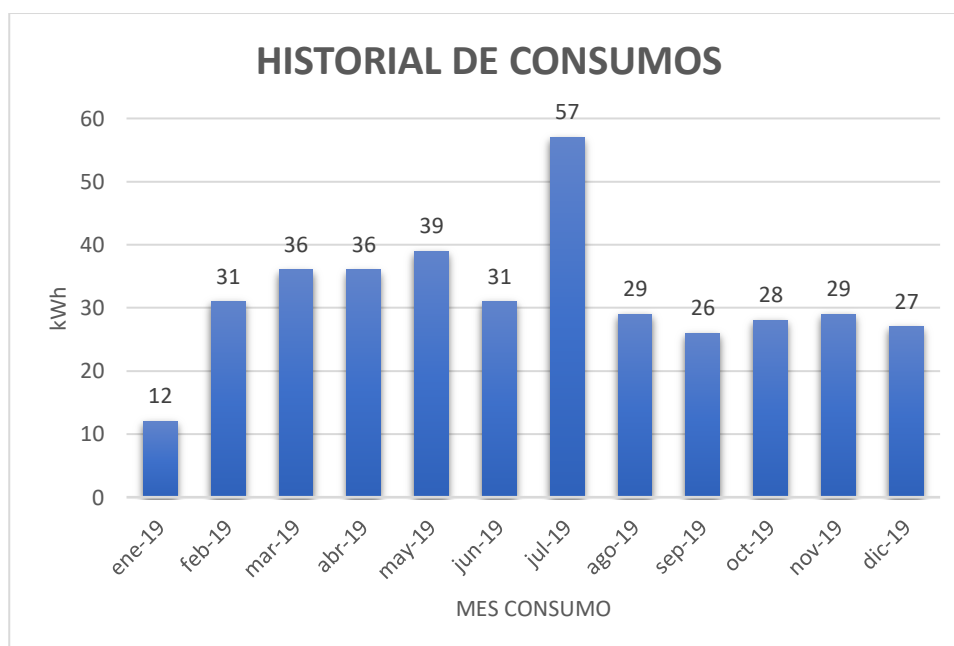
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



17. N° DE CUENTA: 227654

Propietario: TOAPANTA TIXILEMA ANGEL MARIA		
N° de cuenta: 227654		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	12	31.75
feb-19	31	
mar-19	36	
abr-19	36	
may-19	39	
jun-19	31	
jul-19	57	
ago-19	29	
sep-19	26	
oct-19	28	
nov-19	29	
dic-19	27	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



18. N° DE CUENTA: 227657

Propietario: QUISHPE CHICAIZA JIMENA		
N° de cuenta: 227657		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	107	78.08
feb-19	137	
mar-19	74	
abr-19	77	
may-19	69	
jun-19	72	
jul-19	54	
ago-19	54	
sep-19	70	
oct-19	72	
nov-19	74	
dic-19	77	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



19. N° DE CUENTA: 253884

Propietario: TENISACA DIAZ DIANA PIEDAD		
N° de cuenta: 253884		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	39	70.25
feb-19	44	
mar-19	27	
abr-19	29	
may-19	39	
jun-19	64	
jul-19	95	
ago-19	130	
sep-19	114	
oct-19	83	
nov-19	96	
dic-19	83	

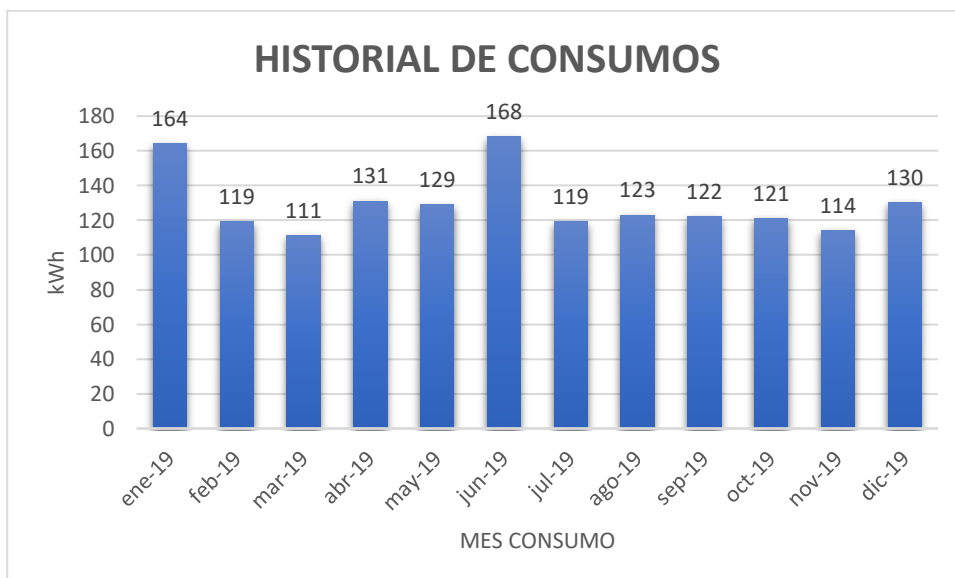
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



20. N° DE CUENTA: 310325

Propietario: SOLORZANO SOLORZANO NINFA INES		
N° de cuenta: 310325		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	164	129.25
feb-19	119	
mar-19	111	
abr-19	131	
may-19	129	
jun-19	168	
jul-19	119	
ago-19	123	
sep-19	122	
oct-19	121	
nov-19	114	
dic-19	130	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



21. N° DE CUENTA:211770

Propietario: TENESACA POAQUIZA LUIS ANTONIO		
N° de cuenta: 211770		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	170	162.67
feb-19	150	
mar-19	157	
abr-19	174	
may-19	166	
jun-19	192	
jul-19	129	
ago-19	116	
sep-19	186	
oct-19	172	
nov-19	182	
dic-19	158	

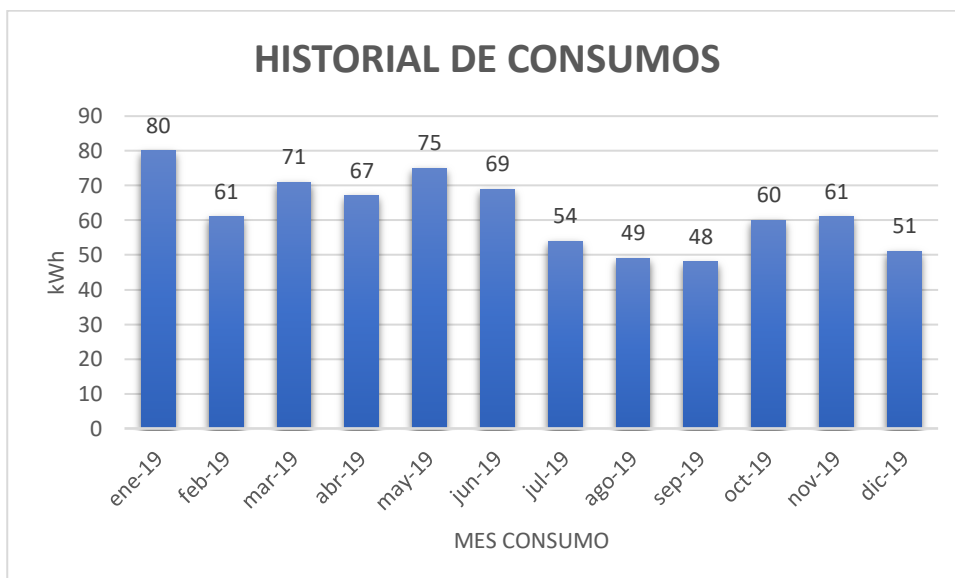
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



22. N° DE CUENTA:207951

Propietario: TIPAN INDE PAULINA MARICELA		
N° de cuenta: 207951		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	80	62.17
feb-19	61	
mar-19	71	
abr-19	67	
may-19	75	
jun-19	69	
jul-19	54	
ago-19	49	
sep-19	48	
oct-19	60	
nov-19	61	
dic-19	51	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



23. N° DE CUENTA:208853

Propietario: MACHUCA VILLAFUERTE BLANCA FLOR		
N° de cuenta: 208853		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	124	120.25
feb-19	93	
mar-19	73	
abr-19	120	
may-19	150	
jun-19	112	
jul-19	97	
ago-19	126	
sep-19	131	
oct-19	139	
nov-19	150	
dic-19	128	

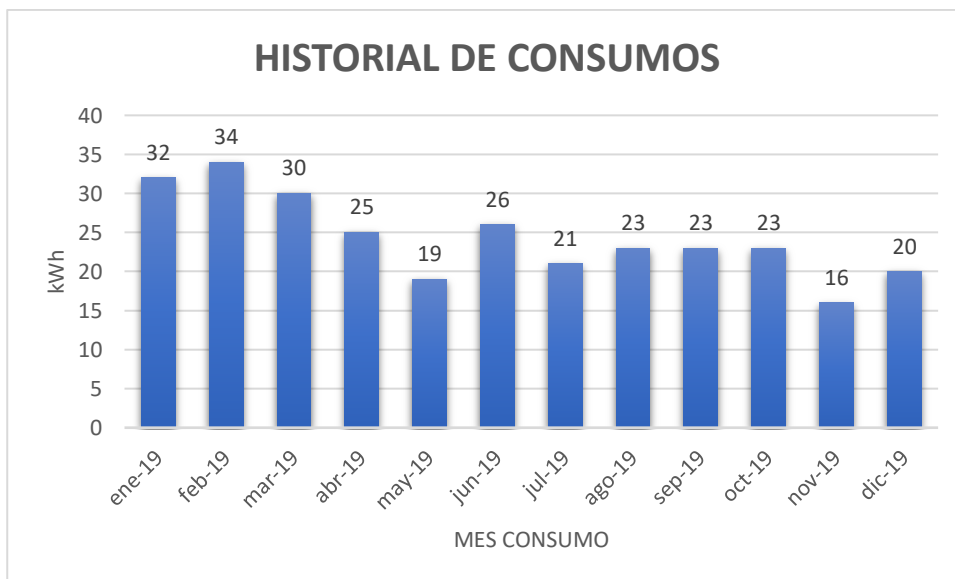
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



24. N° DE CUENTA:207455

Propietario: CARRERA GALARZA FAUSTO		
GUALBERTO		
N° de cuenta: 207455		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	32	24.33
feb-19	34	
mar-19	30	
abr-19	25	
may-19	19	
jun-19	26	
jul-19	21	
ago-19	23	
sep-19	23	
oct-19	23	
nov-19	16	
dic-19	20	

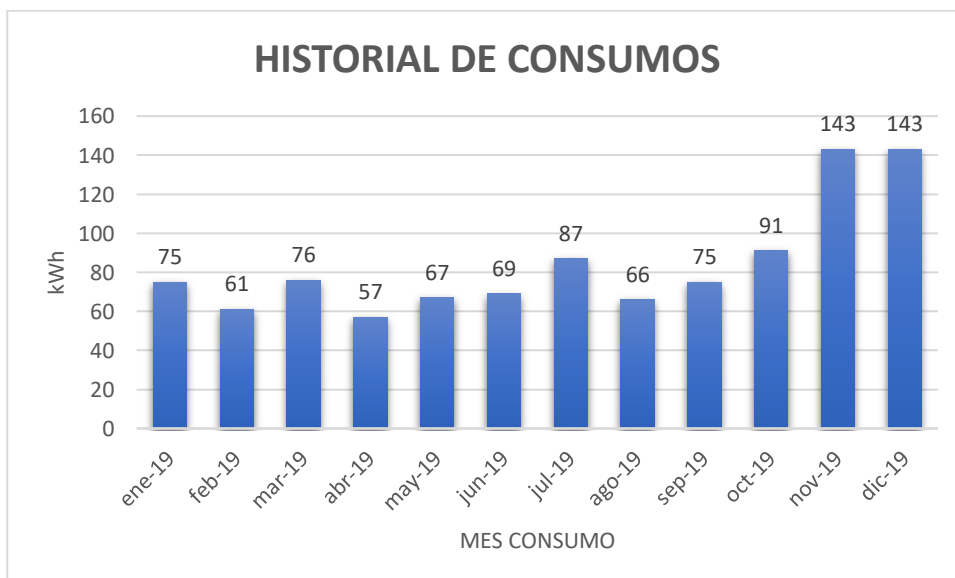
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



25. N° DE CUENTA:205461

Propietario: MEJIA SALINAS CARMEN OLIVIA		
N° de cuenta: 205461		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	75	84.17
feb-19	61	
mar-19	76	
abr-19	57	
may-19	67	
jun-19	69	
jul-19	87	
ago-19	66	
sep-19	75	
oct-19	91	
nov-19	143	
dic-19	143	

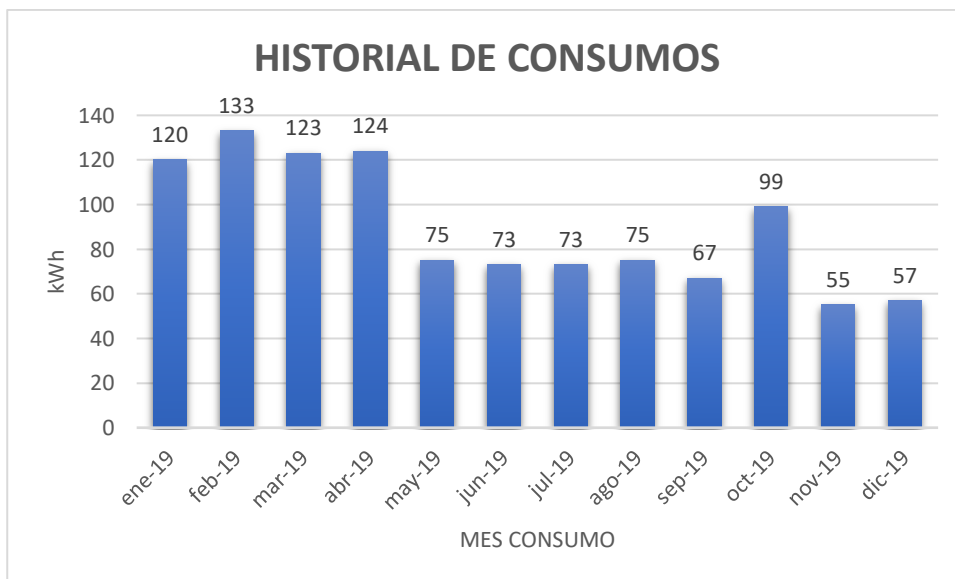
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



26. N° DE CUENTA:132235

Propietario: TISALEMA TISALEMA SEGUNDA		
MATILDE		
N° de cuenta: 132235		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	120	89.5
feb-19	133	
mar-19	123	
abr-19	124	
may-19	75	
jun-19	73	
jul-19	73	
ago-19	75	
sep-19	67	
oct-19	99	
nov-19	55	
dic-19	57	

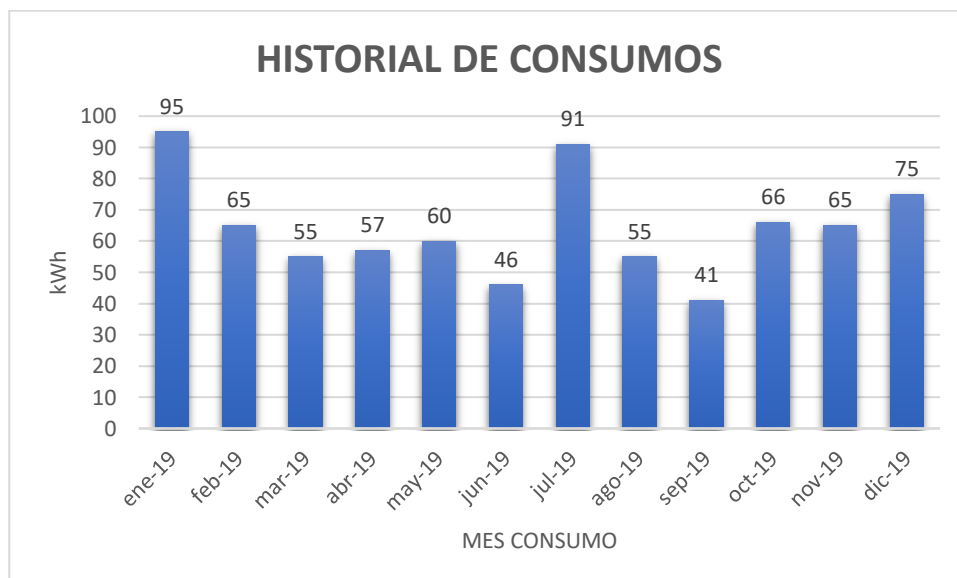
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



27. N° DE CUENTA:205564

Propietario: PUNINA ALDAS YOLANDA ELIZABETH		
N° de cuenta: 205564		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	95	64.25
feb-19	65	
mar-19	55	
abr-19	57	
may-19	60	
jun-19	46	
jul-19	91	
ago-19	55	
sep-19	41	
oct-19	66	
nov-19	65	
dic-19	75	

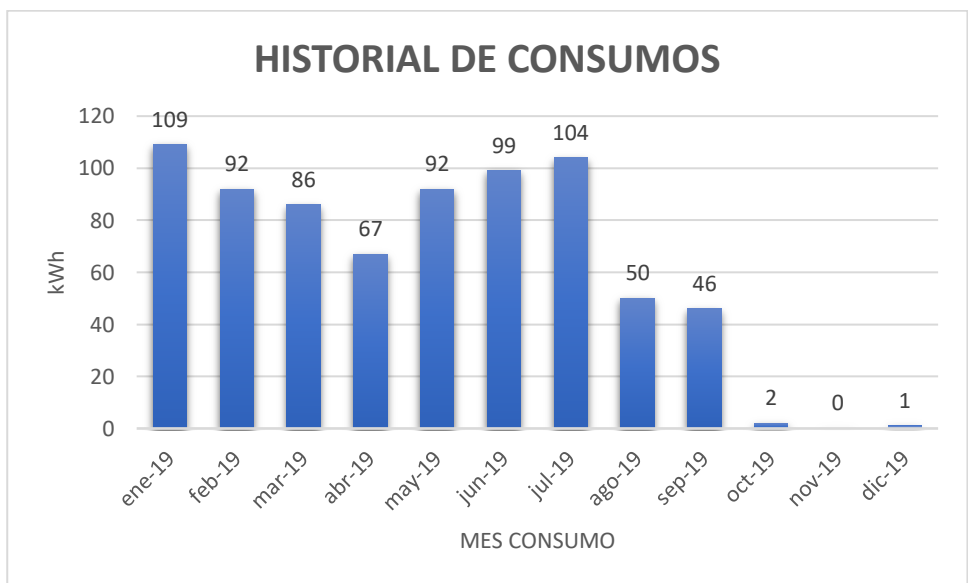
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



28. N° DE CUENTA:213206

Propietario: SANDOVAL LOPEZ ISRAEL ENRIQUE		
N° de cuenta: 213206		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	109	62.33
feb-19	92	
mar-19	86	
abr-19	67	
may-19	92	
jun-19	99	
jul-19	104	
ago-19	50	
sep-19	46	
oct-19	2	
nov-19	0	
dic-19	1	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



29. N° DE CUENTA:21476

Propietario: FREIRE ARCOS FRANCISCO		
N° de cuenta: 21476		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	280	294.5
feb-19	217	
mar-19	294	
abr-19	190	
may-19	349	
jun-19	339	
jul-19	332	
ago-19	275	
sep-19	261	
oct-19	351	
nov-19	335	
dic-19	311	

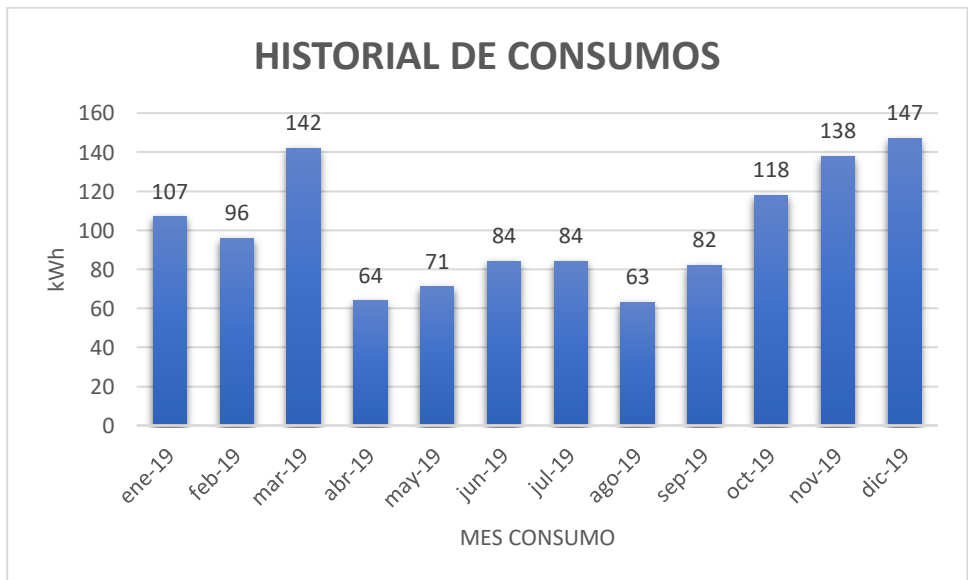
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



30. N° DE CUENTA:212327

Propietario: PUNINA ALDAS WASHINGTON RAMIRO		
N° de cuenta: 212327		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	107	99.67
feb-19	96	
mar-19	142	
abr-19	64	
may-19	71	
jun-19	84	
jul-19	84	
ago-19	63	
sep-19	82	
oct-19	118	
nov-19	138	
dic-19	147	

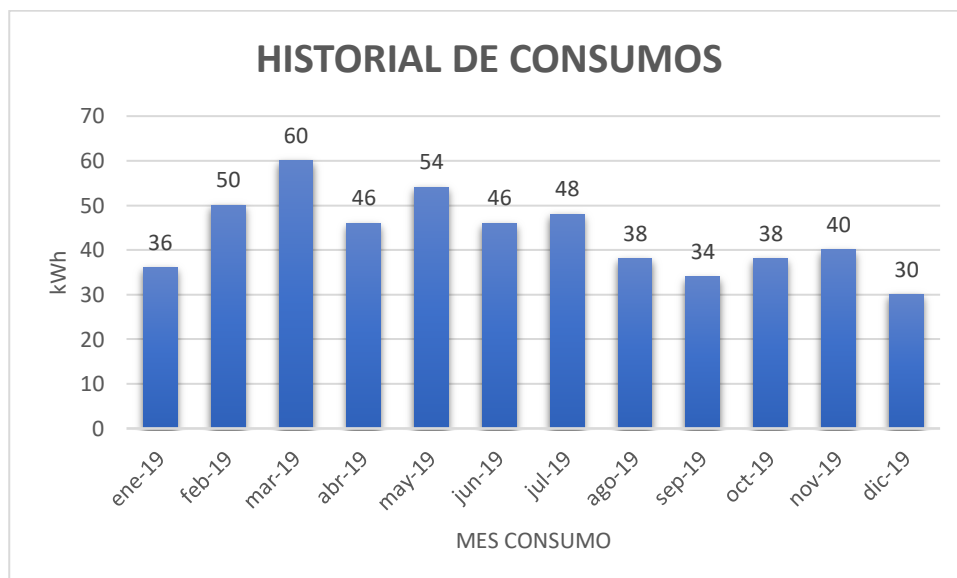
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



31. N° DE CUENTA:206572

Propietario: ALDAS VASQUEZ HILDA PIEDAD		
N° de cuenta: 206572		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	36	43.33
feb-19	50	
mar-19	60	
abr-19	46	
may-19	54	
jun-19	46	
jul-19	48	
ago-19	38	
sep-19	34	
oct-19	38	
nov-19	40	
dic-19	30	

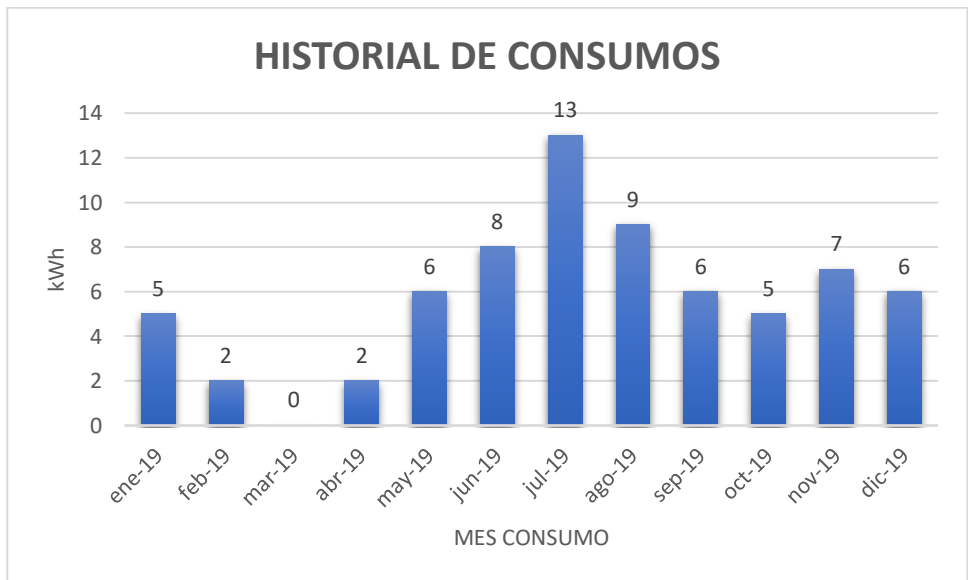
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



32. N° DE CUENTA:214979

Propietario: LASCANO SALAZAR JORGE IVAN		
N° de cuenta: 214979		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	5	5.75
feb-19	2	
mar-19	0	
abr-19	2	
may-19	6	
jun-19	8	
jul-19	13	
ago-19	9	
sep-19	6	
oct-19	5	
nov-19	7	
dic-19	6	

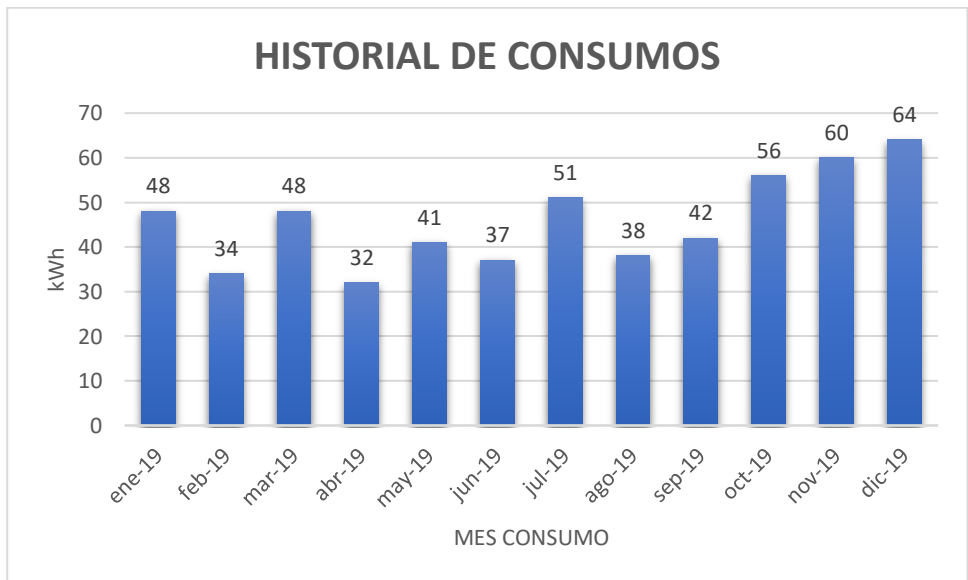
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



33. N° DE CUENTA:231678

Propietario: FREIRE LASCANO BLANCA LUCILA		
N° de cuenta: 231678		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	48	45.92
feb-19	34	
mar-19	48	
abr-19	32	
may-19	41	
jun-19	37	
jul-19	51	
ago-19	38	
sep-19	42	
oct-19	56	
nov-19	60	
dic-19	64	

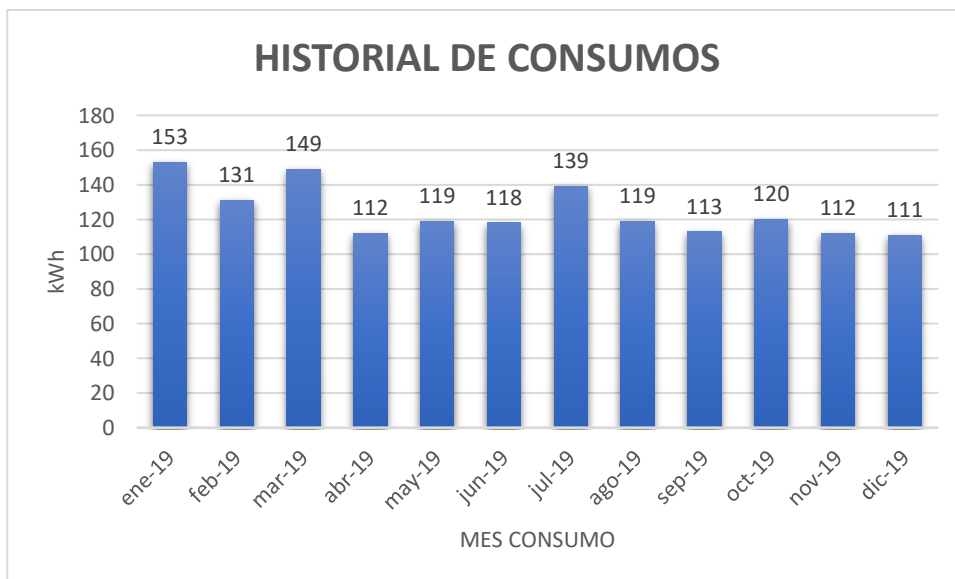
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



34. N° DE CUENTA:226711

Propietario: CARDENAS ALTAMIRANO GLADYS LILIANA		
N° de cuenta: 226711		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	153	124.67
feb-19	131	
mar-19	149	
abr-19	112	
may-19	119	
jun-19	118	
jul-19	139	
ago-19	119	
sep-19	113	
oct-19	120	
nov-19	112	
dic-19	111	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



35. N° DE CUENTA:260632

Propietario: CAIZA ORTIZ HECTOR DANILO		
N° de cuenta: 260632		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	82	73.17
feb-19	84	
mar-19	101	
abr-19	73	
may-19	72	
jun-19	68	
jul-19	80	
ago-19	75	
sep-19	125	
oct-19	8	
nov-19	55	
dic-19	55	

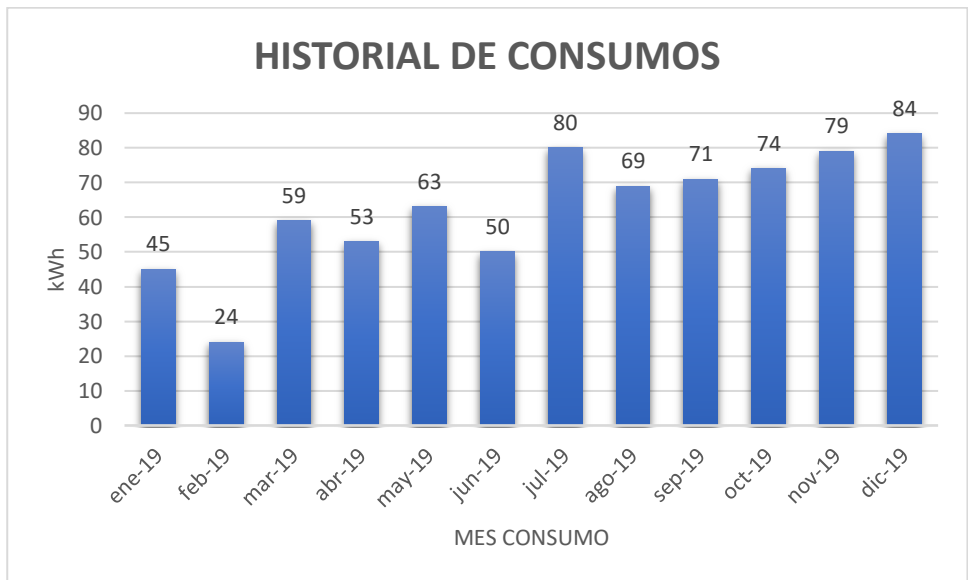
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



36. N° DE CUENTA:241736

Propietario: VALVERDE PACHECO JANET ROCIO		
N° de cuenta: 241736		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	45	62.58
feb-19	24	
mar-19	59	
abr-19	53	
may-19	63	
jun-19	50	
jul-19	80	
ago-19	69	
sep-19	71	
oct-19	74	
nov-19	79	
dic-19	84	

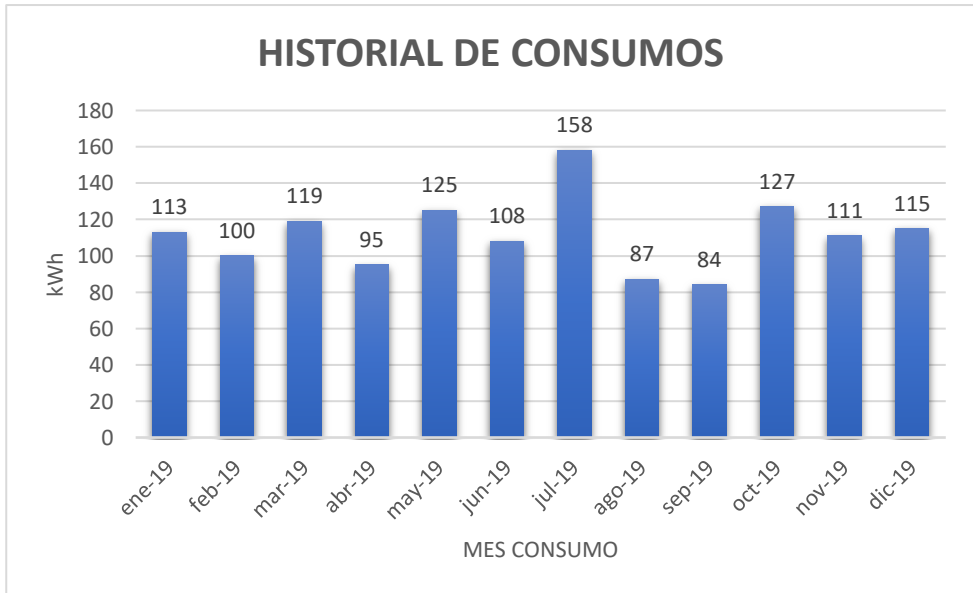
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



37. N° DE CUENTA: 202927

Propietario: BOADA GAIBOR ALONSO GEOVANNY		
N° de cuenta: 202927		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	113	111.83
feb-19	100	
mar-19	119	
abr-19	95	
may-19	125	
jun-19	108	
jul-19	158	
ago-19	87	
sep-19	84	
oct-19	127	
nov-19	111	
dic-19	115	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



38. N° DE CUENTA: 144760

Propietario: CHAVEZ MOYANO NILO CELIN		
N° de cuenta: 144760		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	129	108.08
feb-19	112	
mar-19	114	
abr-19	85	
may-19	103	
jun-19	109	
jul-19	110	
ago-19	80	
sep-19	110	
oct-19	132	
nov-19	107	
dic-19	106	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



39. N° DE CUENTA: 213059

Propietario: VASQUEZ SALINAS NELSON EDUARDO		
N° de cuenta: 213059		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	163	148.08
feb-19	155	
mar-19	182	
abr-19	157	
may-19	167	
jun-19	142	
jul-19	207	
ago-19	120	
sep-19	98	
oct-19	147	
nov-19	131	
dic-19	108	

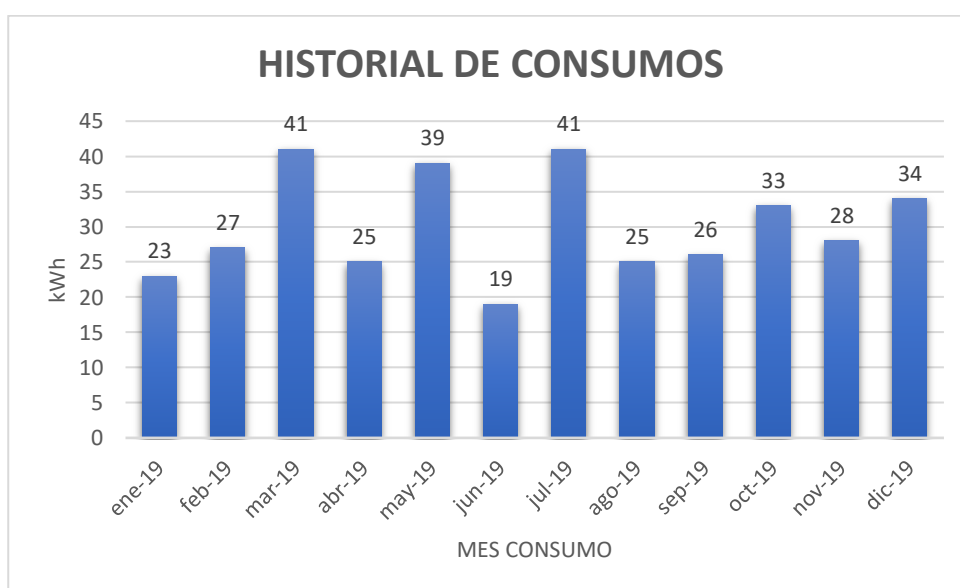
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



40. N° DE CUENTA: 255381

Propietario: LOPEZ LOPEZ MELIDA ROSARIO		
N° de cuenta: 255381		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	23	30.08
feb-19	27	
mar-19	41	
abr-19	25	
may-19	39	
jun-19	19	
jul-19	41	
ago-19	25	
sep-19	26	
oct-19	33	
nov-19	28	
dic-19	34	

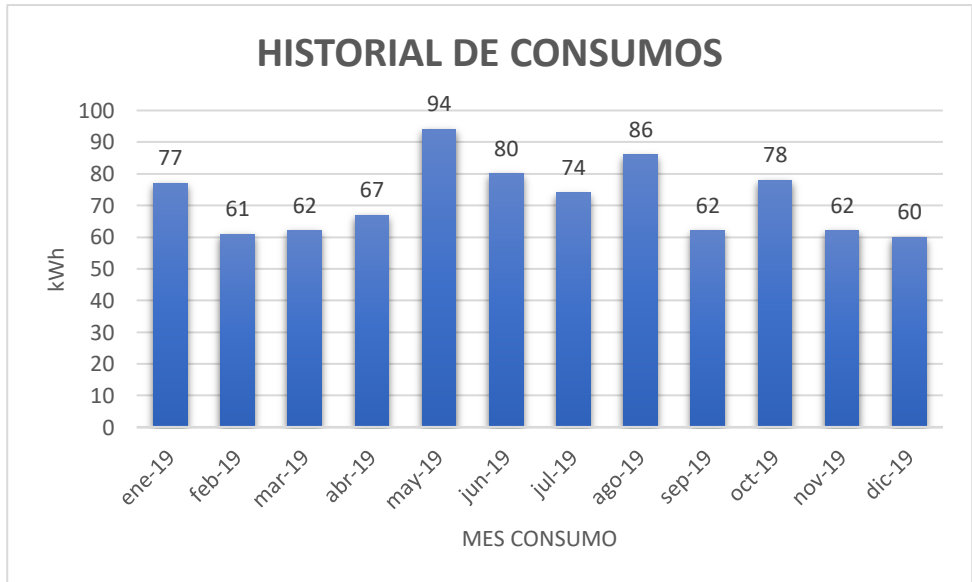
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



41. N° DE CUENTA: 209178

Propietario: PUNINA PUNINA ELVIA ALEGRIA		
N° de cuenta: 209178		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	77	71.92
feb-19	61	
mar-19	62	
abr-19	67	
may-19	94	
jun-19	80	
jul-19	74	
ago-19	86	
sep-19	62	
oct-19	78	
nov-19	62	
dic-19	60	

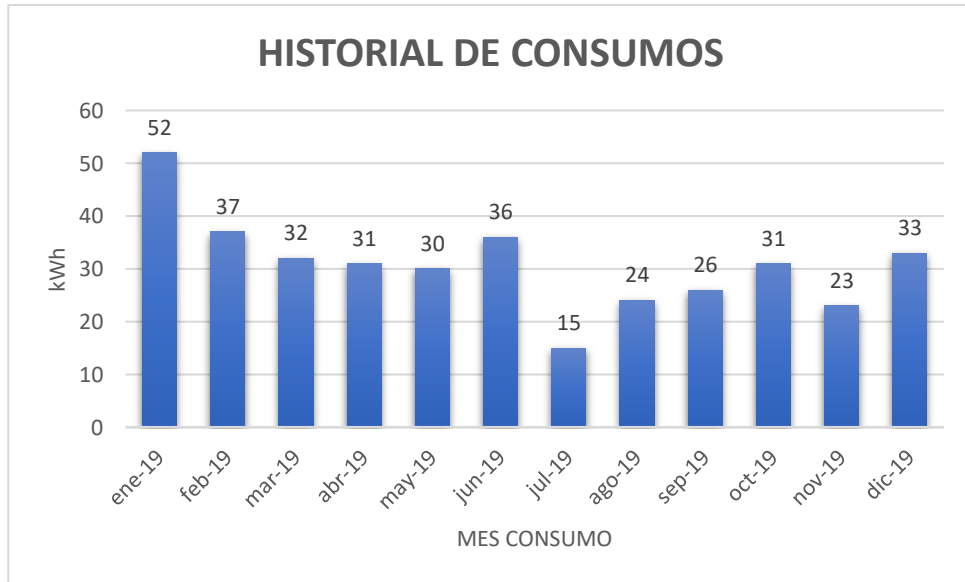
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



42. N° DE CUENTA: 222466

Propietario: VAQUEZ SALINAS MARTHA ISABEL		
N° de cuenta: 222466		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	52	30.83
feb-19	37	
mar-19	32	
abr-19	31	
may-19	30	
jun-19	36	
jul-19	15	
ago-19	24	
sep-19	26	
oct-19	31	
nov-19	23	
dic-19	33	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



43. N° DE CUENTA: 212755

Propietario: YANEZ VASQUEZ ELVIA PATRICIA		
N° de cuenta: 212755		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	131	123.75
feb-19	112	
mar-19	125	
abr-19	133	
may-19	141	
jun-19	99	
jul-19	152	
ago-19	106	
sep-19	115	
oct-19	100	
nov-19	137	
dic-19	134	

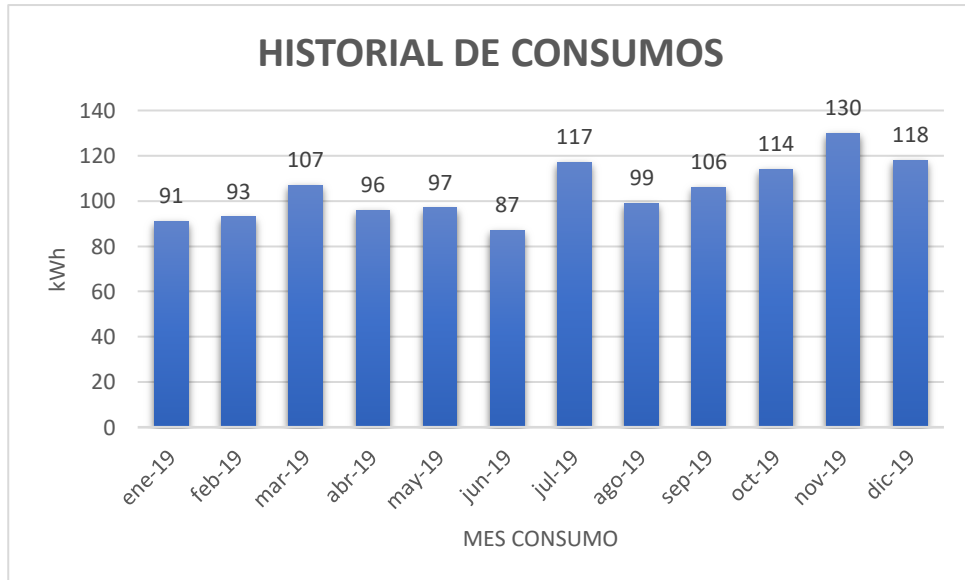
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



44. N° DE CUENTA: 26362

Propietario: MONTERO S CARLOS M		
N° de cuenta: 26362		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	91	104.58
feb-19	93	
mar-19	107	
abr-19	96	
may-19	97	
jun-19	87	
jul-19	117	
ago-19	99	
sep-19	106	
oct-19	114	
nov-19	130	
dic-19	118	

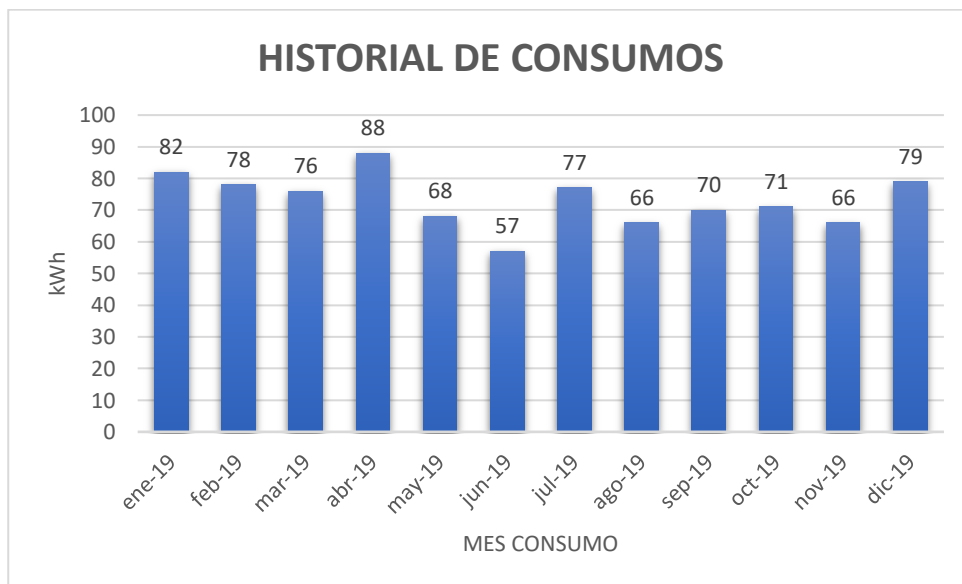
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



45. N° DE CUENTA: 216548

Propietario: GALARZA TENECOTA WILSON NOLBERTO		
N° de cuenta: 216548		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	82	73.17
feb-19	78	
mar-19	76	
abr-19	88	
may-19	68	
jun-19	57	
jul-19	77	
ago-19	66	
sep-19	70	
oct-19	71	
nov-19	66	
dic-19	79	

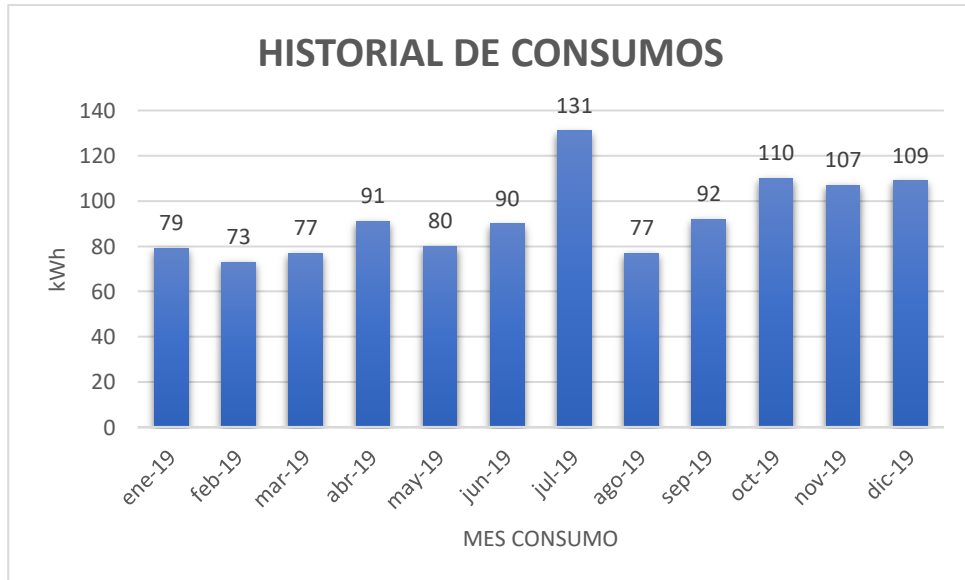
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



46. N° DE CUENTA: 148260

Propietario: CAJILEMA AÑILEMA FEDERICO		
N° de cuenta: 148260		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	79	93
feb-19	73	
mar-19	77	
abr-19	91	
may-19	80	
jun-19	90	
jul-19	131	
ago-19	77	
sep-19	92	
oct-19	110	
nov-19	107	
dic-19	109	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



47. N° DE CUENTA: 135874

Propietario: VILLEGAS VERDEZOTO EDICTOR NAPOLEON		
N° de cuenta: 135874		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	24	27.5
feb-19	22	
mar-19	22	
abr-19	21	
may-19	19	
jun-19	32	
jul-19	72	
ago-19	20	
sep-19	23	
oct-19	21	
nov-19	26	
dic-19	28	

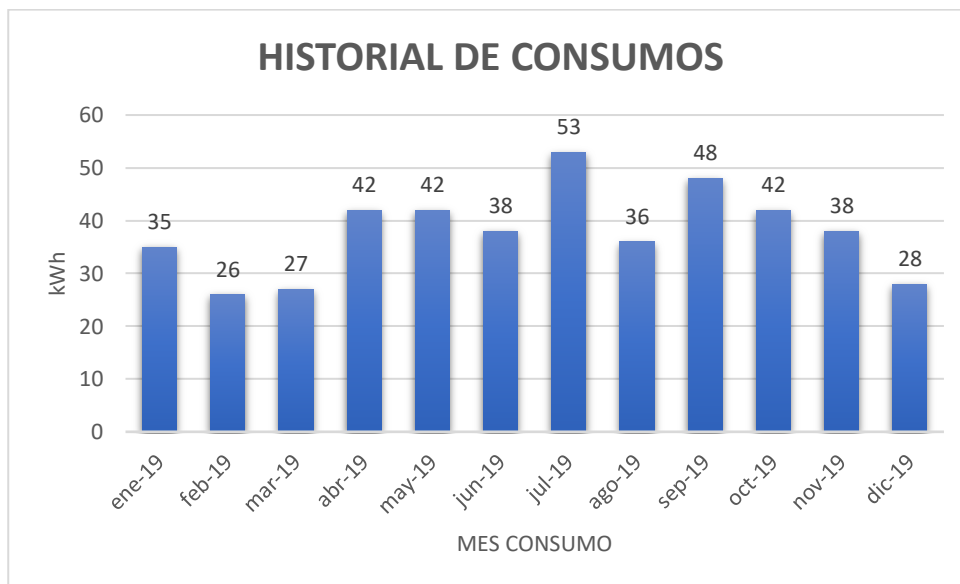
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



48. N° DE CUENTA: 142771

Propietario: PAZMIÑO LOPEZ HUGO BLADIMIR		
N° de cuenta: 142771		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	35	37.92
feb-19	26	
mar-19	27	
abr-19	42	
may-19	42	
jun-19	38	
jul-19	53	
ago-19	36	
sep-19	48	
oct-19	42	
nov-19	38	
dic-19	28	

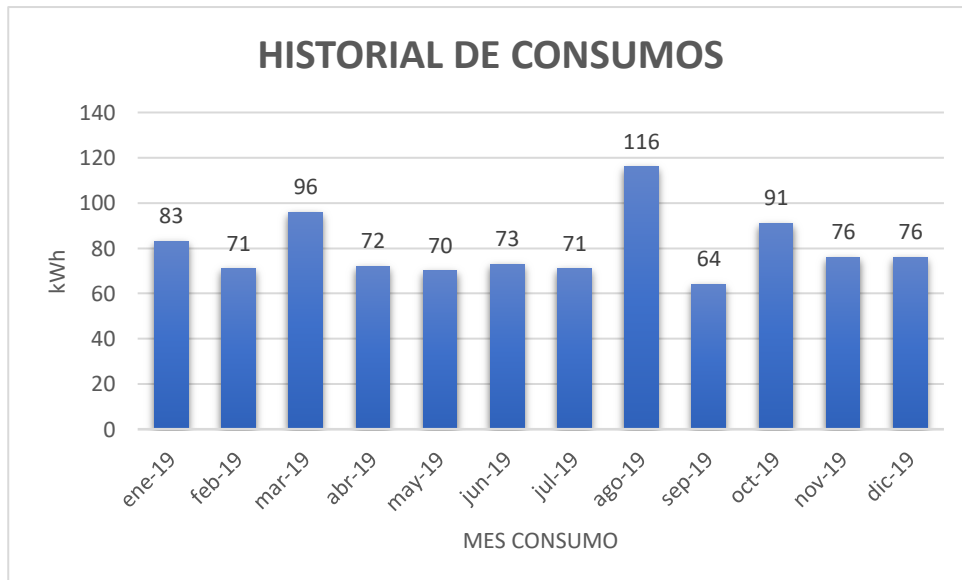
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



49. N° DE CUENTA: 139361

Propietario: BALLADARES MORA MARIA MANUELA		
N° de cuenta: 139361		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	83	79.92
feb-19	71	
mar-19	96	
abr-19	72	
may-19	70	
jun-19	73	
jul-19	71	
ago-19	116	
sep-19	64	
oct-19	91	
nov-19	76	
dic-19	76	

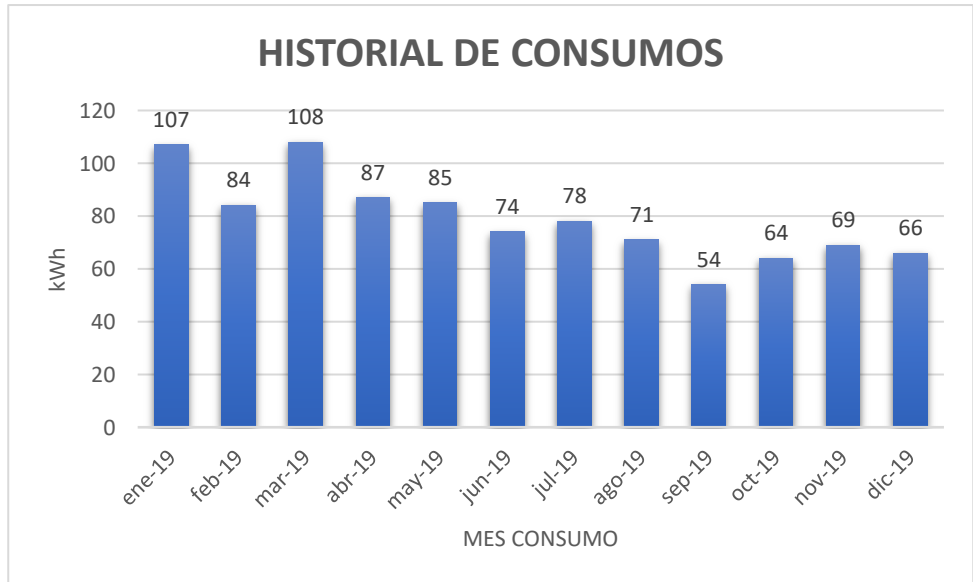
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



50. N° DE CUENTA: 231357

Propietario: MENESES GAVILANES NESTOR AMABLE		
N° de cuenta: 231357		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	107	78.92
feb-19	84	
mar-19	108	
abr-19	87	
may-19	85	
jun-19	74	
jul-19	78	
ago-19	71	
sep-19	54	
oct-19	64	
nov-19	69	
dic-19	66	

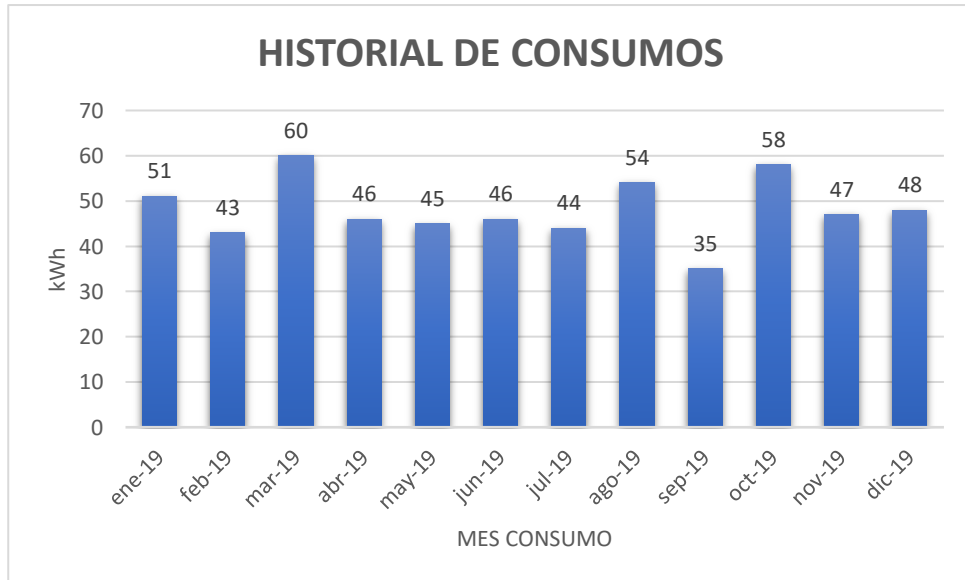
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



51. N° DE CUENTA: 253956

Propietario: YUGCHA YUCCHA LUIS ALFREDO		
N° de cuenta: 253956		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	51	48.08
feb-19	43	
mar-19	60	
abr-19	46	
may-19	45	
jun-19	46	
jul-19	44	
ago-19	54	
sep-19	35	
oct-19	58	
nov-19	47	
dic-19	48	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



52. N° DE CUENTA: 246582

Propietario: CUYO UGSHA JOSE JORGE		
N° de cuenta: 246582		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	92	107.08
feb-19	91	
mar-19	97	
abr-19	94	
may-19	90	
jun-19	119	
jul-19	135	
ago-19	118	
sep-19	110	
oct-19	113	
nov-19	124	
dic-19	102	

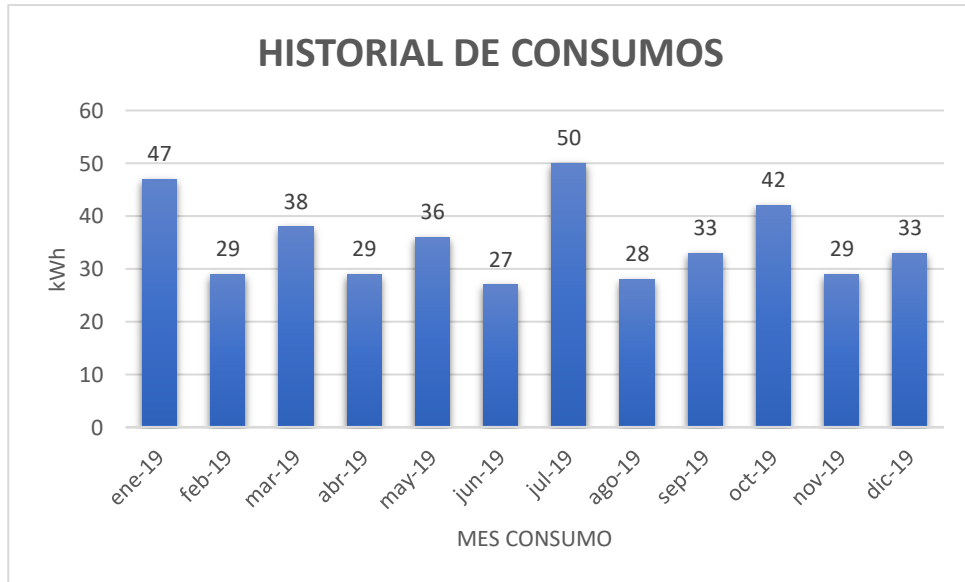
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



53. N° DE CUENTA: 261976

Propietario: TUQUERES PUNINA ROSA LUISA		
N° de cuenta: 261976		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	47	35.08
feb-19	29	
mar-19	38	
abr-19	29	
may-19	36	
jun-19	27	
jul-19	50	
ago-19	28	
sep-19	33	
oct-19	42	
nov-19	29	
dic-19	33	

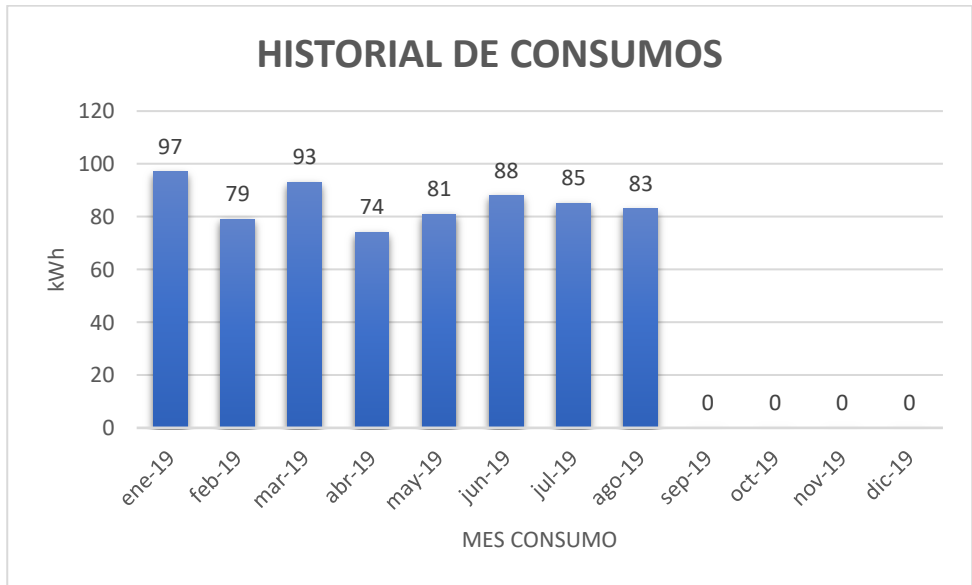
Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



54. N° DE CUENTA: 127270

Propietario: FREIRE LASCANO ROSARIO CLEMENCIA		
N° de cuenta: 127270		
MES	CONSUMO (kWh)	PROMEDIO ANUAL (kWh)
ene-19	97	56.67
feb-19	79	
mar-19	93	
abr-19	74	
may-19	81	
jun-19	88	
jul-19	85	
ago-19	83	
sep-19	0	
oct-19	0	
nov-19	0	
dic-19	0	

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A.



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO No.	1					UNIDAD	RENDIMIENTO (U/H)
DETALLE:		Instalación Torre				U	4.00
EQUIPO							
DESCRIPCIÓN		CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
Herramienta Menor 5% de M.O.							2.25
					SUBTOTAL (M)	2.25	
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN		CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
Maestro mayor en ejecución de obras civiles		1.00	4.04	4.04	4.00	16.16	
Peón		2.00	3.60	7.20	4.00	28.80	
					SUBTOTAL (N)	44.96	
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN			UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
				A	B	C=A*B	
Torre cuatripata autosop P-750 - 13 m (Incluye Ptra) 4 x 3 m.			u	1.00	1138.50	1138.50	
					SUBTOTAL (O)	1138.50	
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN			UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				A	B	C=A*B	
					SUBTOTAL (P)	0.00	
COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)						1185.71	
INDIRECTOS						15%	177.86
UTILIDAD							
COSTO TOTAL DEL RUBRO						1363.56	
VALOR UNITARIO						1363.56	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO No.	2					UNIDAD	RENDIMIENTO (U/H)
DETALLE:	Montaje e intalación del aerogenerador					U	2.67
EQUIPO							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Herramienta Menor 5% de M.O.						1.45	
					SUBTOTAL (M)	1.45	
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Peón	2.00	3.60	7.20	2.67	19.20		
Electricista	1.00	3.65	3.65	2.67	9.73		
					SUBTOTAL (N)	28.93	
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
		A	B	C=A*B			
Aerogenerador Bornay Wind 13 + 2 palas, Pot.Nom. 1,5 kW - 12/m/s, 220 vac.	U	1.00	3460.05	3460.05			
					SUBTOTAL (O)	3460.05	
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
		A	B	C=A*B			
					SUBTOTAL (P)	0.00	
COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)						3490.43	
INDIRECTOS					15%	523.56	
UTILIDAD							
COSTO TOTAL DEL RUBRO						4013.99	
VALOR UNITARIO						4013.99	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO No.	3					UNIDAD	RENDIMIENTO (U/H)
DETALLE:	Instalación regulador					U	4.00
EQUIPO							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Herramienta Menor 5% de M.O.						1.45	
					SUBTOTAL (M)	1.45	
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Peón	1.00	3.60	3.60	4.00	14.40		
Electricista	1.00	3.65	3.65	4.00	14.60		
					SUBTOTAL (N)	29.00	
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
		A	B	C=A*B			
Regulador de carga MPPT Wind 13+ 24V e:220vac Inom:125Amp, Inc.Resistencia Frenado	U	1.00	1287.00	1287.00			
					SUBTOTAL (O)	1287.00	
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
		A	B	C=A*B			
					SUBTOTAL (P)	0.00	
COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)						1317.45	
INDIRECTOS					15%	197.62	
UTILIDAD							
COSTO TOTAL DEL RUBRO						1515.07	
VALOR UNITARIO						1515.07	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO No.	4					UNIDAD	RENDIMIENTO (U/H)
DETALLE:	Instalación banco de baterías					U	2.00
EQUIPO							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Herramienta Menor 5% de M.O.							1.09
					SUBTOTAL (M)		1.09
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Peón	2.00	3.60	7.20	2.00			14.40
Electricista	1.00	3.65	3.65	2.00			7.30
					SUBTOTAL (N)		21.70
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
		A	B	C=A*B			
Batería de GEL monoblock de 12V y 150Ah en C10 y 190Ah en C100, modelo MEBG12-150	U	4.00	263.95				1055.80
					SUBTOTAL (O)		1055.80
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
		A	B	C=A*B			
					SUBTOTAL (P)		0.00
COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)							1078.59
INDIRECTOS				15%			161.79
UTILIDAD							
COSTO TOTAL DEL RUBRO							1240.37
VALOR UNITARIO							1240.37

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO No.	5					UNIDAD	RENDIMIENTO (U/H)
DETALLE:	Instalación inversor					U	4.00
EQUIPO							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Herramienta Menor 5% de M.O.						1.45	
					SUBTOTAL (M)	1.45	
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Peón	1.00	3.60	3.60	4.00	14.40		
Electricista	1.00	3.65	3.65	4.00	14.60		
					SUBTOTAL (N)	29.00	
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
		A	B	C=A*B			
Phoenix MultiPlus 24/3000/70-50 120v. "" 60 Hz. "" PMP243021102	U	1.00	1359.49	1359.49			
					SUBTOTAL (O)	1359.49	
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
		A	B	C=A*B			
					SUBTOTAL (P)	0.00	
COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)						1389.94	
INDIRECTOS					15%	208.49	
UTILIDAD							
COSTO TOTAL DEL RUBRO						1598.43	
VALOR UNITARIO						1598.43	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO No.	6					UNIDAD	RENDIMIENTO (U/H)
DETALLE:	Tomacorrientes Doble					U	0.53
EQUIPO							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Herramienta Menor 5% de M.O.						0.29	
					SUBTOTAL (M)	0.29	
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Peón	2.00	3.60	7.20	0.53	3.84		
Electricista	1.00	3.65	3.65	0.53	1.95		
					SUBTOTAL (N)	5.79	
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
		A	B	C=A*B			
Tomacorriente doble	u	1.00	2.00	2.00			
Manguera eléctrica de 3/4"	m	3.21	0.45	1.44			
Alambre sólido AWG 12	m	9.63	0.60	5.78			
Cajetín rectangular metálico	u	1.00	0.28	0.28			
					SUBTOTAL (O)	1.44	
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
		A	B	C=A*B			
					SUBTOTAL (P)	0.00	
COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)						7.52	
INDIRECTOS					15%	1.13	
UTILIDAD							
COSTO TOTAL DEL RUBRO						8.65	
VALOR UNITARIO						8.65	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO No.	7					UNIDAD	RENDIMIENTO (U/H)
DETALLE:	Punto eléctrico foco + plafón					U	0.53
EQUIPO							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Herramienta Menor 5% de M.O.						0.29	
					SUBTOTAL (M)	0.29	
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Peón	2.00	3.60	7.20	0.53	3.84		
Electricista	1.00	3.65	3.65	0.53	1.95		
					SUBTOTAL (N)	5.79	
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
		A	B	C=A*B			
Alambre sólido AWG 12	m	9.45	0.38	3.59			
Manguera negra (1 1/2")	m	3.15	1.80	5.67			
Cajetín rectangular metálico	u	1.00	0.28	0.28			
Cajetín octagonal grande metálico	u	1.00	0.30	0.30			
Interruptor simple	u	1.00	2.03	2.03			
Boquilla colgante sencilla de baquelita	u	1.00	1.20	1.20			
Plafón	u	1.00	1.50	1.50			
Taípe	u	0.10	0.75	0.08			
					SUBTOTAL (O)	1.20	
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
		A	B	C=A*B			
					SUBTOTAL (P)	0.00	
COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)						7.28	
INDIRECTOS					15%	1.09	
UTILIDAD							
COSTO TOTAL DEL RUBRO						8.37	
VALOR UNITARIO						8.37	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO No.	8					UNIDAD	RENDIMIENTO (U/H)
DETALLE:	Caja breakers					U	2.00
EQUIPO							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Herramienta Menor 5% de M.O.							0.73
					SUBTOTAL (M)		0.73
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Peón	1.00	3.60	3.60	2.00			7.20
Electricista	1.00	3.65	3.65	2.00			7.30
					SUBTOTAL (N)		14.50
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
		A	B	C=A*B			
Tablero trifásico	u	1.00	33.12				33.12
Breaker 1P 10	u	1.00	5.45				5.45
Breaker 1P 32	u	1.00	5.45				5.45
Breaker 1P 32	u	1.00	5.45				5.45
					SUBTOTAL (O)		49.47
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
		A	B	C=A*B			
					SUBTOTAL (P)		0.00
COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)							64.70
INDIRECTOS					15%		9.70
UTILIDAD							
COSTO TOTAL DEL RUBRO							74.40
VALOR UNITARIO							74.40

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO No.	9					UNIDAD	RENDIMIENTO (U/H)
DETALLE:	Cableado eléctrico					U	0.16
EQUIPO							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Herramienta Menor 5% de M.O.						0.09	
					SUBTOTAL (M)	0.09	
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Peón	1.00	3.60	3.60	0.16	0.58		
Electricista	2.00	3.65	7.30	0.16	1.17		
					SUBTOTAL (N)	1.74	
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
		A	B	C=A*B			
CONEXIÓN DE REGULADOR A BATERIAS (7 AWG)	m	5.00	0.32	1.60			
CONEXIÓN DE BATERIAS A BATERIAS 4(AWG)	m	5.00	0.44	2.20			
CONEXIÓN DE INVERSOR A TABLERO (3 AWG)	m	10.00	0.44	4.40			
AEROGENERADOR (3AWG)	m	20.00	0.44	8.80			
CONEXIÓN REGULAR E INVERSOR (3 AWG)	m	10.00	0.44	4.40			
ILUMINARIAS (14 AWG)	m	50.00	0.12	6.00			
TOMAS (14 AWG)	m	50.00	0.12	6.00			
					SUBTOTAL (O)	17.00	
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
		A	B	C=A*B			
					SUBTOTAL (P)	0.00	
COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)						18.83	
INDIRECTOS					15%	2.82	
UTILIDAD							
COSTO TOTAL DEL RUBRO						21.66	
VALOR UNITARIO						21.66	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO No.	10					UNIDAD	RENDIMIENTO (U/H)
DETALLE:	Tubo PVC conduit 1/2"					U	0.16
EQUIPO							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Herramienta Menor 5% de M.O.						0.06	
					SUBTOTAL (M)	0.06	
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Peón	2.00	3.60	7.20	0.16		1.15	
					SUBTOTAL (N)	1.15	
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
		A	B	C=A*B			
Tubo PVC Conduit 1/2"	U	1.00	0.12			0.12	
					SUBTOTAL (O)	0.12	
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
		A	B	C=A*B			
					SUBTOTAL (P)	0.00	
COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)						1.33	
INDIRECTOS					15%	0.20	
UTILIDAD							
COSTO TOTAL DEL RUBRO						1.53	
VALOR UNITARIO						1.53	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO No.	11					UNIDAD	RENDIMIENTO (U/H)
DETALLE:	Limpieza y desbroce					m ²	0.08
EQUIPO							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Herramienta Menor 5% de M.O.							0.03
					SUBTOTAL (M)	0.03	
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00	4.04	4.04	0.08			0.32
Peón	1.00	3.60	3.60	0.08			0.29
					SUBTOTAL (N)	0.61	
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
		A	B	C=A*B			
					SUBTOTAL (O)	0.00	
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
		A	B	C=A*B			
					SUBTOTAL (P)	0.00	
COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)						0.64	
INDIRECTOS					15%	0.10	
UTILIDAD							
COSTO TOTAL DEL RUBRO						0.74	
VALOR UNITARIO						0.74	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO No.	12					UNIDAD	RENDIMIENTO (U/H)
DETALLE:	Replanteo y nivelación					m ²	0.08
EQUIPO							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Herramienta Menor 5% de M.O.						0.04	
					SUBTOTAL (M)	0.04	
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00	4.04	4.04	0.08		0.32	
Peón	2.00	3.60	7.20	0.08		0.58	
					SUBTOTAL (N)	0.90	
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
		A	B	C=A*B			
Clavos	kg	0.05	2.00			0.10	
Estacas	U	2.00	0.40			0.80	
					SUBTOTAL (O)	0.90	
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
		A	B	C=A*B			
					SUBTOTAL (P)	0.00	
COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)						1.84	
INDIRECTOS					15%	0.28	
UTILIDAD							
COSTO TOTAL DEL RUBRO						2.12	
VALOR UNITARIO						2.12	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO No.	13					UNIDAD	RENDIMIENTO (U/H)
DETALLE:	Replanteo f'c= 140 kg/cm2					m ³	3.20
EQUIPO							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Herramienta Menor 5% de M.O.						1.80	
					SUBTOTAL (M)	1.80	
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00	4.04	4.04	3.20	12.93		
Peón	2.00	3.60	7.20	3.20	23.04		
					SUBTOTAL (N)	35.97	
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
		A	B	C=A*B			
Cemento	saco	1	7.50	7.50			
Ripio	m3	0.95	13.75	13.06			
Arena	m3	0.65	13.75	8.94			
Agua	m3	0.24	1.50	0.36			
					SUBTOTAL (O)	29.86	
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
		A	B	C=A*B			
					SUBTOTAL (P)	0.00	
COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)						67.63	
INDIRECTOS					15%	10.14	
UTILIDAD							
COSTO TOTAL DEL RUBRO						77.77	
VALOR UNITARIO						77.77	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO No.	14					UNIDAD	RENDIMIENTO (U/H)
DETALLE:	Puerta panelada 2.1*1.0 (laurel)					U	1.60
EQUIPO							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Herramienta Menor 5% de M.O.						0.58	
					SUBTOTAL (M)	0.58	
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Carpintero	1.00	3.65	3.65	1.60	5.84		
Peón	1.00	3.60	3.60	1.60	5.76		
					SUBTOTAL (N)	11.60	
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
		A	B	C=A*B			
Clavos	kg	0.50	0.67	0.34			
Puerta panelada laurel (con marco y tapamarco)	m2	1.80	70.00	110.00			
					SUBTOTAL (O)	110.34	
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
		A	B	C=A*B			
					SUBTOTAL (P)	0.00	
COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)						122.52	
INDIRECTOS					15%	18.38	
UTILIDAD							
COSTO TOTAL DEL RUBRO						140.89	
VALOR UNITARIO						140.89	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO No.	15					UNIDAD	RENDIMIENTO (U/H)
DETALLE:	Mampostería					m ²	0.27
EQUIPO							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Herramienta Menor 5% de M.O.							0.15
					SUBTOTAL (M)		0.15
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00	4.04	4.04	0.27			1.08
Peón	2.00	3.60	7.20	0.27			1.92
					SUBTOTAL (N)		3.00
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
		A	B	C=A*B			
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg	saco	0.12	8.15				0.98
Arena	m3	0.03	13.75				0.41
Agua	m3	0.01	0.66				0.01
Ladrillo corriente	U	33.00	0.14				4.62
					SUBTOTAL (O)		6.02
r15							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
		A	B	C=A*B			
					SUBTOTAL (P)		0.00
COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)							9.16
INDIRECTOS					15%		1.37
UTILIDAD							
COSTO TOTAL DEL RUBRO							10.54
VALOR UNITARIO							10.54

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO No.	16					UNIDAD	RENDIMIENTO (U/H)
DETALLE:	Contrapiso H.S. f'c= 180kg/cm2					m ²	0.16
EQUIPO							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Herramienta Menor 5% de M.O.						0.09	
					SUBTOTAL (M)	0.09	
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00	4.04	4.04	0.16	0.65		
Peón	2.00	3.60	7.20	0.16	1.15		
					SUBTOTAL (N)	1.80	
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
		A	B	C=A*B			
Cemento	saco	0.20	7.50	1.50			
Arena	m3	0.10	10.25	1.03			
Piedra bola	m3	0.08	8.33	0.67			
Agua	m3	0.05	2.50	0.13			
					SUBTOTAL (O)	3.32	
r15							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
		A	B	C=A*B			
					SUBTOTAL (P)	0.00	
COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)						5.20	
INDIRECTOS				15%	0.78		
UTILIDAD							
COSTO TOTAL DEL RUBRO						5.99	
VALOR UNITARIO						5.99	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO No.	17					UNIDAD	RENDIMIENTO (U/H)
DETALLE:	Enlucido vertical (mortero 1:3)					m ²	0.13
EQUIPO							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Herramienta Menor 5% de M.O.							0.08
					SUBTOTAL (M)	0.08	
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00	4.04	4.04	0.13			0.54
Albañil	1.00	3.65	3.65	0.13			0.49
Peón	1.00	3.60	3.60	0.13			0.48
					SUBTOTAL (N)	1.51	
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
		A	B	C=A*B			
Cemento Portland	saco	0.15	8.15				1.22
Arena	m3	0.02	11.00				0.22
Agua	m3	0.01	0.66				0.01
					SUBTOTAL (O)	1.45	
r15							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
		A	B	C=A*B			
					SUBTOTAL (P)	0.00	
COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)						3.03	
INDIRECTOS					15%	0.45	
UTILIDAD							
COSTO TOTAL DEL RUBRO						3.48	
VALOR UNITARIO						3.48	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO No.	18					UNIDAD	RENDIMIENTO (U/H)
DETALLE:	Enlucido horizontal (mortero 1:3)					m ²	0.13
EQUIPO							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Herramienta Menor 5% de M.O.						0.08	
					SUBTOTAL (M)	0.08	
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00	4.04	4.04	0.13	0.54		
Albañil	1.00	3.65	3.65	0.13	0.49		
Peón	1.00	3.60	3.60	0.13	0.48		
					SUBTOTAL (N)	1.51	
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
		A	B	C=A*B			
Cemento Portland	saco	0.15	8.15	1.22			
Arena	m3	0.02	11.00	0.22			
Agua	m3	0.01	0.66	0.01			
					SUBTOTAL (O)	1.45	
r15							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
		A	B	C=A*B			
					SUBTOTAL (P)	0.00	
COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)						3.03	
INDIRECTOS				15%		0.45	
UTILIDAD							
COSTO TOTAL DEL RUBRO						3.48	
VALOR UNITARIO						3.48	