

Universidad Nacional de Rosario

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Posgrado y Educación Continua



Tesis de Maestría

ANALISIS DEL RECURSO ENERGÉTICO EN EL DELTA MEDIO DEL RIO PARANA

Ing. Ariel German Vazquez

Director: Mgs. Ing. Roberth Alcides Saraguro Ramirez

Co-Director: Ing. Jorge Postma

*Proyecto de Tesis presentado en la Facultad de Ciencias Exactas,
Ingeniería y Agrimensura, en cumplimiento parcial de los requisitos para
obtener el título de Magister*

Maestría en Energía para el Desarrollo Sostenible

Rosario

Mayo de 2019

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	9
Resumen	10
Abstract/Summary	11
CAPITULO I.....	12
INTRODUCCION	13
1.1 Descripción General del Proyecto.....	13
1.1.2 Metodología y Alcance de la Investigación.....	13
1.2 Características Generales del área del Delta del Paraná	14
1.3 Características Físico-Ambientales del Área del Delta del Paraná	16
1.3.1 Clima	16
1.3.2 Régimen Hidrológico del Río Paraná.....	16
1.3.3 Regiones Geomorfológicas.....	17
1.4 Características de la Población del Área del Delta del Paraná	18
1.5 Características de la Infraestructura Eléctrica	20
1.6 Situación Energética	21
1.7 Actividades Productivas del Delta del Río Paraná.....	23
1.8 Problema de Investigación	24
1.9 Objetivo.....	25
1.9.1 Objetivo General	25
1.9.2 Objetivos Específicos	25
1.10 Desarrollo del Trabajo	25
CAPITULO II	26
MARCO TEORICO	27
2.1 Recursos Disponibles Medidos por la Provincia de Santa Fe.....	27
2.2 Recursos Disponibles Medidos Por La Provincia De Entre Ríos	30
2.2.1 Mapas Eólicos.....	31
2.2.2 Mapas Solares	34
CAPITULO III	36
3.1 Relevamiento de Información Primaria	37
3.2 Diagnóstico de la Situación Energética.....	38
3.2.1 Métodos y Materiales Constructivos de las Viviendas:	38
3.2.1.1 Confort Térmico	41
3.2.1.2 Aislación Térmica de las Viviendas (Conductividad Térmica)	42
3.2.1.2.1 Cálculos para Cada Vivienda en Estudio	48
3.2.1.2.1.1 Viviendas Tipo “A”	48
3.2.1.2.1.2 Vivienda Tipo “B”	57

3.2.1.2.1.3 Vivienda Tipo “C”	65
3.2.1.2 Análisis de los Resultados Obtenidos en los Tres Casos.....	73
3.2.2 Usos y Fuentes de Energía.....	74
3.2.2.1 Calefacción, Cocción Y Calentamiento de Agua	74
3.2.2.2 Electricidad	75
3.2.2.3 Iluminación	76
3.2.2.4 Provisión de Agua.....	77
3.2.3 Situación Energética de las Actividades Productivas	77
3.3 Recurso Solar Disponible	78
3.3.1 Gráficos Representativos de la Tabla 3.44 Sobre el Delta Medio del Paraná	80
3.4 Recurso Eólico Disponible.....	82
3.4.1 Gráficos Representativos de la Tabla 3.45 Sobre el Delta Medio del Paraná	84
3.5 Equipamiento y Acciones para Satisfacer las Necesidades Térmicas	86
3.5.1 Calefacción:.....	86
3.5.2 Calentamiento de Agua Sanitaria.....	86
3.5.3 Cocción:	90
3.5.3.1 Temperaturas que Alcanza una Cocina Solar	91
3.5.3.2 Cocción de Alimentos.....	91
3.5.3.2.1 Fabricación de cocina solares	92
3.5.3.2.2 Productos Disponibles en el Mercado	93
3.6 Estimación del consumo de energía	95
3.6.1 Estimación de Consumo de Energía en Entretenimiento:	96
3.6.2 Estimación de Consumo de Energía en Provisión de Agua:	97
3.6.3 Estimación de Consumo de Energía en Iluminación	99
3.6.4 Estimación de Consumo de Energía en Mantenimiento de la Cadena de Frío:	99
3.6.5 Estimación de Consumo de Energía en Ventilación:.....	101
3.6.6 Estimación de Consumo de Energía en Herramientas de Trabajo:	101
3.7 Dimensionamiento del Sistema de Generación.....	101
3.7.1 Cálculo de la Dimensión del Sistema de Generación Fotovoltaico	102
3.7.2 Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico para cada Necesidad Energética	103
3.7.2.1 Mantenimiento de la cadena de frío	103
3.7.3 Cálculo de Sistemas de Generación que Cubran las Necesidades de una vivienda tipo	106
3.7.3.1 Dimensionamiento del Sistema de Generación Fotovoltaico	107
3.7.3.2 Dimensionamiento del Sistema de Generación Eólico	108

3.7.3.3 Dimensionamiento del Sistema Híbrido de Generación Solar-Eólica.....	112
3.7.4 Conexionado	115
3.7.4.1 Calculo de la sección del Conductor.....	115
3.7.4.2 Diagramas unifilares.....	116
3.7.5 Análisis de las Tres Opciones de Generación Calculados	117
CAPITULO IV.....	119
CONCLUSIONES	120
RECOMENDACIONES	122
PALABRAS FINALES.....	123
BIBLIOGRAFÍA.....	124
ANEXOS	127

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Valores de producción de las principales actividades productivas en el delta	23
Tabla 3.1: Resistencias superficiales.....	44
Tabla 3.2: Calculo transmitancia térmica de muros opacos, vivienda tipo A.....	49
Tabla 3.3: Calculo transmitancia térmica de muros no opacos– condiciones iniciales de análisis, vivienda tipo “A”	49
Tabla 3.4: Calculo transmitancia térmica de techo– condiciones iniciales de análisis, vivienda tipo “A”	50
Tabla 3.5: Calculo transmitancia térmica de pisos– condiciones iniciales de análisis, vivienda tipo “A”.....	50
Tabla 3.6: Determinación de Superficie Opaca y no Opaca en la envolvente de la Estructura, vivienda tipo “A”	51
Tabla 3.7: Resumen de datos superficie y valor de transmitancia de la envolvente, vivienda tipo “A”	51
Tabla 3.8: Cálculo del coeficiente volumétrico de pérdidas de calor, vivienda tipo “A”	52
Tabla 3.9: Valor comparativo de Gcal obtenido con la referencia, vivienda tipo “A”	52
Tabla 3.10: Calculo de la carga termica por conduccion de la envolvente, vivienda tipo “A”	53
Tabla 3.11: Calculo de la carga termica por ventilacion, vivienda tipo “A”	54
Tabla 3.12: Calculo de la carga termica solar, vivienda tipo “A”	54
Tabla 3.13: Carga termica por iluminacion; vivienda tipo “A”	55
Tabla 3.14: Carga termica por artefactos, vivienda tipo “A”	55
Tabla 3.15: Calculo de errores porcentuales de Q_R , G_R , S_R , vivienda tipo “A”	57
Tabla 3.16: Calculo transmitancia térmica de muros opacos, vivienda tipo “B”.....	57
Tabla 3.17: Calculo transmitancia térmica de muros no opacos– condiciones iniciales de análisis, vivienda tipo “B”	57
Tabla 3.18: Calculo transmitancia térmica de techo– condiciones iniciales de análisis, vivienda tipo “B”	58

Tabla 3.19: Calculo transmitancia térmica de pisos– condiciones iniciales de análisis, vivienda tipo “B”	58
Tabla 3.20: Determinación de Superficie Opaca y no Opaca en la envolvente de la Estructura, vivienda tipo “B”	59
Tabla 3.21: Resumen de datos superficie y valor de transmitancia de la envolvente, vivienda tipo “B”	59
Tabla 3.22: Cálculo del coeficiente volumétrico de pérdidas de calor, vivienda tipo “B”	60
Tabla 3.23: Valor comparativo de G_{cal} obtenido con la referencia, vivienda tipo “B”	60
Tabla 3.24: Calculo de la carga termica por conduccion de la envolvente, vivienda tipo “B”	61
Tabla 3.25: Calculo de la carga termica por ventilacion, vivienda tipo “B”	62
Tabla 3.26: Calculo de la carga termica solar, vivienda tipo “B”	62
Tabla 3.27: Carga termica por iluminacion; vivienda tipo “B”	63
Tabla 3.28: Carga termica por artefactos, vivienda tipo “B”	63
Tabla 3.29: Calculo de errores porcentuales de Q_R , G_R , S_R , vivienda tipo “B”	65
Tabla 3.30: Calculo transmitancia térmica de muros opacos, vivienda tipo “C”	65
Tabla 3.31: Calculo transmitancia térmica de muros no opacos– condiciones iniciales de análisis, vivienda tipo “C”	66
Tabla 3.32: Calculo transmitancia térmica de techo– condiciones iniciales de análisis, vivienda tipo “C”	66
Tabla 3.33: Calculo transmitancia térmica de pisos– condiciones iniciales de análisis, vivienda tipo “C”	67
Tabla 3.34: Determinación de Superficie Opaca y no Opaca en la envolvente de la Estructura, vivienda tipo “C”	67
Tabla 3.35: Resumen de datos superficie y valor de transmitancia de la envolvente, vivienda tipo “C”	68
Tabla 3.36: Cálculo del coeficiente volumétrico de pérdidas de calor, vivienda tipo “C”	68
Tabla 3.37: Valor comparativo de G_{cal} obtenido con la referencia, vivienda tipo “C”	69
Tabla 3.38: Calculo de la carga termica por conduccion de la envolvente, vivienda tipo “C”	70
Tabla 3.39: Calculo de la carga termica por ventilacion, vivienda tipo “C”	70
Tabla 3.40: Calculo de la carga termica solar, vivienda tipo “C”	71
Tabla 3.41: Carga termica por iluminacion; vivienda tipo “C”	71
Tabla 3.42: Carga termica por artefactos, vivienda tipo “C”	72
Tabla 3.43: Calculo de errores porcentuales de Q_R , G_R , S_R , vivienda tipo “C”	73
Tabla 3.44: Características de recurso solar Promedio del Delta Medio del Paraná	79
Tabla 3.45: Características de los vientos Promedios del Delta Medio del Paraná	83
Tabla 3.46: Mejoras térmicas a partir de distintos materiales	86
Tabla 3.47: Calculo de Angulo de Inclination	89
Tabla 3.48: Carga termica para abastecer de ACS	89
Tabla 3.49: Dimensionamiento del area del sistema de captacion solar metodo f-chart	90

Tabla 3.50: Estimación de consumo de energía en entretenimiento.....	96
Tabla 3.51: Cuadro de detalle y comparación de bombas de agua	98
Tabla 3.52: Cuadro de detalle y comparación de la heladera y el freezer.....	100
Tabla 3.53: Cuadro de características del ventilador de pie	101
Tabla 3.54: Cuadro resumen de sistemas de generación fotovoltaica para cada necesidad.....	105
Tabla 3.55: Cuadro resumen de sistemas de generación fotovoltaica actividad productiva	106
Tabla 3.56: Cuadro de características del aerogenerador Aleko	109
Tabla 3.57: Cuadro de características del aerogenerador Enerkit.....	113
Tabla 3.58: Cuadro Resumen de sistemas de generación y costos	118

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Plano General Del Delta del Paraná	15
Figura 1.2: Regiones geomorfológicas del delta del Paraná	18
Figura 1.3: Distribución rural de zonas visitadas	19
Figura 1.4: Nivel de educación de la población en el área del delta	20
Figura 1.5: Esquema Grafico del sistema Interconectado Argentino - Uruguayo	21
Figura 1.6: Combustibles que usan los isleños para cocinar	22
Figura 1.7: Distribución de la actividad productiva en el Delta del Paraná.....	24
Figura 2.1: Ubicación geográfica de los nodos de medición.....	28
Figura 2.2: Mapa de la provincia de Santa Fe dividida por regiones.....	29
Figura 2.3: Mapa de energías disponibles de la provincia de Entre Ríos.....	30
Figura 2.4: Gráfico de velocidad media anual a 10m	32
Figura 2.5: Gráfico de velocidad media anual a 30m	32
Figura 2.6: Gráfico de velocidad media anual a 50m	33
Figura 2.7: Gráfico de energía solar media en Junio.....	34
Figura 2.8: Gráfico de energía solar media en Enero.....	34
Figura 2.9: Gráfico de energía solar media anual	35
Figura 3.1: Ubicación geográfica de los lugares visitados	37
Figura 3.2: Imágenes de viviendas tipo “A”	39
Figura 3.3: Imágenes de viviendas tipo “B”	40
Figura 3.4: Imágenes de viviendas tipo “C”	41
Figura 3.5: Porcentaje de tipos de viviendas según su construcción y tipo de materiales.....	41
Figura 3.6: Confort térmico en verano según tipo de vivienda.....	42
Figura 3.7: Confort térmico en invierno según tipo de vivienda	42
Figura 3.8: Imágenes de la mala implementación de la energía solar	76
Figura 3.9: Radiación incidente en un plano inclinado	80
Figura 3.10: Irradiancia a distintos ángulos de inclinación de la superficie	80
Figura 3.11: Índice de claridad	81

Figura 3.12: Angulo óptimo de irradiación solar	81
Figura 3.13: Características del viento a 10 Metros	84
Figura 3.14: Características del viento a 50 Metros	85
Figura 3.15: Dirección del viento a 10 y 50 Metros en grados según convención meteorológica	85
Figura 3.16: Calefón solar de 100 litros	87
Figura 3.17: Calefon solar de 100 litros fabricacion caseral	88
Figura 3.18: Cocina solar fabricacion casera	92
Figura 3.19: Cocina solar portátil.....	93
Figura 3.20: Cocina Parabólica	94
Figura 3.21: Horno solar Krenz.....	94
Figura 3.22: Bomba de superficie Enertik, modelo BSQB-25-120-24V	97
Figura 3.23: Curva de rendimiento de la Bomba de superficie Enertik, BSQB-25-120-24V.....	97
Figura 3.24: Electrobomba de Agua GAMMA 2763	98
Figura 3.25: Lámpara led de 12v 9w	99
Figura 3.26: Heladera y freezer 12v 0 24v.....	100
Figura 3.27: Ventilador 12v de 40cm de diametro.....	101
Figura 3.28: Generador eólico Aleko WG1500A	109
Figura 3.29: Curva de potencia	109
Figura 3.30: Relación para el cálculo de la potencia media del método de Dr Mattio, Aleko WG1500A.....	110
Figura 3.31: Curva de Porcentaje de funcionamiento a potencia nominal del método de Dr Mattio, Aleko WG1500A	111
Figura 3.32: Curva de determinación de tiempo a fuera de servicio del método de Dr Mattio, Aleko G1500A	111
Figura 3.33: Aerogenerador 600w - 24v Enertik.....	113
Figura 3.34: Curva de potencia	113
Figura 3.35: Relación para el cálculo de la potencia media del método de Dr Mattio, Enertik 600W – 24V	114
Figura 3.36: Conexionado de equipamiento de 12V	116
Figura 3.37: Conexionado de equipamiento de 24V y 12V.....	117

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a la vida y a mis padres la posibilidad de haber podido continuar con una de mis pasiones, el estudio.

Agradecimientos a mi compañera de vida, por su paciencia, amor, comprensión y cuidado en todo este tiempo que tuve que dejarla un poco de lado para poder cumplir con este reto.

También quiero hacer extensivo este agradecimiento a mi hermano que se banco mi mal humor y me apoyo en el trabajo, y a todos los que con mi cansancio, fastidio y mal humor he perturbado su día.

A la Universidad Nacional de Rosario por permitirme ser parte de su seno y adquirir un nuevo y valioso conocimiento para transmitirlo en las actividades personales y profesionales.

Un agradecimiento muy especial al Mgs Ing. Roberth Alcides Saraguro, sin su paciencia, aportes y correcciones no podría haber hecho este trabajo y al Ing. Jorge Postma, quien coordino las visitas a las locaciones y con mucha dedicación transmitió todos sus conocimientos que me ayudaron a entender y comprender la dinámica del Delta Del Paraná.

DEDICATORIA

Dedicar este trabajo a todas las personas que me han acompañado y apoyado a lo largo de este arduo camino, sin ellos no sería ni estaría en el lugar que estoy.

Con todo el aprecio y amor que les tengo

Resumen

El presente trabajo consiste en el análisis de la situación energética de los habitantes del Delta medio del río Paraná, y del potencial energético disponible a partir de fuentes de energías renovables solar y eólica. El objetivo de esta investigación es mejorar la calidad de vida de las personas que residen allí, como así también, brindar las herramientas tecnológicas y energéticas necesarias para el trabajo.

Se realizaron entrevistas individuales y observaciones sobre el contexto en el que habitan (características de las viviendas, usos y costumbres energéticas, necesidades energéticas insatisfechas, entre otros), tomando como muestras distintos establecimientos ganaderos, turísticos, pescadores y apicultores entre otros, ubicados sobre islas del río Paraná en localidades como Villa Paranacito, Puerto Ruiz, Islas del Ibicuy, Victoria, Gualeguay y Rosario.

Los resultados de las encuestas arrojaron dos grandes datos sobre los cuales se orientó la investigación. El primero, es el grado de confort de los lugareños: independientemente de la época del año y del tipo de construcción considerado, el 70% de la población manifiesta una sensación poco confortable y nada confortable; esto luego se verifica de manera teórica mediante normas IRAM. El segundo, se refiere a la existencia de pobreza energética y necesidades energéticas insatisfechas, presentes en gran parte de la población. A fin de mejorar esta situación, se analiza el potencial energético solar y eólico (a partir de los datos proporcionados por la NASA), y se proponen distintas alternativas sustentables.

El análisis ha llevado a las siguientes conclusiones: la situación energética es similar a la de zonas rurales, con el agravante de la geografía de las islas, lo cual hace, prácticamente, nula la posibilidad de contar con un tendido de red de media o baja tensión, sin mencionar el alto costo de las mismas. La población no cuenta con un conocimiento adecuado sobre las nuevas tecnologías en materia de energía renovable, éste suele ser ínfimo, y en muchos casos, equivocado; tampoco dispone de la posibilidad económica de acceder a dichas herramientas. Por lo que se propone y se describe la construcción casera de termotanque y cocinas solares como paliativo para dicha situación. La actividad productiva es mayormente artesanal y tiene relación directa con la población que lo habita, ya que todos viven del delta siendo sus necesidades energéticas muy básicas. Existe un buen potencial solar y eólico, pero la solidez del suelo y los costos hacen que este último no sea el más recomendado.

Palabras Claves: Situación energética, potencial energético, Delta Medio del Paraná, pobreza energética

Abstract/Summary

The present work consists of the analysis of the energy situation of the inhabitants of the middle Delta of the Paraná River, and of the energy potential available from renewable solar and wind energy sources. The objective of this research is to improve the quality of life of the region's inhabitants, as well as to provide the technological and energy tools for its working environment.

Individual interviews and observations were carried out within the context in which its inhabitant live (characteristics of the homes, energy uses and customs, unmet energy needs, among others). In addition, samples were taken and studied of different livestock, tourist, fishermen, and beekeeper establishments, among others, located on islands of the Paraná river in towns such as Villa Paranacito, Puerto Ruiz, Ibicuy Islands, Victoria, Gualeguay and Rosario.

The results of the surveys yielded two significant points of data on which the research was oriented. The first is the ambient comfort of the locals: regardless of the time of year and the type of construction considered, 70% of the population shows an uncomfortable and not at all comfortable feeling; this result is then verified theoretically using IRAM standards. The second data point refers to the existence of energy poverty and unmet energy needs, present in a large part of the population. In order to improve this situation, the solar and wind energy potential is analyzed (based on data provided by NASA), and different sustainable alternatives are proposed.

The analysis has led to the following conclusions: the energy situation is similar to that of rural areas, with the aggravation of the geography of the islands, which practically nullifies the possibility of having a medium or low network laying tension, not to mention the high cost of them. The population does not have adequate knowledge about new technologies in the field of renewable energy; neither does it have the economic possibility of accessing said tools. For what is proposed and described the home construction of hot water tank and solar cookers as a palliative for this situation. The productive activity is mostly artisanal and has a direct relationship with the population that inhabits this region, since they all live in the delta, their energy needs being very basic. There is good solar and wind potential, but the solidity of the soil and the costs make the latter not the most recommended.

Key Words: Energy situation, energy potential, Paraná Middle Delta, energy poverty

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 Descripción General del Proyecto

El desarrollo del proyecto realizará un análisis de los recursos energéticos disponibles y su posible implementación en el sector del humedal (isla del delta del Paraná) así como también de la presencia de pobreza energética, que por definición es la situación en la que un hogar es incapaz de pagar una cantidad de energía suficiente para la satisfacción de sus necesidades domésticas y/o cuando se ve obligado a destinar más del 10% de sus ingresos totales a pagar la factura energética de su vivienda.

En la ejecución del proyecto se realizaron visitas a los distintos establecimientos ganaderos, turísticos, de pescadores, de apicultores, entre otros, ubicados sobre islas del Río Paraná en localidades como Villa Paranacito, Victoria, Gualaguay y Rosario. Esto permitió evaluar la situación de los residentes y personas que desarrollan sus actividades en la zona, así como también analizar la mejora de la calidad en sus actividades al contar con energía generada a partir de fuentes renovables disponibles en la localidad.

El proyecto contempla los conceptos básicos para el aprovechamiento de fuentes primarias de energía renovable; la evaluación del recurso; y las posibles limitaciones en su implementación, derivadas del contexto, tanto natural como social, de la localidad en cuestión, buscando así, el máximo beneficio de estos recursos.

1.1.2 Metodología y Alcance de la Investigación

La metodología utilizada es multimétodos con estrategia de implementación complementaria de métodos cualitativos y cuantitativos.

La parte cualitativa se da debido a las múltiples realidades existentes y el contexto en que se desarrollan, por lo que es necesario realizar una inmersión en el campo de estudio que permita conocer la trama del problema sumergiéndose en la cotidianeidad de las personas y familias. La recolección de datos se realizará a partir de técnicas de entrevistas individuales semi-estructuradas orientadas y registradas en anotaciones con observación participante de conductas energéticas, estructuras habitacionales y realidades presentes en su contexto cotidiano.

A partir de los datos recabados en cuanto a necesidades y costumbres energéticas, los mismos se cuantifican generando una hipótesis de trabajo, pasando a la etapa de investigación cuantitativa donde se usarán dichos datos para buscar soluciones concretas a los problemas que se presentan. Se evaluará el potencial en energías limpias (solar y eólica) en la zona, a partir de datos recolectados sobre radiación y vientos. Se utilizarán los datos medidos y recolectados sobre los detalles constructivos de los distintos tipos de viviendas a fin de obtener un cuadro de situación y proponer soluciones.

El desarrollo del proyecto requiere continuos traslados a las locaciones previamente detalladas en el delta del río Paraná, con la finalidad de recolectar datos y hacer evaluaciones de campo, llevando registros fotográficos de los lugares y situaciones inherentes a la investigación.

Las actividades son solventadas con dinero y embarcación propios, y con los traslados que se lleven a cabo en el curso multidisciplinario de la U.N.R. Ganadería en las islas del río Paraná, siendo absorbidos parte de los costos por la U.N.R. cumplimentado con aportes propios. Dentro de las principales actividades a ser desarrolladas, se detalla:

- Relevamiento de infraestructura actual y posible.
- Encuesta a productores (propietarios, encargados, administradores, etc.).
- Identificación y análisis en relaciones: sujeto-ambiente-energía.
- Identificación de problemas energéticos diarios.
- Análisis del comportamiento del entorno (inundaciones, robos, etc.).
- Análisis de programas gubernamentales de ayuda energética.
- Propuesta de mejoras.
- Propuestas de sistemas energéticos con cumplan los requisitos mínimos para mejorar la calidad de vida de los isleños.

1.2 Características Generales del área del Delta del Paraná

El río Paraná, de 4.000 km de largo, drena una amplia cuenca de 2.600.000 km² que abarca regiones con características geológicas y climáticas muy diferentes. La mayor parte del caudal líquido proviene de la zona cálida y húmeda del nordeste de Argentina. En su tramo final, el río Paraná corre dentro de una llanura aluvial de 15 a 20 km de ancho, con un caudal de 16.000 m³/seg que puede alcanzar, en crecidas extraordinarias, los 60.000 m³/seg. La transición del Río Paraná al Río de la Plata, que actúa hidrodinámicamente como un estuario, se da a través de un amplio delta, que comienza aproximadamente a la altura de la localidad de Diamante (Entre Ríos) y termina en las cercanías de la ciudad de Buenos Aires, con un avance frontal de 70 a 90 m/año. Su extensión es de 320 km con una superficie estimada de 17.500 km² y posee condiciones ambientales adecuadas para actividades productivas como ganadería, forestación, apicultura, pesca, caza, extracción de áridos y turismo (guía turística del Delta Nativo, página 5). En la Figura 1.1, se observa el área que abarca el delta del Paraná, así como también la ubicación en el mapa y los ríos que la componen.

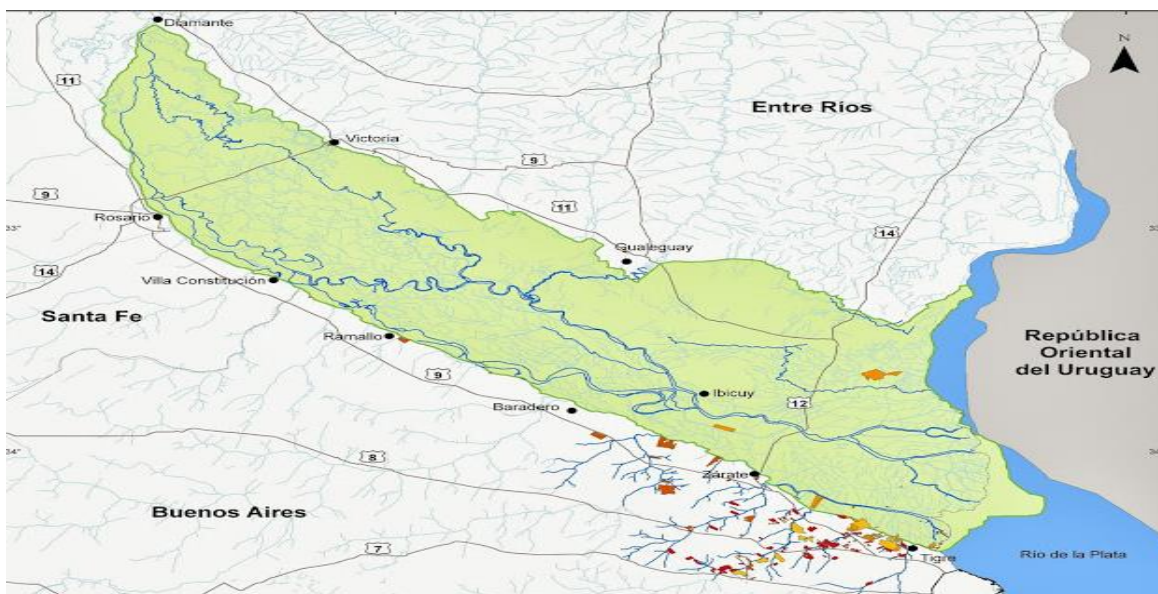


Figura 1.1: Plano General Del Delta del Paraná
Fuente: Guía Turística Delta Nativo

Es importante considerar que el Delta del Paraná es una región heterogénea con una gran diversidad de recursos, y en consecuencia, con una gran variedad de actividades productivas relacionadas a los mismos. El Delta proporciona medios de vida a sus pobladores, quienes dependen principalmente de dichos recursos y de los servicios ambientales de los humedales. Sin embargo, el aumento en el uso de los recursos naturales del Delta y la variedad de prácticas de gestión de agua y suelo, sumados a la ocurrencia de sequías intensas, están resultando en impactos que afectan negativamente a este vasto ecosistema de humedales, su vida silvestre, la pesca y otras actividades locales y medios de vida asociados (Wetlands International, Fundación Humedales, 2010).

El ambiente del Delta ha experimentado un cambio en el uso productivo. Con la expansión de las áreas destinadas a las actividades agrícolas, originó una reconfiguración del territorio ganadero del país. En este contexto, las islas del Delta del Paraná por su ubicación geográfica y la oferta de recursos forrajeros¹ resultaron apropiadas para la actividad ganadera. Se han construido endicamientos² y vías de comunicación, también se ha eliminado la vegetación natural debido a la habilitación de terrenos agrícolas y ganaderos, y a la utilización de prácticas agropecuarias y forestales como tala rasa, quema de pastizales, etc. Los humedales están entre los ecosistemas más vulnerables y sensibles a la acción antrópica. Se trata de acciones que desembocan en efectos altamente negativos como el incremento de la fragilidad de los recursos hídricos y de la diversidad biológica en todos sus niveles, la disminución de la resiliencia del ecosistema, y la amenaza a la seguridad alimentaria y la salud humana.

¹ forrajeros: son plantas que sirven para alimento de ganado de forma natural o implantada

² endicamiento: son diques que no se forma naturalmente. Fuente: Wetlands international, endicamiento y terraplenes en el delta del Paraná

1.3 Características Físico-Ambientales del Área del Delta del Paraná

1.3.1 Clima

El clima de la región deltaica es de tipo Templado Húmedo sin estación seca, aunque en los meses invernales se observa una disminución de la cantidad de precipitaciones. El régimen pluviométrico del delta es de tipo isohigro³ con precipitación media anual de 1.021 mm. La temperatura media anual es de 16 °C (máximas entre 38-40 °C y mínimos de 0 a -5 °C). Los vientos de la región son generalmente suaves, la media anual es de 4 km/h y los valores medios mensuales no presentan marcadas diferencias con el promedio. Predominan los vientos del sector NE en todas las estaciones, siguiéndoles los del cuadrante SE y SW. EL régimen eólico es importante por su influencia sobre el régimen hídrico superficial, dado que actúa modificando el nivel hidrométrico de los cauces. Los vientos del sector no suelen favorecer las bajantes, principalmente los de sudestada que suelen frenar o retardar la velocidad de salida del agua debido a la escasa pendiente. Como consecuencia de ello, se producen crecientes de cierta magnitud, que combinadas a las precipitaciones locales o aporte de agua de la alta cuenca, pueden anegar e inundar extensas regiones (Siva Busso A. et al. 2004). Si bien la fuente data del año 2004, los datos de este trabajo crean un cuadro de situación que si bien puede tener errores no afecta la visión global, las nuevas condiciones a determinar exceden los límites de este trabajo

Debido a la cantidad elevada de ríos y arroyos que surcan el Delta, su humedad relativa es elevada casi todo el año. La media anual es de 76 %, alcanzándose las medias máximas en los meses de invierno, con valores de hasta 81 % y las mínimas en el verano, del orden del 69 % (Instituto nacional del agua, Proyecto Laboratorio de Hidráulica 235, Ezeiza, Septiembre 2004, página 5). Se utilizaron estos datos, que si bien pueden tener errores y son antiguos, nos da un panorama de la situación y cuya nueva condición excede los límites de este trabajo

1.3.2 Régimen Hidrológico del Río Paraná

Los caudales característicos del río Paraná alcanzan los 12.000 a 14.000 (m^3/s) con valores extremos en un rango comprendido entre 7.000 a 52.000 (m^3/s). El régimen hidrológico del río Paraná presenta una estacionalidad marcada, donde los caudales medios más altos ocurren en la primera mitad del año, en el otoño (marzo - abril) y descienden en la segunda mitad alcanzando un mínimo en primavera (septiembre - octubre) (Instituto nacional del agua, Proyecto Laboratorio de Hidráulica 235, Ezeiza, septiembre 2004, página 5).

³ isohigro: significa que la precipitación se distribuye más o menos uniforme a lo largo de año. Fuente: cátedra climatológica agrícola de la UNER

⁴ Es el estudio de las formas de la superficie terrestre enfocada a describir, entender su génesis y su actual comportamiento. Fuente: Wikipedia

Un aspecto a remarcar es que en el área del delta las inundaciones provocadas por crecidas del río Paraná tienen la ventaja de ser previstas con suficiente antelación (del orden de 4 semanas) como para tomar medidas que permitan aminorar las pérdidas materiales. La zona más afectada por una crecida media ordinaria del río Paraná corresponde a las ubicadas al inicio del Delta en su margen izquierdo.

La fuente citada es un poco antigua (Instituto nacional del agua, Proyecto Laboratorio de Hidráulica 235, Ezeiza, septiembre 2004, página 5) y si bien pueden tener errores nos da un cuadro de situación y cuya nueva condición excede los límites de este trabajo.

1.3.3 Regiones Geomorfológicas⁴

El área de Delta se divide en tres Regiones geomorfológicas (ver Figura 1.2):

- **El antiguo Delta del Paraná** con depósitos, que es el triángulo superior entre las ciudades de Diamante-Rosario-Victoria, con una superficie de 254.669 ha y cotas entre 6-8 msnm.
- **El Delta actual**, en el extremo sur del área, con una superficie de 403.110 ha y cotas menores de 2 msnm.
- **La zona estuárica de ingresión marina** que se subdivide en: Cordón de Médanos que es un ambiente de dunas con una superficie de 8.931 ha y cotas entre 4-6 msnm; la Antigua Albufera, al norte del cordón de médanos que abarca una superficie de 240.377 ha y cotas entre 4-9 msnm; las Llanuras de Playas entre el cordón mayor de arena y las llanuras de marea, con una superficie de 477.422 ha y cotas entre 2-5 msnm; y las Llanuras de Marea (Isla Lechiguanas y otras similares) que incluye la faja de meandros y abarca 582.697 ha con cotas entre 4-9 msnm.

El Delta Actual y la Antigua Albúfera son las dos regiones geomorfológicas con mayor proporción de tierras sin inundar ante condiciones de inundación extremas, siendo las Llanuras de Mareas (Lechiguanas) y el Antiguo Delta las dos zonas más vulnerables a las inundaciones.

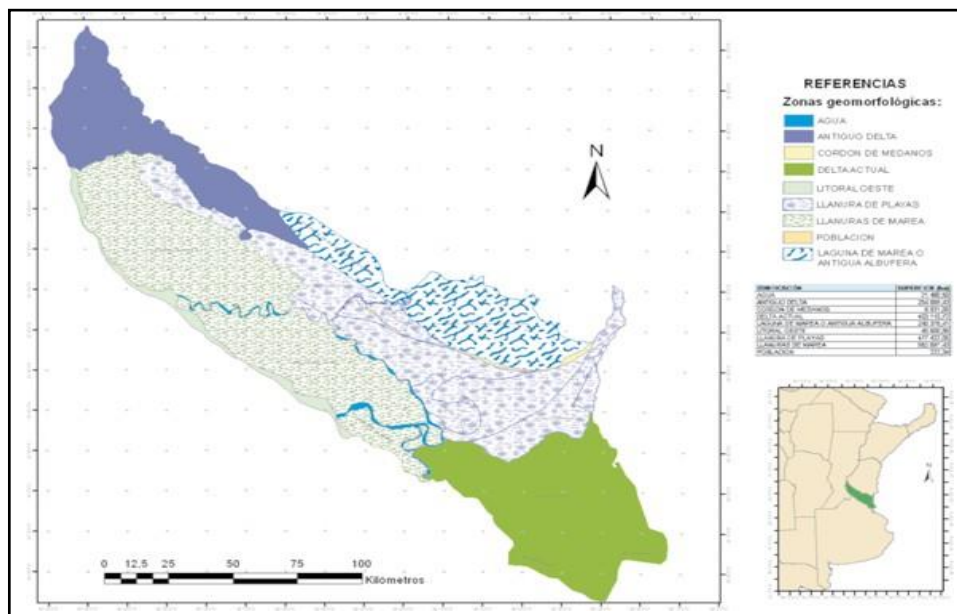


Figura 1.2: Regiones geomorfológicas del delta del Paraná
Fuente: Ambiente biológico-ecológico: fauna y flora

Los patrones de distribución de la vegetación del humedal suelen estar estrechamente asociados al régimen hidrológico del mismo. Las frecuentes inundaciones, los disturbios producidos por el fuego o el pastoreo, los períodos prolongados de anoxia en el entorno de las raíces y la presencia de sales, actúan como fuerzas selectivas de las especies. Más del 80 % de la superficie de la región está cubierta por formaciones herbáceas: juncuales y pirizales, pajonales, pastizales y praderas, plantas acuáticas o emergentes, fijas. Las formaciones leñosas de bosques nativos cubren apenas el 4 % de la superficie y se desarrollan en sitios de menor inundabilidad o de menor permanencia de agua (Morandeira et al., 2011). Los bosques están compuestos principalmente por sauce criollo, aliso de ríos, ceibo, curupí, matajojo, arrayanes, palmera pindó, canelón, timbó blanco, higuerón; y por arbustales de espinillo, rama negra, duraznillo, chilcas, y sarandíes (Sabattini et al., 2002).

La elevada variedad de vegetación y la gran densidad de cursos de agua ofrecen un importante hábitat para la fauna silvestre, que satisfacen sus requerimientos básicos de alimentación, reproducción, refugio y descanso (Minotti et al., 1988; Bó, 1995; Quintana et al., 1992, Quintana et al., 2002).

1.4 Características de la Población del Área del Delta del Paraná

Para el año 2010, último Censo Nacional de Población disponible, se relevó un total de 14.295 personas, de las cuales 239 pertenecen al dpto. Diamante, 1007 al dpto. Victoria, 337 al dpto. Gualeguay, 1.214 al dpto. Gualeguaychú y 11.498 al dpto. Islas del Ibicuy. Estos datos reflejan que el 80 % de la población registrada está censada en el dpto. Islas de Ibicuy, donde los núcleos poblacionales de Villa Paranacito, Puerto Ibicuy y Ceibas en conjunto alcanzan los 10.000 habitantes (INDEC-Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas, 2010). Otros

centros poblacionales de ese departamento de menor importancia son Médanos, Brazo Largo y Mazaruca, que reúnen en forma conjunta unos 1.000 habitantes.

Se estima que la población rural que habita la región deltaica en forma dispersa alcanza las 2.200 personas, la mayoría de ellas se asientan en las regiones ribereñas no insulares, siendo la población isleña muy escasa. Respecto a la evolución de la población hacia el año 2012, en el área insular propiamente dicha, los informantes locales manifiestan que el despoblamiento ha sido la característica relevante en la evolución poblacional.

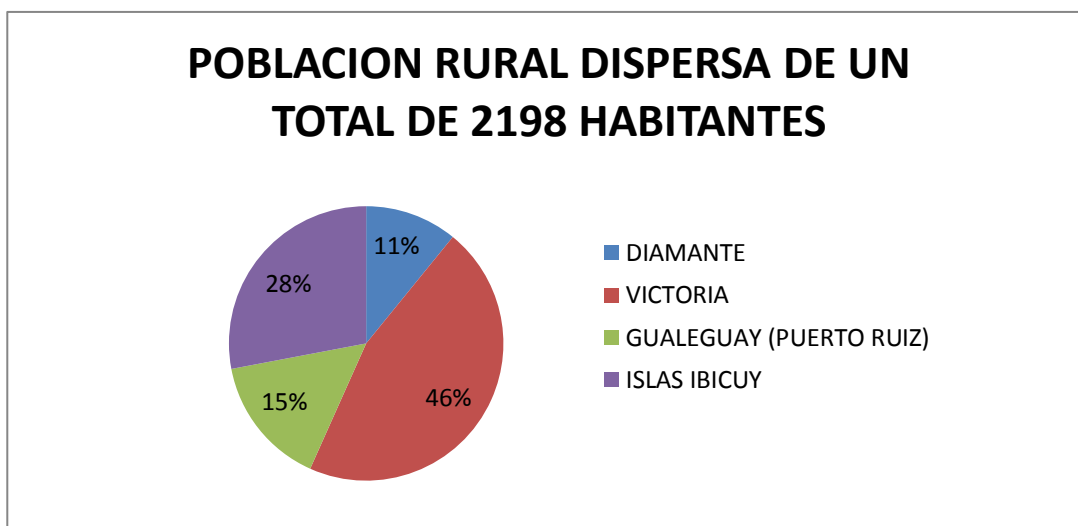


Figura 1.3: Distribución rural de zonas visitadas
Fuente: elaboración propia según datos INDEC - Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas, 2010

Un aspecto a remarcar es el alto nivel de pobreza en las zonas rurales que se evalúa tomando como indicador las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). Según el INDEC-Censo Nacional Población Hogares y Vivienda (2010) en el dpto. Islas del Ibicuy el índice de pobreza asciende al orden del 45.1 % de la población rural total. Cabe observar que la pobreza rural estructural, con precarias condiciones de vivienda, trabajo y tenencia de medios productivos, se han detectado en el medio rural disperso de la zona del Delta, tanto en las islas de los dptos. Victoria, Gualeguay e Islas del Ibicuy, como en el continente en Puerto Ruiz y Villa Paranacito (Nussbaumer B., 2005). Si bien la fuente es antigua, luego de analizar los datos censo nacional de población, hogares y viviendas del INDEC y lo observado durante la realización del trabajo, se puede asegurar que no solo se mantiene lo dicho por Nussbaumer B reflejado en este párrafo, sino que ha empeorado la situación.

A partir del análisis realizado sobre los datos suministrados por el INDEC, se determinó que el 55% de las viviendas ocupadas poseen características deficitarias: no poseen provisión de agua por cañería dentro de la vivienda, no disponen de retrete con descarga de agua; pisos, paredes y techos de materiales precarios. Asimismo, aproximadamente el 30% de los hogares de las islas presentan una situación de pobreza estructural, la cual se mide en función de la

presencia de al menos una necesidad básica insatisfecha (hacinamiento, vivienda precaria, malas condiciones sanitarias, asistencia escolar y nivel educativo del responsable).

Un significativo porcentaje (57,1%) de los hogares de los isleños poseen un régimen irregular de tenencia de la tierra (propietario de la vivienda solamente y no del terreno, viviendas alquiladas, prestadas, cedidas o con permiso, u otros casos).

La población rural dispersa recurre a los centros de salud pública situados en los centros urbanos más cercanos a su residencia. La atención primaria de las familias que viven en las islas es escasa y en caso de emergencia no se poseen medios suficientes para atender a la población necesitada.

Respecto a la educación, según el último Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas, realizado por el INDEC en el año 2010, la población rural dispersa que habita el área de Delta del Río Paraná alcanza un índice de analfabetismo del 8.2 %. De dicho censo surgen además otros datos sobre los niveles de educación en la zona, los cuales se pueden ver en el gráfico de la figura 1.4. Es oportuno decir que no se encontraron datos más recientes que los analizados del 2010, ya que este censo se repite cada 10 años

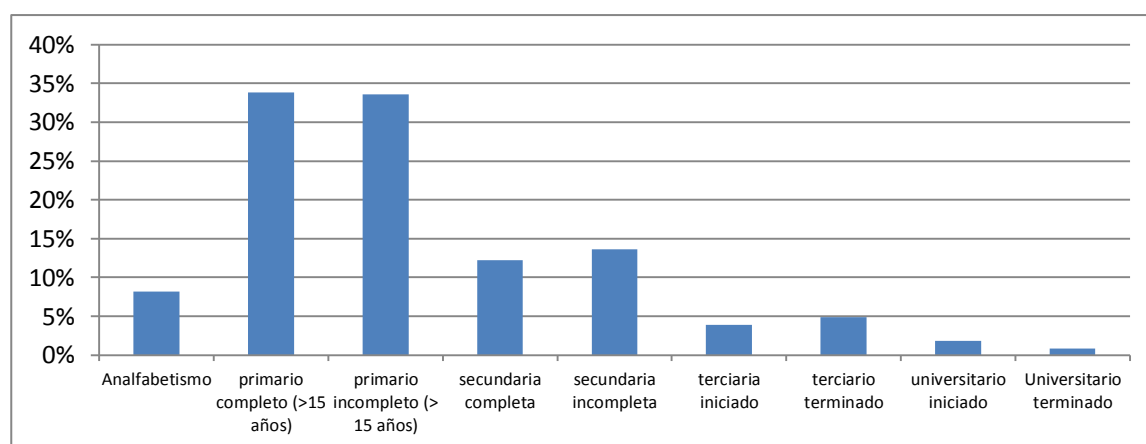


Figura 1.4: Nivel de educación de la población en el área del delta

Fuente: elaboración propia según datos INDEC - Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas, 2010

1.5 Características de la Infraestructura Eléctrica

La mayoría de estas poblaciones carecen de servicio eléctrico por tratarse de una población rural dispersa y de baja densidad poblacional, con ingresos escasos o insuficientes y bajos niveles de consumo, lo que hace muy difícil el abastecimiento eléctrico convencional, a través de sistemas centralizados. El abastecimiento eléctrico mediante tecnologías que utilizan fuentes primarias renovables disponibles en la localidad, es una solución adecuada para estas poblaciones. Las energías renovables poseen ventajas de inversión sustentable, bajo impacto ambiental y nula emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Estas tecnologías permiten mejorar la calidad de vida y contribuyen con el desarrollo económico en zonas rurales.

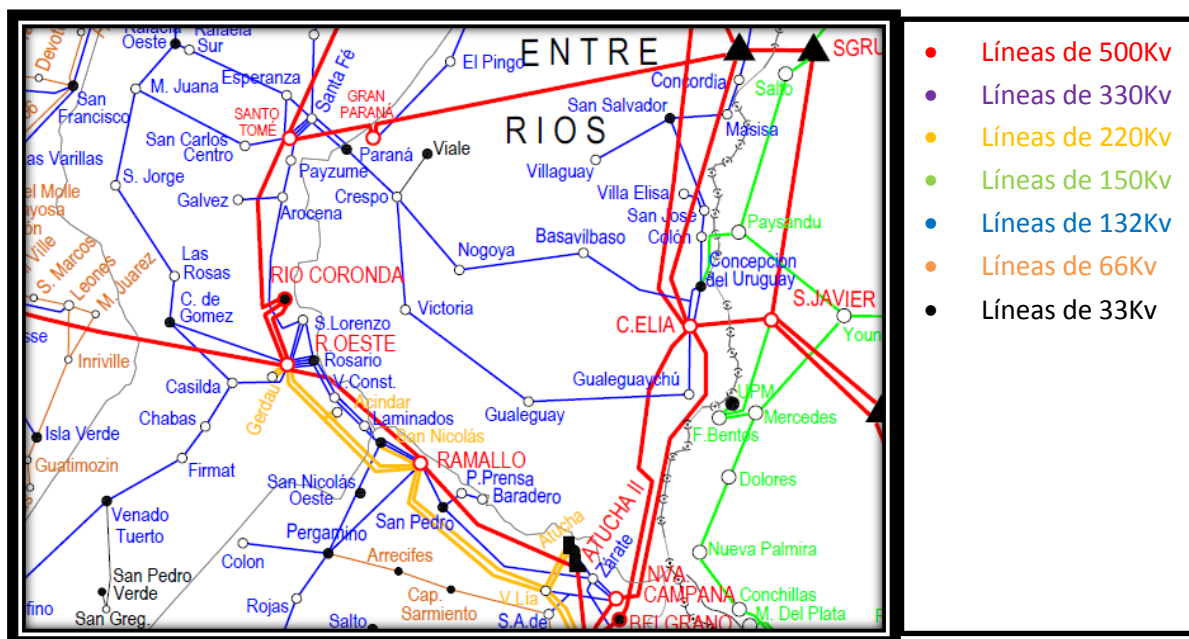


Figura 1.5: Esquema geográfico del sistema interconectado Argentino - Uruguayo
Fuente: Cammesa

Las líneas eléctricas se extienden a lo largo de los asentamientos insulares, como se puede observar en Figura 1.5, donde las líneas rojas son las líneas de 500Kv y las azules de 132Kv las cuales rodean la zona de estudio. Sin embargo, la mayor parte de la población isleña carece de servicio eléctrico convencional, y aquella parte de la población que la dispone, es de mala calidad debido a la falta de inversión por parte de las empresas eléctrica cuyo motivo es la rentabilidad muy baja que obtendrían frente a una inversión de U\$S 9000 por km de línea de media tensión (valores obtenidos de un informe del ENRE de costos de inversión estándar correspondiente al año 2015, cuyo link está en la bibliografía, el cual se dolarizo). Por este motivo, se recurre al uso de otro tipo de energías (leña, gas envasado, kerosene) para la cocción de alimentos y calefacción; y para disponer de energía eléctrica, al uso de generadores eléctricos.

1.6 Situación Energética

El acceso a un servicio de energía continuo, confiable y de calidad, sin tener en consideración su fuente primaria, es fundamental para la mejora en la calidad de vida de la población. Los isleños que tienen acceso a la red eléctrica, no disponen de un servicio de electricidad continua, confiable y de calidad, que se suma a la falta de mantenimiento en redes de media y baja tensión.

El tema del agua es una cuestión importante en esta zona, no sólo por los problemas acarreados para su extracción, sino también por la necesidad de potabilizarla. Aquellos que disponen de energía pueden emplear bombas a motor, ocasionando un gasto importante, mientras que el resto no tiene otra alternativa que emplear bombas manuales. El agua extraída

tiene altos niveles de contaminación, por lo que debe ser tratada previamente para el consumo humano; siendo el método más tradicional el de la decantación, filtrado y colocación posterior de cloro.

La mala calidad del servicio eléctrico o la inexistente presencia del mismo y la contaminación del agua se hicieron relevantes en un alto porcentaje de las entrevistas realizadas para el desarrollo del Proyecto. Esto se ha podido comprobar mediante la observación en el campo dado que, donde había red eléctrica nos mostraron equipos rotos producto de la baja o alta tensión y gente enferma producto de la falta de herramientas para potabilizar el agua.

En las islas se utiliza gas envasado para el calentamiento del agua, cuyo costo es elevado y su suministro presenta problemas logísticos (Righini y otros, 2008). Si bien la fuente es antigua, esto se puede aseverar mediante las entrevistas realizadas

El análisis de los datos del INDEC permite confirmar la información obtenida a partir de las entrevistas. La mayoría de los isleños, alrededor del 72%, también emplea gas en garrafa para cocinar, aproximadamente el 16% utiliza leña (de sauce y álamo) o carbón, el 5% gas en tubo y el resto otro tipo de combustibles, cuyo detalle se observa en la figura 1.6.

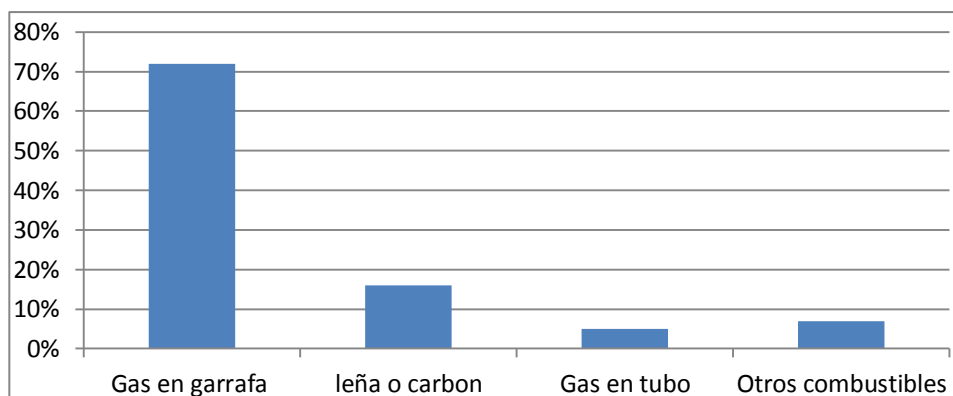


Figura 1.6: Combustibles utilizados por los isleños para cocinar
Fuente: elaboración propia según datos INDEC - Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas, 2010

La calefacción de las viviendas es otra cuestión importante en las islas, dado que las temperaturas invernales son más rigurosas por la elevada humedad en el ambiente. Gran parte de los isleños emplea leña (salamandra o cocina) para poder disponer de calefacción; son muy pocas las personas que utilizan el gas con este fin.

En las comunicaciones, los pobladores deben contar con energía eléctrica para el uso de telefonía fija o celular. Disponer de estas herramientas de comunicación es importante ante una eventual emergencia en un área cuyo patrón de asentamiento es disperso, y en la que la mayoría de los pobladores no poseen medios de transporte propios.

Los detalles descritos previamente, dan cuenta de la marginalidad energética en la que se encuentran los pobladores de las Islas del delta del Paraná, y de la necesidad de incluir

proyectos renovables e innovadores que permitan mejorar su calidad de vida disponiendo de fuentes apropiadas de energía.

1.7 Actividades Productivas del Delta del Río Paraná

La región del delta del río Paraná apoya su economía en las actividades primarias, fundamentalmente en producciones agropecuarias y extractivas. Por su funcionalidad, los humedales del delta ofrecen la posibilidad de realizar producción ganadera bovina (engorde-veranada), forestación, pesca, apicultura, caza de fauna silvestre, actividad minera y actividades turísticas.

La actividad ganadera se basa en el engorde de estación que permite una producción de carne a bajo costo y alta productividad utilizando los recursos naturales de la zona. El sistema de producción forestal es el cultivo de Salicáceas en la planicie deltaica del Delta Actual, fundamentalmente en áreas endicadas del departamento Islas del Ibicuy.

La pesca se realiza en forma artesanal y/o comercial, y constituye una de las principales fuentes de ingresos de la población del delta entrerriano, siendo la más importante en términos de mano de obra ocupada.

Respecto a la actividad apícola en esta zona, no hay registros del número de colmenas y producción de miel de acuerdo con los registros provinciales (Dirección General de Lechería y Granja de Entre Ríos, 2010).

Otra actividad económica típica de la región del delta es la caza. Sus habitantes la practican como alternativa de subsistencia o bien como fuente de ingresos provenientes de la venta de carne, pieles y cueros.

Por último, la actividad turística se presenta como una alternativa de actividad económica para los pobladores del Delta, aunque no se cuenta con información sistematizada respecto a la situación actual que permita hacer una valoración económica de esta actividad. Cabe destacar que no hay datos relevantes para informar acerca de la extracción minera más que los de la tabla 1.1.

Tabla 1.1: Valores de producción de las principales actividades productivas en el delta

Actividad Productiva	Valor en u\$s
Ganadería	80.344.032
Pesca	7.302.560
Forestación	4.695.652
Apicultura	1.859.634
Turismo	600.000
Caza	172.439
Extracción Minera	22.274.069
Valor Total Anual	116.648.386

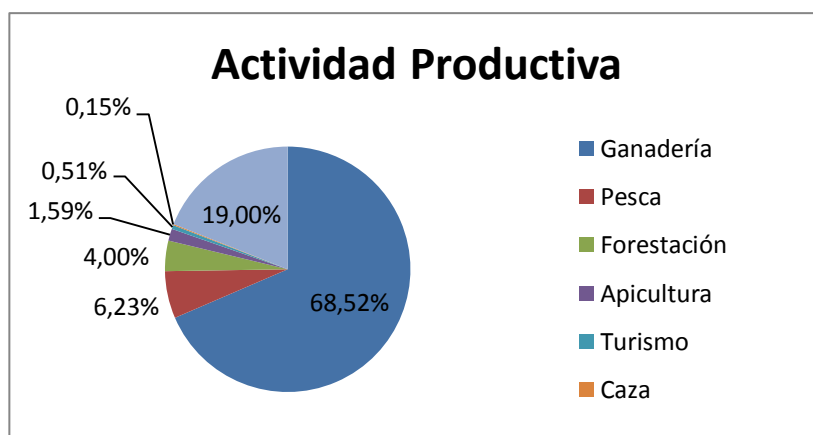


Figura 1.7: Distribución de la actividad productiva en el Delta del Paraná
Fuente: elaboración propia según datos INDEC – Censo nacional económico 2005

Nota: Los datos utilizados para el análisis de la distribución productiva proporcionados por el INDEC son antiguos, y si bien se realizó un censo nacional económico en el 2015, el mismo no cuenta con datos detallados del Delta del Paraná. Es oportuno destacar que la importancia de dichos datos no es vital para el desarrollo de este proyecto, pero si para crear una idea de situación

1.8 Problema de Investigación

El río Paraná es uno de los más grandes y biodiversos del mundo (Ministerio de medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe, "Descripción resumida del Humedal")⁵. En su tramo medio desarrolla una extensa y compleja planicie de inundación con una amplia heterogeneidad de hábitats y una alta productividad del sistema, lo que favorece la existencia de comunidades bióticas muy diversas y adaptadas al régimen hídrico, favorecido por la alternancia de ciclos de crecientes y bajantes.

En el Delta del Paraná existen numerosas familias viviendo y desarrollando actividades productivas que sufren de pobreza energética dado que requieren gastar más del 10% de sus ingresos totales en energía y de extrema pobreza energética ya que gastan más del 20%; esta situación podrá ser mejorada mediante el aprovechamiento del potencial que poseen las provincias con respecto a fuentes primarias renovables. Los procesos de conversión establecidos acorde a su tecnología, permitirán disponer de fuentes energéticas para así cubrir las necesidades básicas de la población.

Para solventar esta problemática, en el proyecto se realizará una evaluación de los recursos disponibles, con propósito de fomentar el desarrollo de proyectos de energías renovables en la región, entregando información suficiente para su puesta en marcha.

⁵"Descripción resumida del Humedal": [https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/121915/\(subtema\)/112853](https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/121915/(subtema)/112853).

1.9 Objetivo

1.9.1 Objetivo General

Realizar un análisis de la situación energética de las islas y las posibles aplicaciones de energía renovables disponibles en la localidad que permitan mejorar la calidad de vida de los residentes y de aquellos que desarrollan sus actividades productivas, considerando, debilidades y fortalezas del aprovechamiento de estos recursos energéticos ante efectos relacionados a su instalación y puesta en funcionamiento.

1.9.2 Objetivos Específicos

- Intercambiar conocimientos y experiencias energéticas con productores de distintas situaciones económicas y personales de la zona.
- Evaluar usos y costumbres energéticas de los lugareños.
- Evaluar e identificar las necesidades energéticas no satisfechas o poco satisfechas.
- Estimar la cantidad de energía necesaria para satisfacer las necesidades básicas y mejorar el confort de los residentes y trabajadores de la localidad.
- Dimensionar un sistema que permita abastecer la demanda de energía de los establecimientos ganaderos y permitan mejorar su producción.
- Dimensionar un sistema energético que mejore la cotidianeidad de los lugareños.

1.10 Desarrollo del Trabajo

El trabajo se inicia con una descripción de las características del lugar en estudio, ya sean físico-ambientales, de geo localización, socio-culturales, demográficas, de actividades productivas y de situación energética. Esto permitió una evaluación de la situación del Delta del Paraná en su tramo medio en donde se concentran las poblaciones aisladas y sin recursos energéticos adecuados, que puede ser mejorada mediante la generación de energía a partir de las fuentes primarias renovables.

En el capítulo II, se detallan los recursos disponibles para la generación de energías alternativas medidas en las provincias de Santa Fe y Entre Ríos, dado que ambas jurisdicciones abarcan la zona de estudio, es decir, el delta del Paraná Medio.

En el capítulo III, se analizan y procesan los datos y observaciones realizadas en las distintas locaciones visitadas, además se evalúan las características energéticas solares y eólicas de las mismas. También se proponen sistemas y equipamientos que permitan satisfacer las necesidades energéticas analizadas, mediante el uso de energías limpias

Finalmente, en el Capítulo IV, se presentan las conclusiones y recomendaciones del análisis realizado.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Recursos Disponibles Medidos por la Provincia de Santa Fe

La provincia de Santa Fe cuenta con una red Solarimétrica, la cual es una red de medición meteorológica multipropósito que tiene como eje fundamental la medición de la radiación solar global (radiación que incide sobre una superficie horizontal); además, cuenta con medición de vientos (dirección y magnitud), humedad, temperatura y lluvias. La red incluye estaciones distribuidas a lo largo de toda la Provincia y en base a sus datos, investigadores de UNL-Conicet pudieron determinar que la provincia dispone de un gran potencial energético para la producción de energía solar con un promedio anual de radiación de $4.7 \left(\text{Kwh}/\text{m}^2 \right) / \text{dia}$ (Informe técnico de avance del Estado de la Red Solarimétrica de Santa Fe, que fue elaborado por el Grupo de Energías No-Convencionales (Genoc-Conicet-UNL), la Facultad de Ingeniería Química (FIQ) y el Instituto de Física del Litoral (IFIS-Conicet-UNL). Ver trabajos citados Pág. 12).

En cuanto a los valores de mediciones de vientos, se determina que los datos de medición son aptos para la producción energética en base a esta fuente, en promedio $5.8 \left(\text{m}/\text{s} \right)$ (Informe realizado por: Observatorio de Energía y Sustentabilidad (OES) – Universidad tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario (UTN FRRo). Ver trabajos citados Pág. 12), muy por encima de la media 3 a $4 \left(\text{m}/\text{s} \right)$ necesaria para la viabilidad de un proyecto de parque eólico.

En función de lo detallado anteriormente, y con la finalidad de obtener una base de datos para la provincia, se la ha dividido en 5 áreas rectangulares que presentan condiciones climáticas similares, lo que permitirá extrapolar los valores obtenidos de radiación solar y vientos a todos los puntos de la misma.

Los cinco puntos de medición se encuentran distribuidos geográficamente en las siguientes localidades, como se puede observar en la siguiente figura (Ver Figura 2.1):

1. Noroeste: Tostados.
2. Noreste: Reconquista.
3. Centro: Elisa.
4. Centro Sur: Cañada Rosquín.
5. Sur: Firmat.

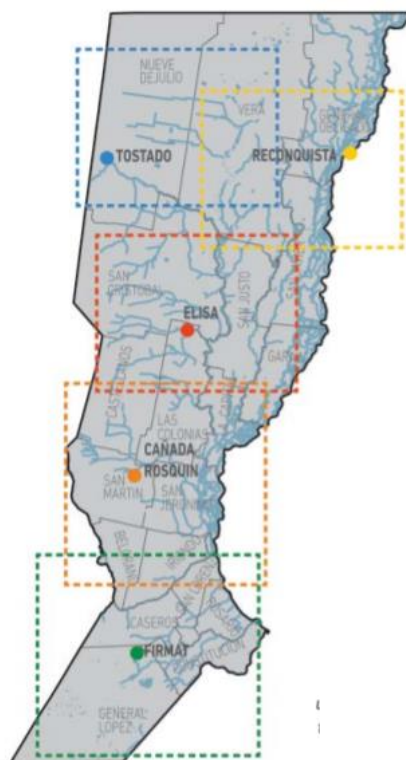


Figura 2.1: Ubicación geográfica de los nodos de medición
Fuente: Subsecretaría de Energías Renovables del Gobierno de Santa Fe

En base a datos obtenidos de la red Solarimétrica referidos a las características de cada zona, se dividió a la provincia en cinco (5) regiones que trabajan como redes dentro del extenso territorio santafesino y actúan como fronteras dinámicas, abiertas y permeables entre sí.

Cada una de las Regiones cuenta con una ciudad-nodo:

- Región 1: Nodo Reconquista.
- Región 2: Nodo Rafaela.
- Región 3: Nodo Santa Fe.
- Región 4: Nodo Rosario.
- Región 5: Nodo Venado Tuerto.

En cada Región se identifican diferentes recursos energéticos, según sus condiciones geográficas, climáticas y naturales, como se puede observar en la siguiente figura (Ver Figura 2.2).



Figura 2.2: Mapa de la provincia de Santa Fe dividida por regiones
 Fuente: Subsecretaría de Energías Renovables del Gobierno de Santa Fe

La zona de estudio de este proyecto corresponde a la región 4 de la Figura 2, por lo que se presenta una breve descripción de los recursos energéticos de la misma.

Actualmente la región nodo Rosario dispone de importantes emprendimientos de producción de biocombustibles, haciendo que la Provincia sea líder a nivel nacional e internacional en cuanto a capacidad de producción y exportación. Para el fortalecimiento de esta tendencia se considera necesario aprovechar la posibilidad de consolidar alianzas estratégicas para la investigación y el desarrollo (I+D) y el monitoreo de la evolución del sector. Asimismo, se promueve la inclusión de los aspectos de sustentabilidad y Energías Renovables (ER) en los programas que las empresas desarrollan e implementan en el marco de sus políticas de Responsabilidad Social Empresarial, tanto para las industrias vinculadas a la producción de biocombustibles como para el resto.

Esta Región es la que cuenta con el aglomerado urbano más importante, siendo los residuos orgánicos biodegradables generados por la población, una fuente de energía que

actualmente no se aprovecha. A partir de la misma, se puede obtener biogás para la generación de energía térmica y eléctrica.

En todo el territorio de la Provincia, la radiación solar constituye un recurso para la obtención de energía térmica o eléctrica, las que pueden ser aprovechadas en las áreas urbanas mediante la instalación de paneles fotovoltaicos o calefones solares.

El sistema fluvial ofrece la oportunidad de realizar aprovechamientos de los recursos hídricos en su tramo medio y en una parte considerable de su tramo bajo. Ambos reciben las aguas de todos los cursos superficiales naturales que surcan el territorio, nacientes en él o extra provinciales, y de los canales artificiales de drenaje. Dentro del sistema fluvial precitado, se pueden realizar usos sustentables de este recurso por medio de pequeños y mini desarrollos hidroenergéticos. Como beneficios adicionales se promueven emprendimientos vinculados a la construcción e instalación de mini turbinas hidráulicas.

El recurso eólico de baja intensidad es importante, dado que existen vientos adecuados para aerogeneradores de baja potencia, especialmente útiles en el sector rural.

2.2 Recursos Disponibles Medidos Por La Provincia De Entre Ríos

La Provincia de Entre Ríos, tomó la decisión política de impulsar el uso de energías alternativas, tanto a nivel de micro-generación como de generación mayor, así como también, la de regular el sector mediante normativas y decretos. A raíz de ello, se encargó un estudio a la cátedra de Climatología Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Entre Ríos, quien recabó datos de 39 estaciones meteorológicas: 19 correspondientes a la provincia de Entre Ríos, 2 de Corrientes, 5 de Santa Fe, 1 de Córdoba, 4 de Buenos Aires y 8 de la República Oriental del Uruguay. La intención era obtener datos confiables y, en función de estos, realizar mapas eólicos y solares en la provincia. El estudio incluye mapas eólicos a diferentes metros de altura (10m, 30m y 50m) y 12 mapas solares correspondientes a cada mes del año, más uno a modo de balance anual.

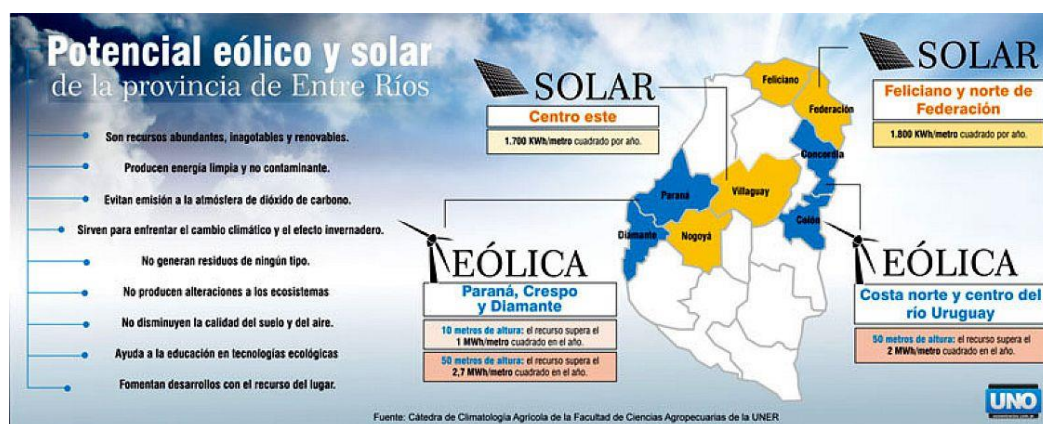


Figura 2.3: Mapa de energías disponibles de la provincia de Entre Ríos
Fuente: Diario Uno

El informe destacó a la zona de unión de los departamentos Diamante y Paraná como sitios de interés en el recurso eólico disponible. El relieve entrerriano tiene una notable influencia en la cantidad de energía eólica disponible, siendo los valores más elevados a medida que asciende la altura, y se evita la influencia de construcciones edilicias, arboledas, etc. La región marcada coincide con el trazado de la ruta nacional 12, y tiene como particularidad ser la más alta del territorio entrerriano: está a unos 120 metros de altura con respecto al nivel del mar.

A 10 metros de altura sobre el terreno, el recurso supera los $1 \left(\text{Mwh}/\text{m}^2 \right) \cdot \text{año}$. En relación al resto del territorio, los valores más bajos se observan en la zona del delta del río Paraná, posiblemente influenciados por la vegetación y la gran cantidad de islas. En tanto, a 30 metros de altura sobre el terreno se sigue observando un máximo de energía en la zona de los departamentos Paraná-Diamante. Si se sube hasta los 50 metros en algunos sitios específicos puede alcanzar los $2.7 \left(\text{Mwh}/\text{m}^2 \right) \cdot \text{año}$.

Sin embargo, se advierte un incremento en los valores de energía disponible del viento en la costa norte y centro del río Uruguay, debido a que la velocidad del viento es menos afectada por el tipo de forestación presente en esta zona. Los valores más elevados de energía eólica disponible alcanzan los $2 \left(\text{Mwh}/\text{m}^2 \right) \cdot \text{año}$.

En el caso de la energía solar, el mapa revela que la isolínea de menor valor se ubica sobre la margen del río Paraná entre los departamentos Diamante y Victoria con un valor de $1.550 \left(\text{Kwh}/\text{m}^2 \right) \cdot \text{año}$. Un máximo secundario se encuentra en los departamentos del centro-este de la provincia con valores superiores a los $1.700 \left(\text{Kwh}/\text{m}^2 \right) \cdot \text{año}$, mientras que el valor más elevado corresponde a la isolínea de $1.800 \left(\text{Kwh}/\text{m}^2 \right) \cdot \text{año}$ en el Departamento Feliciano y norte de Federación (ver figura 2.3)

2.2.1 Mapas Eólicos

La provincia desarrolló una serie de mapas eólicos identificando las siguientes variables: velocidad media anual de viento; coeficientes K (de forma) y C (de escala) de la distribución de densidad de probabilidad de Weibull, utilizada para estimar el promedio anual del cubo de las velocidades; y finalmente la energía eólica disponible anual. Estos mapas fueron confeccionados para las alturas de 10 metros, 30 metros y 50 metros.

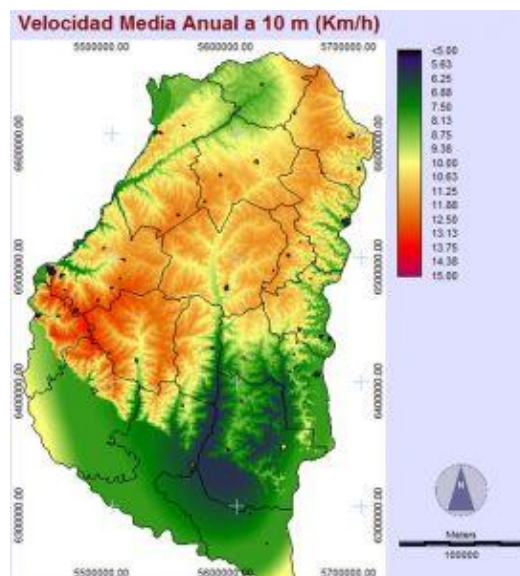


Figura 2.4: Gráfico de velocidad media anual a 10m

Fuente: Cátedra climatológica Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNER

Observando los mapas de energía eólica disponible a 10 metros de altura sobre el terreno, puede destacarse una zona de valores elevados en los límites de los departamentos Diamante-Paraná, Diamante-Nogoyá, Victoria-Nogoyá y Paraná-Nogoyá, donde la elevación del terreno es superior a la cota 100 MSNM. Esta zona coincide con el trazado de la ruta nacional 12 y parte de la traza de la línea de transmisión de energía de 132 KV. Los valores de energía disponible a 10 metros superan $1 \left(\frac{\text{Mwh}}{\text{m}^2} \right) \cdot \text{año}$ en los sitios más elevados. Los valores más bajos se observan en la zona del delta del río Paraná, posiblemente influenciado por la vegetación y la gran cantidad de islas.

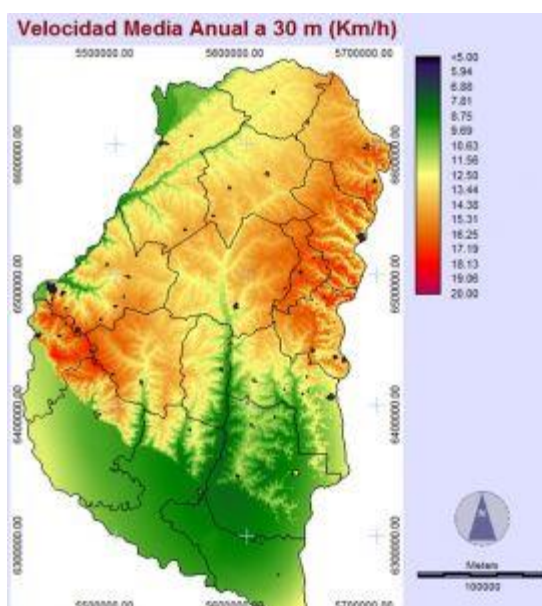


Figura 2.5: Gráfico de velocidad media anual a 30m

Fuente: Cátedra climatológica Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNER

A 30 metros de altura sobre el terreno se sigue observando un máximo de energía disponible en los sitios mencionados previamente. Sin embargo, se observa un incremento en los valores de energía disponible del viento en la costa norte y centro del río Uruguay. Este comportamiento se debe a que, a 30 metros de altura, la velocidad del viento es menos afectada por el tipo de forestación que está muy presente en esta zona. Los valores más elevados de energía eólica disponible alcanzan los $2 \left(\text{Mwh}/\text{m}^2 \right) \cdot \text{año}$.

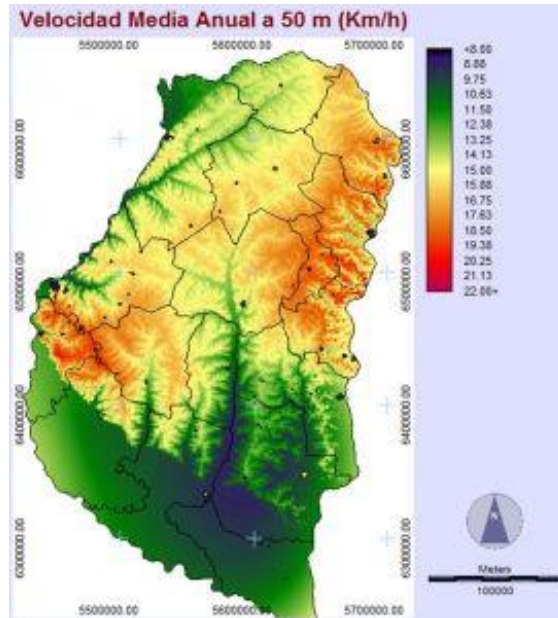


Figura 2.6: Gráfico de velocidad media anual a 50m
Fuente: Cátedra climatológica Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNER

A 50 metros de altura sobre el terreno se aprecia un incremento de energía eólica disponible. Las zonas de mayor disponibilidad del recurso siguen siendo las mismas con valores que alcanzan en algunos sitios específicos los $2,7 \left(\text{Mwh}/\text{m}^2 \right) \cdot \text{año}$.

2.2.2 Mapas Solares

En lo que respecta a mapas solares, el estudio consta de un análisis mensual de los niveles de radiación. Se identificó menor presencia del recurso en el mes de junio y mayor durante el mes de enero.

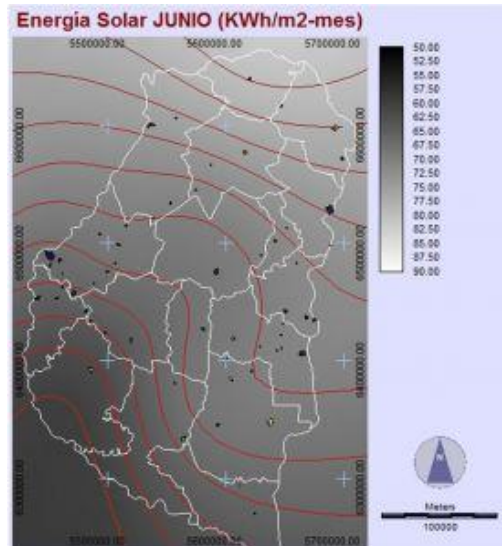


Figura 2.7: Gráfico de energía solar media en Junio

Fuente: Cátedra climatológica Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNER

Mapa de energía solar disponible para el mes de junio. Las isolíneas están trazadas cada $2 \left(\frac{\text{Kwh}}{\text{m}^2} \right) \cdot \text{mes}$. El valor más bajo al suroeste de la provincia corresponde al valor de $60 \left(\frac{\text{Kwh}}{\text{m}^2} \right) \cdot \text{mes}$, mientras que el más elevado de la isolínea al norte de la provincia es de $80 \left(\frac{\text{Kwh}}{\text{m}^2} \right) \cdot \text{mes}$.

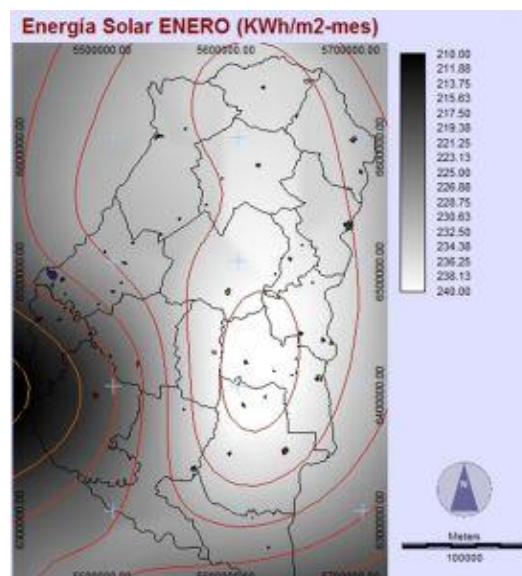


Figura 2.8: Gráfico de energía solar media en Enero

Fuente: Cátedra climatológica Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNER

Mapa de Energía solar disponible para el mes de enero. Las isolíneas están trazadas cada 5 (Kwh/m^2) .mes . El valor más bajo al centro-oeste de la provincia corresponde al valor de 210 (Kwh/m^2) .mes -mes, mientras que el más elevado de la isolínea al centro-este de la provincia es de 240 (Kwh/m^2) .mes .

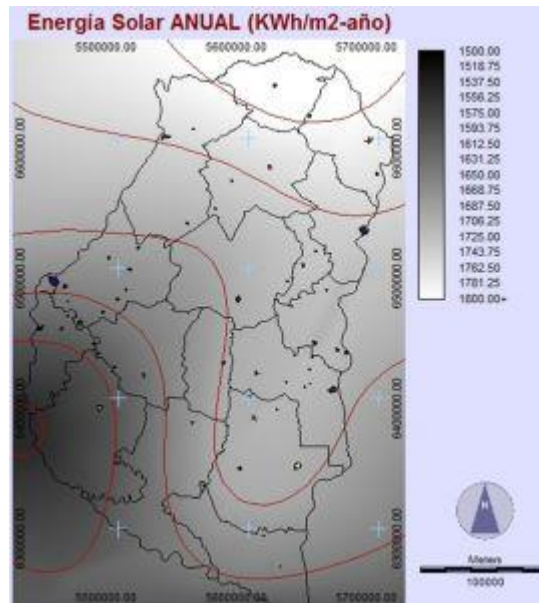


Figura 2.9: Gráfico de energía solar media anual

Fuente: Cátedra climatológica Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNER

Mapa de energía solar disponible para el año. Las isolíneas están trazadas cada 50 (Kwh/m^2) .año . En términos de energía solar anual, puede observarse para la provincia de Entre Ríos, que la isolínea de menor valor se ubica sobre la margen del río Paraná entre los departamentos Diamante y Victoria con un valor de 1550 (Kwh/m^2) .año . Un máximo secundario se encuentra en los departamentos del centro-este de la provincia con valores superiores a los 1700 (Kwh/m^2) .año , mientras que el valor más elevado corresponde a la isolínea de 1800 (Kwh/m^2) .año en el departamento Feliciano y norte de Federación.

CAPITULO III

POTENCIAL ENERGÉTICO Y SITUACIÓN EN ISLAS DEL DELTA MEDIO DEL PARANÁ

3.1 Relevamiento de Información Primaria

A continuación, se presentarán y geo referenciarán (ver figura 3.1) los lugares visitados, con la finalidad de entrevistar y obtener datos de las personas, así como también de los recursos del lugar:

- Establecimiento ganadero en Villa Paranacito (-33.71,-58.66)
- Establecimiento ganadero y apícola en Victoria (-32.66,-60.14)
- Establecimiento ganadero y agrícola en Puerto Ruiz (-33.22,-59.37)
- Establecimiento ganadero y grupo de pescadores (-32.04, -60.62)
- Parque Nacional Pre-Delta (-32.13,-60.63)
- Espacio eco-turístico, legado Deliot islas de Victoria (-32.86,-60.59)
- Complejo Ganadero y Turístico el Pimpollal (-32.88,-60.65)
- Grupo de isleños (pescadores, cazadores y apícolas) y escuela (-32.91,-60.65)
- Complejo apícola y ganadero Islas del Ibicuy (-33.72,-59.17)

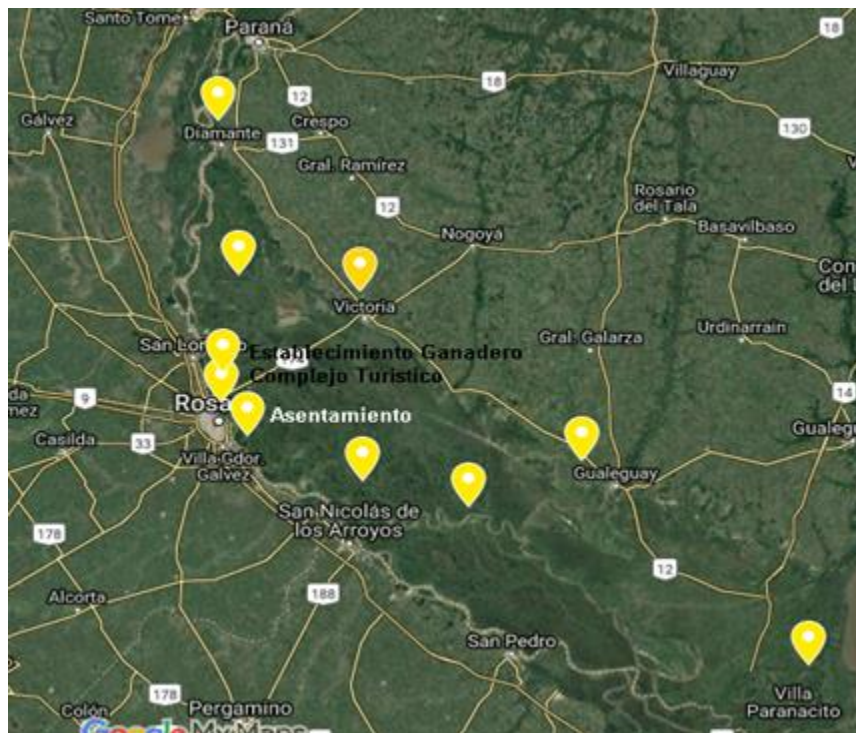


Figura 3.1: Ubicación geográfica de los lugares visitados
Fuente: Google Maps y coordenadas tomadas en el lugar

Como se puede observar en la figura 3.1, se visitaron lugares donde se realizan distintas actividades económicas. A través de la observación, el diálogo y la interacción con la gente del lugar, se pretendió obtener un muestreo que diera cuenta de las diversas realidades socio-culturales de los habitantes del delta.

3.2 Diagnóstico de la Situación Energética

Para obtener un diagnóstico de la situación energética de los lugareños se evaluaron los siguientes temas:

- Métodos y materiales constructivos de las viviendas.
- Usos y costumbres energéticas (cómo cocinan, calientan agua, se proveen de agua, mantenimiento de alimentos, etc.).
- Necesidades energéticas a suplir.
- Recursos disponibles.
- Conocimiento y aplicación de energías renovables.
- Artefactos eléctricos que poseen.

Se entrevistaron personas de alrededor de 42 viviendas sobre los temas anteriormente mencionados. Entre ellos se encuentran composiciones familiares de lo más variadas: desde hombres solos (la mayoría), a familias de 2 adultos y 4 niños; realidades socio-culturales distintas y actividades productivas diversas.

3.2.1 Métodos y Materiales Constructivos de las Viviendas:

Los materiales de las viviendas varían mucho según la actividad productiva que realicen los pobladores, las mismas se dividirán en tres grandes grupos, las viviendas tipo “A”, las tipo “B” y las tipo “C”, las cuales serán descritas a continuación, y cuyas proporciones se observan en la figura 3.5.

- **Viviendas Tipo “A”:** la vivienda se encuentra instalada en un albardón sobre elevada con el sistema de palafitos (sobre pilotes). Está construida en seco, sus paredes, piso y aberturas son de madera y su techo de chapa con cielorraso, el piso es de madera con cerámicos y la superficie varía entre los 50 y 60 (m²). La vivienda posee la siguiente distribución: una habitación, una sala cocina comedor y un baño; además cuenta con un sistema de distribución de agua fría dentro de la vivienda mediante un tanque sobre-elevado.

Este tipo de construcciones generalmente se encuentra en los establecimientos ganaderos donde residen los propietarios (lo cuales son muy pocos) o los encargados de los establecimientos, en casas de fin de semana, o en los complejos turísticos donde se alquilan las cabañas para vacacionar.



*Figura 3.2: Imágenes de viviendas tipo “A”
Fuente: Elaboración de autor*

- Viviendas Tipo “B”:** Las mismas están construidas con el sistema de palafitos (sobre pilotes) y en seco, y se distribuyen de la siguiente manera: una planta alta donde están los dormitorios de no más de 35 m² cuyas paredes son de chapa, madera o combinadas sin ninguna aislación extra, los techos son de chapa sin cielorraso, los pisos de madera, las ventanas suelen ser muy pequeñas y artesanales, y las puertas, un pedazo de chapa o madera. La planta baja se utiliza como cocina/comedor, la misma está cerrada con planchas de madera o chapas y dispone de grandes ventanas con mosquitero o media sombra, el piso es de tierra apisonada. El baño suele estar separado de la edificación y sobre el terreno, construido con materiales similares a los de la vivienda. No posee sistema de distribución de agua para ninguna clase de higiene, la misma es acarreada con baldes desde el río, o tomada de la lluvia mediante canaletas para luego ser conservada en tanques plásticos de 200 litros donde se almacena.

Estas viviendas son generalmente habitadas por pescadores y cazadores artesanales, apicultores y puesteros⁴, donde residen familias nucleadas.



*Figura 3.3: Imágenes de viviendas tipo “B”
Fuente: Elaboración de autor*

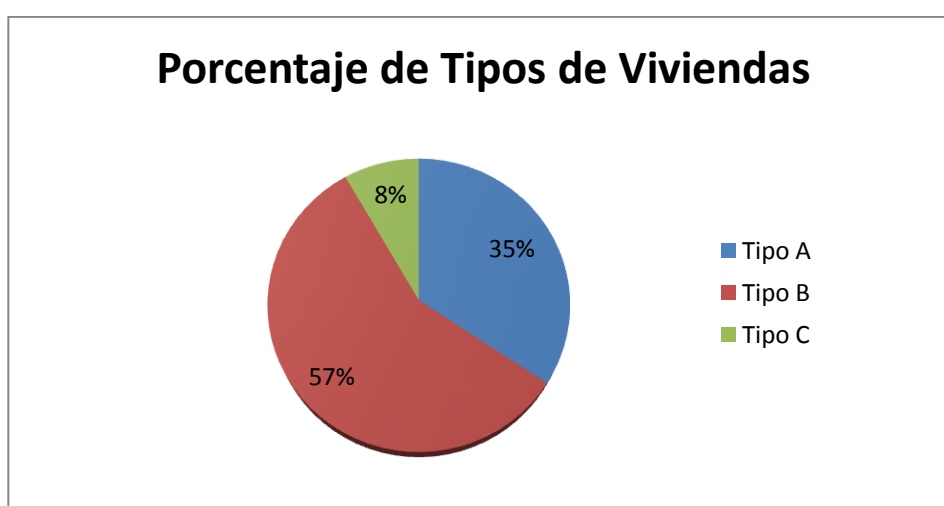
- **Viviendas Tipo “C”:** estas viviendas están construidas con materiales húmedos como ladrillos, adobe y techo de paja o ladrillos, cemento y techo de material o chapa con cielorraso y aislante; sus aberturas son de tipo industrial como ser de madera o aluminio y sus pisos son de material; las mismas poseen sistema de distribución de agua fría con un tanque sobre elevado para higiene y se construyen en terrenos sobre elevados. La disposición de las habitaciones puede ser variada, pero todas poseen el baño dentro de la construcción.

En estas viviendas generalmente habitan propietarios de campos o puesteros⁴ de muchos años en el lugar, (es decir, construcciones antiguas generalmente remodeladas) junto a su familia. También son utilizadas por establecimientos públicos como escuelas y comisarias.

⁴Puestero: persona que vive en una pequeña vivienda en el medio de la isla y cuida el ganado



*Figura 3.4: Imágenes de viviendas tipo “C”
Fuente: Elaboración de autor*



*Figura 3.5: Porcentaje de tipos de viviendas según su construcción y tipo de materiales
Fuente: Elaboración de autor*

3.2.1.1 Confort Térmico

Durante las visitas a los distintos establecimientos y viviendas, se les consultó sobre el uso de energía para calefacción y ventilación, así como también sobre la sensación de confort

térmico en la casa, para esta última pregunta se les dio cuatro opciones: muy confortable, confortable, poco confortable y nada confortable. A continuación, se resumen las respuestas en las figuras 3.6 y 3.7.

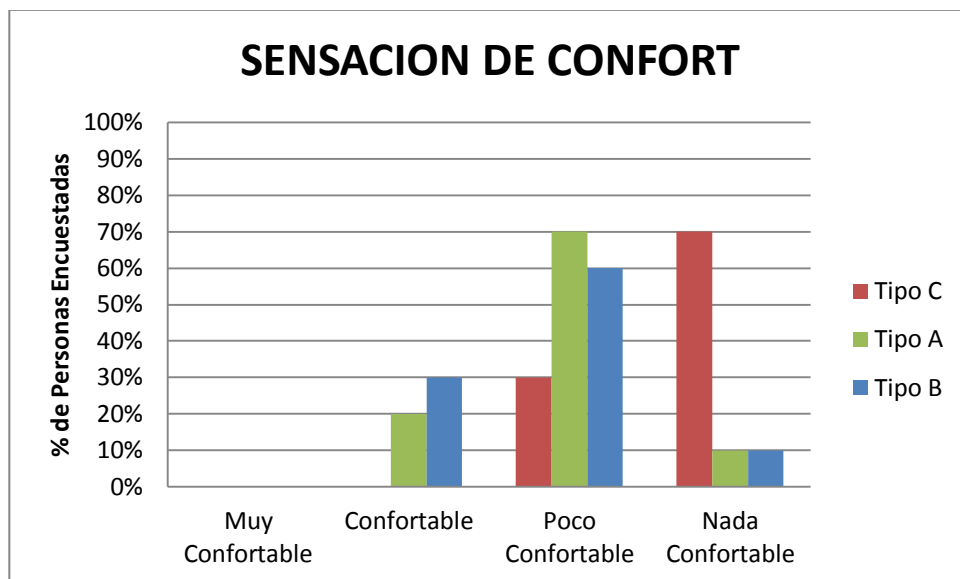


Figura 3.6: Confort térmico en verano según tipo de vivienda
Fuente: Elaboración de autor

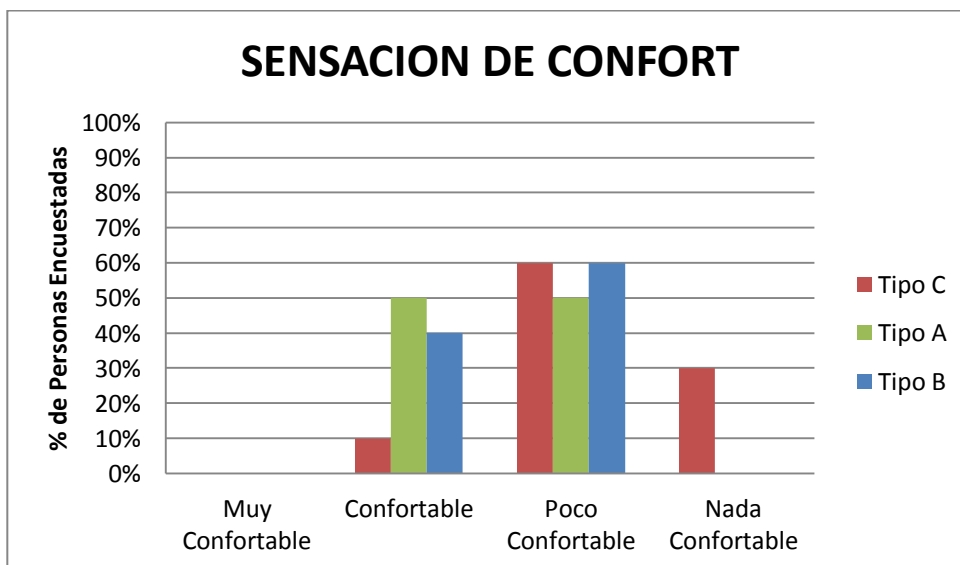


Figura 3.7: Confort térmico en invierno según tipo de vivienda
Fuente: Elaboración de autor

3.2.1.2 Aislación Térmica de las Viviendas (Conductividad Térmica)

En función de los tipos de construcciones relevadas y cuya descripción se presentó en el índice 3.2.1, se realizará el cálculo de la conductividad térmica de las mismas y se evaluará el nivel de aislación utilizando las normas IRAM 11604 y 11659 – aislamiento térmico de edificios

Norma IRAM 11604 - Aislamiento Térmico de Edificios

La norma IRAM 11604 establece el método de cálculo del coeficiente volumétrico de pérdida de calor (G_{cal}), el cual permite evaluar el ahorro de energía en calefacción de edificios destinados a vivienda, oficina, comercio, industria, salud, educación, etc. Además, fija los parámetros de ahorro de energía para calefaccionar edificios destinados a vivienda, oficina, comercio, industria, salud, educación, etc., a través de los valores máximos admisibles del coeficiente volumétrico de pérdidas de calor (G_{adm})

El valor del coeficiente volumétrico G del edificio vivienda calefaccionado, se determina con la ecuación [1], que se detalla a continuación:

$$G_{cal} = \frac{\sum K_m S_m + \sum K_v S_v + \sum \gamma K_\gamma S_\gamma + P_{per} P_p}{V} + 0,35n \quad (1)$$

Dónde:

- ✓ G_{cal} : coeficiente volumétrico del edificio vivienda calefaccionado expresado en $[W/m^2K]$
- ✓ $K_m [W/m^2K]$: la transmitancia térmica de cada uno de los elementos que componen los cerramientos opacos que lindan con el exterior (muros, techos y pisos en contacto con el aire exterior)
- ✓ $S_m [m^2]$: el área interior de los cerramientos opacos anteriores.
- ✓ $K_v [W/m^2K]$: Transmitancia térmica de cada uno de los elementos que componen los cerramientos no opacos que lindan con el exterior (en muros y techos)
- ✓ $S_v [m^2]$: Área interior de los cerramientos no opacos anteriores.
- ✓ $\gamma K_\gamma [W/m^2K]$: Transmitancia térmica corregida de cada uno de los elementos que componen los cerramientos opacos y no opacos que lindan con locales no calefaccionados
- ✓ $S_\gamma [m^2]$: Es el área interior de los cerramientos opacos y no opacos anteriores
- ✓ $Per [m]$: Perímetro del piso en contacto con el aire exterior
- ✓ $P_p [W/m]$: Pérdida por el piso en contacto con el terreno
- ✓ $V [m^3]$: Volumen interior del edificio vivienda calefaccionado
- ✓ $0.35 [Wh/m^3]$: Capacidad específica asumida del aire.
- ✓ n : Número de renovaciones de aire promedio por hora, del edificio vivienda calefaccionado

En base de la definición de la ecuación [1], se deberán realizar el cálculo de los valores de la transmitancia para cada una de las superficies que hacen de envolvente en la vivienda analizada (Muros Opacos, Muros No Opacos, Techo, Piso), de acuerdo a las ecuaciones de cálculo que se establecen en la Norma IRAM 11601.

Para realizar el cálculo se deberán calcular los siguientes parámetros y ecuaciones:

- *Resistencia Térmica*
- ✓ Capas Homogéneas

La resistencia térmica de una capa homogénea de material sólido R en $\left[\text{m}^2\text{K}/\text{W}\right]$ se calcula mediante la ecuación [2]:

$$R = e/\lambda \quad (2)$$

Dónde:

e : Espesor de la capa, expresada en metros [m]

λ : Conductividad térmica del material, expresada en $\left[\text{W}/\text{mK}\right]$

- ✓ Superficies

Tomando como valores de resistencia superficiales las tabuladas según normas UNE EN ISO 10 456:2001, que se presentan en la siguiente tabla 3.1.

Tabla 3.1: Resistencias superficiales

Interior R_{si}			Exterior R_{se}		
Dirección del flujo de calor			Dirección del flujo de calor		
Horizontal (muros)	Ascendente (Pisos o Techos)	Descendente (Pisos o Techos)	Horizontal (muros)	Ascendente (Pisos o Techos)	Descendente (Pisos o Techos)
0.13	0.10	0.17	0.04	0.04	0.04

- ✓ Componentes formados por diversas capas homogéneas

La resistencia térmica de un componente plano formado por diversas capas homogéneas perpendiculares al flujo de calor se calcula mediante las siguientes ecuaciones:

- Entre ambas caras, R_t

$$R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{c1} + R_{cn} \quad (3)$$

- De aire a aire, R_T

$$R_T = R_{si} + R_t + R_{se} \quad (4)$$

Dónde:

$R_1, R_2, \dots, R_n$, Resistencias térmicas de capas homogéneas $\left[\text{m}^2\text{K}/\text{W}\right]$

$R_{c1}, R_{c2}, \dots, R_{cn}$, Resistencias térmicas de cámara de aire $\left[\text{m}^2\text{K}/\text{W}\right]$

R_{Si}, R_{Se} , Resistencias térmicas superficiales $\left[\text{m}^2\text{K}/\text{W} \right]$

- *Transmitancia Térmica*

La transmitancia térmica de un elemento constructivo, de aire a aire, es la inversa de la resistencia térmica total, como se muestra en la ecuación [5].

$$K = 1/R_T \quad (5)$$

- *Cálculo de la Carga Térmica*

La carga térmica anual una vivienda está dada por la ecuación (6) de acuerdo a la Norma IRAM 11604, apartado 6.7.1

$$Q = \frac{24^\circ\text{D}G_{\text{cal}}V}{1000} \quad (6)$$

Donde:

- ✓ Q (kWh): Carga térmica de calefacción
- ✓ 24 (h): Tiempo de calefacción por día
- ✓ $^\circ\text{D}$ ($^\circ\text{C}$): Grados día de calefacción anual obtenido de la Norma 11603
- ✓ G_{cal} ($\text{W}/\text{m}^3\text{K}$): coeficiente volumétrico de pérdida de calor del edificio vivienda calefaccionado
- ✓ V (m^3): Volumen interior del edificio vivienda calefaccionado

Norma IRAM 11659 - “Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración”

- *carga Térmica Total en Refrigeración*

Definido en la Norma IRAM 11659, el valor de la carga térmica de un edificio de viviendas o local refrigerado, se determina con la ecuación (7)

$$Q_R = Q_C + Q_a + Q_S + Q_O \quad (7)$$

Donde:

- ✓ Q_R : La carga térmica total en refrigeración [W]
- ✓ Q_C : La carga térmica por conducción a través de la envolvente [W]
- ✓ Q_a : La carga térmica por ventilación [W]
- ✓ Q_S : La carga térmica solar [W]
- ✓ Q_O : La carga térmica por fuentes internas (personas + equipamiento + iluminación) [W].

- *Carga térmica por conducción*

El valor de la carga térmica por conducción a través de la envolvente se determina mediante la ecuación (8)

$$Q_C = K_i \cdot A_i \cdot (t_e - t_i) \quad (8)$$

Donde:

- ✓ Q_C : Carga Térmica por conducción [W]
- ✓ K : Transmitancia Térmica del cerramiento (muro, techo, piso, ventana, etc.) $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$
- ✓ A : Superficie del cerramiento $[m^2]$
- ✓ t_e : Temperatura exterior de diseño (Ver T_{DMX} en la tabla 3 de la IRAM 11603) $[^{\circ}C]$
- ✓ t_i : Temperatura de confort interior (ver Tabla 2 y Tabla 3 de la IRAM 11659 – 1) $[^{\circ}C]$

- *Carga térmica por ventilación*

La carga térmica por ventilación se determina con la ecuación (9).

$$Q_a = C_{AR} \cdot (0.25 \cdot \Delta t + 0.61 \cdot \Delta w) \quad (9)$$

Donde:

- ✓ Q_a : La carga térmica por ventilación [W]
- ✓ C_{AR} : El caudal del aire a renovar $\left[\frac{m^3}{h} \right]$
- ✓ 0.25: Constante que resulta del cociente entre el calor específico del aire húmedo a 21°C de temperatura y 50% de HR, y el volumen específico de la misma mezcla de aire $\left[\frac{W}{m^3 ^{\circ}C} \right]$
- ✓ Δt : Diferencia de temperatura exterior y la temperatura interior $[^{\circ}C]$
- ✓ 0.61: Constante que resulta del cociente entre el valor medio de la cantidad de calor cedida por la condensación de un grama de vapor de agua y el volumen específico de la misma mezcla de aire $\left[\frac{\frac{W}{m^3}}{g} \right]$
- ✓ Δw : Diferencia entre la humedad específica del aire exterior y la humedad específica del aire interior $\left[\frac{g}{kg} \right]$
- ✓ C_{AR} : Se determina mediante la ecuación (10)

$$C_{AR} = N_{per} \cdot C_{ARP} \quad (10)$$

Donde:

- ✓ N_{per} : La cantidad de personas que ocupan la vivienda o el edificio de viviendas
- ✓ C_{ARP} : El caudal de aire a renovar por persona $[m^3/h \text{ persona}]$

- *Carga térmica solar.*

La carga térmica solar se determina mediante la ecuación (11)

$$Q_S = \sum_{i=1}^n A_i \cdot I_{Si} \cdot F_{esi} \quad (11)$$

Donde:

- ✓ Q_S : Carga térmica solar $[W]$
- ✓ A : Superficie vidriada $[m^2]$
- ✓ I_S : La intensidad de la radiación solar $[W/m^2K]$
- ✓ F_{es} : Factor de exposición del vidrio o de la carpintería.

- *Carga térmica por fuentes internas.*

La carga térmica por fuentes internas se determina mediante la ecuación (12)

$$Q_O = Q_{pers} + Q_{ilum} + Q_{equip} \quad (12)$$

- ✓ Q_O : Carga térmica por fuentes internas $[W]$
- ✓ Q_{pers} : Carga térmica debido a las personas, determinada por la cantidad de personas que ocupan el local, por el coeficiente de calor metabólico (M) emitido por persona $[W]$

$$Q_{pers} = N_{pers} \cdot M \quad (13)$$

- ✓ Q_{ilum} : Carga térmica debida a la iluminación, determinada por la sumatoria de las fuentes internas de iluminación artificial, por la superficie a iluminar del local correspondiente a cada tipo de artefacto, por el coeficiente térmico C_T según el tipo de iluminación utilizado $[W]$

$$Q_{ilum} = \sum_{i=1}^n q_{ilum} \cdot A_i \cdot C_{Ti} \quad (14)$$

- ✓ Q_{equip} : La carga térmica debido al equipamiento, determinado por la sumatoria del calor emitido por los artefactos (q_{art}), por la cantidad de artefactos (N_{art}) $[W]$

$$Q_{equip} = \sum_{i=1}^n q_{arti} \cdot N_{arti} \quad (15)$$

- *Cálculo del coeficiente volumétrico de refrigeración.*

De acuerdo a lo establecido en la Norma IRAM 11659 – 2, apartado 6.4, el valor del coeficiente volumétrico de refrigeración está definido por la ecuación (16)

$$G_R = \frac{Q_R}{V} \quad (16)$$

Donde:

- ✓ G_R : Coeficiente volumétrico de refrigeración $[W/m^3]$
- ✓ Q_R : Carga Térmica en refrigeración total [W]
- ✓ V : Volumen de la vivienda o del edificio de viviendas refrigerado $[m^3]$

De acuerdo al valor obtenido para la carga total por refrigeración $Q_R = 14914.04 [W]$, en el numeral 3.2.5.5, utilizando la ecuación (16) y conociendo el volumen de la vivienda calculado indicado previamente en la sección de datos generales de la estructura $V = 150.59 [m^3]$, se obtiene a continuación el coeficiente volumétrico de refrigeración.

$$G_R = \frac{Q_R}{V} = \frac{14914.04 [W]}{150.59 [m^3]} = 99.04 \left[\frac{W}{m^3} \right]$$

- *Cálculo del coeficiente de refrigeración por unidad de superficie*

El valor del coeficiente de refrigeración por unidad de superficie de la vivienda, se determina con la ecuación (17).

$$S_R = \frac{Q_R}{A} \quad (17)$$

Donde:

- ✓ S_R : Carga térmica por unidad de superficie $[W/m^2]$
- ✓ Q_R : Carga Térmica en refrigeración total [W]
- ✓ A : Superficie de la vivienda o del edificio de viviendas $[m^2]$

3.2.1.2.1 Cálculos para Cada Vivienda en Estudio

3.2.1.2.1.1 Viviendas Tipo “A”

- ✓ Muros Opacos:

Las paredes de la vivienda tipo “A” están construidas de la siguiente manera: madera de 1 [cm] de espesor, aire y madera de 1 [cm] de espesor. En este análisis se considera la puerta como parte del muro dado que suele ser del mismo material.

Aplicando las ecuaciones (4) y (5) del punto 3.2.1.2, y con los datos de transmitancia para los materiales, se determinó la transmitancia térmica para los muros. Este cálculo se lo resume en la siguiente tabla (Ver Tabla 3.2).

Tabla 3.2: Calculo transmitancia térmica de muros opacos, vivienda tipo "A"

Ítem	Capa del elemento constructivo	"e" - Espesor Capa [m]	λ - coef. Conductividad térmica [W/mK]	R – Resistencia Térmica [m ² K/W]
1	Resistencia Superficial exterior	--	--	0.040
2	Madera	0.01	0.13	0.077
3	Aire	0.02	0.14	0.143
4	Madera	0.01	0.13	0.077
5	Resistencia Superficial Interior	--	--	0.130
6	TOTAL RESISTENCIA [m²K/W]			0.467
7	TRANSMITANCIA TÉRMICA MUROS [W/ m²K]			2.140

✓ Muros No Opacos:

De acuerdo a lo observado, este tipo de viviendas generalmente poseen dos ventanas muy pequeñas con vidrios comunes de 3 [mm]. En la siguiente tabla (Ver Tabla 3.3), y utilizando las ecuaciones (4) y (5) del punto 3.2.1.2, se calcula la transmitancia térmica para la superficie no opaca.

Tabla 3.3: Calculo transmitancia térmica de muros no opacos– condiciones iniciales de análisis, vivienda tipo "A"

Ítem	Capa del elemento constructivo	"e" - Espesor Capa [m]	λ - coef. Conductividad térmica [W/mK]	R – Resistencia Térmica [m ² K/W]
1	Resistencia Superficial exterior	--	--	0.040
2	Vidrio común – espesor 3 mm	0.003	0.82	0.004
3	Resistencia Superficial Interior	--	--	0.130
4	TOTAL RESISTENCIA [m²K/W]			0.174
5	TRANSMITANCIA TÉRMICA MUROS NO OPACOS [W/ m²K]			5.760

✓ Techo

El techo de la estructura analizada, está conformado por una capa de chapa en su parte exterior, madera en la parte interior y un espacio de aproximadamente 20 [cm] de aire entre ambas capas. Con estos datos, y utilizando las ecuaciones (4) y (5) del punto 3.2.1.2, y en forma adicional se consideró los datos de la tabla 3.1 debido a que en época invernal el flujo de calor hacia el techo es ascendente. En la siguiente tabla (Ver Tabla 3.4), se presenta el resultado de transmitancia para el techo.

Tabla 3.4: Calculo transmitancia térmica de techo – condiciones iniciales de análisis, vivienda tipo “A”

Ítem	Capa del elemento constructivo	“e” - Espesor Capa [m]	λ - coef. Conductividad térmica [W/mK]	R – Resistencia Térmica [m ² K/W]
1	Resistencia Superficial exterior	--	--	0.040
2	Chapa	0.002	0.19	0.01
3	Aire	0.02	0.14	0.143
4	Madera	0.01	0.13	0.077
6	Resistencia Superficial Interior	--	--	0.100
7	TOTAL RESISTENCIA [m²K/W]			0.37
8	TRANSMITANCIA TÉRMICA TECHO [W/ m²K]			2.7

✓ Piso

Se observa que este tipo de construcción está hecha sobre pilotes, su piso es de madera y posee cerámicos. Los datos de conductancia térmica y consecuentemente el dato de resistencia y transmitancia térmica que se obtienen de las ecuaciones (4) y (5) del punto 3.2.1.2, se resume en la siguiente tabla (Ver Tabla 3.5). De acuerdo a los datos que se muestran en la Tabla 3.1 en época invernal, el flujo de calor hacia el piso es descendente.

Tabla 3.5: Calculo transmitancia térmica de piso – condiciones iniciales de análisis, vivienda tipo “A”

Ítem	Capa del elemento constructivo	“e” - Espesor Capa [m]	λ - coef. Conductividad térmica [W/mK]	R – Resistencia Térmica [m ² K/W]
1	Resistencia Superficial exterior	--	--	0.040
2	Cerámicos – Baldosa Cerámica	0.005	0.70	0.007
3	Madera	0.03	0.13	0.23
4	Resistencia Superficial Interior	--	--	0.170
5	TOTAL RESISTENCIA [m²K/W]			0.448
6	TRANSMITANCIA TÉRMICA PISO [W/ m²K]			2.24

Con los datos obtenidos en las tablas anteriores (Ver Tabla 3.2 a Tabla 3.5), es necesario definir las superficies opacas y no opacas de la envolvente, así como también aquellas que están expuestas o protegidas, en donde incide el factor γ de la ecuación (1) del punto 3.2.1.2, factor que toma los siguientes valores de acuerdo a lo establecido en la Norma IRAM 11604 – apartado 6.3.2

- ✓ $\gamma = 0.5$, para cerramientos que lindan con locales pertenecientes a edificios contiguos calefaccionados
- ✓ $\gamma = 1.0$, en cualquier otro caso.

De acuerdo a la configuración de la construcción, no habrá incidencia del coeficiente γ anteriormente descrito dado que se está en presencia de la situación donde $\gamma = 1.0$. En la siguiente tabla (Ver Tabla 3.6) se determinó aproximadamente cada una de las superficies de la

envolvente, considerando aquellas superficies donde existen vidrios, siendo estas consideradas como muros no opacos.

Tabla 3.6: Determinación de Superficie Opaca y no Opaca en la envolvente de la Estructura, vivienda tipo "A"

No.	Hábitat	Superficie Total (m ²)			Superficie Vidriada (m ²)			Sup. Opaca (m ²)
		Largo (m)	Alto (m)	Sup. (m ²)	Largo (m)	Alto (m)	Sup. (m ²)	
M. 1	MURO NORTE	10	2.60	26	1.0	1.20	1.2	24.8
M. 2	MURO SUR	10	2.30	23	1	1.50	1.5	21.5
M. 3	MURO ESTE	6	2.5	15				15
M. 4	MURO OESTE	6	2.5	15				15

En la siguiente tabla (Ver Tabla 3.7), se presenta un resumen los datos de la tabla 3.6 para las superficies de la envolvente, y que, de manera adicional, se incorporan los datos de transmitancia obtenidos anteriormente.

Tabla 3.7: Resumen de datos superficie y valor de transmitancia de la envolvente, vivienda tipo "A"

Descripción	Valor	Unidad
Superficie Total Opaco	76.3	m ²
Superficie Total Vidriado - Ventanas	2.7	m ²
Superficie Techo	60	m ²
Superficie Piso	60	m ²
Transmitancia K muros	2.14	W/m ² K
Transmitancia K vidrios - ventanas	5.76	W/m ² K
Transmitancia K techo	2.7	W/m ² K
Transmitancia K piso	2.24	W/m ² K

Para el cálculo del coeficiente volumétrico de pérdida de calor, se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- ✓ $0,35n$ donde n toma el valor de 2, de acuerdo a la Norma IRAM 11604, apartado 6.6.
- ✓ V : Volumen de la estructura, que para el caso de análisis es de $150 [m^3]$

Con estas condiciones, y considerando los datos de la Tabla 3.7, recalando nuevamente que no hay incidencia del factor γ sobre la estructura, por lo que el valor $\gamma = 1$, se obtiene el valor de G_{cal} en las condiciones actuales de la vivienda (ver tabla 3.8).

Tabla 3.8: Cálculo del coeficiente volumétrico de pérdidas de calor, vivienda tipo "A"

ÍTEM	Transmitancia [W/m²K]	Sup. [m²]	Factor γ	Transmitancia $\times$ Superficie
K muros expuestos	2.14	76.3	1	163.28
K vidrios – ventanas	5.76	2.7	1	15.55
K techo	2.7	60	1	162
K piso	2.24	60	1	134
TOTAL [W/K]				475.23
VOLUMEN [m³]				150
(Transmitancia $\times$ Superficie / Volumen) [W/m³K]				3.17
Constante (0.35) $\times$ n [Wh/m³]				0.70
G_{cal} [W/m²K]				3.77

De la tabla 3.8, $\left[W/m^2K\right]$ se obtiene el valor de $G_{cal} = 3.77$

Para interpretar este resultado, la Norma IRAM 11604 en la Tabla 1 presenta valores admisibles del valor de G_{cal} , calculado previamente, este valor está relacionado con el volumen de la estructura y los grados días de confort.

El valor de lo GD de confort para la zona en estudio se determina de la Tabla A.1 de la Norma IRAM 11603, cuyo valor de interés para el presente análisis es de 1100 GD. Con este dato se verifica en la Tabla 1 de la Norma IRAM 11604, la necesidad de realizar un proceso de interpolación que permite obtener un $G_{adm} = 1.97$, para una estructura de volumen 150 m³ y 1100 GD

En la siguiente tabla (Ver Tabla 3.9) se observa la comparación del valor de G_{cal} calculado y analizado con el valor G_{adm} obtenido del proceso de doble interpolación.

Tabla 3.9: Valor comparativo de G_{cal} obtenido con la referencia, vivienda tipo A

G_{cal} - obtenido	G_{cal} – admisible	No cumple
3.77	1.97	$G_{cal} \leq G_{adm}$

✓ Carga Térmica

Aplicando la ecuación (6), en función de los parámetros obtenidos, la carga térmica anual para la vivienda en estudio será:

$$Q = \frac{(24)(1100)(3.77)(150)}{1000} = 14939.2 \text{ [kWh]}$$

✓ Carga térmica total en refrigeración

Se realizó el cálculo de los parámetros que determinan la ecuación (7) para determinar la carga térmica para refrigeración de la vivienda de análisis, estos valores obtenidos se determinan a continuación:

✓ carga térmica por conducción.

Con los datos determinados para la transmitancia térmica de cada uno de los componentes de la envolvente (muros, piso, techo, vidrios), datos de superficie, superficies expuestas y protegidas; y considerando adicionalmente la dirección de flujo en época de verano para pisos y techos definidos de acuerdo a los datos que se muestran en Tabla 3.1, se realizó el cálculo de la carga térmica para la envolvente de acuerdo a lo que se definió en la ecuación (8).

En la ecuación (8) se deben determinar los valores de temperaturas exterior e interior; para el caso de análisis se consideró el valor de ($t_e = T_{DMX} = 37.5^{\circ}\text{C}$), promedio de valores definidos en la Tabla A2 de la Norma IRAM 11603 para la ciudad de Rosario, Villaguay, Gualaguay y Paraná (ciudades con datos que están dentro del Delta Medio), en referencia a la ($t_i = 25^{\circ}\text{C}$), se consideró el valor de temperatura de confort referenciado en el material de clases donde para vivienda un ambiente de confort normal está definido a ($T = 25^{\circ}\text{C}$, HR = 50%)

Con estos datos, se presenta a continuación (Ver Tabla 3.10) los resultados obtenidos para el caso de la vivienda de análisis el valor de carga térmica por conducción

Tabla 3.10: Cálculo de la carga térmica por conducción de la envolvente

Ítem	Superficie (m ²)	C.exp	K (W/m ² K)	Te (°C)	Ti (°C)	ΔT (Te - Ti)	Qc [W]
Muros Opacos Expuestos	76.3	1	2.14	37.5	25	12.5	2041.03
Muros No Opacos - Ventanas	2.7	1	5.76	37.5	25	12.5	194.4
Piso	60	1	2.24	37.5	25	12.5	1680
Techo	60	1	2.7	37.5	25	12.5	2025
TOTAL							5940.43

✓ carga térmica por ventilación.

Valor que será determinado con el uso de la ecuación (9), en el cual se requiere definir los parámetros:

- N_{per} : las personas que habitualmente están en la vivienda de análisis es tres (3)
- C_{ARP} : Valor definido en la Norma IRAM 11659 Tabla 8, para una vivienda el caudal de aire es (0.58 m³/minuto/persona), equivalente a (34.8 m³/hora/persona)
- $\Delta t = t_e - t_i = (37.5 - 25)^{\circ}\text{C} = 12.5^{\circ}\text{C}$

- $\Delta w = w_e - w_i$, para un ambiente de confort ($t_i = 25^\circ\text{C}$, HR = 50%), y $t_e = 37.5^\circ\text{C}$, con el diagrama psicrométrico (Figura 1 – Norma IRAM 11659 – 1) se determinan los valores de $w_i = 10 \left(\frac{\text{g}}{\text{kg}}\right)$, $w_e = 20 \left(\frac{\text{g}}{\text{kg}}\right)$

En la siguiente tabla (Ver Tabla 3.11), se presenta el resultado para la carga térmica por ventilación definido por la ecuación (9)

Tabla 3.11: Cálculo de la carga térmica por ventilación

Descripción	Valor	unidad
No. Personas	3	per
Carp	34.8	[m ³ /h]
CAR	104.4	[m ³ /h]
we	20	[g/kg]
wi	10	[g/kg]
ΔW	10	[g/kg]
te	37.5	[°C]
ti	25	[°C]
Δt	12.5	[°C]
Qa	963.09	[W]

✓ Carga térmica solar.

Valor a ser obtenido de acuerdo a lo establecido en la ecuación (11), requiriéndose determinar la orientación de las superficies no opacas (puertas y ventanas con vidrio), y su factor de exposición del vidrio, en este caso se plantea una condición que estas superficies están directamente expuestas al sol sin ningún tipo de protección. En la siguiente tabla (Ver Tabla 3.12), se muestra el resultado obtenido la carga térmica solar de la vivienda analizada.

Tabla 3.12: Cálculo de la carga térmica solar

Ítem	Descripción	Orientación	S (m ²)	Is (W/m ²)	Fes	Qs [W]
1	Ventana 1	Norte	1.2	351	1	421.2
2	Ventana 2	Sur	1.5	266	1	399
TOTAL						820.2

Los datos de I_s se definen de acuerdo a los datos de la tabla 10e de la Norma IRAM 11659 – 1, y para F_{es} , se consideró los valores referenciales tomados de la tabla 5 del material de clases 2015 – FCEIA – B7 – Gref – La envolvente térmica.

✓ Cálculo de la carga térmica por fuentes internas

De acuerdo a la ecuación (12) se requiere definir:

$$Q_o = N_{pers} \cdot M$$

Donde:

- El número de personas de la vivienda de análisis es de cuatro (4)
- De acuerdo a la Tabla 13 – Norma IRAM 11659-1 se define que el calor metabólico de las personas en trabajo liviano es de 121 [W]

Por lo tanto, la carga térmica por personas es:

$$Q_O = N_{pers} \cdot M = 3 \times 121 = 363 \text{ [W]}$$

- Q_{ilum}

La carga por iluminación se detalla en la siguiente tabla (Ver Tabla 3.13), para la realización del cálculo se adoptaron valores de superficie aproximados dado que varía mucho entre vivienda y vivienda

Tabla 3.13: Carga térmica por iluminación

No.	Local	Tipo	Cant.	Pilum [W/m²]	Pilum_total [W/m²]	Superficie [m²]	Qilum [W]
1	INGRESO	LED	1	5	5	3	15
2	HABITACION	LED	1	5	5	16	80
3	COCINA -COMEDOR	LED	2	5	10	25	250
4	BAÑO	LED	1	5	5	10	50
TOTAL CARGA POR ILUMINACIÓN							395

- Q_{artef}

La carga térmica por artefactos se determina en la siguiente tabla para lo cual tomaremos un 10% de la potencia que consume de la red (Ver Tabla 3.14)

Tabla 3.14: Carga térmica por artefactos

Ítem	Descripción	Fuente	Cantidad	Qo [W]	Qo total [W]
1	Televisor	Electricidad	1	15	15
2	Equipo de Audio	Electricidad	1	6	6
3	Heladera	Electricidad	1	36	36
4	Cocina	Gas	1	20	20
5	Calentador de Agua	Electricidad	1	30	30
TOTAL CARGA POR EQUIPOS INTERNOS					107

La carga térmica total por fuentes internas está definida por:

$$Q_O = Q_{pers} + Q_{ilum} + Q_{equip} = 363 + 395 + 107 = 865 \text{ [W]}$$

✓ Carga total por refrigeración

De acuerdo a la ecuación (7) la carga térmica por refrigeración se define:

$$Q_R = Q_C + Q_a + Q_S + Q_O = 5940.43 + 963.09 + 820.2 + 865 = 8588.72 \text{ [W]}$$

✓ Coeficiente volumétrico de refrigeración.

De acuerdo al valor obtenido para la carga total por refrigeración $Q_R = 8588.72 \text{ [W]}$ y utilizando la ecuación (16) y conociendo el volumen de la vivienda calculado indicado previamente en la sección de datos generales de la estructura $V = 150 \text{ [m}^3\text{]}$, se obtiene a continuación el coeficiente volumétrico de refrigeración.

$$G_R = \frac{Q_R}{V} = \frac{8588.72 \text{ [W]}}{150 \text{ [m}^3\text{]}} = 57.26 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^3} \right]$$

✓ Coeficiente de refrigeración por unidad de superficie

De igual manera al tener determinado el valor de la carga térmica total para refrigeración $Q_R = 8588.72 \text{ [W]}$ y tomando como superficie la de una vivienda tipo $S = 60 \text{ [m}^2\text{]}$, a continuación se determina el coeficiente de refrigeración de unidad de superficie.

$$S_R = \frac{Q_R}{A} = \frac{8588.72 \text{ [W]}}{60 \text{ [m}^2\text{]}} = 143.1 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$

Valores definidos en la Norma IRAM 11659 - 2

✓ Carga Total para refrigeración

De acuerdo a los datos mostrados en la Tabla 1A de la Norma IRAM 11659 – 2 para un volumen de 150 m^3 y una temperatura de 37°C el valor de Q_R (admisible) = 4167 y para una temperatura de 38°C similar volumen el valor Q_R (admisible) = 4348, por lo tanto, y como es caso de análisis se interpola estos dos valores para una temperatura de 37.5°C , condiciones de diseño previamente establecido. Para esta temperatura el valor de Q_R (admisible) = 4257.5

✓ Coeficiente volumétrico de refrigeración

En la Norma IRAM 11659 – 2 tabla 2A, para el volumen de análisis se requirió interpolar entre valores comprendidos entre $G_R = 27.78$ y $G_R = 28.98$ para 37°C y 38°C respectivamente, para la temperatura de análisis 37.5°C se obtuvo un valor de $G_R = 28.38$

✓ Coeficiente de refrigeración por unidad de superficie.

En la Norma IRAM 11659 – 2 tabla 3A, para el volumen de análisis se requirió interpolar entre valores comprendidos entre $S_R = 52.83$ y $S_R = 55.10$ para 37°C y 38°C respectivamente, para la temperatura de análisis 37.5°C se obtuvo un valor de $S_R = 55.1$

Comparación de Resultados

En la Tabla 3.15 se presenta el resumen de los valores obtenidos para la carga térmica total, coeficiente volumétrico de refrigeración, y coeficiente de refrigeración por unidad de superficie.

Tabla 3.15: Cálculo de desvíos porcentuales de Q_R, G_R, S_R

Ítem	Valores Calculados	Valores Referencia	Error (%)
QR [W]	8588.72	4257.5	101.7
GR $\left[\frac{W}{m^3}\right]$	57.26	28.38	101.8
SR $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	143.1	55.1	159.7

De acuerdo a los datos mostrados en la Tabla 3.15, se observa que los valores obtenidos están fuera de los valores establecidos en la Norma IRAM 11659 – 2.

3.2.1.2.1.2 Vivienda Tipo “B”

✓ Muros Opacos:

Según lo examinado, las paredes de la vivienda tipo “B” están construida con chapas atornilladas a tirantes de madera. Aplicando las ecuaciones (4) y (5) del punto 3.2.1.2 y con los datos de transmitancia para los materiales, se determinó la transmitancia térmica para los muros. Este cálculo se lo resume en la siguiente tabla (Ver Tabla 3.16)

Tabla 3.16: Calculo transmitancia térmica de muros opacos, vivienda tipo “B”

Ítem	Capa del elemento constructivo	“e” - Espesor Capa [m]	λ - coef. Conductividad térmica [W/mK]	R – Resistencia Térmica [m ² K/W]
1	Resistencia Superficial exterior	--	--	0.040
2	Chapa	0.002	0.19	0.01
3	Resistencia Superficial Interior	--	--	0.130
4	TOTAL RESISTENCIA [m ² K/W]			0.18
5	TRANSMITANCIA TÉRMICA MUROS [W/ m ² K]			5.55

✓ Muros No Opacos.:

De acuerdo a lo observado, este tipo de viviendas generalmente poseen dos ventanas muy pequeñas con vidrios comunes de 3 [mm]. En la siguiente tabla (Ver Tabla 3.17) y utilizando las ecuaciones (4) y (5) del punto 3.2.1.2, se calcula la transmitancia térmica para la superficie no opaca.

Tabla 3.17: Calculo transmitancia térmica de muros no opacos – condiciones iniciales de análisis, vivienda tipo “B”

Ítem	Capa del elemento constructivo	“e” - Espesor Capa [m]	λ - coef. Conductividad térmica [W/mK]	R – Resistencia Térmica [m ² K/W]
1	Resistencia Superficial exterior	--	--	0.040
2	Vidrio común – espesor 3 mm	0.003	0.82	0.004
3	Resistencia Superficial Interior	--	--	0.130
4	TOTAL RESISTENCIA [m ² K/W]			0.174
5	TRANSMITANCIA TÉRMICA MUROS NO OPACOS [W/ m ² K]			5.760

✓ Techo

El techo de la estructura analizada es muy similar al de sus paredes, dado que está construida con una chapa sujeta a tirantes de madera. Con estos datos, y utilizando las ecuaciones (4) y (5) del punto 3.2.1.2, y en forma adicional se consideró los datos de la tabla 3.1 debido a que en época invernal el flujo de calor hacia el techo es ascendente. En la siguiente tabla (Ver Tabla 3.18), se presenta el resultado de transmitancia para el techo.

Tabla 3.18: Calculo transmitancia térmica de techo – condiciones iniciales de análisis, vivienda tipo “B”

Ítem	Capa del elemento constructivo	“e” - Espesor Capa [m]	λ - coef. Conductividad térmica [W/mK]	R – Resistencia Térmica [m ² K/W]
1	Resistencia Superficial exterior	--	--	0.040
2	Chapa	0.002	0.19	0.01
3	Resistencia Superficial Interior	--	--	0.100
4	TOTAL RESISTENCIA [m ² K/W]			0.15
5	TRANSMITANCIA TÉRMICA TECHO [W/ m ² K]			6.67

✓ Piso

Esta construcción está hecha sobre pilotes, su piso es de madera y generalmente no tiene otro material adicional. Los datos de conductancia térmica y consecuentemente el dato de resistencia y transmitancia térmica que se obtienen de las ecuaciones (4) y (5) del punto 3.2.1.2, se resume en la siguiente tabla (Ver Tabla 3.19). De acuerdo a los datos que se muestran en la Tabla 3.1 en época invernal el flujo de calor hacia el piso es descendente.

Tabla 3.19: Calculo transmitancia térmica de piso – condiciones iniciales de análisis, vivienda tipo “B”

Ítem	Capa del elemento constructivo	“e” - Espesor Capa [m]	λ - coef. Conductividad térmica [W/mK]	R – Resistencia Térmica [m ² K/W]
1	Resistencia Superficial exterior	--	--	0.040
2	madera	0.03	0.13	0.23
3	Resistencia Superficial Interior	--	--	0.170
4	TOTAL RESISTENCIA [m ² K/W]			0.44
5	TRANSMITANCIA TÉRMICA PISO [W/ m ² K]			2.27

Con los datos obtenidos en las tablas anteriores (Ver Tabla 3.16 a Tabla 3.19), es necesario definir las superficies opacas y no opacas de la envolvente, así como también aquellas que están expuestas o protegidas, en donde incide el factor γ de la ecuación (1) del punto 3.2.1.2, factor que toma los siguientes valores de acuerdo a lo establecido en la Norma IRAM 11604 – apartado 6.3.2

- ✓ $\gamma = 0.5$, para cerramientos que lindan con locales pertenecientes a edificios contiguos calefaccionados
- ✓ $\gamma = 1.0$, en cualquier otro caso.

De acuerdo a la configuración de la construcción no habrá incidencia del coeficiente γ anteriormente descrito dado que se está en presencia de la situación donde $\gamma = 1.0$. En la siguiente tabla (Ver Tabla 3.20) se determinó aproximadamente cada una de las superficies de la envolvente, considerando aquellas superficies donde existen vidrios, siendo estas consideradas como muros no opacos.

Tabla 3.20: Determinación de Superficie Opaca y no Opaca en la envolvente de la Estructura, vivienda tipo "B"

No.	Hábitat	Superficie Total (m ²)			Superficie Vidriada (m ²)			Sup. Opaca (m ²)
		Largo (m)	Alto (m)	Sup. (m ²)	Largo (m)	Alto (m)	Sup. (m ²)	
M. 1	MURO NORTE	7	3	20	1.0	1.	1.1	24.8
M. 2	MURO SUR	7	2.80	19.6	1	1	1	15.6
					1	3	3	
M. 3	MURO ESTE	5	2.5	12.5				12.5
M. 4	MURO OESTE	5	2.5	1.25				12.5

En la siguiente tabla (Ver Tabla 3.21), se presenta un resumen los datos de la tabla 3.20 para las superficies de la envolvente, y que, de manera adicional, se incorpora los datos de transmitancia obtenidos anteriormente.

Tabla 3.21: Resumen de datos superficie y valor de transmitancia de la envolvente, vivienda tipo "B"

Descripción	Valor	Unidad
Superficie Total Opaco	65.4	m ²
Superficie Total Vidriado - Ventanas	5.1	m ²
Superficie Techo	35	m ²
Superficie Piso	35	m ²
Transmitancia K muros	5.55	W/m ² K
Transmitancia K vidrios - ventanas	5.76	W/m ² K
Transmitancia K techo	6.67	W/m ² K
Transmitancia K piso	2.27	W/m ² K

Para el cálculo del coeficiente volumétrico de pérdida de calor se debe que tener en cuenta los siguientes puntos:

- ✓ $0,35n$ donde n toma el valor de 2, de acuerdo a la Norma IRAM 11604, apartado 6.6.1
- ✓ V : Volumen de la estructura, que para el caso de análisis es de $95 [m^3]$

Con estas condiciones, y considerando los datos de la Tabla 3.21, recalando nuevamente que no hay incidencia del factor γ sobre la estructura, por lo que el valor $\gamma = 1$, se obtiene el valor de G_{cal} en las condiciones actuales de la vivienda (ver tabla 3.16).

Tabla 3.22: Cálculo del coeficiente volumétrico de pérdidas de calor, vivienda tipo "B"

ÍTEM	Transmitancia [W/m²K]	Superficie [m²]	Factor γ	Transmitancia $\times$ Superficie
K muros expuestos	5.55	65.4	1	363
K vidrios – ventanas	5.76	5.1	1	29.4
K techo	6.67	35	1	223.5
K piso	2.27	35	1	79.5
TOTAL [W/K]				695.35
VOLUMEN [m³]				95
(Transmitancia $\times$ Superficie / Volumen) [W/m³K]				7.32
Constante (0.35) $\times$ n [Wh/m³]				0.70
G_{cal} [W/m²K]				8.02

De la tabla 3.22, se obtiene el valor de $G_{cal} = 8.02$

Para interpretar este resultado la Norma IRAM 11604 en la Tabla 1 presenta valores admisibles del valor de G_{cal} , calculado previamente, este valor está relacionado con el volumen de la estructura y los grados días de confort.

Considerando el análisis para las viviendas tipo "A", para este análisis, de igual manera corresponde a un valor de 1100 GD. Con este dato se verifica en la Tabla 1 de la Norma IRAM 11604, la necesidad de realizar un proceso de interpolación que permite obtener un $G_{adm} = 2.12$, para una estructura de volumen 95 m³ y 1100 GD.

En la siguiente tabla (Ver Tabla 3.23) se observa la comparación del valor de G_{cal} calculado y analizado con el valor G_{adm} obtenido del proceso de doble interpolación.

Tabla 3.23 Valor comparativo de G_{cal} obtenido con la referencia, vivienda tipo "B"

G_{cal} - obtenido	G_{cal} - admisible	No cumple
8.02	2.12	$G_{cal} \leq G_{adm}$

✓ Carga Térmica

Aplicando la ecuación (6), en función de los parámetros obtenidos, la carga térmica anual para la vivienda en estudio será:

$$Q = \frac{(24)(1100)(8.02)(95)}{1000} = 20114.16 \text{ [kWh]}$$

✓ Carga térmica total en refrigeración

Se realizó el cálculo de los parámetros que determinan la ecuación (7) para determinar la carga térmica para refrigeración de la vivienda de análisis, estos valores obtenidos se determinan a continuación:

✓ Carga térmica por conducción.

Con los datos determinados para la transmitancia térmica de cada uno de los componentes de la envolvente (muros, piso, techo, vidrios), datos de superficie, superficies expuestas y protegidas; y considerando adicionalmente la dirección de flujo en época de verano para pisos y techos definidos de acuerdo a los datos que se muestran en Tabla 3.1, se realizó el cálculo de la carga térmica para la envolvente de acuerdo a lo que se definió en la ecuación (8).

En la ecuación (8) se deben determinar los valores de temperaturas exterior e interior; para el caso de análisis se consideró el valor de ($t_e = T_{DMX} = 37.5^{\circ}\text{C}$), promedio de valores definidos en la Tabla A2 de la Norma IRAM 11603 para la ciudad de Rosario, villaguay, Gualaguay y Paraná (ciudades con datos que están dentro del Delta Medio), en referencia a la ($t_i = 25^{\circ}\text{C}$), se consideró el valor de temperatura de confort referenciado en el material de clases donde para vivienda un ambiente de confort normal está definido a ($T = 25^{\circ}\text{C}$, HR = 50%)

Con estos datos, se presenta a continuación (Ver Tabla 3.24) los resultados obtenidos para el caso de la vivienda de análisis el valor de carga térmica por conducción

Tabla 3.24: Cálculo de la carga térmica por conducción de la envolvente

Ítem	Superficie (m^2)	C.exp	K ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)	T_e ($^{\circ}\text{C}$)	T_i ($^{\circ}\text{C}$)	ΔT ($T_e - T_i$)	Q_c [W]
Muros Opacos Expuestos	65.4	1	5.55	37.5	25	12.5	4537.125
Muros No Opacos - Ventanas	5.1	1	5.76	37.5	25	12.5	367.2
Piso	35	1	2.27	37.5	25	12.5	993.125
Techo	35	1	6.67	37.5	25	12.5	2918.125
TOTAL							8815.58

✓ Carga térmica por ventilación.

Valor que será determinado con el uso de la ecuación (9), en el cual se requiere definir los parámetros:

- N_{per} : las personas que habitualmente están en la vivienda de análisis es tres (3)
- C_{ARP} : Valor definido en la Norma IRAM 11659 Tabla 8, para una vivienda el caudal de aire es ($0.58 \text{ m}^3/\text{minuto/persona}$), equivalente a ($34.8 \text{ m}^3/\text{hora/persona}$)
- $\Delta t = t_e - t_i = (37.5 - 25)^{\circ}\text{C} = 12.5^{\circ}\text{C}$

- $\Delta w = w_e - w_i$, para un ambiente de confort ($t_i = 25^\circ\text{C}$, HR = 50%), y $t_e = 37.5^\circ\text{C}$, con el diagrama psicrométrico (Figura 1 – Norma IRAM 11659 – 1) se determinan los valores de $w_i = 10 \left(\frac{\text{g}}{\text{kg}}\right)$, $w_e = 20 \left(\frac{\text{g}}{\text{kg}}\right)$

En la siguiente tabla (Ver Tabla 3.25), se presenta el resultado para la carga térmica por ventilación definido por la ecuación (9)

Tabla 3.25: Cálculo de la carga térmica por ventilación

Descripción	Valor	unidad
No. Personas	3	per
Carp	34.8	[m ³ /h]
CAR	104.4	[m ³ /h]
we	20	[g/kg]
wi	10	[g/kg]
ΔW	10	[g/kg]
te	37.5	[°C]
ti	25	[°C]
Δt	12.5	[°C]
Qa	963.09	[W]

✓ Carga térmica solar.

Valor a ser obtenido de acuerdo a lo establecido en la ecuación (11), requiriéndose determinar la orientación de las superficies no opacas (puertas y ventanas con vidrio), y su factor de exposición del vidrio, en este caso se plantea una condición que estas superficies están directamente expuestas al sol sin ningún tipo de protección. En la siguiente tabla (Ver Tabla 3.26), se muestra el resultado obtenido la carga térmica solar de la vivienda analizada.

Tabla 3.26: Cálculo de la carga térmica solar

Ítem	Descripción	Orientación	S (m ²)	Is (W/m ²)	Fes	Qs [W]
1	Ventana 1	Norte	1.1	351	1	386.1
2	Ventana 2	Sur	1	266	1	266
3	Ventana 3	Sur	3	266	1	798
TOTAL						1450.1

Los datos de I_s se definen de acuerdo a los datos de la tabla 10e de la Norma IRAM 11659 – 1, y para F_{es} , se consideró los valores referenciales tomados de la tabla 5 del material de clases 2015 – FCEIA – B7 – Gref – La envolvente térmica.

✓ Carga térmica por fuentes internas

De acuerdo a la ecuación (12) se requiere definir:

$$Q_o = N_{pers} \cdot M$$

Donde:

- El número de personas de la vivienda de análisis es de cuatro (4)
- De acuerdo a la Tabla 13 – Norma IRAM 11659-1 se define que el calor metabólico de las personas en trabajo liviano es de 121 [W]

Por lo tanto, la carga térmica por personas es:

$$Q_o = N_{pers} \cdot M = 3 \times 121 = 363 \text{ [W]}$$

- Q_{ilum}

La carga por iluminación se detalla en la siguiente tabla (Ver Tabla 3.27), para la realización del cálculo se adoptaron valores de superficie aproximados dado que varía mucho entre vivienda y vivienda

Tabla 3.27: Carga térmica por iluminación

No.	Local	Tipo	Can t.	Pilum [W/m²]	Pilum_total [W/m²]	Superficie [m²]	Qilum [W]
1	INGRESO	LED	1	5	5	3	15
2	HABITACION – SALA DE ESTAR Y COCINA COMEDOR	LED	1	5	5	35	175
TOTAL CARGA POR ILUMINACIÓN							190

NOTA: no se tuvo en cuenta la cocina y el baño para este cálculo dado que la primera esta debajo de la casa y la segunda alejada del mismo. Además en estos tipos de viviendas es frecuente la iluminación mediante velas o lámparas de kerosene motivo por el cual solo se tuvo en cuenta dos lámparas

- Q_{artef}

La carga térmica por artefactos se determina en la siguiente tabla para lo cual tomaremos un 10% de la potencia que consume de la red (Ver Tabla 3.28)

Tabla 3.28: Carga térmica por artefactos

Ítem	Descripción	Fuente	Cantidad	Qo [W]	Qo total [W]
1	Televisor	Electricidad	1	15	15
2	Equipo de Audio	Electricidad	1	6	6
TOTAL CARGA POR EQUIPOS INTERNOS					21

NOTA: no se tuvo en cuenta la cocina, el calentador de agua y la heladera para este cálculo dado que la primera y segunda están debajo de la casa y la tercera prácticamente no existe en este tipo de viviendas

La carga térmica total por fuentes internas está definido por:

$$Q_o = Q_{pers} + Q_{ilum} + Q_{equip} = 363 + 190 + 21 = 574 \text{ [W]}$$

✓ Carga total por refrigeración

De acuerdo a la ecuación (7) la carga térmica por refrigeración se define:

$$Q_R = Q_C + Q_a + Q_S + Q_O = 8815.58 + 963.09 + 1450.1 + 574 = 11802.67 \text{ [W]}$$

✓ Coeficiente volumétrico de refrigeración.

De acuerdo al valor obtenido para la carga total por refrigeración $Q_R = 11802.67 \text{ [W]}$ y utilizando la ecuación (16) y conociendo el volumen de la vivienda calculado indicado previamente en la sección de datos generales de la estructura $V = 95 \text{ [m}^3\text{]}$, se obtiene a continuación el coeficiente volumétrico de refrigeración.

$$G_R = \frac{Q_R}{V} = \frac{11802.67 \text{ [W]}}{95 \text{ [m}^3\text{]}} = 124.24 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^3} \right]$$

✓ Coeficiente de refrigeración por unidad de superficie

De igual manera al tener determinado el valor de la carga térmica total para refrigeración $Q_R = 11802.67 \text{ [W]}$ y tomando como superficie la de una vivienda tipo $S = 35 \text{ [m}^2\text{]}$, a continuación se determina el coeficiente de refrigeración de unidad de superficie.

$$S_R = \frac{Q_R}{A} = \frac{11802.67 \text{ [W]}}{35 \text{ [m}^2\text{]}} = 337.22 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$

Valores definidos en la Norma IRAM 11659 - 2

✓ Carga Total para refrigeración

De acuerdo a los datos mostrados en la Tabla 1A de la Norma IRAM 11659 – 2 para un volumen de 95 m^3 y una temperatura de 37°C el valor de Q_R (admisible) = 3299 y para una temperatura de 38°C similar volumen el valor Q_R (admisible) = 3447, por lo tanto, y como es caso de análisis se interpola estos dos valores para una temperatura de 37.5°C , condiciones de diseño previamente establecido. Para esta temperatura el valor de Q_R (admisible) = 3373

✓ Coeficiente volumétrico de refrigeración

En la Norma IRAM 11659 – 2 tabla 2A, para el volumen de análisis se requirió interpolar entre valores comprendidos entre $G_R = 32.99$ y $G_R = 34.43$ para 37°C y 38°C respectivamente, para la temperatura de análisis 37.5°C se obtuvo un valor de $G_R = 33.71$

✓ Coeficiente de refrigeración por unidad de superficie.

En la Norma IRAM 11659 – 2 tabla 3A, para el volumen de análisis se requirió interpolar entre valores comprendidos entre $S_R = 61.71$ y $S_R = 64.38$ para 37°C y 38°C respectivamente, para la temperatura de análisis 37.5°C se obtuvo un valor de $S_R = 63.045$

Comparación de Resultados

En la Tabla 3.29 se presenta el resumen de los valores obtenidos para la carga térmica total, coeficiente volumétrico de refrigeración, y coeficiente de refrigeración por unidad de superficie.

Tabla 3.29: Cálculo de desvíos porcentuales de Q_R, G_R, S_R

Ítem	Valores Calculados	Valores Referencia	Error (%)
QR [W]	11802.67	3373	249.92
GR $\left[\frac{W}{m^3}\right]$	124.24	33.71	268.55
SR $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	337.22	63.045	434.88

De acuerdo a los datos mostrados en la Tabla 3.29, se observa que los valores obtenidos están fuera de los valores establecidos en la Norma IRAM 11659 – 2.

3.2.1.2.1.3 Vivienda Tipo “C”

✓ Muros Opacos

De acuerdo a la información recabada, sobre la estructura en análisis, se puede decir lo siguiente: los muros de la envolvente están contruidos con ladrillos comunes constituyendo un ancho aproximado de 30 [cm], y sobre ellos una capa de revoque tanto para la superficie exterior como para la superficie interior.

Del mismo modo que en las viviendas tipo “A” y “B”, aplicando las ecuaciones (4) y (5) del punto 3.2.1.2 y con los datos de transmitancia para los materiales se determinó la transmitancia térmica para los muros. Este cálculo se lo resume en la siguiente tabla (Ver Tabla 3.30).

Tabla 3.30: Calculo transmitancia térmica de muros opacos– condiciones iniciales de análisis, vivienda tipo “C”

Ítem	Capa del elemento constructivo	“e” - Espesor Capa [m]	λ - coef. Conductividad térmica [W/mK]	R – Resistencia Térmica [m ² K/W]
1	Resistencia Superficial exterior	--	--	0.040
2	Revoque (exterior + interior)	0.1	1.16	0.086
3	Ladrillo Común	0.2	0.91	0.220
4	Resistencia Superficial Interior	--	--	0.130
5	TOTAL RESISTENCIA [m ² K/W]			0.476
6	TRANSMITANCIA TÉRMICA MUROS [W/ m ² K]			2.100

✓ Muros No Opacos.

De acuerdo a lo observado, este tipo de construcciones poseen varias ventanas debido a que tiene una distribución interna más común, con baño, piezas y cocina comedor. Por lo antes

descripto, generalmente tiene entre tres (3) y cuatro (4) ventanas de vidrio claro simple de 3 [mm] de espesor. En la siguiente tabla (Ver Tabla 3.31), utilizando las ecuaciones (4) y (5) del punto 3.2.1.2 se calcula la transmitancia térmica para la superficie no opaca.

Tabla 3.31: Calculo transmitancia térmica de muros no opacos– condiciones iniciales de análisis, vivienda tipo “C”

Ítem	Capa del elemento constructivo	“e” - Espesor Capa [m]	λ - coef. Conductividad térmica [W/mK]	R – Resistencia Térmica [m ² K/W]
1	Resistencia Superficial exterior	--	--	0.040
2	Vidrio común – espesor 3 mm	0.003	0.82	0.004
3	Resistencia Superficial Interior	--	--	0.130
5	TOTAL RESISTENCIA [m²K/W]			0.174
6	TRANSMITANCIA TÉRMICA MUROS [W/ m²K]			5.760

✓ Techo

Los techos de este tipo de construcciones suelen ser variados con materiales como adobe, chapa u hormigón. A continuación se analizara la más predominante, cuya estructura está conformada por capas de cemento, ladrillos, viguetas y cielorraso de yeso. Con estos datos, y utilizando las ecuaciones (4) y (5) del punto 3.2.1.2, y en forma adicional se consideró los datos de la tabla 3.1 debido a que en época invernal el flujo de calor hacia el techo es ascendente en la siguiente tabla (Ver Tabla 3.32), se presenta el resultado de transmitancia para el techo.

Tabla 3.32: Calculo transmitancia térmica de techo – condiciones iniciales de análisis, vivienda tipo “C”

Ítem	Capa del elemento constructivo	“e” - Espesor Capa [m]	λ - coef. Conductividad térmica [W/mK]	R – Resistencia Térmica [m ² K/W]
1	Resistencia Superficial exterior	--	--	0.040
2	Ladrillos y viguetas	0.20	0.75	0.150
3	Mortero de Cemento cal y arena	0.02	0.93	0.022
4	Morteros de Yeso	0.02	0.57	0.035
5	Resistencia Superficial Interior	--	--	0.100
6	TOTAL RESISTENCIA [m²K/W]			0.347
7	TRANSMITANCIA TÉRMICA TECHO [W/ m²K]			2.88

✓ Piso

Para realizar el análisis de este tipo de vivienda, se presume que el piso tiene una capa de hormigón normal con agregados pétreos, sobre la cual existe una capa de cerámica. Los datos de conductancia térmica y consecuentemente el dato de resistencia y transmitancia térmica que se obtienen de las ecuaciones (4) y (5) del punto 3.2.1.2, se resume en la siguiente tabla (Ver Tabla 3.33). De acuerdo a los datos que se muestran en la Tabla 3.1 en época invernal el flujo de calor hacia el piso es descendente.

Tabla 3.33: Cálculo transmitancia térmica de piso – condiciones iniciales de análisis, vivienda tipo “C”

Ítem	Capa del elemento constructivo	“e” - Espesor Capa [m]	λ - coef. Conductividad térmica [W/mK]	R – Resistencia Térmica [m ² K/W]
1	Resistencia Superficial exterior	--	--	0.040
2	Cerámicos – Baldosa Cerámica	0.04	0.70	0.057
3	Hormigón normal con agregados pétreos.	0.40	0.97	0.412
4	Resistencia Superficial Interior	--	--	0.170
5	TOTAL RESISTENCIA [m²K/W]			0.679
6	TRANSMITANCIA TÉRMICA PISO [W/ m²K]			1.473

Con los datos obtenidos en las tablas anteriores (Ver Tabla 3.30 a Tabla 3.33), es necesario definir las superficies opacas y no opacas de la envolvente, así como también aquellas que están expuestas o protegidas, en donde incide el factor γ de la ecuación (1), factor que toma los siguientes valores de acuerdo a lo establecido en la Norma IRAM 11604 – apartado 6.3.2

- ✓ $\gamma = 0.5$, para cerramientos que lindan con locales pertenecientes a edificios contiguos calefaccionados
- ✓ $\gamma = 1.0$, en cualquier otro caso.

Dado que la construcción está asentada sobre el suelo, solo el piso será afectado por el coeficiente γ anteriormente descrito, por lo que $\gamma = 0.5$. En la siguiente tabla (Ver Tabla 3.34) se determinó aproximadamente cada una de las superficies de la envolvente, considerando aquellas superficies donde existen vidrios, siendo estas consideradas como muros no opacos.

Tabla 3.34: Determinación de Superficie Opaca y no Opaca en la envolvente de la Estructura, vivienda tipo “C”

No.	Hábitat	Superficie Total (m ²)			Superficie Vidriada (m ²)			Sup. Opaca (m ²)
		Largo (m)	Alto (m)	Sup. (m ²)	Largo (m)	Alto (m)	Sup. (m ²)	
M. 1	MURO NORTE HALL 1	3.45	2.60	8.97	1.20	1.10	1.32	7.65
M. 2	MURO NORTE HABITAT 1	4.20	2.60	10.92	1.50	1.10	1.65	9.27
M. 3	MURO LATERAL OESTE	6.60	2.60	17.16	0.00	0.00	0.00	17.16
M. 4	MURO SUR (COCINA)	3.45	2.60	8.97	1.00	1.10	1.1	8.87
M. 5	MURO OESTE HABITAT 2	3.15	2.60	8.19	0.00	0.00	0.00	8.19
M. 6	MURO SUR HABITAT 2	1.90	2.60	4.94	1.5	1.10	1.65	3.29
M. 7	MURO ESTE	12.4	2.60	32.24	0.00	0.00	0.00	32.24

En la siguiente tabla (Ver Tabla 3.35), se presenta un resumen los datos de la tabla 3.34, para las superficies de la envolvente, y que, de manera adicional, se incorporan los datos de transmitancia obtenidos anteriormente.

Tabla 3.35: Resumen de datos superficie y valor de transmitancia de la envolvente, vivienda tipo "C"

Descripción	Valor	Unidad
Superficie Total Opaco	86.67	m ²
Superficie Total Vidriado - Ventanas	5.72	m ²
Superficie Techo	60	m ²
Superficie Piso	60	m ²
Transmitancia K muros	2.10	W/m ² K
Transmitancia K vidrios - ventanas	5.76	W/m ² K
Transmitancia K techo	2.88	W/m ² K
Transmitancia K piso	1.47	W/m ² K

Para el cálculo del coeficiente volumétrico de pérdida de calor se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- ✓ $0,35n$ donde n toma el valor de 2, de acuerdo a la Norma IRAM 11604, apartado 6.6.1
- ✓ V : Volumen de la estructura, que para el caso de análisis es de $150 \text{ [m}^3\text{]}$

Con estas condiciones, y considerando los datos de la Tabla 3.35, teniendo en cuenta que el piso se verá afectado por el valor $\gamma = 0.5$, se obtiene el valor de G_{cal} en las condiciones actuales de la vivienda.

Tabla 3.36: Cálculo del coeficiente volumétrico de pérdidas de calor, vivienda tipo "C"

ÍTEM	Transmitancia [W/m ² K]	Superficie [m ²]	Factor γ	Transmitancia × Superficie
K muros expuestos	2.10	86.67	1	182.00
K vidrios – ventanas	5.76	5.72	1	32.95
K techo	2.88	60	1	172.8
K piso	1.47	60	0.5	44.1
TOTAL [W/K]				431.85
VOLUMEN [m³]				150.00
(Transmitancia × Superficie / Volumen) [W/m³K]				2.88
Constante $(0.35) \times n \text{ [Wh/m}^3\text{]}$				0.70
$G_{cal} \text{ [W/m}^2\text{K]}$				3.58

De la tabla 3.36, se obtiene el valor de $G_{cal} = 3.58$

Para interpretar este resultado la Norma IRAM 11604 en la Tabla 1, presenta valores admisibles del valor de G_{cal} , calculado previamente, este valor está relacionado con el volumen de la estructura y los grados días de confort.

El valor de lo GD de confort para la zona en estudio se determinan de la Tabla A.1 de la Norma IRAM 11603, cuyo valor de interés para el presente análisis es de 1100 GD. Con este dato se verifica en la Tabla 1 de la Norma IRAM 11604, requiriéndola necesidad de realizar un

proceso de interpolación que permite obtener un $G_{adm} = 1.97$, para una estructura de volumen 150 m^3 y 1100 GD

En la siguiente tabla (Ver Tabla 3.37) se observa la comparación del valor de G_{cal} calculado y analizado con el valor G_{adm} obtenido del proceso de doble interpolación.

Tabla 3.37: Valor comparativo de G_{cal} obtenido con la referencia, vivienda tipo "C"

G_{cal} - obtenido	G_{cal} - admisible	No cumple
3.58	1.97	$G_{cal} \leq G_{adm}$

✓ Carga Térmica

Aplicando la ecuación (6), en función de los parámetros obtenidos, la carga térmica anual para la vivienda en estudio será:

$$Q = \frac{(24)(1100)(3.58)(150)}{1000} = 14176.8 \text{ [kWh]}$$

✓ Carga térmica total en refrigeración

Se realizó el cálculo de los parámetros que determinan la ecuación (7) para determinar la carga térmica para refrigeración de la vivienda de análisis, estos valores obtenidos se determinan a continuación:

✓ Cálculo de la carga térmica por conducción.

Con los datos determinados para la transmitancia térmica de cada uno de los componentes de la envolvente (muros, piso, techo, vidrios), datos de superficie, superficies expuestas y protegidas; y considerando adicionalmente la dirección de flujo en época de verano para pisos y techos definidos de acuerdo a los datos que se muestran en Tabla 3.1, se realizó el cálculo de la carga térmica para la envolvente de acuerdo a lo que se definió en la ecuación (8).

En la ecuación (8) se deben determinar los valores de temperaturas exterior e interior; para el caso de análisis se consideró el valor de ($t_e = T_{DMX} = 37.5^\circ\text{C}$), promedio de valores definidos en la Tabla A2 de la Norma IRAM 11603 para la ciudad de Rosario, villaguay, Gualaguay y Paraná (ciudades con datos que están dentro del Delta Medio), en referencia a la ($t_i = 25^\circ\text{C}$), se consideró el valor de temperatura de confort referenciado en el material de clases donde para vivienda un ambiente de confort normal está definido a ($T = 25^\circ\text{C}$, HR = 50%)

Con estos datos, se presenta a continuación (Ver Tabla 3.38) los resultados obtenidos para el caso de la vivienda de análisis el valor de carga térmica por conducción

Tabla 3.38: Cálculo de la carga térmica por conducción de la envolvente

Ítem	Superficie (m ²)	C.exp	K (W/m ² K)	Te (°C)	Ti (°C)	ΔT (Te – Ti)	Qc [W]
Muros Opacos Expuestos	86.67	1	2.10	37.5	25	12.5	2275.1
Muros No Opacos - Ventanas	5.72	1	5.76	37.5	25	12.5	411.84
Piso	60	1	1.47	37.5	25	12.5	1102.5
Techo	60	0.5	2.88	37.5	25	12.5	1080
TOTAL							4869.44

✓ Carga térmica por ventilación.

Valor que será determinado con el uso de la ecuación (9), en el cual se requiere definir los parámetros:

- N_{per} : las personas que habitualmente están en la vivienda de análisis es cuatro (4)
- C_{ARP} : Valor definido en la Norma IRAM 11659 Tabla 8, para una vivienda el caudal de aire es (0.58 m³/minuto/persona), equivalente a (34.8 m³/hora/persona)
- $\Delta t = t_e - t_i = (37.5 - 25)^\circ\text{C} = 12.5^\circ\text{C}$
- $\Delta w = w_e - w_i$, para un ambiente de confort ($t_i = 25^\circ\text{C}$, $HR = 50\%$), y $t_e = 37.5^\circ\text{C}$, con el diagrama psicrométrico (Figura 1 – Norma IRAM 11659 – 1) se determinan los valores de $w_i = 10 \left(\frac{g}{kg} \right)$, $w_e = 20 \left(\frac{g}{kg} \right)$

En la siguiente tabla (Ver Tabla 3.39), se presenta el resultado para la carga térmica por ventilación definido por la ecuación (9)

Tabla 3.39: Cálculo de la carga térmica por ventilación

Descripción	Valor	unidad
No. Personas	4	per
Carp	34.8	[m ³ /h]
CAR	139.2	[m ³ /h]
we	20	[g/kg]
wi	10	[g/kg]
ΔW	10	[g/kg]
te	37.5	[°C]
ti	25	[°C]
Δt	12.5	[°C]
Qa	1284.12	[W]

✓ Cálculo de la carga térmica solar.

Valor a ser obtenido de acuerdo a lo establecido en la ecuación (11), requiriéndose determinar la orientación de las superficies no opacas (puertas y ventanas con vidrio), y su factor

de exposición del vidrio, en este caso se plantea una condición que estas superficies están directamente expuestas al sol sin ningún tipo de protección. En la siguiente tabla (Ver Tabla 3.40), se muestra el resultado obtenido la carga térmica solar de la vivienda analizada.

Tabla 3.40: Cálculo de la carga térmica solar

Ítem	Descripción	Orientación	S (m²)	Is (W/m²)	Fes	Qs [W]
1	Ventana Hall 1	Norte	1.32	351	1	463.32
2	Ventana Hábitat 1	Norte	1.65	351	1	579.15
3	Ventana Cocina	Sur	1.1	266	1	292.6
4	Ventana Hábitat 2	Sur	1.65	266	1	438.9
TOTAL						1773.97

Los datos de I_s se definen de acuerdo a los datos de la tabla 10e de la Norma IRAM 11659 – 1, y para F_{es} , se consideró los valores referenciales tomados de la tabla 5 del material de clases 2015 – FCEIA – B7 – Gref – La envolvente térmica.

✓ Cálculo de la carga térmica por fuentes internas

De acuerdo a la ecuación (12) se requiere definir:

$$Q_o = N_{pers} \cdot M$$

Donde:

- El número de personas de la vivienda de análisis es de cuatro (4)
- De acuerdo a la Tabla 13 – Norma IRAM 11659-1 se define que el calor metabólico de las personas en trabajo liviano es de 121 [W]

Por lo tanto, la carga térmica por personas es:

$$Q_o = N_{pers} \cdot M = 4 \times 121 = 484 [W]$$

• Q_{ilum}

La carga por iluminación se detalla en la siguiente tabla (Ver Tabla 3.41), para la realización del cálculo se adoptaron valores de superficie aproximados dado que varía mucho entre vivienda y vivienda

Tabla 3.41: Carga térmica por iluminación

No.	Local	Tipo	Cant.	Pilum [W/m²]	Pilum_total [W/m²]	Superficie [m²]	Qilum [W]
1	INGRESO	LED	1	5	5	3	15
2	HABITACION 1	LED	1	5	5	15	75
3	HABITACION 2	LED	1	5	5	15	75
4	COCINA -COMEDOR	LED	2	5	10	20	200
5	BAÑO	LED	1	5	5	10	50
TOTAL CARGA POR ILUMINACIÓN							415

- Q_{artef}

La carga térmica por artefactos se determina en la siguiente tabla para lo cual tomaremos un 10% de la potencia que consume de la red (Ver Tabla 3.42)

Tabla 3.42: Carga térmica por artefactos

Ítem	Descripción	Fuente	Cantidad	Qo [W]	Qo total [W]
1	Televisor	Electricidad	1	15	15
2	Equipo de Audio	Electricidad	1	6	6
3	Heladera	Electricidad	1	36	36
4	Cocina	Gas	1	20	20
5	Calentador de Agua	Electricidad	1	30	30
TOTAL CARGA POR EQUIPOS INTERNOS					107

La carga térmica total por fuentes internas está definido por:

$$Q_O = Q_{pers} + Q_{itum} + Q_{equip} = 384 + 415 + 107 = 906 \text{ [W]}$$

✓ Carga total por refrigeración

De acuerdo a la ecuación (7) la carga térmica por refrigeración se define:

$$Q_R = Q_C + Q_a + Q_S + Q_O = 4869.44 + 1284.12 + 1773.97 + 906 = 8833.53 \text{ [W]}$$

✓ Coeficiente volumétrico de refrigeración.

De acuerdo al valor obtenido para la carga total por refrigeración $Q_R = 8833.53 \text{ [W]}$ y utilizando la ecuación (16) y conociendo el volumen de la vivienda calculado indicado previamente en la sección de datos generales de la estructura $V = 150 \text{ [m}^3\text{]}$, se obtiene a continuación el coeficiente volumétrico de refrigeración.

$$G_R = \frac{Q_R}{V} = \frac{8833.53 \text{ [W]}}{150 \text{ [m}^3\text{]}} = 58.89 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^3} \right]$$

✓ Coeficiente de refrigeración por unidad de superficie

De igual manera al tener determinado el valor de la carga térmica total para refrigeración $Q_R = 8833.53 \text{ [W]}$ y tomando como superficie la de una vivienda tipo S = 60 $\text{[m}^2\text{]}$, a continuación se determina el coeficiente de refrigeración de unidad de superficie.

$$S_R = \frac{Q_R}{A} = \frac{8833.53 \text{ [W]}}{60 \text{ [m}^2\text{]}} = 147.23 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$

Valores definidos en la Norma IRAM 11659 - 2

✓ Carga Total para refrigeración

De acuerdo a los datos mostrados en la Tabla 1A de la Norma IRAM 11659 – 2 para un volumen de 150 m^3 y una temperatura de 37°C el valor de $Q_R (\text{admisible}) = 4167$ y para una temperatura de 38°C similar volumen el valor $Q_R (\text{admisible}) = 4348$, por lo tanto, y como es caso de análisis se interpola estos dos valores para una temperatura de 37.5°C , condiciones de diseño previamente establecido. Para esta temperatura el valor de $Q_R (\text{admisible}) = 4257.5$

✓ Coeficiente volumétrico de refrigeración

En la Norma IRAM 11659 – 2 tabla 2A, para el volumen de análisis se requirió interpolar entre valores comprendidos entre $G_R = 27.78$ y $G_R = 28.98$ para 37°C y 38°C respectivamente, para la temperatura de análisis 37.5°C se obtuvo un valor de $G_R = 28.38$

✓ Coeficiente de refrigeración por unidad de superficie.

En la Norma IRAM 11659 – 2 tabla 3A, para el volumen de análisis se requirió interpolar entre valores comprendidos entre $S_R = 52.83$ y $S_R = 55.10$ para 37°C y 38°C respectivamente, para la temperatura de análisis 37.5°C se obtuvo un valor de $S_R = 55.1$

Comparación de Resultados

En la Tabla 3.43 se presenta el resumen de los valores obtenidos para la carga térmica total, coeficiente volumétrico de refrigeración, y coeficiente de refrigeración por unidad de superficie.

Tabla 3.43: Cálculo de desvíos porcentuales de Q_R, G_R, S_R

Ítem	Valores Calculados	Valores Referencia	Error (%)
QR [W]	8833.53	4257.5	107.5
GR $\left[\frac{W}{m^3}\right]$	58.89	28.38	107.5
SR $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	147.23	55.1	167.2

De acuerdo a los datos mostrados en la Tabla 23, se observa que los valores obtenidos están fuera de los valores establecidos en la Norma IRAM 11659 – 2.

3.2.1.2 Análisis de los Resultados Obtenidos en los Tres Casos

Del análisis del cálculo de aislaciones térmicas realizadas en los tres casos, utilizando la Norma IRAM 11604 y 11603 (donde se definen los límites admisibles de aislación), surgen los siguientes resultados:

- En la vivienda tipo “B” la aislación es prácticamente nula dado que el de G_{cal} es cuatro veces mayor que el G_{adm} .

- En las viviendas tipo “A” y “C” el valor de G_{cal} es un 91% y un 82% respectivamente mayor que el G_{adm} , por lo cual la aislación también es insuficiente.

Del análisis del cálculo de carga térmica para refrigeración, Utilizando las normas IRAM 11659 (Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración”) se puede observar los siguientes resultados:

- Las viviendas A y C poseen una carga térmica para refrigeración superior al admisible según la Norma IRAM 11659 en un 100% para los valores de Q_R y G_R y del 160% respecto del valor S_R , por lo tanto, podemos decir que la calidad térmica en refrigeración de este tipo de viviendas para alcanzar la temperatura de confort es muy mala
- Las viviendas Tipo B, poseen una carga térmica para refrigeración superior al admisible según la Norma IRAM 11659 en un 250% para los valores de Q_R y G_R y del 434% respecto del valor S_R , por lo tanto, podemos decir que la calidad térmica en refrigeración de la vivienda para alcanzar la temperatura de confort es pésima.

En consecuencia, los niveles de aislación obtenidos nos indican que habrá serios problemas energéticos a la hora de calefaccionar o refrigerar las casas, debido a que la resistencia térmica es muy baja a la transferencia de calor con el exterior, es decir, que existe una gran pérdida de calor. Este será uno de los problemas a tener en cuenta para alcanzar el confort térmico.

3.2.2 Usos y Fuentes de Energía

3.2.2.1 Calefacción, Cocción Y Calentamiento de Agua

La leña y el gas licuado de petróleo envasado en garrafa son las fuentes de energía más utilizadas por todos los encuestados para calefacción, cocción y/o calentamiento del agua. Según sea el tipo de vivienda, el cual está relacionado con el poder adquisitivo de sus habitantes, se usará más o menos el gas licuado. Cabe destacar que el 60% de las viviendas tipo “A” observadas poseen calefón solar, sobre todo en las construcciones nuevas; no así en las viviendas tipo “B” y “C”.

El uso de la biomasa como fuente de calor es uno de los recursos más frecuentemente utilizados por los habitantes de la localidad. Esto se debe al elevado costo de la garrafa de gas licuado, al cual debe sumársele el costo en combustible para su traslado desde los cascos urbanos. Por estos motivos, la mayoría de los habitantes utiliza la biomasa, es decir, la leña como fuente de calor.

Debido a los costos descritos anteriormente para la adquisición de garrafas de gas licuado, se detectó una mayor poda de árboles para la obtención de leña. Esta condición es

adversa para las islas, ya que se provoca la degradación de los suelos, disminuyen zonas de resguardo para el ganado, etc. Es importante recordar que el 96% de la región del delta del Paraná está cubierto con extensos juncuales y pirizales, pajonales, pastizales, praderas herbáceas; y que solo el 4% de la región está ocupada con bosques nativos, entre los cuales se encuentran las siguientes especies de árboles: timbo, sauce, aliso, laurel, ceibo, ibirapita que poseen muy bajo poder calorífico, se consumen muy rápido y dejan mucha ceniza. La mejor especie que se puede encontrar es el espinillo cuya madera tiene mayor poder calorífico y mayor duración (tesis de posgrado de PATTIN, Miguel – Carbones Vegetales Argentinos, año 1911). No se pudo encontrar fuentes más recientes, los mismos pueden tener errores pero la actualización de los mismos exceden los límites de este trabajo.

Según las encuestas realizadas, la cantidad de garrafas de 10 o 15 kilos utilizadas, varía de acuerdo a la cantidad de personas que allí habitan, la época estacional y la posibilidad de poder comprarla. Un grupo familiar de 4 personas con medios para adquirir la garrafa, suele consumir 2 garrafas de 10 kg cada 22 días en verano y 3 garrafas en invierno. Aunque no es lo más frecuente, se pueden encontrar frezzer a gas, lo cual incrementa la necesidad de garrafas de 10kg. Cabe destacar que la conservación de la cadena de frío de los alimentos es el problema detectado más grave, dado que muy pocas personas tienen la posibilidad de enfriar o mantenerlos en frío.

Entre los usos y costumbres que se pueden observar, los habitantes de la localidad suelen cocinar y calefaccionarse con braseros, fogón, tanque de chapa o salamandra dentro de la vivienda. De esta manera, quedan expuestos a los peligros que estos hábitos conllevan.

En cuanto al calentamiento de agua sanitaria, suelen exponer tanques de agua al sol durante el verano o utilizan ollas cuyo contenido es calentado por medio de fogatas.

3.2.2.2 Electricidad

El 85% de las viviendas visitadas poseen grupos electrógenos cuyas potencias varían entre 2500/3500W y 950/1200 W, con una frecuencia de uso de 2 a 3 horas por día los de menor potencia, y de 3 a 5 horas los de mayor potencia. El consumo promedio de los mismos es aproximadamente de un litro por hora para los de mayor potencia, y entre 0.5 a 1 litro para los de menor potencia.

Tomando como valor de referencia 3 horas de uso promedio, con un consumo de 1 litro de nafta súper por hora, una vivienda promedio necesitaría 21 litros de nafta a la semana. Con un precio de referencia de nafta súper de \$48, se requeriría alrededor de \$1008 semanales para disponer de electricidad.

3.2.2.3 Iluminación

Del total de establecimiento y hogares visitados, solo un 40% posee iluminación por medio de energía solar fotovoltaica con acumulación en baterías de distintos amperajes. La mayoría de ese porcentaje se encuentra en las viviendas tipo “A”.

Adicionalmente se pudo detectar desconocimiento y mal uso de este recurso en el 20% de los casos, sobre todo en las viviendas del tipo “B” y “C”. A continuación, se citarán algunos ejemplos del manejo inadecuado:

- ✓ Baterías conectadas al sistema solar sin regulador.
- ✓ Permanencia de una luz encendida para no perjudicar la vida útil de la batería.
- ✓ Paneles mal orientados.
- ✓ Carga de baterías con paneles de forma directa colocados en el suelo.
- ✓ Paneles colocados en lugares donde los arboles le dan sombra.

El 80% de las viviendas tipo “B” se ilumina con velas, farol a kerosene o gasoil, y el resto combina varios recursos: generador, energía solar, velas, luces a batería o sol de noche a gas. Es importante destacar que ninguno de los muelles visitados posee iluminación nocturna, lo cual trae aparejado un riesgo en materia de seguridad náutica.



Figura 3.8: Imágenes de la mala implementación de la energía solar
Fuente: Elaboración de autor

3.2.2.4 Provisión de Agua

En casi la totalidad de las viviendas tipo “A” y “C” se observan instalaciones de tanques de agua en altura para el abastecimiento de la vivienda, no así en las del tipo “B” donde la gran mayoría la almacena en tanques colocados en el suelo, los cuales son llenados con agua del río mediante el acarreo de baldes y por medio de canaletas que juntan el agua de lluvia. Las viviendas con tanques en altura utilizan sistemas de bombeo por medio de grupos electrógenos que toman el agua del río, éstas son encendidas sólo cuando es necesario. No se observó ninguna vivienda con bombeo solar de agua.

3.2.3 Situación Energética de las Actividades Productivas

De las entrevistas y observaciones surge que gran parte de los que habitan el Delta Medio del Paraná realizan actividades productivas como medio de subsistencia, solo unos pocos privilegiados tienen su casa de fin de semana o casco de estancia (dueños de grandes extensiones de islas que practican la ganadería) las cuales consta de algunas comodidades brindadas por la energía solar.

A continuación se enumeran las actividades productivas que se realizan junto a las necesidades planteadas por los lugareños que las realizan

- **Caza y pesca artesanal:** la necesidad energética planteada para esta actividad es la de contar con freezer y heladeras a fin de poder conservar lo obtenido en condiciones de sanidad. También se planteó la posibilidad de cargar un celular a fin de poder comunicarse con los frigoríficos para corroborar que le van a recibir el pescado o con los clientes que generalmente les compra carnes, pieles o cueros y no realizar el viaje en vano corriendo el riesgo de que se aprovechen y les paguen menos de lo que les corresponde. En estos tiempos de comunicación constante contar con una computadora para la venta online puede ser una salida que les permita aumentar sus ingresos o contactarse con nuevos clientes, esto permitiría sacarle el negocio a algunos pocos vivos que explotan a los isleños pagándoles monedas por su trabajo.
- **Ganadería:** en esta actividad no se encontró grandes necesidades energéticas que afecten la producción dado que los animales son dejados durante el día para que pasten y durante la noche generalmente solos se aglutinan en zona ya predeterminadas. El principal planteo fue contar con iluminación para poder vacunar o cargar ganado en horas nocturnas cuando la situación lo amerite (inundaciones).
- **Apicultura:** esta actividad no requiere energía ya que la miel se cultiva de noche y puede quedar almacenada sin necesidad de cadena de frío, pero al igual que la caza y la pesca, contar con una computadora para la venta online puede ser una salida que les permita aumentar sus ingresos o contactarse con nuevos clientes

- **Espacios Eco-Turísticos:** estos espacios de recreación son particularmente pequeñas cabañas o bares ubicados a la vera del río, para estos casos se plantearon varias necesidades energéticas que mejoren la estadía de los visitantes como son ACS, iluminación y un enchufe para cargar pilas o celulares

El planteo principal de todos los entrevistados es la necesidad de mejorar la calidad de vida y detener la migración de su familia, siendo esto uno de los principales problemas que los aquejan y que en mi opinión afectan el rendimiento de las actividades productivas, ya que deben dejar de trabajar para ir a ver a su familia a las ciudades causándoles un gasto que muchas veces no pueden afrontar. Es importante que una persona este rodeada de sus afectos para que produzca más y mejor

Todo lo planteado se abordara en detalle en los puntos 3.5 y 3.6, buscando las posibles soluciones en el punto 3.7

3.3 Recurso Solar Disponible

A continuación se analizará el recurso solar disponible para todo el delta medio del río Paraná. Esto se realizó a partir de los datos obtenidos de la página <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>, propiedad de la NASA, la cual proporciona información de climatología para estudios de energía renovables mediante observaciones satelitales y predicciones del recurso energético mundial. Los datos que proporcionan son Promedios climatológicos solares de 22 años (julio de 1983 - junio de 2005) y promedios climatológico meteorológico a 30 años (enero de 1984 - diciembre de 2013). Los datos se pueden verificar en el Anexo 1.

Tabla 3.44: Características de recurso solar Promedio del Delta Medio del Paraná

PROMEDIO PARA EL DELTA MEDIO													
PARAMETROS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO ANUAL
Cantidad equivalente de días NO-SOL o NEGRO durante un período de un mes consecutivo (DIAS)	3,72	5,9	6,49	4,52	5,15	6,02	4,82	7,12	4,19	5,6	5,2	5,81	5,38
Índice de claridad de la insolación (adimensional)	0,58	0,56	0,55	0,54	0,53	0,5	0,53	0,56	0,57	0,55	0,57	0,57	0,55
Radiación normal directa (KWh/m ² /día)	6,86	5,98	5,4	4,57	4,25	3,62	4,13	4,93	5,6	5,41	6,35	6,57	5,31
Radiación difusa en una superficie horizontal (KWh/m ² /día)	2,34	2,13	1,73	1,33	0,99	0,88	0,91	1,13	1,48	2	2,29	2,47	1,64
insolación global incidente en una superficie horizontal (KWh/m ² /día)	6,98	6,06	5,02	3,75	2,88	2,32	2,62	3,57	4,73	5,49	6,57	6,93	4,74
Irradiancia solar para superficies inclinadas hacia el ecuador (0°) (KWh/m ² /día)	6,95	5,77	4,95	3,72	2,84	2,32	2,62	3,44	4,68	5,38	6,56	6,91	4,68
Irradiancia solar para superficies inclinadas hacia el ecuador 17 grados (KWh/m ² /día)	6,76	5,84	5,32	4,32	3,55	3	3,36	4,14	5,21	5,57	6,45	6,67	5,02
Irradiancia solar para superficies inclinadas hacia el ecuador 32 grados (KWh/m ² /día)	6,23	5,56	5,35	4,58	3,95	3,41	3,8	4,5	5,36	5,42	6	6,09	5,02
Irradiancia solar para superficies inclinadas hacia el ecuador 47 grados (KWh/m ² /día)	5,44	5,06	5,08	4,59	4,13	3,63	4,02	4,59	5,22	4,99	5,29	5,28	4,78
Irradiancia solar para superficies inclinadas hacia el ecuador 90 (KWh/m ² /día)	2,22	2,46	3,01	3,31	3,36	3,12	3,28	3,5	3,38	2,58	2,27	2,14	2,89
Radiación solar óptima (KWh/m ² /día)	6,95	5,86	5,37	4,62	4,14	3,66	4,04	4,6	5,36	5,57	6,57	6,91	5,30
Ángulo óptimo de irradiación solar (GRADOS)	-2	-11,67	-26	-40,56	-51	-55,67	-53,9	-45,67	-32,67	-17	-4,33	0	-28,37
Orientación de la superficie inclinada de la irradiación solar (N/S)	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

3.3.1 Gráficos Representativos de la Tabla 3.44 Sobre el Delta Medio del Paraná

En las siguientes figuras, se presentan los parámetros solares obtenidos y promediados a partir de los datos proporcionados por la página de la NASA (ver anexo 1) para el delta medio del Paraná. En la figura 3.10, se puede observar cómo varía la irradiancia solar incidente según sea el ángulo del plano inclinado, así como también, cuál es el ángulo de generación óptima. En tanto en la Figura 3.9, se grafica la radiación solar global directa y difusa de la zona en estudio, lo cual brinda, entre otras cosas, un panorama más gráfico de los datos de la tabla 3.44.

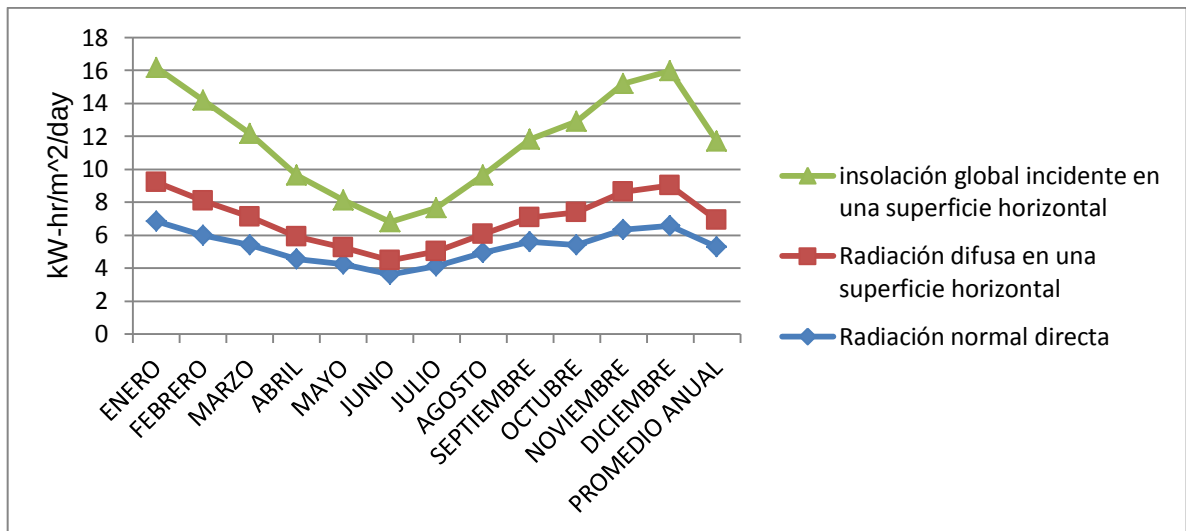


Figura 3.9: Radiación incidente en un plano inclinado
Fuente: Elaboración de autor

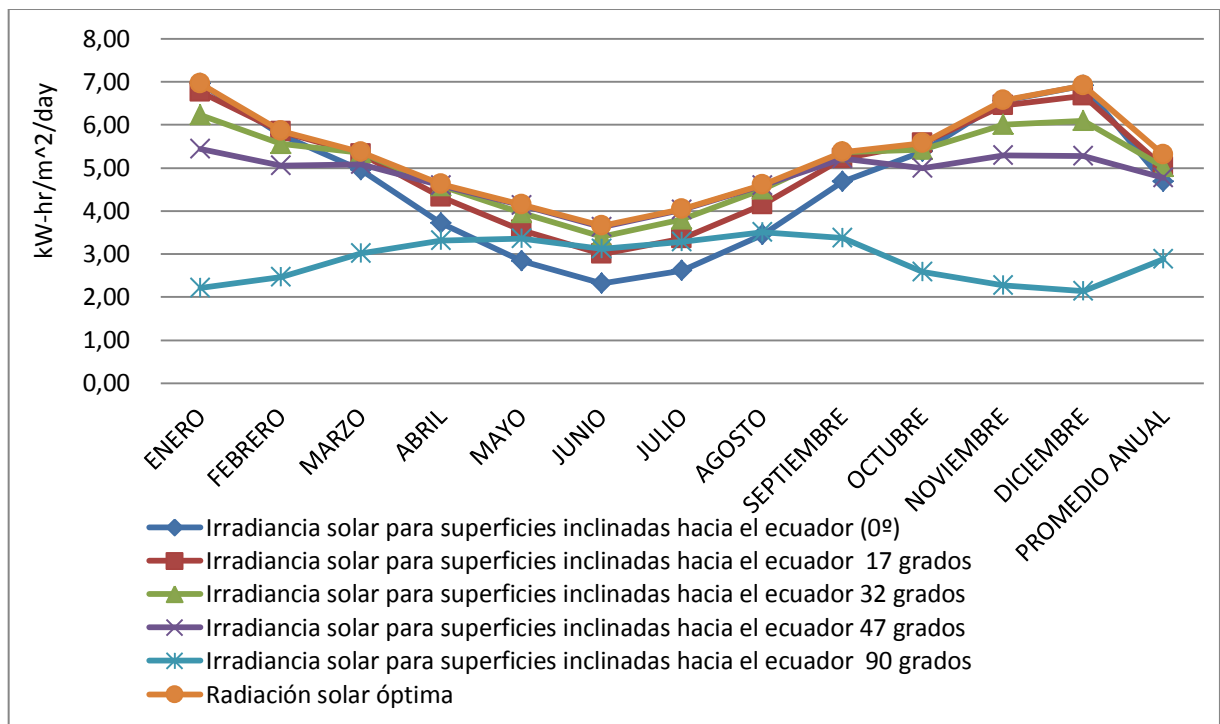


Figura 3.10: Irradiancia a distintos ángulos de inclinación de la superficie
Fuente: Elaboración de autor

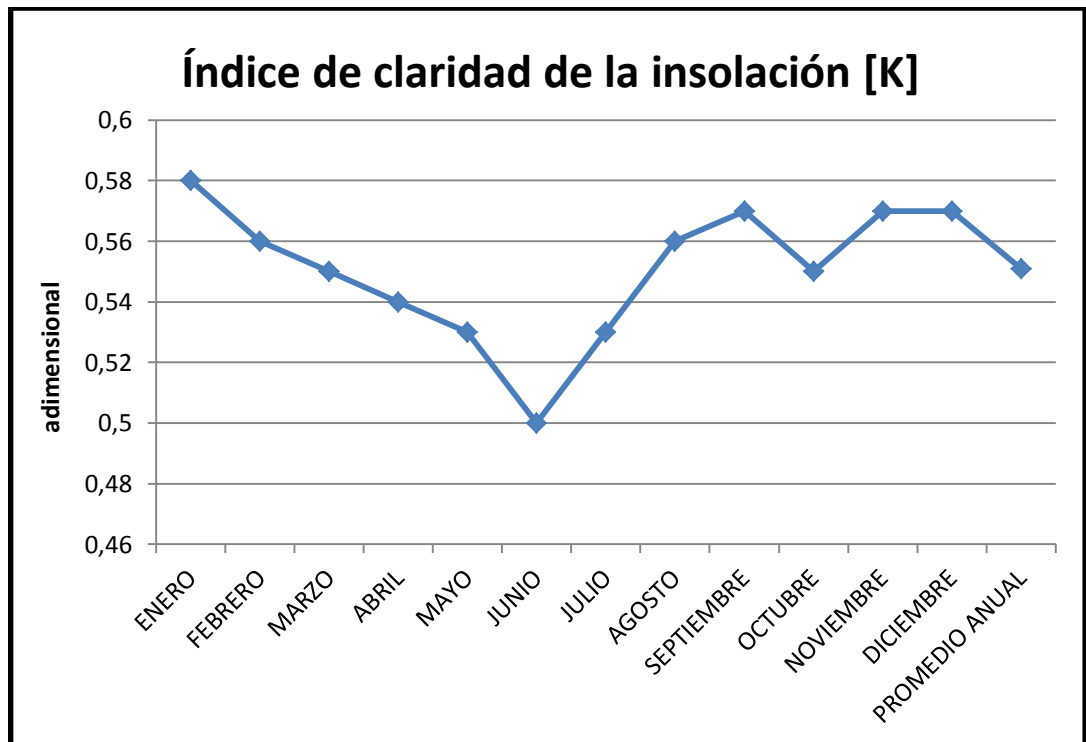


Figura 3.11: Índice de claridad
Fuente: Elaboración de autor

En la figura 3.11, se observa que el valor mínimo del índice de claridad óptimo, que se presenta en el mes de junio es de 0.5, y el promedio anual, de 0.55. Esto permite predecir qué tipos de días se presentarán en el mes, considerando: si K es mayor a 0.6 los días serán claros, si $0.3 < K < 0.6$ los días serán parcialmente nublados y si K es menor a 0.3 los días serán nublados.

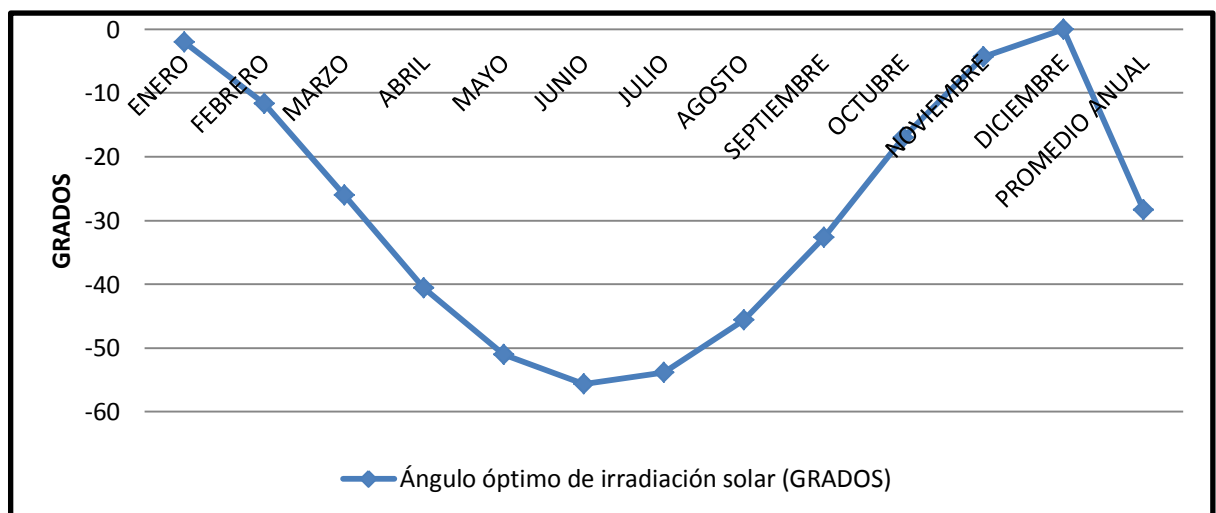


Figura 3.12: Ángulo óptimo de irradiación solar
Fuente: Elaboración de autor

En figura 3.12 se observa cuál es el ángulo óptimo de generación según sea el mes, el mismo es negativo dado que se direcciona hacia el norte, considerando el lugar del hemisferio en que se realiza la medición.

3.4 Recurso Eólico Disponible

Del mismo modo que se hizo con el recurso solar, se procederá a determinar el recurso eólico disponible en las localidades visitadas. Se trabajará a partir de los datos proporcionados por la NASA referidos a climatología para estudios y aplicaciones con energía renovables. Los datos son obtenidos de observación satelital y predicciones del recurso energético mundial, son promedios climatológicos solares de 22 años (julio de 1983 - junio de 2005) y promedios climatológico meteorológico a 30 años (enero de 1984 - diciembre de 2013). Las tablas se observan en el Anexo 2.

Tabla 3.45: Características de los vientos Promedios del Delta Medio del Paraná

PROMEDIOS DE DELTA MEDIO DEL PARANA													
PARAMETROS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO ANUAL
Velocidad de viento mínima a 50 metros (m/s)	2,86	2,95	3,07	3,14	3,24	3,45	3,50	3,66	3,52	3,37	3,11	3,16	3,25
Velocidad de viento máxima a 50 metros (m/s)	7,67	7,58	7,56	7,57	7,71	7,99	8,26	8,53	8,62	8,59	8,28	8,05	8,03
Rango de velocidad del viento a 50 metros (m/s)	4,81	4,62	4,49	4,42	4,46	4,54	4,77	4,88	5,10	5,22	5,17	4,89	4,78
Velocidad del viento a 50 metros (m/s)	5,23	5,25	5,36	5,46	5,59	5,84	6,00	6,20	6,15	6,03	5,71	5,63	5,71
Velocidad de viento mínima a 10 metros (m/s)	1,98	1,91	1,96	1,99	2,04	2,17	2,23	2,35	2,27	2,19	2,04	2,04	2,10
Velocidad de viento máxima a 10 metros (m/s)	5,16	5,05	5,04	5,04	5,10	5,37	5,60	5,85	5,96	5,95	5,71	5,47	5,44
Rango de velocidad del viento a 10 metros (m/s)	3,29	3,14	3,64	3,05	3,06	3,20	3,36	3,51	3,69	3,76	3,70	3,43	3,40
Velocidad del viento a 10 metros (m/s)	3,47	3,43	3,45	3,48	3,54	3,73	3,88	4,06	4,09	4,05	3,84	3,71	3,73
Dirección del viento a 50 metros (Meteorological Convention) (grados)	93,69	92,50	92,81	66,88	42,72	59,93	82,27	96,50	101,64	95,43	91,97	90,59	83,91
Dirección del viento a 10 metros (Meteorological Convention) (grados)	98,21	96,82	100,72	74,48	46,37	70,97	91,86	102,92	106,95	100,35	96,16	96,32	90,18

3.4.1 Gráficos Representativos de la Tabla 3.45 Sobre el Delta Medio del Paraná

En las siguientes figuras, se muestran los parámetros eólicos obtenidos y promediados a partir de los datos proporcionados por la página de la NASA (ver anexo 2) para el delta medio del Paraná, considerando datos de la tabla 3.45. De dichos gráficos se puede observar como varía la velocidad del viento a 10 y 50 metros sobre el terreno, así como también sus rangos, máximos, mínimos y dirección (los ángulos de la dirección están expresados usando la convención meteorológica, la cual se encuentra detallada en el anexo 2). A partir de estos datos se determinarán los niveles de generación eólica disponibles en la localidad.

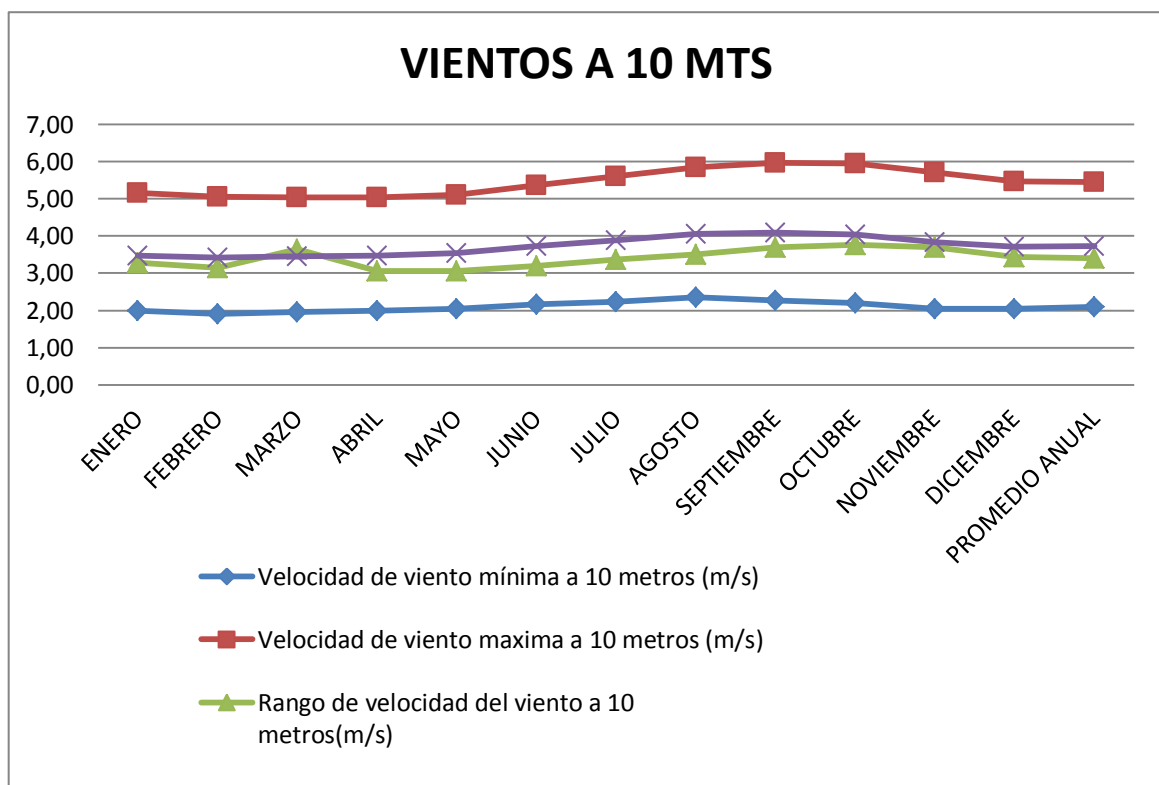


Figura 3.13: Características del viento a 10 Metros

Fuente: Elaboración de autor

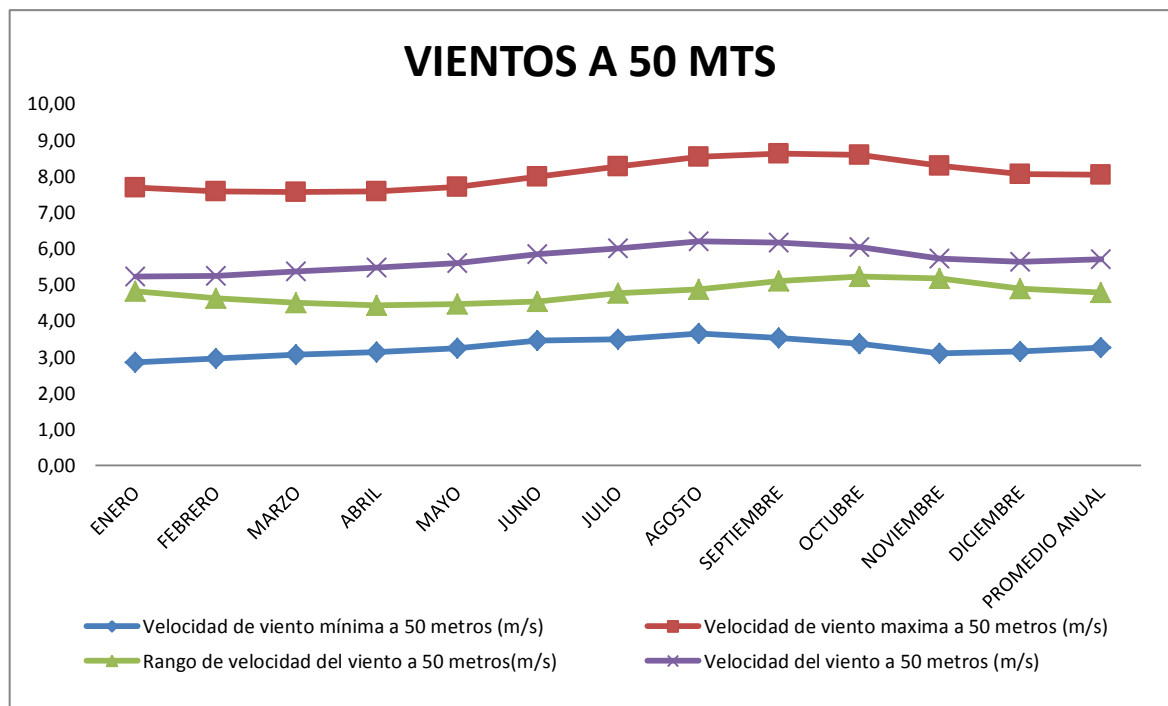


Figura 3.14: Características del viento a 50 Metros
Fuente: Elaboración de autor

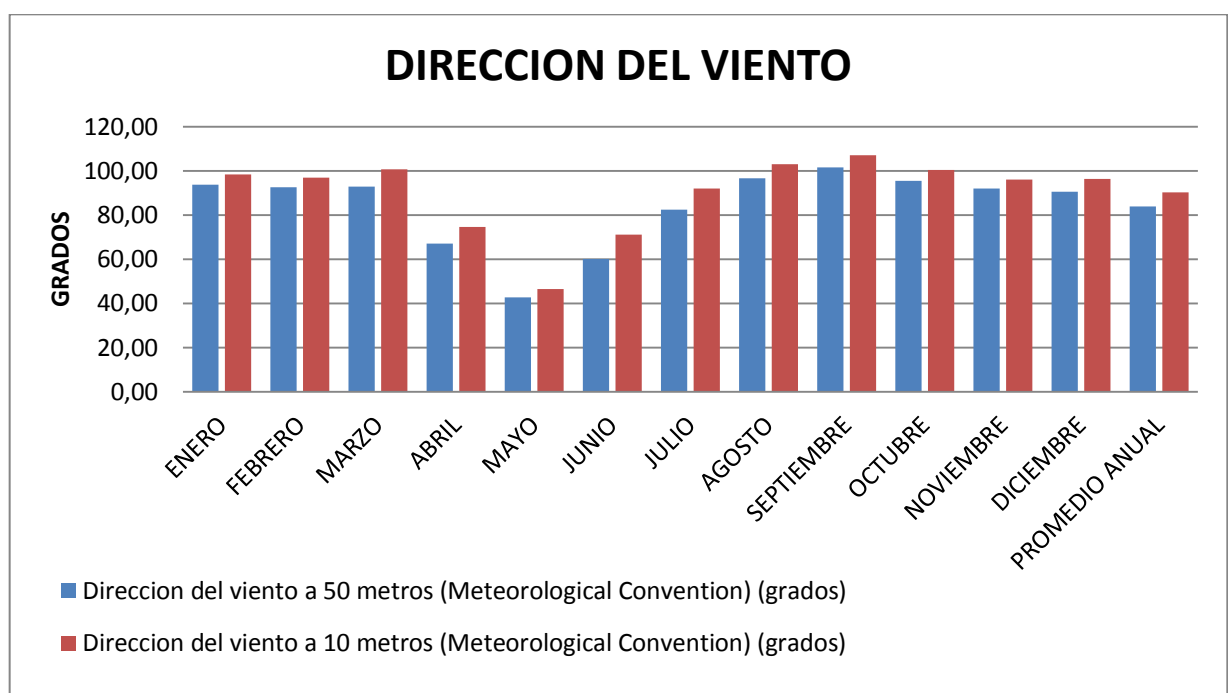


Figura 3.15: Dirección del viento a 10 y 50 Metros en grados según convención meteorológica
Fuente: Elaboración de autor

En función de los datos obtenidos y las representaciones gráficas, se detecta un gran potencial eólico en alturas de 50mts, que permitirán obtener un nivel óptimo de recurso eólico para la generación de energía; no así a 10mts donde la velocidad de los vientos es baja.

3.5 Equipamiento y Acciones para Satisfacer las Necesidades Térmicas

3.5.1 Calefacción:

Del análisis realizado en el numeral 3.2.1, a partir de los métodos y materiales constructivos de los tres tipos de viviendas típicas analizadas en el delta del Paraná, se calculó la aislación térmica y se determinó que no cumplen con límites admisibles definidos en la Norma IRAM 11604, lo que hace necesario el uso de recursos energéticos adicionales. Para minimizar el uso de recursos energéticos adicionales, se recomienda mejorar la aislación de las viviendas en base de materiales y recursos disponibles.

Para mejorar la aislación térmica de las viviendas “A” y “B”, que corresponden a moradores de bajo recursos y cuya aislación es la más ineficaz, se proponen utilizar distintos materiales económicos que puedan ser instalados sobre la pared, pisos y techos a fin de mejorar la aislación con el exterior (detalle de materiales en tabla 3.46.).

Cabe aclarar que los valores de la tabla 3.46 fueron extraídos de un trabajo denominado “Evaluación cuali-cuantitativa de aislaciones térmicas alternativas para viviendas. El caso de la agricultura familiar”.

Tabla 3.46: Mejoras térmicas a partir de distintos materiales

Material	Costo	Proceso constructivo		Cap. A° Térmica (KW/m2K)
		(Personas)	(Herramientas)	
Botellas de plástico vacías	Económico	Sencillo	Sencillo	1,65
Polietileno expandido reciclado	Económico	Sencillo	Sencillo	1,26
Bollos de polietileno reutilizado	Económico	Sencillo	Sencillo	1,03
Paja de trigo seca	Económico	Sencillo	Sencillo	1,25
Cartón reciclado	Económico	Sencillo	Sencillo	0,62

De la tabla 3.44 se observa que el recuso solar disponible es óptimo para obtener calefacción a partir de la energía solar térmica, pero si no se mejora la aislación de la vivienda, se necesitará dimensionar un sistema mayor para lograr el confort térmico, lo cual requeriría una importante inversión económica.

3.5.2 Calentamiento de Agua Sanitaria

Con una radiación solar promedio de $5 \left(\text{Kwh} / \text{m}^2 \right) . \text{día}$ es posible obtener agua caliente sanitaria a partir del uso de calefones solares disponibles en el mercado. Considerando que el agua del río puede llegar con todo tipo de materiales sólidos, se recomienda realizar un filtrado previo, el cual ayudará a que no se obstruyan las cañerías ni se dañe el calefón solar.

Para la obtención de ACS se proponen dos alternativas, suponiendo un consumo aproximado de 30 litros diarios por persona y que en la vivienda habitan 3 personas, el consumo diario será de 100 litros aproximadamente.

La primera es el calefón solar industrial como se muestra en la figura 3.16, el cual por su peso solo podrá ser colocado en las viviendas tipo C y en alguna tipo A. El costo de un calefón solar tipo como el de la figura 3.16 es de \$20.490



Figura 3.16: Calefón solar de 100 litros

Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-678240238-termotanque-solar-100-litros-barra-antisarro-enertik-JM?matt_tool=30794460&matt_word&qclid=Cj0KCQiA7aPyBRChARIsAJfWCgl1imi7YHw4MGwtksLN7VBm4xmql8sJAaLezFBUYPWc9XX4RioO8_QaAgyQEALw_wcB&quantity=1

Especificaciones técnicas:

- Capacidad 100 litros
- Tanque interior de acero inoxidable de 0.31 mm
- Cantidad de tubos: 10 de 58 mm
- Superficie: 1.50 m²

La segunda es el calefón solar de fabricación casera como se muestra en la figura 3.17 y se analiza a continuación, el cual será una buena opción dado el costo del mismo y la realidad económica de las personas que habitan las viviendas tipo B y alguna tipo A. Es oportuno destacar que se deberá tener en cuenta el lugar de instalación dado que la infraestructura de algunas viviendas no soportaría tanto peso.



Figura 3.17: Calefón solar de 100 litros fabricación casera
Fuente: INTA – Manual paso a paso para construcción de termo tanque solar de agua

Se propone para los habitantes de la isla de bajos recursos, fabricar el calefón solar utilizando el Manual paso a paso para construcción de termo tanque solar de agua (existen varios pero se eligió este por motivos de construcción), en el cual podremos encontrar los materiales que se necesitan y un instructivo de cómo fabricarlo, así como también el costo del mismo que ronda los \$11000 (aproximadamente US\$ 180). Este número puede reducirse bastante ahorrando en materiales si reciclamos o reemplazamos algunos elementos por otros. Por ejemplo, la caja se puede fabricar con alguna madera dura y resistente en lugar de la chapa galvanizada o en lugar del tanque de chapa utilizar uno de plástico.

A fin de obtener los metros cuadrados necesario de colector solar, se procederá a aplicar el Método f chart para dimensionamiento del sistema de Agua Caliente Sanitario tomando como referencia los valores de la Ciudad de Rosario, dado que es la mejor referencia de los lugares visitados

✓ Cálculo de la Ubicación e instalación del sistema colector solar.

Para determinar la inclinación adecuada del sistema de calentamiento de agua solar se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$\beta = |\phi - \delta|$$

Donde:

- ϕ latitud del lugar en el cual se instalará el colector solar, a fin de tener un valor representativo nos ubicaremos en el centro del Delta del Paraná, cuya latitud es -33°
- δ : Ángulo de declinación media, cálculo mensual, de acuerdo a la siguiente ecuación

$$\delta = 23.45 \operatorname{sen} \left[360 \left(\frac{284 + n}{365} \right) \right]$$

Tabla 3.47: Cálculo del Ángulo de Inclinación

Latitud Representativa	-33			
Mes	No. Días Mes	n	Ángulo Declinación	Inclinación
Enero	31	1	-23,01	9,94
Febrero	28	32	-17,52	15,43
Marzo	31	60	-8,29	24,66
Abril	30	91	4,02	36,97
Mayo	31	121	14,90	47,85
Junio	30	152	22,04	54,99
Julio	31	182	23,12	56,07
Agosto	31	213	17,91	50,86
Septiembre	30	244	7,72	40,67
Octubre	31	274	-4,22	28,73
Noviembre	30	305	-15,36	17,59
Diciembre	31	335	-22,11	10,84
Enero	31	365	-23,01	9,94
PROMEDIO				32.88

El ángulo óptimo de inclinación seleccionado es 33° para tener un buen aprovechamiento de la energía solar durante todo el año. Orientado hacia el Norte

La carga Térmica considerando que se desea una temperatura de Agua caliente de 45°C se determina en la siguiente tabla

Tabla 3.48: Carga térmica para abastecer de Agua Caliente Sanitaria en la vivienda analizada

Mes	No. Días	Consumo Agua (m³)	Q [kJ/mes]
Enero	31	0,1	259532,0
Febrero	28	0,1	234416,0
Marzo	31	0,1	324415,0
Abril	30	0,1	313950,0
Mayo	31	0,1	324415,0
Junio	30	0,1	376740,0
Julio	31	0,1	389298,0
Agosto	31	0,1	389298,0
Septiembre	30	0,1	376740,0
Octubre	31	0,1	324415,0
Noviembre	30	0,1	251160,0
Diciembre	31	0,1	259532,0
Q Total/anual		1.2	3823911

El método f – chart permite determinar la superficie necesaria para el aprovechamiento solar máximo. En la Tabla 3.49, se presenta los resultados obtenidos con el método f-chart

Tabla 3.49: Dimensionamiento del Área del Sistema de captación solar método f-chart

Área Captación (m ²)	2		
Parámetro Adimensional	X	Y	f
Enero	8,47	4,94	1,28
Febrero	8,63	4,40	1,19
Marzo	7,06	3,11	1,11
Abril	7,43	2,75	1,04
Mayo	7,74	2,64	1,01
Junio	6,67	2,12	0,93
Julio	6,74	2,55	1,03
Agosto	6,53	3,00	1,11
Septiembre	6,35	3,15	1,14
Octubre	7,30	3,61	1,15
Noviembre	8,87	4,89	1,25
Diciembre	8,58	4,95	1,27

El método permite determinar que con una superficie colectora de 2 m², se tendría un aprovechamiento óptimo para abastecer la demanda de agua caliente de la vivienda analizada. El valor de f debe estar entre 0 y 1, la capacidad máxima se aprovecha cuando este valor toma el valor de 1.

3.5.3 Cocción:

Como se mencionó en el punto 3.2.2.1, la cocción de alimentos comúnmente se realiza con el uso de leña (de bajo poder calorífico), siendo necesaria la tala de árboles en la localidad. Esta actividad ocasiona problemas de degradación de suelos y reducción de la población de árboles que es un recurso limitado en la localidad., Para mejorar esta condición se propone el uso de cocinas solares.

Es importante indicar, que el tradicional fuego a tierra rinde alrededor de un 5 %, y el horno de leña aprovecha un máximo de un 25% del calor de la madera seca. Las cocinas de gas natural o vitrocerámicas actuales permiten aprovechar hasta un 30 %. La cocina solar con una eficiencia de aproximadamente el 50 %, es una alternativa adecuada, para esta actividad. (Diseño, desarrollo y evaluación de una cocina solar a bajo costo- CIEN DES9 – 2008, es importante destacar que no se encontraron trabajos más recientes)

Con la radiación solar disponible en la zona de estudio (Tabla 3.26), es posible utilizar cualquier tipo de tecnología solar para la cocción de alimentos a excepción de las carnes que se recomienda asarlas con leña o utilizar cocinas parabólicas que pueden alcanzar los 200°C, mientras que las otras alcanzan temperaturas promedio de 80°C y no matan las bacterias que producen enfermedades. Siempre es recomendable realizar esta actividad a partir de las 10 horas y ante exposición solar. (Tesis doctoral de la Lic. Liliana Beatriz Pizarro – “ difusión y uso

de cocinas solares de mínimo costo para la cocción de alimentos” – año 2008, si bien la información no es reciente, no se encontró bibliografía más actual)

Teniendo en consideración, y de acuerdo a la Tabla 3.44, que el promedio mensual de días sin sol es 5 días y suponiendo que se cocine todos los mediodías con sol, se podrá reducir la necesidad de leña o gas envasado en un 42% aproximadamente

3.5.3.1 Temperaturas que Alcanza una Cocina Solar

La temperatura que puede alcanzar una cocina solar de caja, o una de panel depende principalmente del número y tamaño de reflectores usados. Una cocina solar tipo Kerr-Cole (o también llamada caja) puede alcanzar los 150 °C (300 °F), que es la temperatura a la que se suelen cocinar los alimentos. Incluso siendo la temperatura exterior de 1 °C, dentro del horno se pueden superar los 87 °C. No se necesitan temperaturas más altas para cocinar. Un horno cocina perfectamente cuando alcanza los 90 °C (200 °F). (Diseño, desarrollo y evaluación de una cocina solar a bajo costo- CIEN DES9 – 2008, es importante destacar que no se encontraron trabajos más recientes)

3.5.3.2 Cocción de Alimentos

La cocción de alimentos es un proceso que requiere temperatura y tiempo. La cocción parte a los 50 o 60 °C, mientras mayor sea la temperatura, más rápida es la cocción, sin embargo, temperaturas muy elevadas pueden destruir las vitaminas y proteínas de los alimentos. Por eso, lo adecuado es cocinar entre 80°C y 100° C; no obstante dicha temperatura permite eliminar agentes nocivos para la salud (Diseño, desarrollo y evaluación de una cocina solar a bajo costo- CIEN DES9 – 2008, es importante destacar que no se encontraron trabajos más recientes)

Hay algunos alimentos (los pescados) que se cuecen en forma óptima a muy baja temperatura. En cambio, hay otros que necesitan una temperatura más alta (de 135 a 145 °C), por ejemplo, el pollo asado.

En las cocinas tipo horno, no es posible freír, aunque las mismas alcancen los 180/200°C Esto se debe a dos factores que hacen decrecer la temperatura de la materia grasa: la sumersión del alimento a temperatura ambiente; y la necesidad de ventilación debido al vapor generado. Para freír con energía solar, se necesita usar cocinas con concentradores.

Por regla general, se puede calcular que con una cocina solar tipo caja con un solo reflector, la comida tomará más o menos el doble de tiempo que con un horno convencional. Ya que en este tipo de hornos, la comida no se puede quemar, no hace falta estar pendiente del proceso. Se puede simplemente dejar la comida en diferentes recipientes y encontrarla más tarde perfectamente cocinada.

Como en el caso del calentamiento de agua, para cocinar también existen dos posibilidades de tener una cocina solar, mediante fabricación casera o comprando la industrial. A continuación se hará una presentación de las mismas

3.5.3.2.1 Fabricación de cocina solares

Existen varias formas de fabricar una cocina solar casera, pueden ser parabólicas o de caja, ambos son de fácil fabricación y con materiales reciclables y económicos pero debemos tener en cuenta que su eficiencia no será tan alta como la de fabricación industrial por lo que se recomienda no cocinar carnes de ningún tipo.

En la página del INTA – agricultura Familiar CIPAF, se puede encontrar un link que nos lleva a un video en el cual a fabricar una cocina parabólica de cartón (página de YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=FfZEBw8r-c> o en el link http://solarcooking.org/espanol_paracuina-es.pdf podemos encontrar un manual paso a paso para construir una para cocina como la de la figura 3.18 . La misma tiene un costo totalmente bajo y de muy fácil acceso para las personas de menores recursos que habitan el Delta Medio del Paraná.



Figura 3.18: Cocina solar de fabricación casera
Fuente: solarcooking.org

Materiales Para su construcción:

- Un paraguas (con un mínimo de 120cm de diámetro cuando está abierto)
- Papel aluminio Convencional
- Pegamento Blanco
- Una Sierra Manual para Metales
- Un punzón o barrena
- Un trípode (cualquier apoyo para macetas de 3 patas puede servir)
- Herramientas: cinta métrica, pincel, marcador permanente y tijeras

3.5.3.2.2 Productos Disponibles en el Mercado



Figura 3.19: Cocina solar portátil

Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-606850327-cocina-solar-camping-portable-p-horno-energia-solar-M?variation=32133909384&quantity=1#reco_item_pos=0&reco_backend=machinalis-seller-items&reco_backend_type=low_level&reco_client=vip-seller_items-above&reco_id=7570684c-9883-4078-b21c-6d94fbd46d0

Especificaciones técnicas:

- Dimensiones montada: 80cm x 50cm x 50cm
- Dimensiones Plegada: 50cm x 40cm x 3cm
- Temperatura máxima: 120°C
- Peso: 900Gr
- Cantidad de personas que pueden comer: 4
- Materiales: Textil plástico, aluminio y polietileno
- Principio de funcionamiento: utiliza dos principios, la concentración de rayos por reflexión direccionada a un área y la conservación de energía por efecto invernadero

Este tipo de cocinas es útil para pequeñas unidades familiares y fáciles de construir de manera casera. El costo del equipo industrializado como el de la figura 3.19, es de \$1835 pesos aproximadamente.



Figura 3.20: Cocina Parabólica

Fuente: <https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-727082455-cocina-solar-parabolica-cocina-totalmente-gratis- JM?quantity=1>

Especificaciones Técnicas:

- Diámetro de la parábola: 1.2 mts
- Temperaturas máximas: 350°C
- Larga vida útil
- Funciona a temperaturas ambientes bajas
- Cantidad de personas para comer: 5 personas
- Peso : 15 Kg
- Orientación: se debe reorientar cada 20min
- Principio de funcionamiento: concentración de rayos por reflexión direccionada a un área

Este tipo de cocinas permite hacer cocciones rápidas, además de freír y hornear, ya que alcanza altas temperaturas. Este tipo de cocina se puede adquirir de manera industrial y su costo aproximado es de \$10.000 pesos.



Figura 3.21: Horno solar Krenz

Fuente: <https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-684540148-horno-solar-krenk-carga-de-alimentos-delantera- JM>

Especificaciones técnicas:

- Temperaturas máximas: 250°C
- Larga vida útil
- Funciona a temperaturas ambientes bajas
- Capacidad de volumen: 25 Litros
- Peso : 13 Kg
- Boca de carga: 40 X 40 cm
- Principio de funcionamiento: concentración de rayos por reflexión direccionada a un área y la conservación de energía por efecto invernadero.

Este tipo de cocinas alcanza altas temperaturas, por eso se recomienda para calentamiento de agua y elaboración de panificaciones. También se puede utilizar para la esterilización de recipientes. Esta acción es muy frecuente para el envasado artesanal de miel que se realiza en islas. El costo de este tipo de cocinas es de aproximadamente \$7.000 pesos. Los Hornos solares pueden ser fabricados de manera casera, fácil y económica, aunque su eficiencia será menor a las fabricadas en la industria.

3.6 Estimación del consumo de energía

El diseño de un sistema de generación de energía para satisfacer cualquier necesidad energética de una vivienda, o bien lo planteado para las actividades productivas en el punto 3.2.3, requiere conocer el consumo aproximado. Considerando que la disponibilidad del recurso es variado, se propondrán sistemas modulares con el fin de cubrirlas distintas necesidades que se detallan a continuación:

- Provisión de agua
- Mantenimiento de la cadena de frío de alimentos
- Iluminación
- Uso de herramientas de trabajo
- Ventilación
- Entretenimiento

El nivel de voltaje para los equipamientos y dispositivos que se utilizarán en las viviendas, es de 12V para cargas menores a 1000W, y de 24V para cargas entre 1000W y 5000W (habrá que considerar que, si la carga es grande y el nivel de voltaje bajo, por la ley de ohm, la corriente será elevada y se requerirán conductores de alto calibre).

Se propone que la tensión de trabajo sea de 12V o 24V de corriente continua, con la finalidad de prescindir del inversor que eleva dicha tensión a 220v de alterna. Esto proporcionará un ahorro de energía muy importante, dado que muchos equipos eléctricos y electrónicos

funcionan con corriente continua y a bajo voltaje, pero deben ser llevados a niveles de voltaje de trabajo en 220V para que puedan ser utilizados dentro de la red energética.

Como se indicó anteriormente, el ahorro de energía será importante considerando que no se utilizará energía para llevar la tensión de trabajo de los equipos eléctricos o electrónicos, a 220v; ni tampoco se gastará energía en la conversión de 12v o 24v a 220v que demandaría nuestro sistema de generación.

3.6.1 Estimación de Consumo de Energía en Entretenimiento:

El siguiente cuadro se detallaran los equipos electrónicos a tener en cuenta, sus consumos y horas de usos estimadas:

Tabla 3.50: estimación de consumo de energía en entretenimiento

Equipo	Potencia (W)	horas de consumo (hs)	Energía Diaria (Wh)	Energía Mensual (Wh/mes)
Televisor 32" (modificado a 12V)	75	3	225	6750
Radio	12	3	36	1080
Carga de Celular	10	2	20	400
Carga de computadora	70	1	70	700
Carga de Tablet	20	1	40	800
Cargador de 4 Pilas	6	1	6	60
TOTAL	193	11	397	9790

Los televisores de 12V no son muy comunes en Argentina, pero existe la posibilidad de modificar el nivel de voltaje para que los televisores puedan ser usados en 12V o 24V. Como referencia, en Argentina, la división electrónica de la fábrica AABAM ANTENAS permite hacer este cambio. Para mayor detalle consúltase el siguiente link:

Link: https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-755962720-tv-led-12-volt-smart-para-embarcaciones-barco-crucero-velero-JM?quantity=1#reco_item_pos=0&reco_backend=machinalis-v2p&reco_backend_type=low_level&reco_client=vip-v2p&reco_id=de992e08-bab2-4e9c-a2cf-cfb42c9ce197

Las computadoras funcionan a 19V, por lo que es necesario elevar el voltaje de alimentación que entregará el sistema de 12V con un cargador portátil. Obsérvese la siguiente referencia:

Link: <https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-684003362-cargador-portatil-arrancador-auto-celular-lusqtoff-pi300-led-JM?quantity=1>

Se estima que el consumo diario para entretenimiento es cercano a los 400 Wh de acuerdo a la tabla 3.50.

3.6.2 Estimación de Consumo de Energía en Provisión de Agua:

Para satisfacer la necesidad de provisión de agua (riego, lavado, baño y cocina) de una vivienda, como ya se dijo anteriormente, dicho agua se toma directamente del cauce del río y se almacena en tanques, cuya ubicación varía según sea el tipo de vivienda (en altura o en el suelo). Se utilizarán bombas de agua de 220v de corriente alterna, si fuese necesaria su elevación a tanques en altura; o bombas de 12/24 V de corriente continua, si su almacenaje o uso es de superficie, o de una altura menor a 8 metros sobre el nivel del cauce del río (ver Figura 3.23: Curva de rendimiento de la Bomba de superficie Enertik, BSQB-25-120-24V).

Es importante destacar que las bombas de corriente continua son las más adecuadas para la provisión de agua, (siempre que no se tenga la limitación de la altura) ya que requieren menos energía para funcionar (reducido equipamiento de generación) y son más livianas (lo cual facilitara el transporte en caso de crecientes). A continuación se muestran las dos opciones (ver figuras 3.22, 3.23 y 3.24 y tabla 3.30):



Figura 3.22: Bomba de superficie Enertik, modelo BSQB-25-120-24V

Fuente: Internet <https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-720803492-bomba-solar-de-superficie-2mh-25m-120w-24v- JM> y tiene un costo de \$12000.

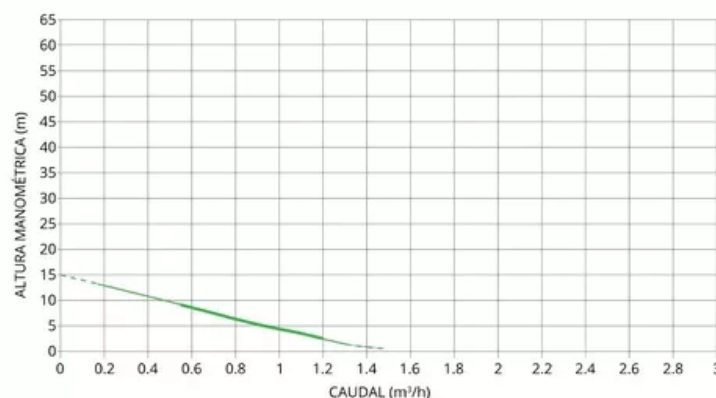


Figura 3.23: Curva de rendimiento de la Bomba de superficie Enertik, BSQB-25-120-24V

Fuente: Internet (página del vendedor)



Figura 3.24: Electrobomba de Agua GAMMA 2763

Fuente: https://www.fravega.com/electrobomba-de-agua-gamma-2763-310025/p?utm_content=fravega_herram_1000549_310025_gamma&qclsrc=aw.ds&qooglesearch=c.a&qclid=Cj0KCQjw_sZ3kBRcNARIsAluAV_SIHQ-av70EMy-ghHV1KXr2mwG0qpsnQIAKxZ3cELVrevzFJYcLUPQaAswAEALw_wcB&qclsrc=aw.ds

Tabla 3.51: Cuadro de detalle y comparación de bombas de agua

	Bomba de corriente continua (CC)	Bomba de corriente alterna (AC)
Marca	Enerkit	Gamma
Modelo	BSQB-25-120-24v	2763
Tipo	De superficie - Centrífuga	Periférica
Alimentación	24 Vcc - 5 Ah	220 Vca - 50Hz monofásica
Caudal Máximo	2000 litros/h (33,3LPM)	2400 litros/h (40 LPM)
Potencia	120W	380 W (1/2HP)
Altura Máxima	15 metros	22 metros
Dimensiones	335X180X140MM	140X160X27MM
Peso	6 Kg	5,5kg
Costo Aproximado	\$12,000	\$1,800

De las observaciones y análisis realizados, se presume que la cantidad de agua necesaria para satisfacer el riego, el lavado de ropa, la cocción de alimentos y el aseo personal, alcanzan los 300 Litros de agua por persona, para nuestro análisis supondremos que allí habitan 3 personas por lo que el consumo total de agua será de 900 litros diarios .

Si se utiliza la bomba de la Figura 3.22 (bomba de Vcc), y se supone que el tanque está instalado a 8mts de altura sobre el nivel de cauce del río; a partir de los datos proporcionados por el grafico de la figura 3.23 se obtendrá, que la bomba proporcionara 700 litros de agua por hora. Para obtener 900 litros, la bomba deberá funcionar aproximadamente 1.5 hs con una tensión de trabajo de 24 V considerando una pérdida del 10% en el sistema, por lo que se necesitará generar 180 Wh de energía.

Si por el contrario utilizamos la bomba de la Figura 3.24 (bomba de Vca), se estima que con 30 minutos de uso sería suficiente para satisfacer las condiciones anteriormente descritas (ya que la misma no tiene problemas de altura y es de mayor potencia). De esta manera, para

obtener los 900 litros de agua, será necesario generar una energía de 190 Wh teniendo en cuenta una pérdida en el sistema del 10%, la cual es muy similar a la de la bomba de Vcc.

3.6.3 Estimación de Consumo de Energía en Iluminación

Las viviendas analizadas y observadas durante este proyecto no son muy grandes, de manera que el recurso energético necesario para iluminación será bajo. A continuación se describen las necesidades aproximadas para este tipo de vivienda con su ubicación y horas de uso.

- Dormitorio: 2 horas
- Cocina comedor: 4 horas
- Entrada de la casa: 3 horas
- Muelle: 10 horas
- Establo: 1 hora
- Adicional a colocar donde sea necesario: 2 horas



Figura 3.25: Lámpara led de 12v 9w

Fuente: <https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-723709091-lampara-foco-12v-led-9w-rosca-comun-barcos-casa-rodante-JM?quantity=1>.

De acuerdo al detalle descripto, se estima el uso de 22 horas para iluminación. Si se dispone una lámpara de 9W por cada habitación de la vivienda, se requerirá aproximadamente de 200 Wh de energía en total. El costo de las lámparas de 9 W es aproximadamente de \$120 cada una.

3.6.4 Estimación de Consumo de Energía en Mantenimiento de la Cadena de Frío:

Los equipos de refrigeración requieren de mucha energía y sería necesario desarrollar un sistema muy grande, para abastecer su solo consumo. Por tal motivo, se propone utilizar heladeras que funcionan con corriente continua, en 12V o 24V. Se pone en consideración la existencia de equipos de refrigeración cuya tecnología de funcionamiento es a partir de gas, siendo el abastecimiento la problemática a ser solventada a través de este proyecto.

Se propone a continuación una heladera y un freezer con una capacidad de almacenaje apropiada para la mayoría de las viviendas en estudio. La misma se puede observar en la figura 3.26 y sus descripciones técnicas se encuentran en la Tabla 3.52.



Figura 3.26: Heladera y freezer 12v 0 24v
Fuente: <http://www.mundosolar.com.ar/index.php/heladeras-freezer-solares>

Tabla 3.52: Cuadro de detalle y comparación de la heladera y el freezer

	Heladera	Freezer
Capacidad	170	150
Peso	15Kg	25Kg
Medidas	83X55X57cm	85X54X63cm
Luz interior led	Si	No
Temperatura mínima	- 4 °C (hace hielo)	- 24 °C
Congelador	Si	No
Tensión de Trabajo	12/24V	12/24 v
Corriente Máxima	6,5 A (12v) / 3.25A (24V)	5A (12v) / 2.5A (24v)
Potencia	65W	60W
Consumo diario estimado	700 Wh	700 Wh
Costo	U\$S 700 (dólares)	U\$S 762 (dólares)
Link donde se puede encontrar	http://www.mundosolar.com.ar/index.php/heladeras-freezer-solares	

Como se observa en la tabla 3.52, el consumo diario estimado de ambos equipos en un régimen normal de uso es de aproximadamente 700Wh de energía.

3.6.5 Estimación de Consumo de Energía en Ventilación:



Figura 3.27: Ventilador 12v de 40cm diámetro

Fuente: <https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-605446942-ventilador-de-pie-para-casilla-a-12-volt- JM?searchVariation=32083435788&quantity=1&variation=32083435788>

Tabla 3.53: Cuadro de características del ventilador de pie

	Ventilador de Pie
Marca	Enertik Concept
Diámetro de turbina	40 cm
Alto	120 cm
Tensión de Trabajo	12V
Corriente Máxima	1,25 A
Potencia	15W
Velocidades	3
Alcance	6 metros
Material	Plástico

El consumo estimado del mismo será 100 Wh, es decir, 6.5 hs de uso con un costo de \$5275.

3.6.6 Estimación de Consumo de Energía en Herramientas de Trabajo:

En la zona de estudio se pudo observar que los lugareños utilizan en su mayoría herramientas manuales salvo que se haga una construcción nueva, en ese caso utilizan generadores de combustibles fósiles. Dado que las herramientas de trabajo como taladros, amoladoras, soldadoras, sierra circular, entre otras necesitan de mucha potencia para funcionar, se recomienda no utilizar la red de generación a partir de renovables. Cabe destacar, que existen en el mercado, muchas de dichas herramientas que funcionan a batería.

3.7 Dimensionamiento del Sistema de Generación

Los datos presentados en las tablas 3.44 y 3.45, permiten demostrar que la región del delta medio del Paraná tiene un gran potencial en energías renovables de tipo solar o eólicas,

para ser aprovechadas en procesos térmicos o de generación de energía eléctrica. Por este motivo, se propone el diseño de sistemas de generación de energía a partir de cada una estas fuentes.

3.7.1 Cálculo de la Dimensión del Sistema de Generación Fotovoltaico

Los sistemas de generación fotovoltaico son modulares y expandibles, es decir, que su capacidad de generación puede aumentar tan sólo, agregando un panel, o cambiando el regulador o el inversor según sea necesario. Para el caso en estudio, el hecho de que sea modular, permitirá dimensionar un sistema para cada requerimiento, dando la posibilidad de abastecimiento por etapas considerando los recursos económicos disponibles. Otra ventaja que tienen los sistemas fotovoltaicos es que son fácilmente desmontables, favoreciendo su traslado en caso de inundación.

Para el dimensionamiento de cada uno de los sistemas fotovoltaicos se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones generales, de acuerdo a los datos de la tabla 3.44:

- Días sin sol: El promedio en la zona es de 6 (días). Esto sería aproximadamente un 20% del mes. Por tal motivo, se considerarán 2 días de autonomía (sin sol consecutivos).
- Ángulo de inclinación: 32° hacia el norte.
- Radiación solar: Para el cálculo, se tomará la medida más desfavorable que corresponde al mes de junio: $3.41 \left(\text{Kwh}/\text{m}^2 \right) \cdot \text{día}$ (ver tabla 3.44)
- Las pérdidas de energía de los componentes que constituye el sistema fotovoltaico lo denominaremos K_t , el cual se calcula a continuación:

$$K_t = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left[1 - \frac{K_A \cdot D_{aut}}{P_{Dmax}} \right] \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Dónde:

- K_B : Pérdidas relacionadas al rendimiento de la batería (0.5%)
- K_C : Pérdidas debido al convertidor a 220V (10%), para el análisis es cero porque no es usado.
- K_R : Pérdidas debido al regulador, que depende de su tecnología, para el análisis se considera 5%
- K_X : Pérdidas por caída de tensión o efecto Joule de la instalación eléctrica 5%
- K_A : Pérdidas debido a la auto descarga diaria de la batería (0.5%)
- D_{aut} : Días de autonomía con nula radiación sobre paneles: 2 días
- P_{Dmax} : Profundidad de descarga de la batería, ésta varía según el tipo de batería para el análisis 65%

A partir de la Ecuación 3.1, se obtendrán dos coeficientes de pérdidas, una con la presencia del inversor en el sistema y otra sin él:

Coeficiente de pérdidas sin inversor:

$$K_t = [1 - (0.05 + 0 + 0.05 + 0.05)] \cdot \left[1 - \frac{0.05 * 2}{0.65}\right]$$

$$K_t = 0.85 * 0.85 = 0.72$$

Coeficiente de pérdidas con inversor:

$$K_t = [1 - (0.05 + 0.1 + 0.05 + 0.05)] \cdot \left[1 - \frac{0.05 * 2}{0.65}\right]$$

$$K_t = 0.75 * 0.85 = 0.64$$

De los datos obtenidos en el cálculo de los coeficientes de pérdidas, se puede observar que la pérdida de energía por conversión a 220V es de aproximadamente el 9% de la energía total. Si a eso le sumamos que muchos equipos funcionan a 12v y se convierten a 220v, la pérdida de energía será del doble.

3.7.2 Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico para cada Necesidad Energética

En este punto se procederá a dimensionar sistemas de generación fotovoltaica que puedan abastecer cada una de las necesidades planteadas. Debido a que los cálculos para cada sistema son muy similares entre sí, se realizará sólo el de la necesidad mantenimiento de la cadena de frío, mostrando el resultado completo en la tabla 3.54.

3.7.2.1 Mantenimiento de la cadena de frío

➤ Determinación del Generador Fotovoltaico

Según lo calculado en el punto 3.6.4, en el cual se proponen dos alternativas para cubrir dicha necesidad, una heladera de 170 litros y la otra un freezer de 120 litros, la energía necesaria para cubrir con esta necesidad utilizando cualquiera de los dos equipos es de 700wh con una tensión de trabajo de 24V

$$E_T(\text{energía total}) = \frac{E_{\text{consumo}}}{K_T} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

$$E_T(\text{energía total}) = \frac{700 \text{ Wh}}{0.72} = 973 \text{ Wh/día}$$

Para seleccionar el panel es muy importante calcular el consumo total de corriente de la instalación. Esto se realiza aplicando la ley de ohm:

$$C_T(\text{corriente total}) = \frac{E_T}{U_N} \quad (\text{Ec. 3.3})$$

$$C_T(\text{corriente total}) = \frac{973 \text{ Wh}}{24 \text{ V}} = 40.5 \text{ Ah/día}$$

Donde U_N es la tensión de trabajo de nuestro sistema cuyo valor es 24 V

En función del dato de corriente obtenido, se calculará el mínimo Ah/día que debe suministrar un panel para que la instalación sea correcta. Para ello aplicaremos la siguiente ecuación:

$$E_{panel} = \mu_{panel} * I_{max} * HSP \quad (Ec. 3.4)$$

Dónde:

- E_{panel} : es la energía que debe suministrar el panel en Ah/día
- μ_{panel} : es el rendimiento del panel que ronda entre 0.85 y 0.95 de su potencia nominal
- I_{max} : es la intensidad máxima de corriente proporcionada por el panel en Amperios
- HSP: es la radiación en horas solar pico correspondiente a la ubicación y correcta orientación (32° norte) de los paneles, la cual es igual a $3.41 \left(\frac{Kwh}{m^2} \right) \cdot dia$ (valor tomado de la tabla 3.26 correspondiente al mes de menor radiación solar)

Tomando como panel a instalar el Trina Solar TSM-330PD14 (dicho equipo se puede encontrar en el link: <https://www.enertik.com.ar/panel-solar-fotovoltaico-policristalino-trina-solar-tsm-330pd14-330w> y tiene un costo de \$ 12.285), éste proporcionará una corriente máxima $I_{max} = 8.83 A$ (datos que se encuentra en la hoja de dato del panel en el Anexo 3). A partir de este dato, y utilizando la ecuación (3.4), se determinará la energía diaria que suministra dicho panel

$$E_{panel} = 0.9 * 8.83 * 3.41 = 27.1 \frac{Ah}{dia}$$

En función de la energía diaria que suministrara el panel, se calculará la cantidad de paneles necesarios en paralelo para cubrir el funcionamiento de la instalación.

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{C_T}{E_{panel}} \quad (Ec. 3.5)$$

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{40.5}{27.1} = 1.49 \approx 2 \text{ paneles}$$

➤ **Determinación del Acumulador**

El sistema funciona de manera eficaz si se acumula energía. Para esto, se recomienda utilizar baterías de ciclo profundo, las cuales soportan descargas hasta del 80%, a diferencia de las otras que se dañan con mayor facilidad ya que solo soportan descargas del 20%.

Se calculará la capacidad de la batería para que pueda cubrir la necesidad durante dos días consecutivos de no sol. Para ello se utilizará la siguiente ecuación:

$$C_{\text{nominal de la batería}} = \frac{C_{TDAUT}}{p_{Dmax}} \quad (\text{Ec. 3.6})$$

$$C_{\text{nominal de la batería}} = \frac{40.5 * 2}{0.65} = 124.61Ah$$

Según lo calculado se propone utilizar dos baterías Fiasa ciclo profundo de 12V-120Ah conectadas en serie, la misma tiene un costo de \$16000 cada una y se puede encontrar en el siguiente link: <https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-755580283-bateria-de-gel-ciclo-profundo-12-v-120-ah-218312120-JM?quantity=1>

➤ **Determinación del Regulador de Voltaje**

El regulador recibe la corriente procedente de los paneles fotovoltaicos, por lo que su intensidad debe estar sobredimensionada con respecto a la misma, en este caso será un 20% mayor y se calcula de la siguiente manera:

$$I_{reg} = 1.2 * N^{\circ} \text{ paneles en paralelo} * I_{max-panel} \quad (\text{Ec. 3.7})$$

$$I_{reg} = 1.2 * 2 * 8.83 = 21.2 \approx 22Ah$$

Se propone el siguiente regulador BRANIK PJAT30D el cual tiene un costo de \$2000. Se puede encontrar en la página web de Enertik.com.ar

➤ **Determinación del costo del sistema de generación para entretenimiento**

- 2 panel fotovoltaicos Trina Solar TSM-330PD14 = \$ 24570
- 2 Batería Fiasa ciclo profundo de 12V-120amp= \$ 32000
- 1 Regulador de voltaje BRANIK PJAT30D = \$ 2000

Costo total = \$ 58570

Tabla 3.54: Cuadro resumen de sistemas de generación fotovoltaica para cada necesidad

	Energía Total a abastecer [Wh]	Corriente Total [A]	Nº de Baterías	Batería	Regulador de Voltaje	No. Paneles [Unid]	Potencia Panel [Wp]	Tensión de Trabajo [V]	Costos aprox. [\$]
Entretenimiento	556	46.3	1	12V - 140Ah	12V - 20Ah	3	105	12	41274
Provisión de Agua	250	10.42	2 (conexión serie)	12V - 55Ah	24V - 10Ah	1	110	24	26.580
Iluminación	278	23,15	1	12V - 75Ah	12V - 20Ah	1	155	12	17450
Refrigeración	973	40.5	2 (conexión serie)	12V - 120Ah	24V - 30Ah	2	330	24	58570
Ventilación	139	11,58	1	12V - 40Ah	12V - 10Ah	1	66	12	10050

Como se ha dicho anteriormente, la tabla 3.54 resume los cálculos que se realizaron para todas las necesidades planteadas pudiendo aportar parte de la solución a los problemas expuestos en las actividades productivas y cuyas necesidades energéticas se resumen la siguiente tabla 3.55. En el Anexo 3 se puede encontrar los cálculos realizados para obtener dichos resultados y las hojas de datos de los distintos paneles fotovoltaicos con los que se hicieron los cálculos.

Tabla 3.55: Cuadro resumen de sistemas de generación fotovoltaica para cada actividad productiva

Actividad	Necesidad	Energía Total a abastecer [Wh]	Nº de Baterías	Batería	Regulador de Voltaje	No. Paneles [Unid]	Potencia Panel [Wp]	Tensión de Trabajo [V]	Costos aprox. [\$]
Caza y Pesca	cadena de frío (2 heladeras) y carga de celular y computadora	1944	4 conectadas de a pares en serie y paralelo	12V - 150Ah	24V - 60Ah	3	330	24	142739
Ganadería	iluminación y celular	278	1	12V - 75Ah	12V - 20Ah	1	155	12	17450
Apicultura	carga de celular y computadora e iluminación	834	2 en paralelo	12V - 120Ah	12V - 30Ah	3	270	12	67000
Eco-turismo	carga de celular y computadora e iluminación	834	2 en paralelo	12V - 120Ah	12V - 30Ah	3	270	12	67000

El conexionado y sección de conductores correspondiente a cada sistema descrito en la tabla 3.54 y 3.55 pueden observarse en el punto 3.7.4

3.7.3 Cálculo de Sistemas de Generación que Cubran las Necesidades de una vivienda tipo

A continuación, se propondrán varios sistemas de generación de energía para cubrir la totalidad de las necesidades eléctricas planteadas para una vivienda tipo:

La energía total a generar será: 400Wh (entretenimiento) + 180Wh (prov. De agua) + 700Wh (cadena de frío) + 100Wh (ventilación) + 200Wh (iluminación) = 1580Wh. Dado que la energía necesaria a generar supera los 1000Wh, se recomienda que la tensión de trabajo sea de 24V para disminuir el valor de corriente que circulará por el sistema y que la sección del conductor sea acorde a la corriente que circule, el cual se calculó en el punto 3.7.4.1.

En función de que los equipos necesarios para lograr el sistema que cumpla con todos los requisitos planteados tienen diferentes tensiones de funcionamiento se propone colocar un reductor de tensión de 24V a 12V (link pie de página), contando con dos líneas de tensión bien definidas como se muestra en el diagrama unifilar del punto 3.7.4.2 figura 3.29, esta premisa se mantendrá para todos los sistemas de generación planteados (solar, eólico, híbrido)

Link convertidor de 24V a 12V: https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-742945757-reductor-de-tension-convertidor-24v-a-12v-de-60-amperes-JM?quantity=1#position=11&type=item&tracking_id=c3898d2a-8c4e-4fd7-a928-9498a1eec0b5

3.7.3.1 Dimensionamiento del Sistema de Generación Fotovoltaico

➤ Determinación del Generador Fotovoltaico

La energía total diaria necesaria para el correcto funcionamiento del sistema, se determinará a través de la Ecuación (3.2), y teniendo en cuenta las condiciones generales descritas en el punto 3.7.1.

$$E_T(\text{energía total}) = \frac{1580 \text{ Wh}}{0.72} = 2195 \text{ Wh}$$

De la ecuación (3.3) se obtendrá el consumo total de corriente de la instalación:

$$C_T(\text{corriente total}) = \frac{2195 \text{ Wh}}{24 \text{ V}} = 91.43 \text{ Ah}$$

Tomando como panel a instalar el Trina Solar TSM-330PD14 (dicho equipo se puede encontrar en el link: <https://www.enertik.com.ar/panel-solar-fotovoltaico-policristalino-trina-solar-tsm-330pd14-330w> y tiene un costo de \$ 12.285), éste proporcionará una corriente máxima $I_{\max} = 8.83 \text{ A}$ (datos que se encuentra en la hoja de dato del panel en el Anexo 3). A partir de este dato, y utilizando la ecuación (3.4), se determinará la energía diaria que suministra dicho panel

$$E_{\text{panel}} = 0.9 * 8.83 * 3.41 = 27.1 \frac{\text{Ah}}{\text{día}}$$

El número de paneles necesarios para generar el consumo calculado se obtendrá a partir de la ecuación (3.5):

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{91.43}{27.1} = 3.38 \approx 4 \text{ paneles}$$

➤ Determinación del Acumulador

Teniendo en cuenta las mismas condiciones planteadas en la determinación del acumulador para la necesidad entretenimiento (punto 3.7.1), se determinará el mismo a través de la ecuación (3.6)

$$C_{\text{nominal de la batería}} = \frac{91.43 * 2}{0.65} = 281.32 \text{ Ah}$$

Según lo calculado se propone utilizar 4 baterías Leoch LPC12-150 de 12V-150Ah conectadas en 2 grupos de 2 en paralelo y esos grupos en serie para lograr 24V como se muestra en el punto 3.7.2.7. La misma tiene un costo de \$21830 y se puede encontrar en el siguiente link:

Link: <https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-689648611-bateria-leoch-lpc12-150-150a-ciclo-profundo-energia-solar- JM?quantity=1>

➤ **Determinación del Regulador de Voltaje**

Para la determinación del regulador de voltaje, se tendrá en cuenta las condiciones planteadas para la necesidad entretenimiento (punto 3.7.1), y se utilizara la ecuación (3.7).

$$I_{reg} = 1.2 * 4 * 8.83 = 42.38 \approx 43Ah$$

Se propone el regulador de carga Enertik ENS-50-12/24, el cual tiene un costo de \$8.650 y se puede encontrar en el siguiente link

Link: https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-625701481-regulador-de-voltaje-para-panel-solar-12v24v-50a-enertik-JM?quantity=1#position=1&type=item&tracking_id=5044c159-7c11-4065-97d3-342677761263

➤ **Determinación del Costo del Sistema de Generación Completo**

- 4 paneles fotovoltaicos Trina Solar TSM-330PD14 = \$ 49.140
- 4 Leoch LPC12-150 de 12V-150Ah = \$ 87.320
- 1 Reductor de tensión Cylgen modelo PRP040 = \$ 8.680
- 1 Regulador de carga Enertik ENS-50-12/24 = \$ 8.065

$$\text{Costo total} = \$ 152.905$$

3.7.3.2 Dimensionamiento del Sistema de Generación Eólico

En este punto se procederá a dimensionar un sistema eólico que pueda cubrir la demanda de energía total que se calculó en el punto 3.7.2.6, la misma incluye las pérdidas de energía de los componentes que constituyen el sistema con un coeficiente, ya calculado en el punto 3.7.1, de $K_t = 0.72$

$$E_T(\text{energía total}) = \frac{1700 \text{ wh}}{0.72} = 2361Wh$$

➤ **Cálculo de la Turbina Eólica**

Luego de analizar diferentes modelos de pequeños generadores disponibles en el mercado, se pudo observar que no existe gran variedad, y que, la mayoría no alcanza a satisfacer la demanda de energía necesaria para los vientos disponibles. A continuación se analiza uno de los tipos (el de la figura 3.27), cuya generación supera la necesaria. Para la realización del análisis se tendrán en cuenta las características del aerogenerador descriptas en la tabla 3.55

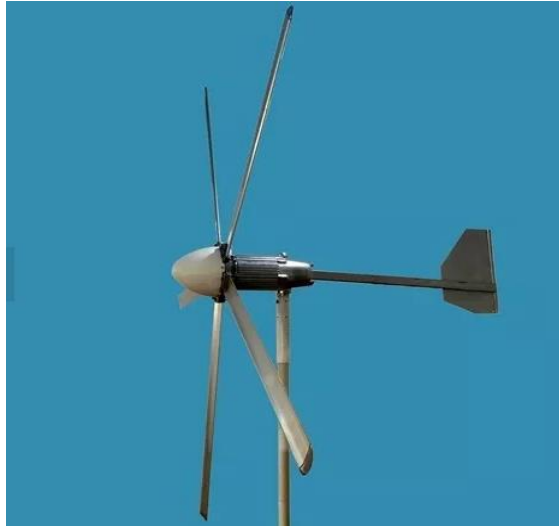


Figura 3.28: Generador eólico Aleko WG1500A

Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-762040718-generador-eolico-aerogenerador-1500w-48v-aleko-_JM

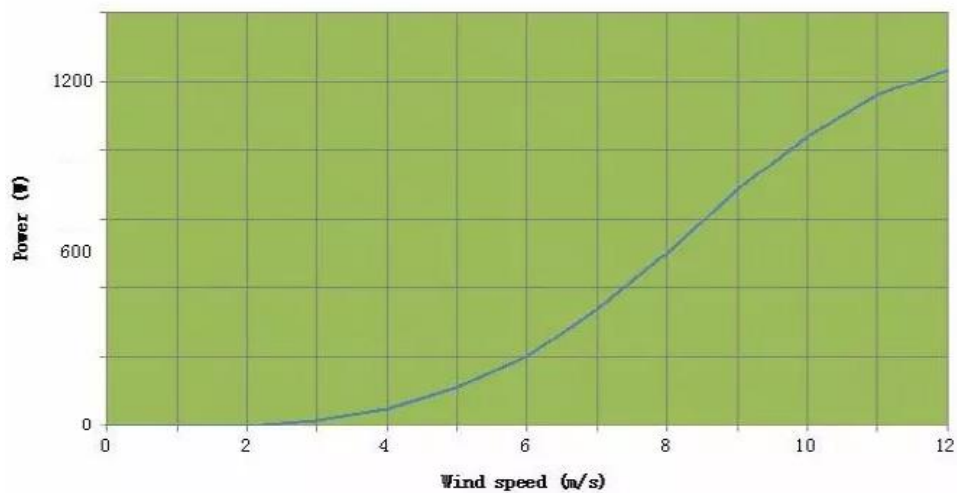


Figura 3.29: Curva de potencia

Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-762040718-generador-eolico-aerogenerador-1500w-48v-aleko-_JM

Tabla 3.56: Cuadro de características del aerogenerador Aleko

	Generador eólico Aleko WG1500A
Material	Aluminio fundido resistente a la intemperie
Potencia Nominal	1000 W
Potencia Máxima	1500W
Velocidad del viento de arranque	Va= 2,5 m/seg
Velocidad del viento de Nominal	Vn = 10 m/seg
Velocidad del viento de seguridad	Vc= 40 m/seg
Velocidad del viento de trabajo	3 ~ 25 m/seg
Voltaje de Trabajo para Carga	24V DC
Diámetro del rotor	2,5 metros
Diámetro del tubo de montaje (brida)	2 pulgadas
Costo del equipo con regulador de carga	\$ 74,000

➤ Cálculo de la Energía que Generará el Aerogenerador

Para obtener la energía generada por el aerogenerador se utilizará el método del Dr. Mattio, (ver Anexo 4) que permite obtener la energía generada por un aerogenerador de manera económica, rápida y sencilla con un error de $\pm 3\%$. A continuación se calcularán dos relaciones necesarias, teniendo en cuenta que la velocidad media de la zona Delta medio del Paraná a 10mts de altura es de $V_m = 3.73 \text{ m/s}$ (dicho dato se obtiene de la Tabla 3.45). Es importante aclarar, que, si bien el aerogenerador no va a estar a más de 4m de altura y dado que no se dispone de datos a dicha altura, se tomaran los de 10m asumiendo una disminución de generación del 10%

- Relación de velocidad media con velocidad nominal: $\frac{V_m}{V_n} = \frac{3.73}{10} = 0.37$
- Relación de velocidad de parada con velocidad nominal: $\frac{V_c}{V_n} = \frac{40}{10} = 4$

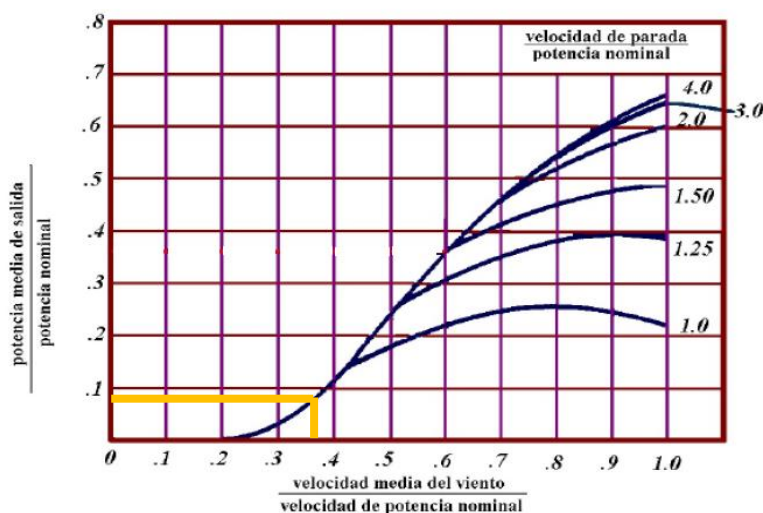


Figura 3.30: Relación para el cálculo de la potencia media del método de Dr. Mattio, Aleko WG1500A
Fuente: Nociones generales de energía eólica

Con los cálculos anteriores, y en base al gráfico de la figura 3.32, se determina la Relación de potencia media con potencia nominal, esto es 0.09, a partir de la cual se podrán calcular los siguientes parámetros:

- Potencia media de salida: $1000\text{kw} * 0.09 = 90\text{W}$
- Energía diaria media: $90\text{w} * 24\text{Hs} = 2160 \text{ Wh/día}$
- Energía diaria media a 4m: $2160 - 216 = 1944 \text{ Wh/día}$

Como se calculó en el punto 3.7.2.6, para alimentar el equipamiento estipulado, se necesita aproximadamente 2.195 Wh/día , por lo cual, el aerogenerador cubrirá solo el 89% de la energía. Dicho aerogenerador es el que mejor se adapta a esta necesidad, dado que los que están en el mercado tienen una potencia inadecuada para el caso.

➤ **Cálculo del Porcentaje de Tiempo a Potencia Nominal**

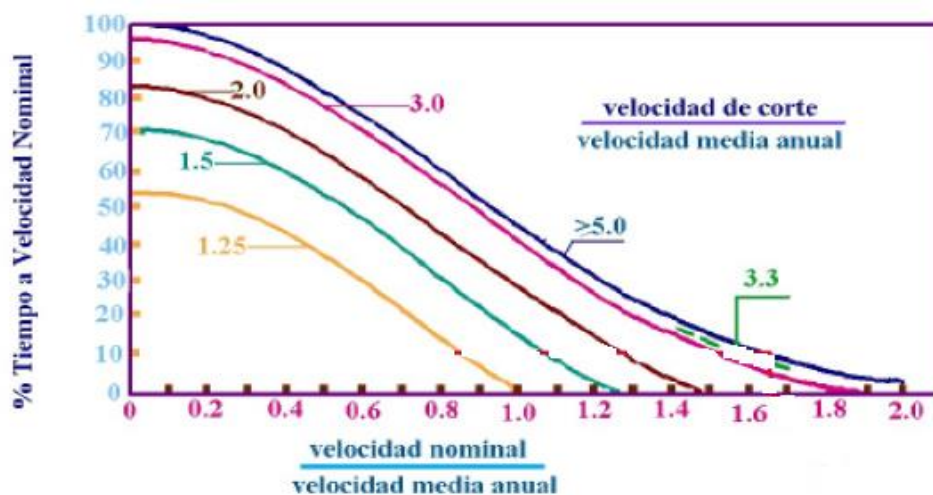


Figura 3.31: Curva de Porcentaje de funcionamiento a potencia nominal del método de Dr. Mattio, Aleko WG1500A
Fuente: Nociones generales de energía eólica

Para obtener el porcentaje de tiempo en que el aerogenerador funciona a potencia nominal se calcula las siguientes relaciones, y en base al gráfico de la figura 3.33, se determina:

- Relación de velocidad nominal con velocidad media: $\frac{V_m}{V_n} = \frac{10}{3.73} = 2.7$
- Relación de velocidad de parada con velocidad media anual: $\frac{V_c}{V_m} = \frac{40}{3.73} = 10.73$

En base a los valores obtenidos y la gráfica de la figura 3.33, se puede concluir que el aerogenerador nunca funcionaría a velocidad nominal.

➤ **Cálculo del Porcentaje de Tiempo Fuera de Servicio**

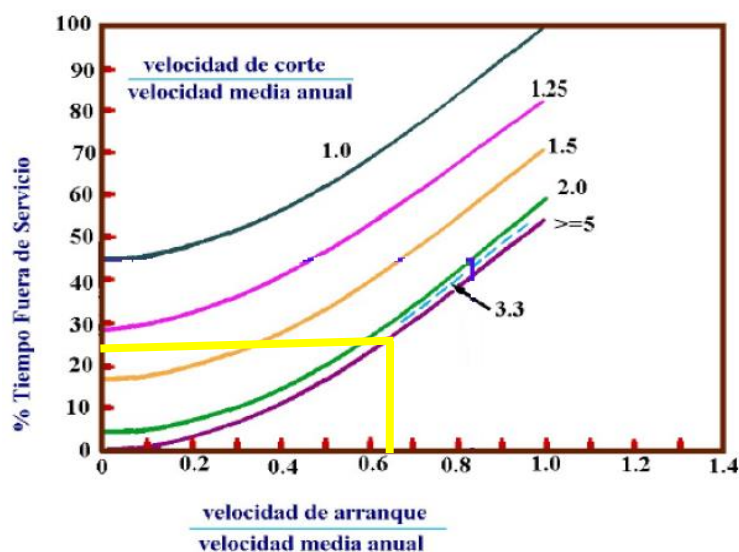


Figura 3.32: Curva de determinación de tiempo fuera de servicio del método de Dr. Mattio, Aleko WG1500A
Fuente: Nociones generales de energía eólica

Para obtener el porcentaje de tiempo en que el aerogenerador está fuera de servicio, se deberá calcular las siguientes relaciones e ingresar al gráfico de la figura 3.34 con dichos valores:

- Relación de velocidad arranque con velocidad media: $\frac{V_a}{V_m} = \frac{2.5}{3.73} = 0.67$
- Relación de velocidad de parada con velocidad media anual: $\frac{V_c}{V_m} = \frac{40}{3.73} = 10.72$

En base a los valores obtenidos en el análisis anterior, y con la gráfica 3.34, se observa que el aerogenerador estaría fuera de servicio alrededor de un 27% de tiempo de funcionamiento.

El cálculo de los acumuladores y conexionado de cargas será el mismo planteado en el punto 3.7.3, dado que esa parte del sistema no varía. En cuanto al regulador de voltaje de carga, este equipo tiene uno incorporado, pero en caso de no poseerlo, sería el mismo que el cálculo en el punto mencionado.

➤ **Determinación del Costo del Sistema de Generación Eólico**

- 1 Generador eólico Aleko WG1500A con regulador 24v = \$ 74.000
- 4 Leoch LPC12-150 de 12V-150Ah = \$ 87.320
- 1 Reductor de tensión Cylgen modelo PRP040 = \$ 8.680
- Instalación a 10 mts = \$50.000

Costo total = \$ 220.000

3.7.3.3 Dimensionamiento del Sistema Híbrido de Generación Solar-Eólica

Un sistema híbrido es la unión de un aerogenerador y paneles solares que van conectados al mismo banco de baterías. Dicho sistema posee la ventaja de lograr mayor continuidad de carga, lo que impactará en una mayor durabilidad de la batería. Dado que el acumulador en un sistema eólico, corre riesgo en verano, y en un sistema de paneles solares, lo corre en invierno.

El sistema híbrido se propone abastecer la demanda de energía calculada en el punto 3.7.2.6, utilizando aerogenerador de 600W que tiene mayor presencia y precio en el mercado, cubriendo el faltante de generación con un sistema solar de 3 paneles Trina Solar TSM-330PD14

➤ **Cálculo de la Energía que Generará el Aerogenerador**

Se propone utilizar para calcular el sistema híbrido, el Aerogenerador 600W - 24V Enertik que se observa en la figura 3.35 y cuyas características se pueden ver en la tabla 3.56.



Figura 3.33: Aerogenerador 600w - 24v Enertik

Fuente: <https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-616433144-turbina-generator-eolico-aerogenerador-600w-24v-enertik- JM?quantity=1>

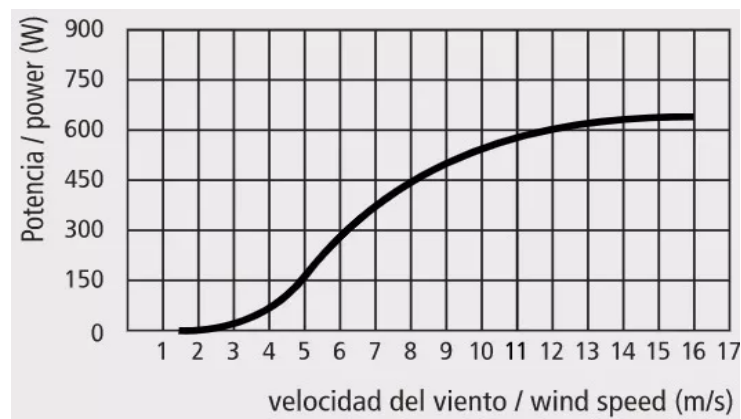


Figura 3.34: Curva de potencia

Fuente: <https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-616433144-turbina-generator-eolico-aerogenerador-600w-24v-enertik- JM?quantity=1>

Tabla 3.57: Cuadro de características del aerogenerador Enerkit

	Aerogenerador 600w - 24v Enertik
Material	Aluminio fundido resistente a la intemperie
Potencia Nominal	600 W
Potencia Máxima	750W
Velocidad del viento de arranque	Va= 1,5 m/seg
Velocidad del viento de Nominal	Vn = 12 m/seg
Velocidad del viento de seguridad	Vc= 16 m/seg
Corriente Nominal	25 A
Voltaje de Trabajo para Carga	24V DC
Diámetro del rotor	1,7 metros
Peso	29 Kg
Costo del equipo con regulador de carga	\$ 102.976

A continuación, se calculan dos relaciones necesarias para ingresar en el gráfico de la figura 3.34, teniendo en cuenta que la velocidad media de la zona Delta medio del Paraná a 10mts de altura es de $V_m = 3.73 \text{ m/s}$ dicho dato se obtiene de la Tabal 3.44). Es importante aclarar, que, si bien el aerogenerador no va a estar a más de 4m de altura y dado que no se

dispone de datos a dicha altura, se tomaran los de 10m asumiendo una disminución de generación del 10%

- Relación de velocidad media con velocidad nominal: $\frac{V_m}{V_n} = \frac{3.73}{10} = 0.37$
- Relación de velocidad de parada con velocidad nominal: $\frac{V_c}{V_n} = \frac{40}{10} = 4$

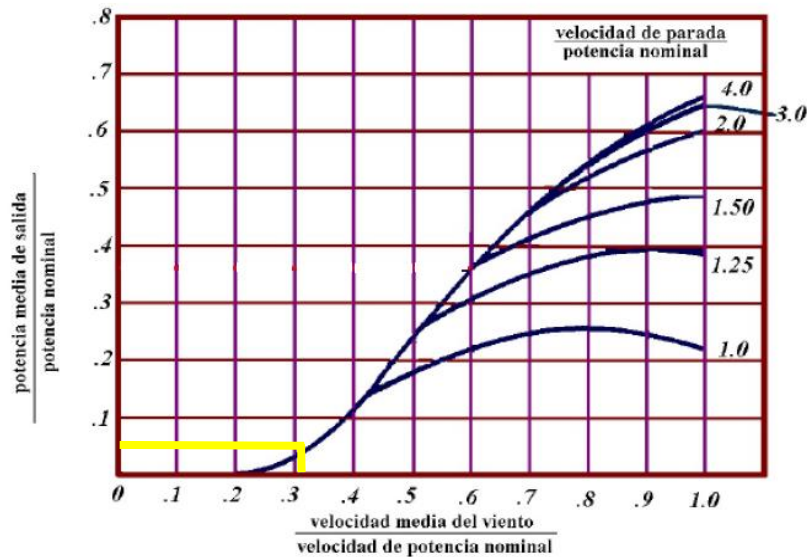


Figura 3.35: Relación para el cálculo de la potencia media del método de Dr. Mattio, Enertik 600W – 24V
Fuente: Nociones generales de energía eólica

Con los cálculos anteriores y el gráfico de la figura 3.37, se determina que la relación de potencia media con potencia nominal es de 0.05, a partir de la cual se determinan los siguientes parámetros:

- Potencia media de salida: $600\text{ W} * 0.05 = 30\text{ W}$
- Energía diaria media: $30\text{ W} * 24\text{ Hs} = 720\text{ Wh/día}$
- Energía diaria media con pérdida del 10% por altura: $720 - 72 = 648\text{ Wh/día}$

Como se calculó en el punto 3.7.2.6, para alimentar el equipamiento estipulado, se requieren aproximadamente 2.195 Wh/día , por lo cual, el aerogenerador cubrirá solo el 30% de la energía, el resto será cubierto con la energía solar mediante paneles fotovoltaicos.

➤ Cálculo de la Energía que Generara el Sistema Fotovoltaico

La energía total diaria necesaria para complementar la generada por el aerogenerador eólico es de 1.547 Wh con una tensión de trabajo de 24V.

De la ecuación (3.3) se obtendrá el consumo total de corriente de la instalación:

$$C_T(\text{corriente total}) = \frac{1547\text{ Wh}}{24\text{ V}} = 64.46\text{ Ah}$$

Tomando como panel a instalar el Trina Solar TSM-330PD14 (dicho equipo se puede encontrar en el link: <https://www.enertik.com.ar/panel-solar-fotovoltaico-policristalino-trina-solar-tsm-330pd14-330w> y tiene un costo de \$ 12.285), éste proporcionará una corriente máxima $I_{\max} = 8.83 \text{ A}$ (datos que se encuentra en la hoja de dato del panel en el Anexo 3). A partir de este dato, y utilizando la ecuación (3.4), se determinará la energía diaria que suministra dicho panel

$$E_{\text{panel}} = 0.9 * 8.83 * 3.41 = 27.1 \frac{\text{Ah}}{\text{dia}}$$

El número de paneles necesarios para generar el consumo calculado se obtendrá a partir de la ecuación (3.5)

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = = \frac{64.46}{27.1} = 2.4 \approx 3 \text{ paneles}$$

El cálculo de los acumuladores y conexionado de cargas será el mismo planteado en el punto 3.7.3, dado que esa parte del sistema no varía. En cuanto al regulador de voltaje de carga, este equipo tiene uno incorporado, pero en caso de no poseerlo, sería el mismo que el cálculo en el punto mencionado.

➤ **Determinación del Costo del Sistema de Generación Híbrido**

- 1 aerogenerador Enertik 600W-24V = \$ 102976
- 3 paneles fotovoltaicos Trina Solar TSM-330PD14 v0 = \$ 36.855
- 4 Leoch LPC12-150 de 12V-150Ah = \$ 87.320
- 1 Reductor de tensión Cylgen modelo PRP040 = \$ 8.680
- 1 Regulador de carga Enertik ENS-50-12/24 = \$ 8065
- Instalación a 10 mts = \$50.000

Costo total = \$ 293.896

3.7.4 Conexionado

3.7.4.1 Calculo de la sección del Conductor

En virtud de que las corrientes que circulan por los sistemas de generación planteados son altas, y siendo que mal dimensionamiento de la sección del conductor produce efectos dañinos, funcionamiento irregular en los equipos eléctricos, perdida de energía en el mismo y disminución de su vida útil, se procede al cálculo de los mismos para distintos valores de referencia de los sistemas ya descriptos y calculados

Para el cálculo de la sección del conductor en corriente continua aplicamos la siguiente expresión:

$$S = \frac{2\rho IL}{\delta}$$

Dónde:

- S es la sección mínima del conductor
- ρ es la resistividad en $\Omega \frac{mm^2}{m}$
- I es la intensidad de corriente que pasa por el conductor
- L es la longitud de la línea en metros
- δ es la máxima caída de tensión

Toda la instalación utilizara cables de cobre y se realizara por conductores aislados con termoplástico tipo PVC, para lo cual se calculara la resistividad del cobre a 70°C

$$\rho_{70} = \rho_{20} (1 + \alpha \Delta T) = 0.018 \times (1 + 0.00392 \times (70 - 20)) = 0.021 \Omega \frac{mm^2}{m}$$

Dada la variedad de sistemas de generación que deriva en varias corrientes de trabajo, se procede a calcular la sección de conductores para cuatro corrientes de referencia (20A, 40A, 60A y 90A) con una longitud de línea de 6 metros

- $I = 20A$ $S = \frac{2\rho IL}{\delta} = \frac{2 \times 0.021 \times 20 \times 6}{0.72} = 7 \text{ mm}^2$
- $I = 40A$ $S = \frac{2\rho IL}{\delta} = \frac{2 \times 0.021 \times 40 \times 6}{0.72} = 14 \text{ mm}^2$
- $I = 60A$ $S = \frac{2\rho IL}{\delta} = \frac{2 \times 0.021 \times 60 \times 6}{0.72} = 21 \text{ mm}^2$
- $I = 90A$ $S = \frac{2\rho IL}{\delta} = \frac{2 \times 0.021 \times 90 \times 6}{0.72} = 31.5 \text{ mm}^2$

3.7.4.2 Diagramas unifilares

En función de la existencia de distintas tensiones de trabajo y las combinaciones de ellas, se procede a graficar los conexionados correspondiente a fin de lograr una correcta instalación y no destruir los equipos.

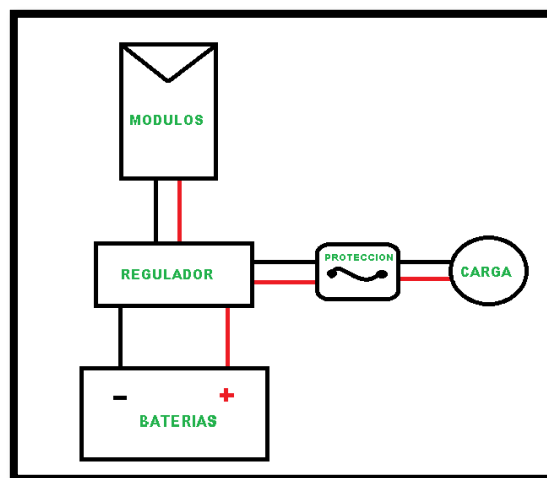


Figura 3.36: Conexionado de equipamiento de 12V
Fuente: Elaboración de autor

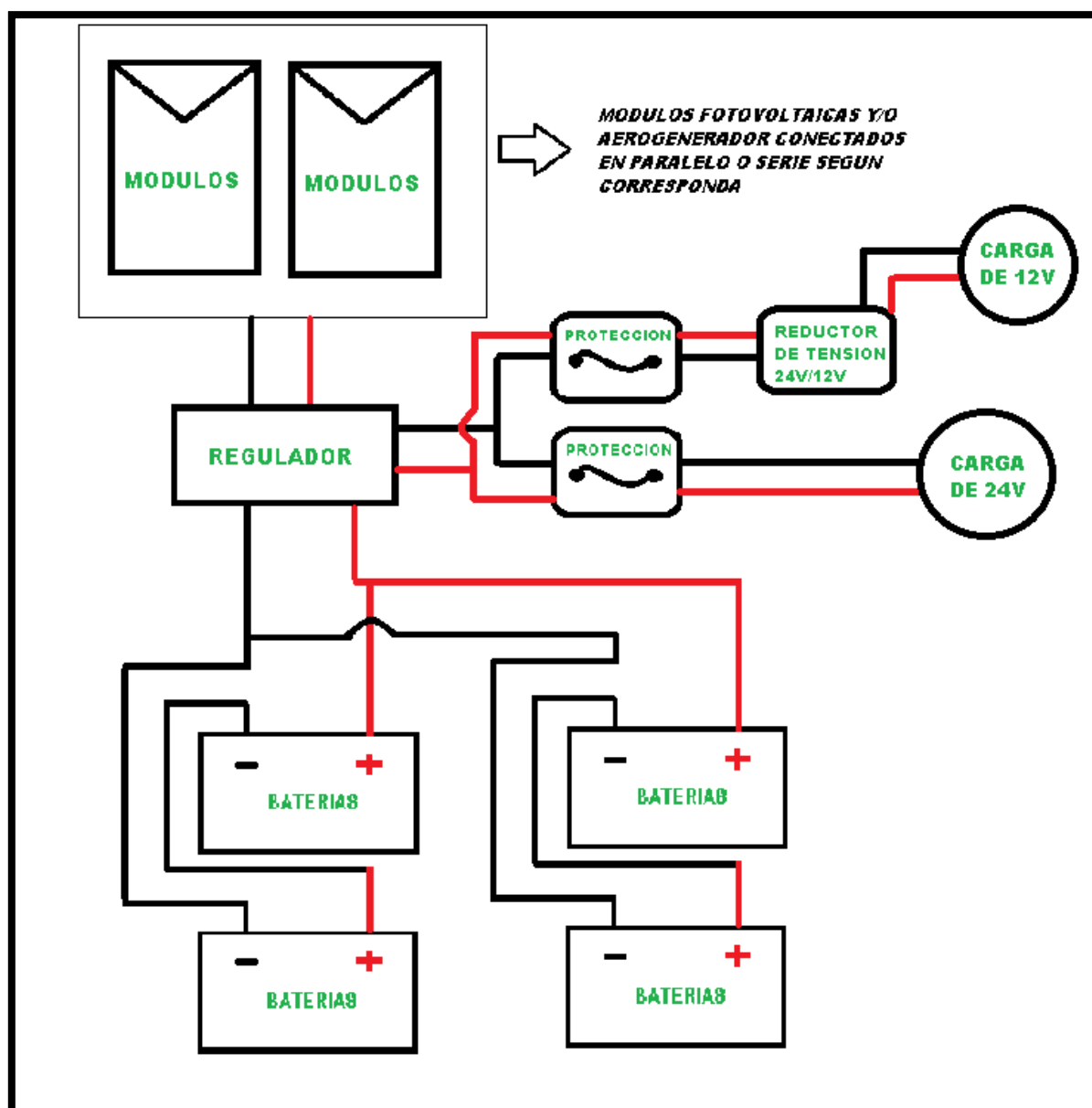


Figura 3.37: Conexión de equipamiento de 24V y 12V
Fuente: Elaboración de autor

3.7.5 Análisis de las Tres Opciones de Generación Calculados

Luego de lo calculado, analizado y detallado en los puntos 3.7.2, 3.7.3 y 3.7.4, se observan amplias diferencias en los costos de los sistemas, como se muestra en la tabla 3.36. También se puede decir que cada sistema tendrá sus ventajas y desventajas que se describirán a continuación.

El Sistema fotovoltaico de generación (punto 3.7.2), además de ser el menos costoso, tiene la ventaja de ser modular, esto permite agregar potencia sin necesidad de modificar todo el sistema. También es de fácil desmontaje y traslado (fundamental para la zona de las islas donde las inundaciones son frecuentes). Una desventaja de esta característica es la de tener una alta probabilidad de robo, debido a su misma practicidad. Los habitantes del lugar padecen frecuentemente, este tipo de delito.

Sin embargo, los altos niveles de radiación solar hacen que este sistema sea adecuado para la zona. Además no requiere de grandes equipos para su instalación y tiene generación diaria.

Por su parte, la mayor desventaja de los sistemas de generación eólica (punto 3.7.3) radica en la instalación y en la poca variedad de equipos disponibles en el mercado. El aerogenerador debe colocarse a una altura de 10 metros sobre el nivel del suelo, y para ello se necesitan fundaciones (es decir las bases para elevar parte de la estructura que sostiene la torre), así como también, colocar riendas para mantenerla erguida. La instalación de esta estructura se torna dificultosa debido a que el nivel del agua está muy próximo a los suelos impidiendo que la base sea firme y sólida para soportarla. Este problema se incrementa con las frecuentes inundaciones. Sin embargo, a diferencia del sistema anterior, posee la ventaja de tener menos posibilidades de robo, ya que al estar colocado en altura es de difícil acceso.

Los vientos del área no son tan intensos y, según los cálculos realizados, el sistema estará fuera de servicio un 27% del tiempo de funcionamiento., esto hace que se pierda tiempo de generación, haciéndolo poco efectivo

Como se muestra en la tabla 3.36 el costo total del sistema es un poco mayor al del sistema fotovoltaico.

Los sistemas híbridos (punto 3.7.4) son una unión de un aerogenerador y paneles fotovoltaicos que van al mismo banco de baterías. Esto tiene dos ventajas: la primera es que no necesita tanta batería, ya que en el caso eólico corre riesgo la capacidad de generación en verano y en el caso solar, en invierno (esto se puede observar haciendo un análisis de las tablas 3.44 y 3.45); la segunda ventaja es que la carga será más continua por lo que la batería tendrá más durabilidad y menos cantidad de batería de uso.

Al ser un sistema híbrido, el mismo reúne las ventajas y desventajas de los otros dos sistemas de generación, lo cual se traduce en un mayor costo como se puede observar en la tabla 3.57.

Tabla 3.58: Cuadro Resumen de sistemas de generación y costos

Sistema de Generación	Costo Aproximado [\$]
Solar (fotovoltaico)	152.905
Eólico (aerogeneradores)	220.000
Hibrido (solar + eólico)	293.896

De todo lo analizado en este punto, se deduce que el mejor sistema de generación es el híbrido, pero al hacer una relación entre el precio y sus prestaciones, se concluye que utilizar un sistema de generación fotovoltaico es lo más recomendado.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

- La situación energética tiene características similares a las de otras zonas rurales, es decir, bajo patrón de asentamiento poblacional, pobladores con bajos recursos, aislamiento geográfico y problemas ambientales asociados. Carecen de infraestructura eléctrica y la existente es de muy mala calidad.
- La posibilidad de contar con red de media o baja tensión en la zona de estudio son ínfimas dado el costo de la misma (U\$S 9000), sin mencionar la dificultades y peligros de una instalación de ese tipo en el delta donde está latente la posibilidad de inundaciones y suelos poco estables.
- La utilización de energías renovables con tecnología madura es la mejor opción para mejorar la calidad de vida, la producción en el Delta y frenar la migración de las familias, siendo su costo mucho menor al de un tendido eléctrico
- Existe una gran inequidad en el acceso a la energía por parte de la población de las islas respecto a otros sectores de la sociedad. Los pobladores tienen enteramente a su cargo el abastecimiento de energía para sus hogares (equipos, insumos, fuentes, etc.). Esto implica que deben destinar parte importante del ingreso familiar para: actividades domésticas básicas (cocción de alimentos y agua caliente sanitaria); confort en el hogar (iluminación, calefacción y ventilación); entretenimiento familiar; utilización de herramientas de trabajo. Si se considera exclusivamente el consumo de combustible para electricidad, se detecta una gran brecha económica entre el gasto de electricidad de los hogares isleños y el de los usuarios del servicio eléctrico público. Un KWh de energía eléctrica es 18 veces más barato para un residente de la ciudad de Rosario (ver factura de la EPE en Anexo 5), que para un poblador de las islas que lo obtiene mediante generador.
- Se comprobó, a partir del análisis de las viviendas mediante la norma IRAM 11604 y 11659, que la mayoría de las construcciones emplazadas en el Delta carecen de aislación térmica, lo cual dificulta la climatización, necesitando mucha energía para lograrlo. El confort térmico de las viviendas es uno de los problemas más evidentes.
- La actividad productiva que se realiza en el delta es mayormente artesanal y tiene una relación directa con la población que lo habita ya que todos ellos viven del delta, mediante la pesca, la caza, realizando ganadería y apicultura o ecoturismo siendo sus necesidades energéticas muy básicas, cuya satisfacción mejoraría notablemente la producción y el bienestar de dichos pobladores

- El conocimiento sobre fuentes energéticas renovables en lo pobladores es muy precario. En pocos casos se utiliza la incidencia directa del sol (calentamiento del agua en tanques, por calentamiento de las paredes expuestas a la radiación), y tecnologías industriales (fotovoltaica) que no dan los resultados esperados. Los habitantes de las islas conciben a estas tecnologías de manera contradictoria: por un lado, como posibilidad para mejorar el acceso a la energía; y por el otro, como medios cuya efectividad está en duda o directamente, no puede garantizarse. Esto responde a sus propias experiencias con sistemas de energía renovables (equipos casi obsoletos, mal utilizados o que están a prueba), y a la escasa difusión de estas tecnologías entre los pobladores.
- Se verificó que el uso de leña para calefacción o cocción, es cada vez más frecuente, considerando el importante costo que conlleva conseguir una garrafa de gas (costo de la misma y traslado). La tala indiscriminada de árboles para la obtención de leña (cuya madera posee bajo poder calorífico) trae aparejado problemas de degradación del suelo.
- Si bien existe tecnología disponible y recursos solar suficientes que permite a los habitantes del delta cocinar y calentar agua a partir del sol; el costo de estos equipos es prácticamente inalcanzable para la mayoría de los habitantes. La fabricación casera de estos equipos con elementos económicos y reciclados es una solución que permitirá mitigar y mejorar la situación actual
- La implementación de diferentes tecnologías de energías limpias disponibles puede cubrir las necesidades detectadas, y así, mejorar la calidad de vida de los pobladores. Durante su búsqueda e investigación, se encontró una gran disparidad de precios, lo cual manifiesta la poca incidencia de estas tecnologías, convirtiéndose en un bien de lujo y no un derecho que permita a la gente salir de la pobreza energética.
- Se verifico la existencia de un buen potencial de generación utilizando energía solar térmica y fotovoltaica. Siendo uno de los problemas más visibles, la solidez del suelo para implantar la base de la torre para un sistema eólico. La inconsistencia del mismo, debido a que el agua se encuentra cercano a la superficie, dificulta esa acción
- Luego de analizar los tres sistemas de generación, se llegó a la conclusión de que el sistema con mayores ventajas es el híbrido, sin embargo, la relación entre precio y prestaciones, da un saldo negativo. Por tal motivo, se recomienda la utilización del sistema de generación fotovoltaico.

RECOMENDACIONES

Como se pudo observar a lo largo de este trabajo, existen las tecnologías y el potencial energético que permitiría darles a los habitantes del Delta del río Paraná una mejor calidad de vida y posibilidad de desarrollo. La ausencia del Estado y de empresas que distribuyan energía hace que la generación de la misma esté a cargo de las familias, y que su acceso dependa de las posibilidades económicas de cada una, lo cual introduce una inequidad al interior de la población. Finalmente, la situación de inequidad se manifiesta en la imposibilidad de acceder por cuenta propia a medios alternativos de generación de energías con fuentes renovables; entre otros factores, el nivel promedio de ingresos familiares y el alto costo de algunas tecnologías inciden en esa situación. Por este motivo se propone que el Estado, en todos sus niveles (Nacional, Provincial y Municipal) fomente el uso de estas energías a través de sus entes gubernamentales mediante normativas, regulaciones e incentivos. Para lograrlo, se deberá contemplar algún tipo de programa que garantice el equipamiento tecnológico adecuado a familias de bajos recursos en situación rural (en este caso, del Delta), y que ponga a disposición líneas de créditos blandas para quienes puedan pagarla. Esto no solo traería beneficios para los habitantes y trabajadores del lugar, sino que permitiría reducir la contaminación producida por los métodos convencionales de generación y aprovechamiento energético. Considerando que el Ecoturismo es una actividad cada vez más presente en el delta, dicho beneficio cobra especial importancia. Por último, es necesario destacar que el empleo de estas tecnologías suele tener un efecto multiplicador, demostrado por la factibilidad de su utilización y su viabilidad económica.

PALABRAS FINALES.

El objetivo de realizar el análisis de la situación energética de las islas, es poder colaborar para mejorar la calidad de vida de sus pobladores, detener la migración y fomentar la afluencia de personas. Como visitante asiduo y beneficiado de las maravillas que nos ofrece el delta, siento la necesidad de contribuir a mejorar y reconvertir las actividades que allí se realizan.

La implementación de estas tecnologías puede ayudar a aumentar la producción de las actividades que allí se realizan. Un trabajador que vive en mejores condiciones y con más alegría realiza mejor sus actividades productivas.

La existencia de tecnologías para mejorar la vida cotidiana de las personas, debe ser difundida y apoyada con programas gubernamentales que beneficien a los que más lo necesitan, la situación de las islas es un claro ejemplo de ello. Si bien en La provincia de Santa Fe es un ejemplo en materia de energías renovables, todavía hay mucho por hacer. .

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Informe técnico de avance del Estado de la Red Solarimétrica de Santa Fe (2015), que fue elaborado por el Grupo de Energías No-Convencionales (Genoc-Conicet-UNL), la Facultad de Ingeniería Química (FIQ) y el Instituto de Física del Litoral (IFIS-Conicet-UNL), Universidad nacional del Litoral – Faculta de Ingeniería Química, trabajo de radiación solar en santa fe
- [2] Descripción Resumida del Humedal (2019) - secretaria de medio ambiente de la Provincia de Santa Fe – consultado de la página web de Santafe.gov.ar en el año 2019
- [3] Manual de Energías Renovables de Santa Fe (2015), elaborado por la secretaria de estado de la provincia de Santa Fe
- [4] Informe OES (2016) – UTN FRRO (universidad tecnológica nacional – Facultad regional Rosario) , Parque Eólico Rufino de 25MW de Potencia
- [5] Instituto Nacional Del Agua (2004) – Subsecretaria De Recursos Hídricos – Secretaria De Obras Y Servicios Públicos de la República Argentina, Proyecto “Simulación y predicción del crecimiento del frente del Delta del Rio Paraná“
- [6] Trabajo (2009) ``Fuentes renovables y marginalidad energética de los pobladores de la reserva de biosfera Delta del Paraná (departamento Islas, Municipio de San Fernando, Provincia de Buenos Aires) – Autores: Julieta A. Bárbaro y Hugo Grossi Gallegos, Grupo de Estudios de la Radiación Solar (GERSolar), Instituto de Ecología y Desarrollo Sustentable (INEDES), Universidad Nacional de Lujan.
- [7] Trabajo (2009): ``Intervenciones para la energización solar de centros turísticos en el Delta del Paraná´´. Autores: Hugo Grossi Gallegos, R. Righini, C. Raichijk, A. Roldan, N. Schiavi, Grupo de Estudios de la Radiación Solar (GERSolar), Departamento de ciencias básicas, Universidad Nacional de Lujan.
- [8] Investigación (2004): ``energía no convencional – solar y eólica – para escuelas rurales en la provincia de Entre Ríos´´, Autores: Armando B. Brizuela y Cesar Aguirre, Universidad Nacional de Entre Ríos, Concepción del Uruguay – Argentina
- [9] Trabajo UNER (2016): ``construcción de mapas solares y eólicos de la Provincia de Entre Ríos´´, Autor: Lic. Armando Brizuela y la ing. Silvia Ledesma – Cátedra climatológica Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNER (Universidad Nacional de Entre Ríos)
- [10] Revista científica Agropecuaria (2016) – ``Análisis Estadístico de los vientos máximos para la provincia de Entre Ríos y su entorno´´ - Autores: Leandro E. Kinderknecht; Alejandro G. Masine; Claudio A. Fontana; César A. Aguirre; Armando B. Brizuela
- [11] Investigación (Florianópolis 2008) : ``Energización sustentable en comunidades rurales aisladas del Delta del Rio Paraná con fines productivos´´ - Autores: Leandro E. Kinderknecht; Alejandro G. Masine; Claudio A. Fontana; César A. Aguirre; Armando B. Brizuela
- [12] Asades trabajo de investigación (2017): ``Mapa de ahorro energético obtenible con sistemas híbridos de calentamiento de agua domiciliaria´´ - Autores: A. Lanson, R. Righini, R. J. Aguerre- Grupo de Estudios de la Radiación Solar - Instituto de Ecología y Desarrollo Sustentable

- (INEDES) - Universidad Nacional de Lujan (UNLu) - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
- [13] Plan de gestión integrada para el desarrollo productivo sostenible del delta entrerriano (2016) – Centro de desarrollo y asistencia tecnológica Delta Sustentable – Secretaria de Ambiente de Entre Rios
 - [14] Revista Invi (2016)- Autores: Viegas, G., Walsh, C., & Barros, M. ``Evaluación cuali-cuantitativa de aislaciones térmicas alternativas para viviendas´´. El caso de la agricultura familiar. Revista INVI, 31 (86), 89-117.
 - [15] Suplemento: Ciencia, Docencia y Tecnología Vol. 6, año 2016. Trabajo: Diagnostico de las condiciones del sistema socio-productivo y ambiental del sector entrerriano del Delta del rio Paraná. Autores: Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Entre Ríos. (Oro Verde, Entre Ríos, Argentina)
 - [16] Revista: Humedales del Paraná, Biodiversidad, usos y amenazas en el Delta medio, octubre 2010 – Taller Ecologista
 - [17] Blog Delta nativo (2017) – guía turística delta nativo, energías renovables
 - [18] INDEC – Censo nacional de población, hogares y viviendas 2010
 - [19] INDEC – Censo nacional económico 2005
 - [20] Página <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> - propiedad de la NASA – consultada año 2019
 - [21] Energía solar fotovoltaica, segunda edición – ``Calculo de una instalación aislada´´ - año 2010 – Autor: Miguel Pareja Aparicio – Editorial Marcobombo S.A.
 - [22] Manual de energía Eólica (2017) – ``Desarrollo de proyectos e instalaciones´´- Autor: salvador Cuco Pardillos – Editorial Universidad politécnica de Valencia
 - [23] Nociones generales de energía eólica (2006) – Autor Dr. Mattio
 - [24] Mercadolibre.com – Costos y características de equipamiento utilizado- consultado año 2019
 - [25] Norma IRAM 11604. Aislamiento térmico de edificios – edición 04/12/2017 y consultado en el año 2019
 - [26] Norma IRAM 11659-1 ESQUEMA 2. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones hidrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración - edición 04/12/2017 y consultado en el año 2019
 - [27] Norma IRAM 11659-2. Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones hidrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración - edición 04/12/2017 y consultado en el año 2019
 - [28] Norma IRAM 11603. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina - edición 04/12/2017 y consultado en el año 2019
 - [29] Norma IRAM 11601. Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo - edición 04/12/2017 y consultado en el año 2019
 - [30] Portal web de la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (Cammesa) <https://portalweb.cammesa.com/> - Consultado año 2019

- [31] Carbón Vegetal Argentino, tesis doctoral de Piatti, Miguel (2017), pagina web: https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n0071_Pattin.pdf – publicado el 1/3/2017 y consultado en el año 2019
- [32] https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_paso_a_paso_termotanque_solar_de_agua.pdf - archivo del 19 de diciembre del 2013 consultado en el año 2019
- [33] diseño, desarrollo y evaluación de una cocina solar a bajo costo- CIEN DES9 – 2008, es importante destacar que no se encontraron trabajos más recientes)
- [34] Tesis doctoral de la Lic. Liliana Beatriz Pizarro – “ difusión y uso de cocinas solares de mínimo costo para la cocción de alimentos” – año 2008 http://www.unsa.edu.ar/passamai/TFinal_TesisPizarro.pdf
- [35] Fabricación casera de cocina solar : <http://solarcooking.org/espanol/paracuina-es.pdf>- consultado en 2019 y publicado en el 2016
- [36] Costos de línea de media tensión ENRE (septiembre del 2016): [https://www.enre.gov.ar/web/web.nsf/Files/RTI-EDENOR%20-%20Anexo%20A.pdf/\\$FILE/RTI-EDENOR%20-%20Anexo%20A.pdf](https://www.enre.gov.ar/web/web.nsf/Files/RTI-EDENOR%20-%20Anexo%20A.pdf/$FILE/RTI-EDENOR%20-%20Anexo%20A.pdf)-

ANEXOS
