

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR PARA LA HOSTERÍA MOYA BAYAS

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

GARCÍA GAVILÁNEZ ROBINSON JOSÉ

robinson.garcia@epn.edu.ec

DIRECTOR: Ing. ÁNGEL PORTILLA, Mgs.

angel.portilla@epn.edu.ec

Quito, Marzo 2017

DECLARACIÓN

Yo, Robinson José García Gavilánez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Robinson José García Gavilánez

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Robinson José García Gavilánez, bajo mi supervisión.

Ing. Ángel Portilla, Mgs.
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A mis padres, José García y Laura Gavilánez por sus palabras de aliento y su apoyo que me han permitido cumplir uno de mis sueños.

A mis hermanas, Elizabeth García, Teresa García y Marilyn García por su amor el cual me ha levantado de las adversidades de la vida.

Al Ingeniero Ángel Portilla por su guía en el desarrollo de este proyecto de titulación y por las enseñanzas entregadas en las materias que impartía cuando fui su alumno.

A la Ingeniera María Gabriela Campuzano por su paciencia y ayuda, al brindarme su conocimiento y experiencia en el área de energías, lo cual ha sido fundamental para finalizar este estudio.

A mis tíos, Rafael García y Concepción Solórzano por darme acogida en su domicilio todo el tiempo que duro mi carrera.

A mis tíos y primos por el cariño que me han brindado en todo momento.

A mis suegros Gladys Sánchez y Vinicio Lara por los cuidados hacia mi hijo y por todos los buenos momentos compartidos.

A mis cuñados por estar siempre presentes en las buenas y en las malas.

Al Lic. Edgar Moya por abrirme las puertas de su hostería, facilitándome información para culminar con el proyecto.

DEDICATORIA

A mi hijo, José David García, le dedico todo el esfuerzo puesto en este trabajo de titulación, por ser la inspiración más grande de mi vida.

A mis sobrinos, por ser los primeros en hacerme conocer lo que es la felicidad y la diversión.

A mi esposa, Karolina Lara por darme lo más preciado que tengo en el mundo mi hijo.

A mi abuelito, Eloy Gavilanes, por su amor, ternura y sabiduría.

CONTENIDO

Declaración.....	i
Certificación	ii
Agradecimiento	iii
Dedicatoria.....	iv
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xv
Presentación.....	xvi
1. Planteamiento del problema	1
1.1. Justificación.....	2
1.2. Objetivo general	3
1.3. Objetivos específicos	3
1.4. Estado del arte	3
1.5. Aplicaciones de energía solar en zonas residenciales	6
1.5.1. Agua caliente sanitaria.....	6
1.5.2. Calentamiento de piscinas.....	6
1.5.3. Calefacción de edificios	6
1.5.4. Refrigeración de edificios	6
1.5.5. Secado solar	6
1.5.6. Potabilización y desalinización del agua	7
1.5.7. Cocinado solar	7
1.5.8. Iluminación y generación eléctrica	7
1.6. Tarifa e incentivos vigentes en Ecuador por el uso energías alternativas.....	7
2. Marco teórico	11
2.1. Energía solar	11
2.1.1. Tipos de radiación (Jutglar, 2004)	12
2.1.2. Instrumentos de medida de energía solar. (Jutglar, 2004)	13
2.2. Energía solar fotovoltaica	14
2.2.1. Materiales semiconductores (Méndez & Cuervo, 2008).....	14

2.2.2. Células fotovoltaicas	15
2.2.3. Tipos de células fotovoltaicas (pareja, 2009)	16
2.2.4. Paneles fotovoltaicos	16
2.2.5. Formas de conexión de los paneles solares (pareja, 2009)	16
2.2.6. Sistemas fotovoltaicos	17
2.3. Energía solar térmica.....	19
2.3.1. Elementos de una instalación solar térmica.....	19
2.3.2. Clases de colectores solares.....	20
2.4. Climatización de piscinas de baño	23
2.4.1. Piscinas de baño.....	23
2.4.2. Tipos de piscinas (jiménez lópez, 2009)	23
2.4.3. Elementos importantes de una piscina	26
2.4.4. Condiciones de confort de una piscina con cubierta	27
3. Dimensionamiento sistema fotovoltaico	28
3.1. Definición del sistema.....	28
3.2. Ubicación de la hostería	28
3.3. Datos geográficos, meteorológicos y radiación obtenidos de fuentes de información.....	29
3.3.1. Datos de temperatura, latitud, altura y longitud obtenidos en base a registros de diversas fuentes	29
3.3.2. Datos de radicación incidente obtenidos en base a registros de diversas fuentes.....	30
3.3.3. Datos meteorológicos obtenidos por mediciones en campo	33
3.4. Potencia total instalada en la hostería	34
3.5. Necesidades energéticas de la hostería	34
3.6. Consideraciones para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico	36
3.7. Número de paneles fotovoltaicos	38
3.8. Selección del inversor.....	41
3.9. Dimensionamiento del banco de baterías	42

3.10.	Costo de los elementos del sistema fotovoltaico	42
3.11.	Diseño de la estructura metálica para los paneles fotovoltaicos.....	43
3.11.1.	Consideraciones para el diseño.....	43
3.11.2.	Distribución de carga en los perfiles.....	45
3.11.3.	Determinación de esfuerzos en sap 2000.....	47
3.11.4.	Calculo de la soldadura	50
3.11.5.	Calculo del tiempo de soldadura	52
3.12.	Costo de la estructura.....	53
3.13.	Costo total del sistema fotovoltaico	54
4.	Dimensionamiento del sistema calentamiento para la piscina	55
4.1.	Descripción del sistema actual de funcionamiento de la piscina.....	55
4.1.1.	Especificaciones técnicas de los elementos más importantes de la piscina.....	55
4.2.	Consideraciones para el dimensionamiento del sistema.....	58
4.2.1.	Consideraciones generales.....	58
4.2.2.	Consideraciones geométricas.....	58
4.2.3.	Consideraciones ambientales.....	59
4.3.	Metodología	60
4.4.	Balance de energía en la piscina	60
4.4.1.	Energía que entra a la piscina.....	61
4.4.2.	Energía que sale de la piscina	61
4.4.3.	Cálculo de las pérdidas de energía en la piscina.....	68
4.5.	Selección del colector solar para piscina	78
4.6.	Área de colección requerida	80
4.7.	Número de colectores solares.....	81
4.8.	Cálculo del calor requerido para calentar la piscina	81
4.9.	Operación del sistema caldera-colector.....	82
4.9.1.	Consideraciones de operación.....	82
4.9.2.	Control de encendido de la caldera.....	84
4.10.	Costo de sistema de calentamiento para la piscina.....	87

5.	Análisis financiero	88
5.1.	Determinación del costo	88
5.1.1.	Costo de inversión	88
5.1.2.	Costo de operación.....	88
5.1.3.	Costo por mantenimiento.....	92
5.2.	Determinación del ingreso	93
5.3.	Viabilidad del proyecto.....	93
6.	Conclusiones y recomendaciones.....	96
6.1.	Conclusiones.....	96
6.2.	Recomendaciones	97
	Referencias bibliográficas	98
	Anexos.....	102
	Anexo 1. Curvas de radiación vs tiempo.....	i
	Anexo 2. Tablas de datos meteorológicos de la hostería	iv
	Anexo 3. Lista de precios de los módulos fotovoltaicos del proveedor proviento.	viii
	Anexo 4. Especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico seleccionado.	ix
	Anexo 5. Lista de precios de controladores proporcionados por el proveedor proviento.....	x
	Anexo 6. Lista de precios de baterías proporcionados por el proveedor proviento.	xi
	Anexo 7. Lista de precios de inversores proporcionados por el proveedor proviento.	xii
	Anexo 8. Catálogo del perfil seleccionado para la estructura	xiii
	Anexo 9. Cotización del costo del perfil.	xiv
	Anexo 10. Costo de mano de obra de soldadura smaw.....	xv
	Anexo 11. Esquema de la ubicación del sistema fotovoltaico en la hostería.	xvi
	Anexo 12. Tabla a-15 propiedades del aire, apéndice 1 cengel.	xvii
	Anexo 13. Tabla a-9 propiedades agua saturada, apéndice 1 cengel.	xviii
	Anexo 14. Tabla a-1, constante del gas y calores específicos de ciertas sustancias, apéndice 1 cengel.	xix
	Anexo 15. Tabla a-5, propiedades de materiales de construcción, apéndice 1 cengel.....	xx

Anexo 16. Tabla a-2, propiedades en los puntos de ebullición y congelación, apéndice 1 cengel.....	xxi
Anexo 17. Algunas constantes físicas.....	xxii
Anexo 18. Tabla a-18. emisividad de las superficies.....	xxiii
Anexo 19. Propiedades de la cubierta de policarbonato	xxiv
Anexo 20. Coeficiente de absortividad del agua	xxv
Anexo 21. Valores típicos de eficiencia para colectores obtenidos de la norma ecuatoriana de construcción (nec-10).....	xxvi
Anexo 22. Costo colectores solares obtenidos de la empresa aquarenovable cia. Ltda ..	xxvii
Anexo 23. Costos de los dispositivos del sistema de control.....	xxviii
Anexo 24. Catalogo del colector solar seleccionado.....	xxix
Anexo 25. Esquema de la ubicación de los colectores solares en la hostería	xxx

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Radiación solar en la superficie terrestre	11
Figura 2.2. Tipos de radiación solar	12
Figura 2.3. Representación de un piranómetro	13
Figura 2.4. Representación de un pirheliómetro	13
Figura 2.5. Semiconductor tipo n	14
Figura 2.6. Semiconductor tipo p	14
Figura 2.7. Unión p-n	15
Figura 2.8. Funcionamiento célula fotovoltaica	15
Figura 2.9. Conexión de paneles solares en paralelo	16
Figura 2.10. Conexión de paneles solares en serie	17
Figura 2.11. Conexión mixta de paneles	17
Figura 2.12. Sistema fotovoltaico aislado de la red	18
Figura 2.13. Sistema fotovoltaico conectado a la red	19
Figura 2.14. Elementos de una instalación solar térmica	19
Figura 2.15. Elementos de un colector solar plano	20
Figura 2.16. Colector solar polipropileno	21
Figura 2.17. Colector solar de tubos al vacío	21
Figura 2.18. Colectores solares inflables	22
Figura 2.19. Colector solar enrollado de manguera	22
Figura 2.20. Colector solar semiesférico de bubblesun	23
Figura 2.21. Piscina de chapoteo	24
Figura 2.22. Piscina de chapoteo	24
Figura 2.23. Piscina polivalente	25
Figura 2.24. Piscina polivalente	25
Figura 2.25. Piscina de natación	25
Figura 2.26. Piscina de salto	26
Figura 3.1. Ubicación geográfica Cantón Chimbo	28
Figura 3.2. Localización hostería Moya Bayas	29
Figura 3.3. Radiación Global Promedio Ecuador	31
Figura 3.4. Dimensiones panel fotovoltaico	43
Figura 3.5. Dimensiones panel fotovoltaico	44
Figura 3.6. Vista lateral de la estructura metálica	44
Figura 3.7. Vista superior de la estructura metálica	44
Figura 3.8. Estructura de soporte paneles fotovoltaicos	45
Figura 3.9. Módulos fotovoltaicos colocados en el soporte metálico	45

Figura 3.10. Distribución de carga en la viga 1	46
Figura 3.11. Distribución de carga en la viga 3	47
Figura 3.12. Distribución de carga en la viga 5	47
Figura 3.13. Distribución de carga en la viga 6	47
Figura 3.14. Selección de perfil en SAP	48
Figura 3.15. Ingreso de carga en SAP	48
Figura 3.16. Estructura con todas las cargas	48
Figura 3.17. Factor de carga	49
Figura 3.18. Diagrama de momentos en la viga más crítica	49
Figura 3.19. Fuerza sobre la columna más crítica.....	50
Figura 3.20. Esquema de la soldadura	50
Figura 4.1. Esquema del sistema de funcionamiento de la piscina	55
Figura 4.2. Bomba de la piscina.....	56
Figura 4.3. Caldera de la piscina.....	56
Figura 4.4. Filtro de la piscina	57
Figura 4.5. Válvula selectora de la piscina	57
Figura 4.6. Sistema de funcionamiento de la piscina con colectores solares.....	58
Figura 4.7. Piscina hostería moya bayas	58
Figura 4.8. Dimensiones de la piscina	59
Figura 4.9. Energías que actúan sobre la piscina.....	60
Figura 4.10. Pérdidas por convección.....	61
Figura 4.11. Pérdidas por evaporación	63
Figura 4.12. Pérdidas por conducción	66
Figura 4.13. Pérdidas por radiación	67
Figura 4.14. Factor de visión	68
Figura 4.15. Funcionamiento del sistema caldera-colector de 10 am a 6 pm	83
Figura 4.16. Funcionamiento del sistema caldera-colector para los horarios en los cuales el agua pasa únicamente por la caldera.	84
Figura 4.17. Algoritmo para el control de encendido de la caldera	84
Figura 4.18. Sensor de temperatura Lm35	85
Figura 4.19. Microcontrolador Atmega8.....	86
Figura 4.20. Display para visualizar la temperatura del agua.	86
Figura 4.21. Circuito de control de temperatura	87

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1. Precios preferenciales (cUSD/kWh)	8
Tabla 1.2. Tabla de equipos sin aranceles	9
Tabla 2.1. Temperatura recomendada para piscinas cubierta	27
Tabla 3.1. Datos meteorológicos y geográficos de la Hostería Moya Bayas	29
Tabla 3.2. Radiación solar promedio por Provincia en el Ecuador	30
Tabla 3.3. Radiación solar promedio para la hostería	32
Tabla 3.4. Datos meteorológicos promedio en la hostería moya bayas	33
Tabla 3.5. Dispositivos eléctricos de la hostería	34
Tabla 3.6. Consumo eléctrico mensual generado por bombillas	35
Tabla 3.7. Consumo eléctrico mensual generado por refrigeración	35
Tabla 3.8. Consumo eléctrico mensual generado por equipos electrónicos	36
Tabla 3.9. Consumo total de la hostería	36
Tabla 3.10. Factor de corrección por la inclinación de los paneles	37
Tabla 3.11. Valores recomendados por la norma NEC para determinar el número de paneles fotovoltaicos	37
Tabla 3.12. Número de paneles fotovoltaicos	41
Tabla 3.13. Selección del inversor	41
Tabla 3.14. Número de paneles fotovoltaicos	42
Tabla 3.15. Costo sistema fotovoltaico	43
Tabla 3.16. Datos para calcular la soldadura	51
Tabla 3.17. Costo de la estructura	54
Tabla 3.18. Costo total sistema fotovoltaico	54
Tabla 4.1. Datos geométricos de piscina	59
Tabla 4.2. Datos temperatura, presión y humedad relativa	69
Tabla 4.3. Ponderación de criterios de selección del colector	78
Tabla 4.4. Ponderación criterio no romperse fácilmente	78
Tabla 4.5. Ponderación del criterio vida útil	79
Tabla 4.6. Ponderación del criterio costo	79
Tabla 4.7. Ponderación del criterio mantenimiento	79
Tabla 4.8. Ponderación total tomando en cuenta todos los criterios de selección	80
Tabla 4.9. Horarios en los cuales el agua pasa únicamente por la caldera.	83
Tabla 4.10. Especificaciones del sensor de temperatura LM35	85
Tabla 4.11. Especificaciones del microprocesador atmega8	86
Tabla 4.12. Especificaciones del display.	86
Tabla 4.13. Costo del sistema calentamiento piscina	87

Tabla 5.1. Costo inversión de los sistemas dimensionados.....	88
Tabla 5.2. Costo total de operación	92
Tabla 5.3. Ingresos anuales en la hostería	93
Tabla 5.4. Datos necesarios para el análisis.	93
Tabla 5.5. Flujo de efectivo.	94
Tabla 5.6. Valores del VAN y el TIR	94
Tabla 5.7. Tiempo de recuperación de la inversión.	94
Tabla 5.8. Viabilidad del proyecto	95

RESUMEN

Se ha realizado el estudio de factibilidad para implementar un sistema de energía solar en la hostería Moya Bayas, con la finalidad de incrementar el número de visitantes, para esto se realizó visitas de campo para obtener datos para el dimensionamiento de dos sistemas, un sistema fotovoltaico para iluminación y un sistema de calentamiento para piscina, el sistema fotovoltaico dimensionado consta de 9 paneles fotovoltaicos de 230 Wp y el sistema de calentamiento para piscina consta de 12 colectores solares de polipropileno de 4.6 m², el análisis financiero realizado determinó que el proyecto es rentable obteniendo un TIR del 27 %, tiempo de recuperación de inversión de 3 años y un VAN de 17999 USD.

Palabras clave: celda, colector, energía, panel, piscina, sol.

ABSTRACT

The feasibility study was carried out to implement a solar energy system at the Moya Bayas Lodge to increase the number of visitors. Field visits were made to obtain the data needed to size a photovoltaic system for illumination and a pool heating system. The photovoltaic system consists of 9 photovoltaic panels of 230 Wp and the heating system for swimming pool consists of 12 solar collectors of polypropylene of 4.6 m², the financial analysis indicates that the project is profitable yielding up to 27 % IRR, with a 3 year investment recovery time and a NAV of 17999 USD.

Key clave: cell, collector, energy, panel, pool, sun.

PRESENTACIÓN

En este estudio técnico se calculará el número de paneles fotovoltaicos para iluminación y el número de colectores solares para calentamiento de la piscina y se determinará el costo de los sistemas tomando en cuenta todos los elementos que intervienen en cada sistema.

En el Capítulo 1 se define el problema y los objetivos a cumplir conforme avance el proyecto y el estado del arte.

En el Capítulo 2 se indica la base teórica necesaria para poder desarrollar el proyecto, fundamentos de energía solar, sistemas fotovoltaicos y sistemas para calentamiento de piscina.

En el Capítulo 3 se indica cómo se va a dimensionar el sistema fotovoltaico, se determinará la demanda energética de la hostería, el sistema que se va a emplear, las condiciones ambientales del lugar, finalmente el número de paneles necesario en base a la norma NEC, también se dimensionará los demás componentes del sistema y finalmente se calculará la estructura que servirá de soporte para los paneles fotovoltaicos.

En el Capítulo 4 se indica los pasos que se deben seguir para dimensionar un sistema de calentamiento de agua para piscina, aquí se selecciona el tipo de colector solar a usarse y la cantidad de colectores necesarios.

En el Capítulo 5 se calculan los costos del proyecto y se determina la viabilidad financiera del mismo en base a indicadores como el VAN, TIR y tiempo de recuperación de la inversión.

En el Capítulo 6 se redactan las conclusiones y recomendaciones en base a los objetivos propuestos.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad la tendencia de los turistas es buscar lugares donde se pueda interactuar de forma directa con la naturaleza en los cuales se cause el mínimo impacto ambiental, sitios tranquilos y libres de estrés. La Hostería Moya Bayas busca incrementar su nicho mercado y servir a la sociedad ecuatoriana como un lugar en el cual se pueda vivir momentos de recreación en un ambiente sano lleno vida y responsable con la naturaleza. Otro objetivo que se plantea la hostería es ser utilizada como un lugar para el aprendizaje de turistas e instituciones educativas fomentando el turismo educativo, el mismo que es un segmento de mercado con alto potencial.

El turismo educativo es una de las tendencias con mayor crecimiento en estos últimos años y los viajeros se abren cada día más a nuevas formas de conocer mundo. Por estas razones el propietario de la Hostería Moya Bayas de la provincia de Bolívar está convencido que la utilización de energía solar para el funcionamiento de la misma incrementaría el número de visitantes. Otro punto importante al utilizar energía solar es calificar como punto verde lo que mejoraría su imagen y competitividad respecto a otras hosterías, atrayendo a turistas que tienen conciencia ambiental.

La hostería cuenta con espacios que pueden emplear electricidad generada con paneles fotovoltaicos como un salón de eventos y zonas de hospedaje para los turistas. Uno de los más importantes atractivos es la piscina, para lo cual la hostería ha mostrado tener interés en contar con un sistema de calentamiento solar térmico. En Bolívar, debido a las condiciones ambientales se deben calentar las piscinas, sin embargo, no existen en esta provincia piscinas calentadas por energía solar.

El uso de la energía solar le daría un valor agregado al proyecto y llamaría mucho la atención.

El Ministerio del Turismo del Ecuador cuenta con una página en la cual permite acceder a todo tipo de lugares turísticos del Ecuador entre ellas están las hosterías, entre las categorías se encuentra el turismo ecológico el cual es muy visitado por usuarios nacionales e internacionales, de esta manera se confirma que los turistas están interesados con este tipo de proyectos.

1.1. Justificación

Debido a los avances tecnológicos encontrados en los últimos años, se ha producido un aumento en la utilización de energía solar para aplicaciones de calentamiento de agua y generación eléctrica (Placco, Saravia & Cadena, s.a).

Ecuador es un país con condiciones únicas, topografías variadas y una amplia diversidad climática, todo esto le confiere un alto potencial para la utilización de energías renovables y limpias (Conelec, 2008). La implementación de sistemas amigables en lugares de recreación es una herramienta para el aprendizaje bajo el concepto de turismo educacional que se basa en el hecho de que las visitas tienen un alto contenido educativo, este tipo de actividades generan aprendizaje de forma vivencial. (Palacios, 2012).

Grandes cadenas de hoteles están implementando en sus instalaciones energías limpias, las tecnologías limpias también están siendo utilizadas por pequeñas hosterías o estancias de campo, con el fin de mejorar su infraestructura mediante la auto generación de energía y contribuyendo a la mejora de la calidad de vida de los habitantes de la comunidad, los emprendimientos turísticos con conciencia ambiental generan una buena imagen en la sociedad y hace posible que turistas que aprecian estas iniciativas visiten estos sitios, es posible generar actividades económicamente rentables que respeten el medio ambiente, buscando tecnologías que lo permitan. (Renovables verdes, 2010)

El Ecuador cuenta con atlas de recursos solar y eólico elaborados por el CONELEC Y MEER respectivamente. Un valor medio aproximado de la radiación solar global en Ecuador es de 4200kWh/año/m² muy superior al de España que es de 1400kWh/año por metro cuadrado (en la parte peninsular). De acuerdo al Atlas solar del Ecuador se presentan variaciones de más de un 30% de unos lugares a otros en el Ecuador continental, y de más del 40% si se comparan con las islas Galápagos. Se tomarán como referencia estos datos, se harán mediciones y se empleará la Norma Ecuatoriana de Construcción.

Para realizar el estudio de factibilidad para implementar un sistema de energía solar para la Hostería Moya Bayas, se recopilarán datos bibliográficos sobre las condiciones ambientales y la radiación solar y se realizará una visita de campo donde se obtendrá la información necesaria sobre los usos energéticos. En el sitio de la hostería se realizarán mediciones de la radiación, temperatura ambiental y velocidad del viento. Posteriormente

se procederá a dimensionar los sistemas fotovoltaico y térmico. Se efectuará el análisis financiero del proyecto en base a los costos locales.

Este trabajo de titulación contribuye al Plan Nacional del Buen Vivir en su objetivo 11 que dice: “Asegurar la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica entre las políticas menciona la siguiente; Fortalecer la investigación científica en los ámbitos energéticos, de industrias básicas y de generación y uso sustentable de energía renovable, para la industria, los hogares, el transporte y la producción”. (Objetivo 11 Plan Nacional del Buen Vivir, 2013)

Mediante la aplicación de las técnicas de investigación se da una solución al problema planteado, el mismo que servirá como referencia para otros proyectos que se vayan a realizar en sectores aledaños, enfocándose principalmente en el dimensionamiento del sistema de calentamiento para piscina, el número de paneles fotovoltaicos para generación eléctrica y el análisis técnico económico.

1.2. Objetivo general

Realizar el estudio de factibilidad para implementar un sistema de energía solar para la Hostería Moya Bayas

1.3. Objetivos específicos

- Determinar las necesidades energéticas de la Hostería
- Realización de mediciones en campo
- Dimensionar el sistema fotovoltaico
- Dimensionar el sistema de calentamiento de la piscina
- Determinar la viabilidad financiera

1.4. Estado del arte

En el año 1984 por medio del Instituto Nacional de Energía, se realizó la primera jornada de energía solar, como objetivo principal desarrollar las tecnologías que aprovechan la

energía solar en el Ecuador, desde 1996 se fomenta el uso de energías no convencionales, pero es en el 2011 con el cambio de la matriz energética que se impulsa la generación de las energías renovables. (Basurto, 2015)

En la página web oficial de la CODESO (Corporación para el Desarrollo Sostenible), facilita información sobre proyectos de implementación de energías alternativas en el Ecuador, con el objetivo principal de incentivar el uso de estas tecnologías, por ejemplo indica ciertos lugares del país en donde ya se está aplicando el uso de energías alternativas como es el caso de la hostería Iruñi ubicada en la provincia de esmeraldas, en la cual el agua es calentada por colectores solares. (Sánchez, 2010)

En la provincia de Imbabura se encuentra la hostería Tunas Y Cabras, la cual basa su funcionamiento en energías limpias y amigables con el medio ambiente, cuenta con colectores solares enrollados de manguera para el calentamiento de la piscina, un desalinizador de agua para que los turistas aprendan su funcionamiento, dos colectores solares para calentamiento de agua colocados en paralelo y un biodigestor.

La Empresa Renova Energía S.A trabaja en proyectos en el Ecuador y Perú, instalaron en Quito 5 sistemas solares térmicos de 300 litros para la constructora Metroeje, otro sistema solar térmico fue instalado en el Colegio Alemán de la misma ciudad, la empresa también participo en la instalación de la iluminación para todas las habitaciones del hotel Comunitario de la empresa Solutio Ingeniería y diseño un sistema fotovoltaico autónomo de 1kWp, para las zonas comunales del edificio Milenium Plaza. (Renovaenergia, 2015)

El proyecto techo solar que tiene como objetivo promover la utilización de energía solar en el Ecuador tiene el apoyo de la Republica de Alemania, estos techos son de fácil mantenimiento y contribuye al ahorro de electricidad, el primer techo solar fue instalado en el colegio Alemán de Quito, incluyendo al Ecuador ya son 35 países en los que el gobierno Alemán esta implementado esta tecnología como una solución al cambio climático. (Zavala, 2012)

En la comunidad de San Francisco de Paragachi en Imbabura se construyó un sistema fotovoltaico que consta de 4160 paneles solares que ocupan 3 hectáreas, este proyecto estuvo a cargo de la empresa Valsolar Ecuador, esta central tiene un producción 1.4 millones de kilovatios hora por año, esta energía es vendida a la red. (El comercio, 2014)

Según (Nieto, 2013) en su proyecto de grado habla del Diseño de una hostería Ecológica en la Isla Isabela de la provincia de Galápagos, la cual aprovecha las nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente, como energía solar, tratamiento de aguas residuales, entre otras.

De acuerdo a (Feijoo, 2009) en su proyecto de grado implementación de paneles solares en haciendas alejadas de la fuente de energía convencional en la Hacienda El Vado, la utilización de paneles fotovoltaicos para generación eléctrica tiene sus beneficios, considerando que llevar la red pública hasta la ubicación de la hacienda sería extremadamente costoso, mucho más que implementar energía solar.

El Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas tiene planificado la implementación de sistemas híbridos solares y eólicos para hoteles y edificaciones en la isla San Andrés, la razón por la cual se tiene esta iniciativa es, que en esta zona se consume 1.1 millones de galones de diésel al mes. (Calvo, 2009)

La Isla Fuerte en el 2009 implementó un sistema de refrigeración solar para alimentos, ya que este lugar posee una gran actividad pesquera razón por la cual fue indispensable contar con un sistema que permita mantener sus productos en buen estado. (Calvo, 2009)

El programa Euro-solar, tiene como objetivo ayudar a las comunidades ecuatorianas que no tienen acceso a la red eléctrica, en la amazonia existen proyectos que facilitan el desarrollo de telecomunicaciones, salud y educación, uno de estos proyectos es la implementación de una torre con paneles fotovoltaicos con una capacidad de 1100 vatios pico, esta torre se ubica en las inmediaciones del centro educativo de una comunidad de la provincia de Orellana, Euro-solar también tiene proyectos en la costa, en Jaramijo se construyó una granja solar. (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2012)

En Bogotá Colombia con el de Durespo se realizó un proyecto de energía fotovoltaica para escuelas ubicadas en Ubalá, el proyecto sirvió para iluminación y funcionamiento de computadoras portátiles. (Calvo, 2009)

En 2008 en la Alta Guajira se inició otro proyecto híbrido Eólico Solar, en el departamento de Nazaret, el cual consistía en la implementación de seguidores solares para las escuelas locales. (Calvo, 2009)

1.5. Aplicaciones de energía solar en zonas residenciales

1.5.1. Agua caliente sanitaria

Para esta aplicación los colectores más utilizados son los planos con cubierta de vidrio, es la aplicación más usual de la energía térmica, las temperaturas van desde los 45 °C a los 60 °C, los lugares en los que se implementa estas tecnologías son; hoteles, hosterías, hospitales, viviendas, entre otros, el porcentaje de demanda de agua caliente media anual reemplazada es aproximadamente del 70 %. (Adirse, 2010)

1.5.2. Calentamiento de piscinas

Se utiliza tanto para piscinas cubiertas como para expuestas al ambiente, el uso de energía solar para este fin está motivado por el gran volumen de agua que hay calentar, también dado que el uso de combustibles fósiles produce contaminación ambiental, en ciertos países existe normativas que prohíben calentar piscinas con combustibles que dañen el ambiente. (Anónimo, 2009)

1.5.3. Calefacción de edificios

La demanda de calefacción aumenta en tiempos en los que la energía solar disminuye, en el caso del calor generado por el suelo radiante, que consiste en tuberías de agua capaces de calentar el suelo y posteriormente el suelo transfiere calor al aire del piso, de esta manera el aire caliente sube calentando todo cuarto. (Anónimo, 2009)

1.5.4. Refrigeración de edificios

La gran ventaja de la refrigeración solar es que la cantidad de energía solar disponible máxima se tiene cuando la cantidad de refrigeración necesitada también es máxima, el sistema consiste en una máquina de absorción la cual contiene un líquido que al evaporarse absorbe una gran cantidad de calor en su entorno. (Anónimo, 2009)

1.5.5. Secado solar

Esta aplicación utiliza temperaturas bajas como las generadas por energía solar, por esta razón es ideal para la preservación de productos agrícolas, los colectores solares son

utilizados para calentar el aire que posteriormente será utilizado para disminuir la humedad que contengan los productos, esta aplicación no es nueva desde la antigüedad se utilizaba el sol como un medio para secar los granos. (Ávila, Mendoza & Beltrán, 2010)

1.5.6. Potabilización y desalinización del agua

La simultaneidad entre la necesidad de agua potable y la disponibilidad de energía solar la hace atractiva para esta aplicación, existen muchas regiones con gran cantidad de insolación pero que tienen escasez de agua potable, por ejemplo en la costa la cantidad de agua potable que se necesita en verano incrementa debido a que el número de turistas es mayor, los principios básicos para poder desalinizar y potabilizar con el sol son dos; la evaporación y la condensación. (Moya, 1997)

1.5.7. Cocinado solar

En las comunidades se utiliza leña para cocinar los alimentos, esto provoca daños a la salud y también al medio ambiente, por esta razón implementar cocinas solares en lugares donde el gas y la electricidad no están disponibles, es una opción atractiva para solucionar el problema de este grupo humano. (García, 2002)

1.5.8. Iluminación y generación eléctrica

Esta aplicación de la energía solar es muy conocida, los dispositivos que hacen posible la utilización de la energía solar para generación eléctrica son los paneles fotovoltaicos, en nuestro país son muy utilizados en lugares donde la energía de la red no está disponible, también para el funcionamiento de radares de velocidad, semáforos, iluminación pública entre otras aplicaciones. (Hernández, 2006)

1.6. Tarifa e incentivos vigentes en Ecuador por el uso energías alternativas.

Ecuador es uno de los pioneros en introducir la tarifa de inyección, en el año 2000 se aprobó la regulación 0906, que establecía una tarifa de inyección que daba a los productores la cantidad de 52 centavos de dólar por kilovatio hora de energía fotovoltaica generada, pero esta regulación desapareció en 2009 sin éxito, el primer sistema conectado a la red en el Ecuador es el Museo Guayasamín. (Levitin, 2011). La tarifa que maneja la

empresa eléctrica para los pagos de los clientes que inyectan energía a la red se denomina “feed in tariff”. Desde el 2011 existen incentivos para la construcción de proyectos fotovoltaicos conectados a la red, mediante la aprobación de la regulación 04/11 y que se la reformó en el año 2012, el CONELEC estableció una tarifa de 0.4 dólares por kilovatio hora generado, este pago se lo realiza a los inversionistas nacionales y extranjeros, que presente estudios de factibilidad de proyectos fotovoltaicos, los proyectos se someterán a la evaluación del Conelec. (CENACE, 2016) El costo de la energía de la red pública en el país es de 0.02 USD el kW-h. (Conelec).

En la tabla 1.1 se muestran las tarifas dadas por el Conelec, en la regulación 004/11.

Tabla 1.1.Precios preferenciales (cUSD/kWh)

PRECIOS PREFERENCIALES (CUSD/KWH)		
CENTRALES	TERRITORIO CONTINENTAL	TERRITORIO INSULAR
Biomasa	9.67	10.64
Biogás	7.32	8.05
Centrales	Capacidad (MW)	Territorio continental
Hidroeléctricas	C≤30	6.58
Valor unitario para el Estado del Buen vivir Territorial (cUSD/kWh-recaudado)		
CENTRALES	TERRITORIO CONTINENTAL	TERRITORIO INSULAR
Biomasa	2.38	2.62
Biogás	1.65	1.82
Centrales	Capacidad (MW)	Territorio continental
Hidroeléctricas	C≤30	1.89
Centrales	Territorio Continental	Territorio Insular
Eólicas	2.39	2.62
Fotovoltaicas	11.80	12.99
Solar Termoeléctrica	8.74	9.61
Corrientes Marinas	12.77	14.05
Biomasa y Biogás < 5 MW	2.86	3.5
Biomasa y Biogás > 5 MW	2.50	2.75

Fuente: Regulación 004/11 (CONELEC)

Otro incentivo más general en el uso de energías alternativas es la exoneración de pago de aranceles, impuestos y más gravámenes que involucren la importación de equipos y materiales para instalaciones destinadas a funcionar con energías no convencionales, para comercializar los sistemas previamente se necesitará obtener un certificado de calidad otorgado por Instituto Nacional de Energía. (Ley de fomento de las energías no convencionales, 2013).

En la tabla 1.2 se muestran los equipos que no pagan aranceles.

Tabla 1.2.Tabla de equipos sin aranceles

SECCION	XVI	MÁQUINAS Y APARATOS, MATERIAL ELÉCTRICO Y SUS PARTES, APARATOS DE GRABACIÓN O DE REPRODUCCIÓN DE SONIDO, APARATOS DE GRABACIÓN O REPRODUCCIÓN DE IMAGEN Y SONIDO EN TELEVISIÓN Y LAS PARTES Y ACCESORIOS DE ESTOS APARATOS
CAPÍTULO	84	Reactores nucleares, calderas, máquinas, aparatos y artefactos mecánicos, partes de estas máquinas o aparatos.
PARTIDA SISTEMA ARMONIZADO	8419	Aparatos y dispositivos, aunque se calienten eléctricamente (excepto los hornos y demás aparatos de la partida 85.14), para el tratamiento de materiales mediante operaciones que impliquen un cambio de temperatura, tales como calentamiento, cocción, torrefacción, destilación, rectificación, esterilización, pasteurización, baños de vapor de agua, secado, evaporización, vaporización, condensación o enfriamiento, excepto los aparatos domésticos; calentadores de agua de calentamiento instantáneo o de acumulación, excepto los eléctricos.
SUB PARTIDA SISTEMA ARMONIZADO	8419.19	-- Los demás:
SUB PARTIDA REGIONAL	8419.19.90	---Los demás
TNAM	0001 EXCEPTO: CALENTADORES DE AGUA DE CALIENTAMIENTO INSTANTANEO, NO ELÉCTRICOS NI GAS, CAPACIDAD > A 120	
ARANCEL ADVALOREM	0%	
ANTIDUMPING	0%	
FODINFA	0.50%	
ICÉ ADVALOREN	0%	
SALVAGUARDIA	0%	
INCREMENTO ICE	0%	
AEC	0%	
IVA	12%	
UNIDAD FÍSICA	Unidades	
OBSERVACIONES	Debe cumplir con Certificación INEN	

Fuente: Registro Oficial suplemento No. 859, 2012, pp. 116

El problema con estos incentivos es que son cambiantes desde 1982, se han introducido leyes de incentivos y luego se las ha quitado, las leyes tributarias o aduaneras son rápidamente derogadas por esta razón la empresa privada no invierte en investigación para este tipo de proyectos, no existe una política de estado que tenga una duración adecuada para poder desarrollar estas tecnologías. (Mena, s.f)

Por otro lado en este proyecto lo que se quiere es tener otro tipo de incentivo que no está relacionado con el ahorro energético, sino más bien lo que busca es generar que más personas se interesen por los lugares en los cuales se utiliza energías limpias y de esta manera aumentar el número de visitantes lo cual genera un ingreso por el turismo.

Para el presente proyecto de titulación, de todas las tecnologías existentes de energía solar para el estudio de factibilidad en la hostería Moya Bayas se tomaran en cuenta dos, generación eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos y el calentamiento de piscina utilizando de colectores solares.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Energía solar

Una de las fuentes de energía conocidas más por el hombre es el sol que es una fuente energética de grandes proporciones, hace posible la vida y el desarrollo de la misma al brindarnos su luz y calor, su temperatura media se encuentra en los 5500 °C, en su interior se generan reacciones que hacen que exista una pérdida de masa la cual se transformada en energía, al aporte de energía hacia el exterior del Sol se la conoce como radiación solar. (Méndez & Cuervo, 2008)

En la superficie solar la radiación es de 6.340.720 W/m², la radiación se emite en todas la direcciones y llega a la atmosfera terrestre con un valor cercano a 1.353 W/m² este valor es conocido como la constante solar que por condiciones geométricas de la tierra varía durante el año en ± 3 %. A la superficie terrestre llega solo la tercera parte de la energía que llega a la atmosfera, el 70% de esta energía es absorbida por el mar y lo restante significa miles de veces más que la energía necesitada para el consumo energético mundial. (Méndez & Cuervo, 2008)

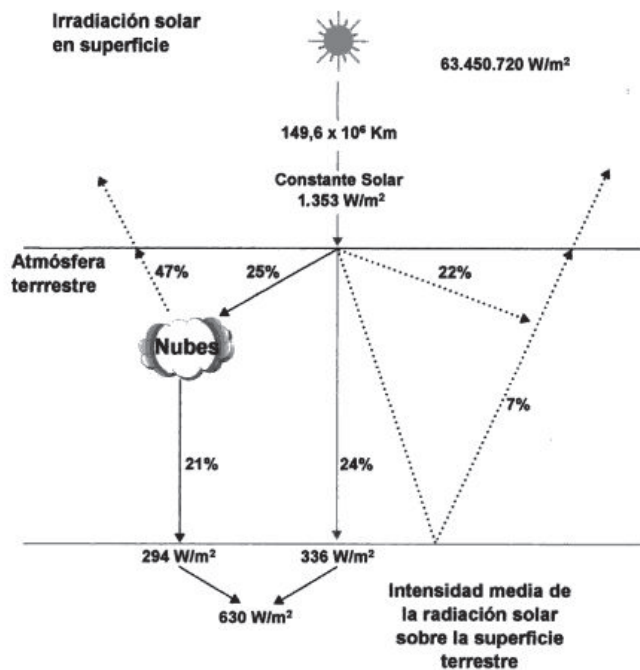


Figura 2.1. Radiación solar en la superficie terrestre
Fuente: (Méndez & Cuervo, 2008)

2.1.1. Tipos de radiación (Jutglar, 2004)

Radiación directa

Este tipo de radiación llega desde el sol en línea recta sin ningún tipo de interrupción hacia la superficie, su dirección está claramente definida.

Radiación difusa

En este tipo de radiación ocurre una dispersión al interactuar la radiación proveniente del sol con elementos de la atmósfera terrestre como el aire entre otros, en comparación con la radiación directa esta no es unidireccional.

Radiación reflejada

Al chocar la luz con una superficie esta se refleja en mayor o en menor medida esto dependerá exclusivamente del coeficiente de reflexión de cada superficie.

Radiación global

Es la resultante de la suma entre radiación directa y difusa.

Radiación total

Es la radiación global más la radiación reflejada, en la figura 2.2 se muestran los tipos de radiación solar antes mencionados.

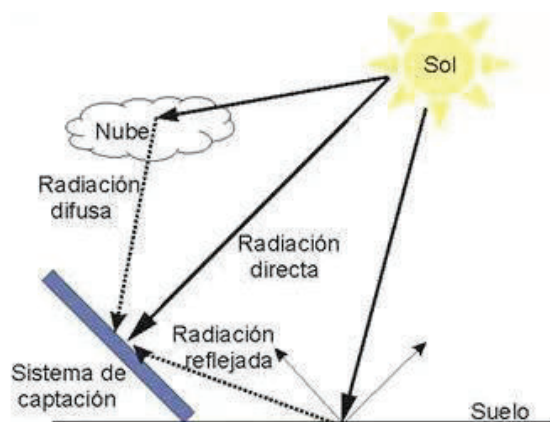


Figura 2.2. Tipos de radiación solar
Fuente: (Hernández, 2014)

2.1.2. Instrumentos de medida de energía solar. (Jutglar, 2004)

Piranómetro

Es conocido como solarímetro, mide la radiación total incidente pero con pequeñas configuraciones se puede medir otros valores de radiación, si se coloca sobre una superficie horizontal y se procura que no le afecte la reflexión la medida que nos brinde el dispositivo sería la radiación global y al colocar un disco opaco que impida el paso de radiación directa nos permite obtener la radiación difusa, sus principales partes son un sensor analógico y una cubierta semiesférica, en la figura 2.3 se indica un esquema del piranómetro.

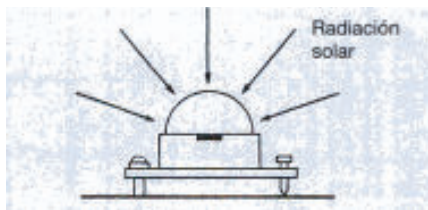


Figura 2.3. Representación de un piranómetro
Fuente: (Jutglar, 2004)

Pirheliómetro

Este instrumento básicamente es un piranómetro que está protegido por una pintura absorbente que es capaz de reducir la reflexión, solo mide la radiación directa, este dispositivo necesita un sistema de seguimiento solar ya que siempre debe estar enfocado directamente al sol, en la figura 2.4 se tiene un pirheliómetro.

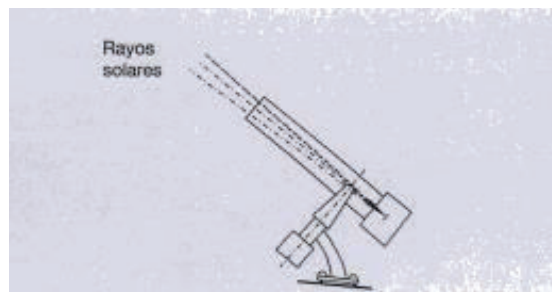


Figura 2.4. Representación de un pirheliómetro
Fuente: (Jutglar, 2004)

Heliógrafo

Mide el número de horas en las cuales el sol brilla en el día, es decir mide la insolación.

2.2. Energía solar fotovoltaica

Para generar electricidad a partir de la energía solar es necesario de materiales semiconductores, los cuales al ser expuestos a la iluminación de fotones generan corriente continua, al hacer incidir la luz solar sobre una célula solar se produce potencia eléctrica, si la luz no está presente la electricidad deja de generarse. (Sala et al., 2002)

2.2.1. Materiales semiconductores (Méndez & Cuervo, 2008)

Semiconductor tipo n

Estos materiales contiene un exceso de electrones libres, el material utilizado para estos semiconductores es el silicio cristalino dopado por impurezas de fosforo que tiene cinco electrones como el silicio necesita cuatro queda un electrón libre, en la figura 2.5 se representa el esquema de semiconductor tipo n.

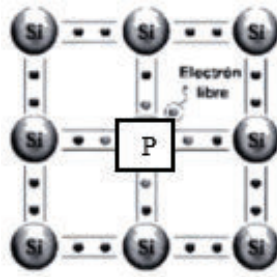


Figura 2.5. Semiconductor tipo n
Fuente: (Méndez & Cuervo, 2008)

Semiconductor tipo P

Son totalmente contrarios a los semiconductores tipo n, ya que presentan un déficit de electrones, son fabricados de silicio cristalino pero con la diferencia que este semiconductor esta dopado de impurezas de boro, el cual tiene 3 electrones, al formar los enlaces falta un electrón, y se forma un hueco, en la figura 2.6 se tiene un semiconductor tipo p.

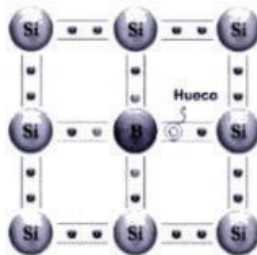


Figura 2.6. Semiconductor tipo p
Fuente: (Méndez & Cuervo, 2008)

Unión p-n

Para lograr esta unión se ponen en contacto los dos tipos de semiconductores los tipo n tiende a ocupar el espacio que tienen los tipo p y viceversa, generando un campo eléctrico el cual aumenta conforme los electrones van ocupando los huecos, así hasta que ya no se puedan intercambiar huecos y electrones, al parar el intercambio se obtiene un campo eléctrico permanente, en la siguiente figura se indica una unión p-n.

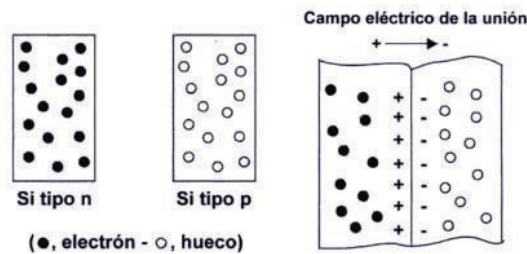


Figura 2.7. Unión p-n
Fuente: (Méndez & Cuervo, 2008)

2.2.2. Células fotovoltaicas

Son láminas de material semiconductor usualmente de forma cuadrada, su superficie aproximadamente está en los 100 cm², constan de una capa de semiconductor tipo n y otra de semiconductor tipo p, ambas capas son eléctricamente neutras, al unirse las dos generan el campo eléctrico, la capa de semiconductor tipo p es de mayor espesor, la capa de semiconductor tipo n es la que se expone al sol, mientras exista energía sobre esta cara se genera corriente eléctrica que es directamente proporcional a la luz absorbida. (Méndez & Cuervo, 2008)

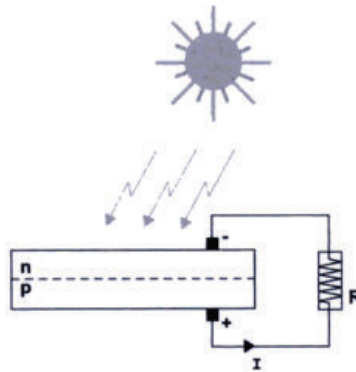


Figura 2.8. Funcionamiento célula fotovoltaica
Fuente: (Méndez & Cuervo, 2008)

2.2.3. Tipos de células fotovoltaicas (Pareja, 2009)

Monocrystalino

Su estructura cristalina está totalmente ordenada, generalmente se obtiene del silicio dopado con boro, se caracteriza por ser de aspecto azulado oscuro.

Policristalino

Tiene zonas irregulares, que significa un menor rendimiento, se construyen de la misma forma que los monocristalinos pero con menos faces de cristalización, son reconocibles por sus diferentes tonos de azul.

2.2.4. Paneles fotovoltaicos

Es el dispositivo encargado de transformar la energía solar en corriente eléctrica, la corriente obtenida por estos dispositivos es continua, está constituido por varias células fotovoltaicas. (Schallenberg et al., 2008)

2.2.5. Formas de conexión de los paneles solares (Pareja, 2009)

Paralelo

Conectando de esta manera se consigue aumentar la corriente, la cual se obtiene sumando la corriente individual de cada uno de los paneles, el voltaje en esta conexión permanece constante, los polos positivos de cada panel se conectan y por separado se conectan los polos negativos en la figura 2.9 se indica la conexión de los paneles solares en paralelo.

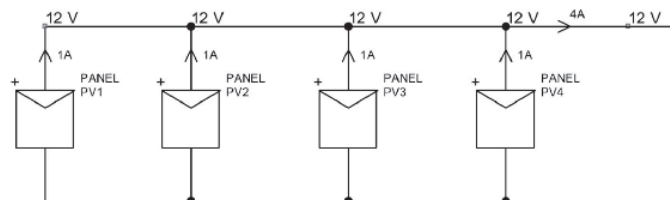


Figura 2.9. Conexión de paneles solares en paralelo
Fuente: Pareja, 2009

Serie

Con esta conexión se logra un aumento de voltaje manteniendo constante la corriente, se conecta el polo positivo de un panel con el polo negativo del siguiente (ver la figura 2.10).

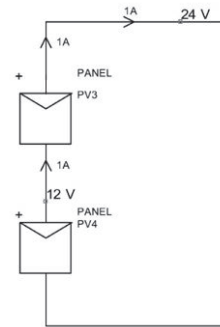


Figura 2.10. Conexión de paneles solares en serie
Fuente: Pareja, 2009

Mixto

Es la combinación de la conexión en paralelo y la conexión en serie.

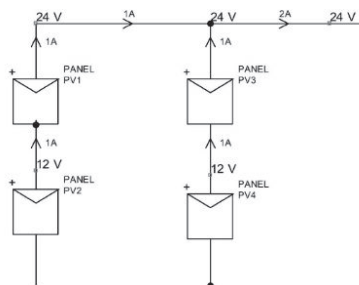


Figura 2.11. Conexión mixta de paneles
Fuente: Pareja, 2009

2.2.6. Sistemas fotovoltaicos

Son todos los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos, que funcionan conjuntamente con el objetivo principal de atrapar la energía solar incidente y convertirla en energía eléctrica utilizable. (Méndez & Cuervo, 2008)

Sistemas aislados de la red

Estos sistemas se instalan en lugares donde no existe red eléctrica de suministro o el acceso a la misma es muy difícil, para el dimensionamiento se debe tomar en cuenta que es necesario contar con un dispositivo de acumulación de energía para satisfacer la necesidad energética por las noches. (Méndez & Cuervo, 2008)

Elementos de un sistema fotovoltaico aislado de la red (Méndez & Cuervo, 2008)

En la figura 2.12 se muestra los elementos constitutivos de un sistema fotovoltaico conectado a la red.

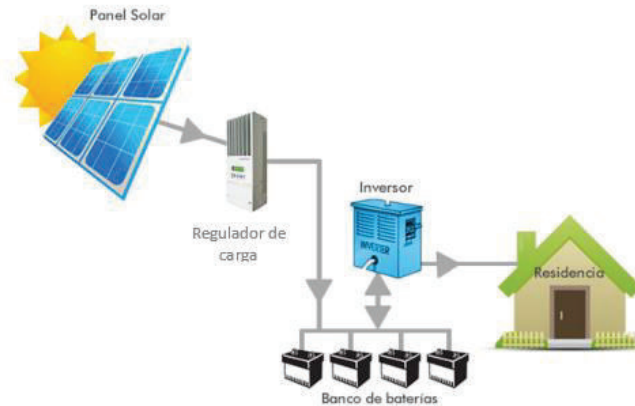


Figura 2.12. Sistema fotovoltaico aislado de la red
Fuente: <http://www.iasolar.com/index.php/productos>

- **Paneles fotovoltaicos:** Transforman la energía solar en energía eléctrica.
- **Baterías:** Son dispositivos encargados de acumular la energía solar generada por los paneles fotovoltaicos, para posteriormente ocuparla cuando ya no exista generación solar.
- **Regulador de carga:** Protege a las baterías de un exceso de carga y también de una descarga excesiva por el uso.
- **Inversor:** Es el elemento encargado de transformar la corriente continua obtenida por los paneles en corriente alterna, la razón por la cual se debe transformar la corriente es porque la mayoría de dispositivos eléctricos utilizan corriente alterna para su funcionamiento, el inversor debe dimensionarse para el 20 % de la potencia de pico. (Schallenberg et al., 2008)

Sistemas conectados a la red

Estos sistemas están directamente conectados a la red pública de electricidad, la energía generada por los paneles fotovoltaicos es suministrada a la red, el consumo de energía eléctrica es independiente de la generación fotovoltaica, la función principal de estos sistemas es vender energía a la compañía eléctrica. (Schallenberg et al., 2008)

Elementos de un sistema fotovoltaico conectado a la red (Schallenberg et al., 2008)

En la figura 2.13 se indica los elementos principales de un sistema conectado a la red.

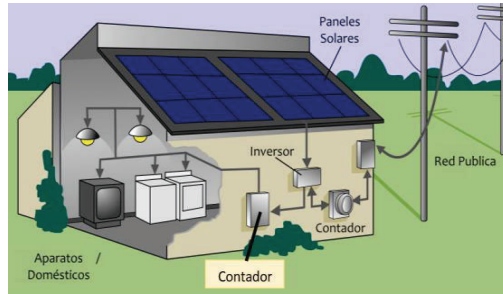


Figura 2.13. Sistema fotovoltaico conectado a la red
Fuente: http://www.instanorte.cl/refrigeracion_solar_24_horas

- **Paneles fotovoltaicos**
- **Inversores:** A diferencia de los inversores de un sistema aislado, estos transforman la corriente generada por los paneles a corriente de las mismas características de la red pública.
- **Cuadro de protecciones y contadores:** Los contadores sirven para determinar la cantidad de energía que genera el sistema fotovoltaico uno sirve para ver cuánto se reparte a red y el otro indica cuanto se consume en la vivienda.

2.3. Energía solar térmica

Esta energía se obtiene al transformar la radiación del sol en calor, además de producir calor también es posible a partir de esta energía producir electricidad haciendo el uso de un ciclo termodinámico. (Romero, 2009)

2.3.1. Elementos de una instalación solar térmica

En la figura 2.14 se indica los elementos principales de una instalación solar térmica.

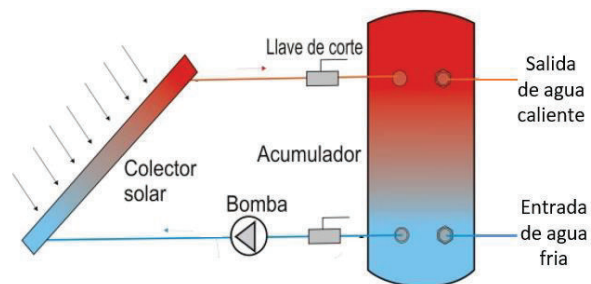


Figura 2.14. Elementos de una instalación solar térmica
Fuente: (Rufes, 2009)

- **Colector solar:** Es el elemento más importante en instalaciones solares térmicas, debe estar diseñado para soportar condiciones ambientales como: la lluvia, granizo, viento, polvo, etc., su función es transferir calor a un fluido, basa su funcionamiento en el efecto invernadero. (Martínez, Noceto & Suárez, 2013)
- **Tubería:** Es el conducto por medio del cual se mueve el agua que necesita ser calentada.
- **Bomba:** Es el dispositivo que permite que el agua circule por las tuberías.
- **Acumulador:** Es el lugar donde se almacena el agua caliente para posteriormente ser utilizada.

2.3.2. Clases de colectores solares

Colector solar plano

Son los más comunes para aplicaciones como: agua caliente sanitaria, calefacción por suelo radiante, precalentamiento de fluidos entre otras, su rango de temperaturas esta entre 50-70 °C, consta de una cubierta, absorbedor, aislante térmico y carcasa, en la figura 2.15 se muestra los elementos de un colector solar plano. (Zabalza & Aranda, 2009)

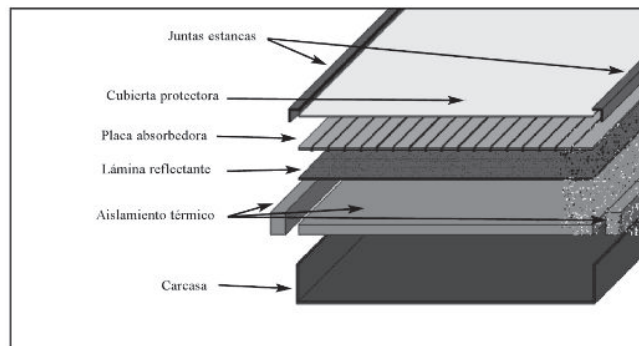


Figura 2.15. Elementos de un colector solar plano
Fuente: (Zabalza & Aranda, 2009)

Colector de polipropileno

Son más económicos que los colectores solares planos, es otra alternativa para el calentamiento de piscinas, están fabricados de plástico, se los expone directamente al sol, el agua de la piscina fluye por su interior y se calienta y regresa inmediatamente a la piscina. No son afectados por el cloro, bactericidas y salinidad del agua, tienen aditivos que garantizan la vida útil, son muy livianos y permiten la instalación en cualquier tipo de techo,

bridan temperaturas cercanas a los 30 °C, la bomba de la piscina es suficiente para la recirculación. (H2sol, s.f)

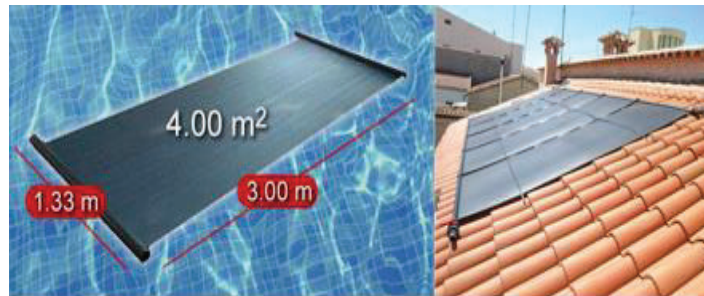


Figura 2.16. Colector solar polipropileno
Fuente: <http://www.h2sol.com.uy/polipropileno/index.html>

Colector tubos al vacío

Tiene grandes ventajas en relación a los colectores usualmente usados para climatización de piscinas como los de plástico, goma o polipropileno, la eficiencia de los tubos al vacío es superior a los antes mencionados ya que necesita menos área para una misma cantidad de calentamiento, su funcionamiento es similar a los colectores planos pero debido a que se hace un vacío en los tubos las pérdidas de calor son menores, sus temperaturas llegan hasta los 80 °C y su eficiencia es del 50% aproximadamente, tienen mayor resistencia al impacto que los colectores solares planos, su mantenimiento es muy sencillo una limpieza de los tubos en el año, trabaja a altas presiones, alta resistencia al viento, como desventaja con el paso del tiempo va perdiendo sus propiedades de vacío, es el más costoso, en la siguiente grafica (figura 2.17) se indica un colector solar de tubos al vacío. (Bérriz, s.f.)



Figura 2.17. Colector solar de tubos al vacío
Fuente: <http://www.archiexpo.es/prod/viessmann/product-789-23160.html>

Colector solar inflable

Es uno de los más baratos existentes en el mercado, su área es de 2 m² aproximadamente, es capaz de calentar una cantidad de agua equivalente a tres tanques de agua de uso doméstico, son ampliamente utilizados en viajes de excursionistas ya que se transportan fácilmente de un lugar a otro, su principio de funcionamiento se debe a que la radiación pasa por dos capas una clara y la otra negra el aire que se encuentra entre las dos capas actúa como aislante, la capacidad de agua en este colector es de 30 litros, lo que permiten que el colector se mantenga fijo a la superficie, en la figura 2.18 se indica un colector solar inflable. (Fernández, 2009)

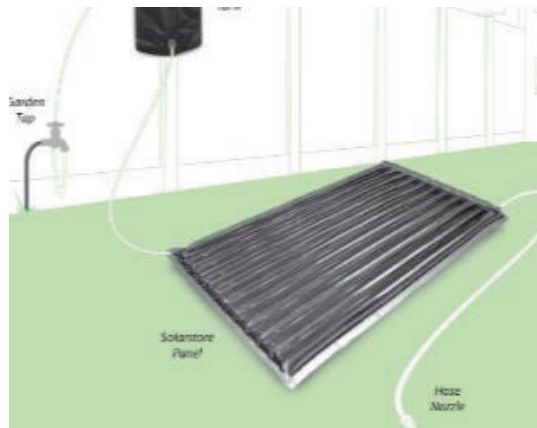


Figura 2.18. Colectores solares inflables
Fuente: (Fernández, 2009)

Enrollado de manguera

Se las fabrica de mangueras negras que se utilizan para irrigación, se las enrolla en espiral, el agua fría entra por el extremo de la manguera y sale por el centro del espiral, su vida útil depende de la calidad de la manguera con la que se fabrica, en cuanto a la eficiencia es muy similar a la de los colectores de polipropileno. (Nojiri, 2009)



Figura 2.19. Colector solar enrollado de manguera
Fuente: (Nojiri, 2009)

Colector solar semiesférico de bubblesun

Esta construido en un 100 % de material plástico, su tiempo de vida útil en servicio continuo es de 20 años, la superficie del absorbedor es de 3 m² y el área de base es de 0.74 m², su estructura se basa en dos capsulas semiesféricas concéntricas de metacrilato de metilo, en la mitad de las capsulas se encuentra un tubo absorbedor de 25 m de polipropileno en color negro. (Bubblesun, s.f.)



Figura 2.20. Colector solar semiesférico de bubblesun
Fuente: (Bubblesun, s.f.)

2.4. Climatización de piscinas de baño

Existen varios métodos para climatizar piscinas como por ejemplo el uso de, calderos eléctricos, calderos en base a combustibles fósiles entre otros, pero para este proyecto la fuente energética de calentamiento es el sol.

2.4.1. Piscinas de baño

Es una estructura que tiene el objetivo principal de contener agua, la misma que es renovada continuamente por mecanismos destinados para este fin, sus aplicaciones son para usos vacacionales de recreación, actividades deportivas entre otras, básicamente las partes más importantes de la piscina son tres; el vaso de la piscina, equipo de tratamiento de agua y los elementos auxiliares. (Giraldo, 2012)

2.4.2. Tipos de piscinas (Jiménez López, 2009)

Piscinas de chapoteo

Son piscinas destinadas para niños de hasta 5 años, en estas instalaciones se lleva acabo juegos libres o juegos bajo supervisión, las condiciones que debe tener una piscina de

chapoteo son: la temperatura del agua debe ser de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, la temperatura del aire debe estar alrededor de los $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la humedad relativa de estar en un rango de 55-70 %, en la figura 2.21 se muestra una piscina de chapoteo.



Figura 2.21. Piscina de chapoteo
Fuente: <http://oberena.org/instalaciones/piscinas/piscina-chapoteo/>

Piscinas de enseñanza

Este tipo de piscinas están destinadas para el aprendizaje de la natación y otras actividades de educación física, los principales usuarios de esta piscina son niños de 6 a 11 años, las condiciones que debe tener el agua y el aire son las mismas de las que se tiene en una piscina de chapoteo, en la figura 2.22 se muestra una piscina de enseñanza.



Figura 2.22. Piscina de enseñanza
Fuente: <http://entitatsambcor.org/web/?p=3243>

Piscinas polivalentes

En estas piscinas se realizan entrenamiento, recreo y competición a un nivel básico, la temperatura del agua para este tipo de piscina debe estar entre 24 a $26\text{ }^{\circ}\text{C}$, la temperatura del aire debe ser de $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la humedad relativa es de 55-70.

En la figura 3.23 se muestra un esquema de una piscina polivalente.



Figura 2.23. Piscina polivalente
Fuente: <http://complexodesportivoaboboda.com/instalacoes>

Piscinas de recreo

Está destinado para el esparcimiento y baño de personas que no saben nadar, las condiciones para el agua y el aire son las mismas que se mencionaron para piscinas de chapoteo, en la figura 2.24 se puede observar una piscina de recreo.



Figura 2.24. Piscina polivalente
Fuente: <http://www.guiarte.com/fotos-usuarios/15463.html>

Piscinas de natación

Este tipo de piscinas por lo general tienen una cubierta ya que el uso de la misma es continuo durante todo el año, en estas instalaciones se realizan prácticas y competencias oficiales de natación, la temperatura del agua de ser de $26\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, la temperatura del aire debe ser como máximo $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la humedad relativa estar en el rango de 55-70 %, a continuación en la figura 2.25 se puede observar una piscina de natación.

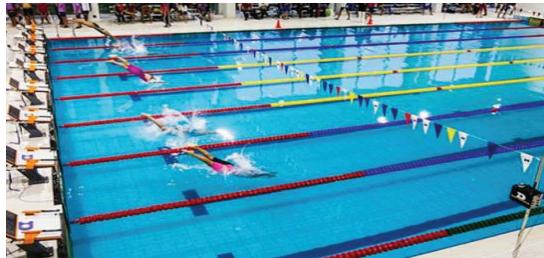


Figura 2.25. Piscina de natación
Fuente: <http://www.ulima.edu.pe/>

Piscinas de saltos

Al igual que las piscinas de natación deben tener una cubierta, las condiciones del agua y del aire son las mismas utilizadas en las piscinas de natación, estas instalaciones son utilizadas para práctica de salto y competiciones oficiales de salto, en la figura 2.26 que se tiene a continuación se muestra una piscina para salto.



Figura 2.26. Piscina de salto
Fuente: <http://www.guiarte.com/fotos-usuarios/15463.html>

2.4.3. Elementos importantes de una piscina

- **Vaso:** Es el lugar donde se aloja el agua
- **Rebosadero:** Son los canales que se encuentran alrededor del perímetro de la piscina, en su totalidad o parcialmente.
- **Skimmer:** Se encuentran al nivel del agua de la piscina, específicamente en los muros, son plásticos.
- **Grupo de bombeo:** Es la bomba o conjunto de bombas que se instalan para que cumplan la función de recircular el agua.
- **Filtro:** Esta encargado de quitar las impurezas del agua, es básicamente un recipiente que tiene en su interior material filtrante.
- **Contadores de agua:** Permite controlar si el agua ha sido tratada adecuadamente, mide la cantidad de agua que entra y la cantidad de agua que es recirculada.
- **Impulsión:** Es el sistema de tuberías que devuelven el agua tratada a la piscina, se ubican en los muros y en el fondo de la piscina.
- **Desinfección:** Es el procedimiento que sirve para desinfectar la piscina.

2.4.4. Condiciones de confort de una piscina con cubierta

Se aconseja por comodidad del usuario de la piscina que la temperatura del aire sea mayor a la temperatura del agua en dos o tres grados centígrados, para evitar la sensación de frío, también la humedad relativa debe tener un valor aproximado de 65 %, En la tabla 2.1 se indican las temperaturas recomendadas para piscinas. (Maillo, 2010)

Tabla 2.1. Temperatura recomendada para piscinas cubierta

Temperatura del agua	25 °C
Temperatura del aire	27 °C
Humedad relativa	65 %
Enseñanza y recreo	25 °C
Competición	24 °C
Entrenamiento	26 °C
Disminuidos físicos	29 °C
Piscina infantil	30 °C
Niños de 3 a 6 años	32 °C
Mujeres embarazadas	30-32 °C

Fuente: (Maillo, 2010)

3. DIMENSIONAMIENTO SISTEMA FOTOVOLTAICO

3.1. Definición del sistema

Como se mencionó en el capítulo 1 el objetivo de este proyecto no es obtener un beneficio económico por la generación de energía eléctrica mediante el sol, lo que se busca es mostrar a los visitantes un sistema novedoso en base a energía solar que permita interactuar con el mismo de una manera educativa, por lo cual es importante dar a conocer todos los elementos de un sistema fotovoltaico, por estas razones el sistema que se va a dimensionar un sistema autónomo ya que es el más completo de los dos mencionados con anterioridad, además se toma en cuenta que la energía que este sistema fotovoltaico debe reemplazar solo es para iluminación debido al alto costo de las instalaciones fotovoltaicas.

3.2. Ubicación de la hostería

La Hostería Moya Bayas está ubicada a 4 km del Cantón Chimbo de la provincia Bolívar, el cual está limitado al Norte y Noroeste por el Cantón Caluma, al Noreste por el Cantón Guaranda, al Sur y Sureste por el Cantón San Miguel y al Suroeste por el Cantón Montalvo, la topografía del cantón es variada, la altitud se encuentra en un rango que va desde los 500 a los 2700 msnm, en la cordillera chimbeña la altura llega a 3300 msnm y más, en la figura 3.1 se muestra los cantones por los cuales está limitado el Cantón Chimbo. (Veloz, 2014)



Figura 3.1. Ubicación geográfica Cantón Chimbo
Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n_Chimbo

En la figura 3.2 se muestra un esquema de la localización de la hostería Moya Bayas por medio de google maps.

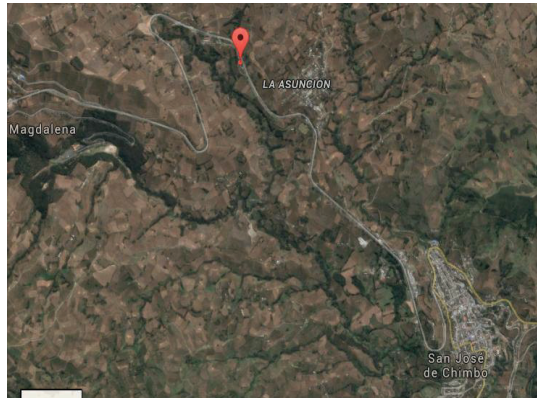


Figura 3.2. Localización hostería Moya Bayas
Fuente: google maps

El 85% de las lluvias se dan en los meses de, enero, febrero, marzo y abril aproximadamente, los siguientes meses del año pertenecen a la época seca. (Veloz, 2014)

3.3. Datos geográficos, meteorológicos y radiación obtenidos de fuentes de información

3.3.1. Datos de temperatura, latitud, altura y longitud obtenidos en base a registros de diversas fuentes

En la siguiente tabla 3.1 se muestran los datos de latitud, longitud y altura obtenidos de google maps, también se indican las temperaturas máxima, mínima y promedio que brinda el Inamhi con respecto a la Parroquia la Asunción lugar en donde se encuentra la hostería.

Tabla 3.1. Datos meteorológicos y geográficos de la Hostería Moya Bayas

Provincia	Bolívar
Cantón	Chimbo
Parroquia	La Asunción
Altitud	2581.7 msnm (maps.google.com.ec)
Temperatura mínima promedio	7.6°C (Inamhi)
Temperatura máxima promedio	19.3°C (Inamhi))
Temperatura media anual	13.5°C (Inamhi)
Latitud	Sur -1°39'46.7"(-1.66) (maps.google.com.ec)
Longitud	Oeste - 79°02'44.3" (-79.0456) (maps.google.com.ec)

Fuente: Propia

3.3.2. Datos de radiación incidente obtenidos en base a registros de diversas fuentes.

Los valores de radiación se pueden obtener de diversas fuentes, a continuación se muestran los valores de radiación obtenidos se la Norma Ecuatoriana de Construcción, Atlas solar y de la NASA.

Datos de radiación obtenidos de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC- 10)

En la siguiente tabla 3.2 se muestran los valores de radiación para cada provincia de acuerdo con la norma NEC.

Tabla 3.2. Radiación solar promedio por Provincia en el Ecuador

PROVINCIA	CIUDAD	RADIACIÓN SOLAR \bar{H} kWh/m ² /día
Carchi	Tulcán	4.14
Esmeraldas	Esmeraldas	4.35
Imbabura	Ibarra	4.56
Manabí	Portoviejo	4.16
Pichincha	Quito	4.99
Tsachilas	Sto. Domingo	3.44
Cotopaxi	Latacunga	4.42
Guayas	Guayaquil	4.37
Napo	Tena	4.35
Santa Elena	Salinas	4.36
Los Ríos	Babahoyo	3.78
Bolívar	Guaranda	4.80
Tungurahua	Ambato	4.55
Chimborazo	Riobamba	4.49
Pastaza	Puyo	3.80
Cañar	Azogues	4.50
Morona Santiago	Macas	4.09
Azuay	Cuenca	4.35
El Oro	Machala	4.20
Loja	Loja	4.35
Zamora Chinchipe	Zamora	4.35
Galápagos	Puerto Ayora	5.83

Fuente: NEC-11

Para la provincia Bolívar el valor de radiación es:

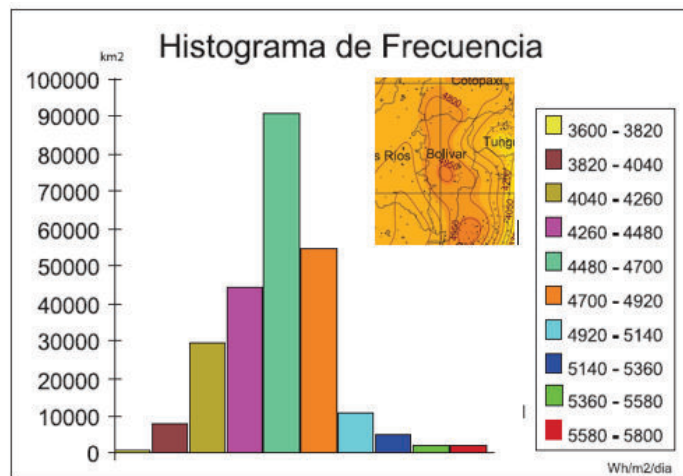
$$\bar{H} = 4.8 \text{ kWh/m}^2/\text{dia}$$

Para comparar este valor con el resultado obtenido con las mediciones en campo que se mostrara después, se transforma la radiación a W/m^2 , tomando en cuenta que las mediciones se realizaron durante 12 horas.

$$\bar{S} = 4.8 \frac{(\text{KWh/m}^2)}{\text{dia}} \times \frac{1 \text{ dia}}{12 \text{ h}} \times \frac{1000 \text{ W}}{1 \text{ kWh}} = 400 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Datos de radiación obtenidos del Atlas solar

En la figura 3.3 se muestran los rangos de radiación promedio para todas las provincias del Ecuador.



Valor Máximo: 5 748 Wh/m2/dia
 Valor Mínimo: 3634 Wh/m2/dia
 Valor Promedio: 4574,99 Wh/m2/dia
 Desviación Estándar: 301,4093 Wh/m2/dia

Figura 3.3. Radiación global promedio en el Ecuador
 Fuente: Atlas solar

Observando la figura anterior se puede concluir que la radiación en la provincia bolívar está en el rango de:

$$\bar{H} = 4.7 - 4.97 \text{ kWh/m}^2/\text{dia}$$

$$\bar{S} = 391.67 - 410 \text{ W/m}^2$$

Datos de radiación obtenidos de la NASA

Para obtener los datos de radiación de la página oficial de la NASA es necesario conocer dos datos; la longitud y la latitud, en la siguiente tabla se muestran los datos de radiación para la latitud de -1.66 y longitud de -79.046, estos valores se obtuvieron con anterioridad y representan la localización de la hostería.

Tabla 3.3. Radiación solar promedio para la hostería

MES	TEMPERATURA DEL AIRE °C	HUMEDAD RELATIVA %	RADIACIÓN SOLAR \bar{H} kWh/m ² /día	PRESION ATMOSFERICA kPa	VELOCIDAD DEL VIENTO m/s
Enero	21.5	71.5	4.21	89.6	1.8
Febrero	21.3	76.5	4.38	89.6	1.6
Marzo	21.4	76.2	4.76	89.6	1.6
Abril	21.9	70.9	4.64	89.6	1.6
Mayo	21.8	65.1	4.18	89.6	1.8
Junio	21.6	57.9	3.78	89.6	2.3
Julio	21.9	50.3	3.81	89.6	2.4
Agosto	22.6	46.7	4.21	89.6	2.4
Septiembre	22.9	49.8	4.32	89.6	2.2
Octubre	22.7	55.2	3.97	89.6	2.1
Noviembre	21.9	61.5	4.21	89.6	2.0
Diciembre	21.7	67.4	4.09	89.6	2.0
Promedio	21.9	62.4	4.21	89.6	2.0

Fuente: La NASA

De acuerdo a la NASA la radiación solar promedio en la hostería es de:

$$\bar{H} = 4.21 \text{ kWh/m}^2/\text{dia}$$

$$\bar{S} = 350.8 \text{ W/m}^2$$

Los datos de radiación obtenidos de la NASA, Atlas solar y norma NEC son similares por lo que se podría tomar cualquiera de estos datos para el dimensionamiento de los sistemas.

3.3.3. Datos meteorológicos obtenidos por mediciones en campo

El objetivo principal de realizar una medición en campo es corroborar los datos que se obtuvieron de la NASA, norma NEC y atlas solar, lo que se va a medir es la radiación solar, la velocidad del viento, temperatura ambiental, para el caso de la piscina que se va a dimensionar en el siguiente capítulo también se tomó mediciones de temperatura de agua de la red, temperatura interior y humedad relativa.

Instrumentos de medida

Los instrumentos para realizar las mediciones de campo fueron proporcionados por el laboratorio de transferencia de calor de la Escuela Politécnica Nacional los cuales se enlistan a continuación:

- Higrómetro
- Piranómetro
- Termómetro

Datos obtenidos

En el Anexo 1 se indican los valores obtenidos de, radiación para cada cuatro segundos registrados por el software meterview.

En el Anexo 2 se encuentran tabulados los valores de temperaturas, interna, externa, de la red, velocidad del viento y humedad relativa, tomados en intervalos de veinte minutos durante tres días.

En la tabla 3.4 se muestran los valores promedios obtenidos de estas mediciones que serán los que se van a emplear en el dimensionamiento de los sistemas.

Tabla 3.4. Datos meteorológicos promedio en la hostería moya bayas

Radicación solar promedio \bar{S} (W/m ²)	Temperatura exterior promedio °C	Temperatura interior promedio °C	Temperatura del agua de la red °C	Velocidad del viento m/s	Humedad relativa %
339.2	25.9	28.47	14.1	0.1	39.4

Fuente: Propia

Al realizar la medición en campo se determinó que la radiación solar promedio en las hostería es de 339.2 W/m², este valor es similar a los proporcionados por la norma NEC, atlas solar y la NASA, para el dimensionamiento se utilizara los datos obtenidos de la NASA ya que las mediciones solo se realizaron por tres días.

3.4. Potencia total instalada en la hostería

Para determinar la potencia total se visitó la hostería y se obtuvo las potencias de todos los aparatos que funcionan con energía eléctrica en este lugar, en la tabla 3.5 que se muestra a continuación se tienen las potencias de todos los aparatos eléctricos de la hostería.

Tabla 3.5. Dispositivos eléctricos de la hostería

EQUIPO	POTENCIA UNITARIA	CANTIDAD	POTENCIA TOTAL
Focos grandes	65 W	11	715 W
Focos pequeños	26 W	43	1118 W
Lámparas Fluorescentes de doble tubo	40 W	6	240 W
Lámparas fluorescentes de un tubo	40 W	7	280 W
Parlante	30000 W	1	30000 W
Refrigeradora	560 W	1	560 W
Televisión	360 W	7	2520 W
Capacidad instalada			35433 W

Fuente: Propia

3.5. Necesidades energéticas de la hostería

Haciendo uso de la plantilla de la Olade se puede determinar las necesidades energéticas, la cual hace utiliza la potencia nominal de cada dispositivo eléctrico y mediante un factor de corrección propio de cada uno de ellos, calcula el consumo eléctrico por mes.

En la tabla 3.6 se indica el consumo generado por iluminación en la hostería.

Tabla 3.6. Consumo eléctrico mensual generado por bombillas

BOMBILLAS												
SITIO	TIPO	CANTIDAD	POTENCIA DE PLACA (W)	HORAS DE USO AL DIA							FC	CONSUMO CALCULADO kWh/mes
				LU	MA	MC	JU	VI	SA	DO		
Cabaña 1	Fluorescente	11	26	3	3	3	3	3	3	3	0.89	22.9
Cabaña 1	Fluorescente	3	65	2	2	3	2	3	3	2	0.89	12.6
Espacio verde	Fluorescente	6	65	3	3	3	3	3	3	3	0.89	31.2
Cabaña 2	Fluorescente	16	26	3	3	3	3	3	3	3	0.89	33.3
Baño social	Fluorescente	3	26	2	2	2	2	2	3	2	0.89	4.5
Sala de eventos	Fluorescente	7	26	0	0	0	0	5	5	0	0.89	6.9
Sala de eventos	Fluorescente	2	65	0	0	0	0	5	5	0	0.89	5.0
Sala de eventos	Fluorescente	6	40	0	0	0	0	5	5	0	0.89	9.2
Espacio verde	Fluorescente	7	40	2	2	3	3	3	3	3	0.89	20.3
Espacio verde	Fluorescente	6	26	2	2	3	3	3	3	3	0.89	11.3
Total Bombillas												157.2

Fuente: Propia

En la tabla 3.7 se muestra el consumo por refrigeración de la hostería, haciendo uso de la plantilla de la Olade para equipos de refrigeración.

Tabla 3.7. Consumo eléctrico mensual generado por refrigeración

REFRIGERACIÓN												
EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA DE PLACA (W)	HORAS DE USO AL DIA							FC	CONSUMO CALCULADO kWh/mes	
			LU	MA	MC	JU	VI	SA	DO			
Refrigeradora	1	560	24	24	24	24	24	24	24	0.2	72.6	
Total											72.6	

Fuente: Propia

En la tabla que se presenta a continuación 3.8 se calcula el consumo generado por dispositivos electrónicos.

Tabla 3.8. Consumo eléctrico mensual generado por equipos electrónicos

ELECTRÓNICOS											
EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA DE PLACA (W)	HORAS DE USO AL DIA							FC	CONSUMO CALCULADO kWh/mes
			LU	M A	MC	JU	V I	SA	DO		
Televisor	7	360	2	2	2	3	1	1	1	0.55	71.3
Parlante	1	30000	0	0	0	0	4	4	0	0.56	576.0
Total											647.3

Fuente: Propia

En la tabla 3.9 se indican el total de energía consumida en la hostería por un mes.

Tabla 3.9. Consumo total de la hostería

Consumo total hostería	
Bombillas	157.2
Refrigeradora	72.6
Televisión y parlante	647.3
Total por mes (kWh/mes)	877.1

Fuente: Propia

3.6. Consideraciones para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico

El dimensionamiento se realiza en base a la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-11 sección 14, la cual indica que los factores principales que se deben considerar para determinar las características de los elementos de un sistema fotovoltaico son:

- Datos geográficos, meteorológicos y radiación del lugar
- Demanda energética diaria
- Evaluación del espacio disponible para la instalación

En cuanto a los datos geográfico meteorológicos y radiación del lugar se van utilizar los datos proporcionados por la NASA.

La demanda energética ya se calculó con anterioridad haciendo el uso de la planilla de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), cuyo valor es de 172.2 kWh/mes, este valor corresponde a la necesidades energéticas únicamente para iluminación, como se mencionó al inicio de este capítulo el sistema a dimensionarse es un sistema autónomo educativo, en la tabla 3.10 se tiene el factor de corrección que se usará para determinar la radiación solar sobre el modulo fotovoltaico, el cual depende de la latitud del lugar y de la inclinación a la que se va a instalar el panel fotovoltaico, para Ecuador el ideal es 00, pero por consideraciones ambientales y mantenimiento se usa el ángulo de 100, además se considera el mes más crítico del año.

Tabla 3.10. Factor de corrección por la inclinación de los paneles

Latitud: -2º

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	0.97	0.98	1	1.01	1.01	1.03	1.02	1.01	1	0.98	0.97	0.96
10	0.93	0.96	0.99	1.02	1.04	1.05	1.04	1.02	0.99	0.96	0.93	0.92
15	0.89	0.93	0.98	1.02	1.05	1.06	1.05	1.02	0.98	0.93	0.89	0.87
20	0.84	0.89	0.96	1.02	1.06	1.07	1.05	1.01	0.96	0.89	0.84	0.82

Fuente: NEC-11

Para el dimensionamiento del sistema la norma NEC recomienda el uso de los siguientes valores que se muestran en la tabla 3.11 para determinar el número de paneles fotovoltaicos.

Tabla 3.11. Valores recomendados por la norma NEC para determinar el número de paneles fotovoltaicos

SÍMBOLO	VALOR
$NOCT$	45°C
C_T	0.005
η_{bat}	0.98
η_{inv}	0.9
η_{reg}	0.92
η_{suc}	0.98
η_{aut}	0.98
η_{cab}	0.97

Fuente: NEC-11

3.7. Número de paneles fotovoltaicos

PASO 1

Con la ecuación 3.1 se determina la radiación solar sobre el modulo fotovoltaico.

$$\bar{H}_T = k * \bar{H} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

Donde:

\bar{H} = Es la radiación media mensual diaria sobre una superficie horizontal en (Wh/m²/día) (Tabla 3.3)

k = Es un factor de corrección tabulado que depende de la inclinación de los paneles (Tabla 3.10)

\bar{H}_T = Radiación solar sobre el módulo fotovoltaico en (Wh/m²/día)

Datos:

$$\bar{H} = 4.21 \frac{kWh}{m^2 dia} \times \frac{1000 W}{1 kWh} = \frac{Wh}{m^2 dia}$$

$$k = 0.92$$

$$\bar{H}_T = 3873.2 \frac{Wh}{m^2 dia}$$

PASO 2

Se determina el número de horas se sol al día para una irradiación de 1000 W/m² con la ecuación 3.2

$$HS = \frac{\bar{H}_T}{\frac{1000W}{m^2}} \quad \text{Ec. (3.2)}$$

Donde

HS = Es el número de horas de sol por día para una irradiación de 1000 W/m²

Datos

$$\bar{H}_T = 3873.2 \frac{Wh}{m^2 dia}$$

$$HS \approx 4 \frac{\text{horas}}{\text{dia}}$$

PASO 3

Se determina la temperatura de la celda a una irradiación de 1000 W/m² con la ecuación 3.3.

$$T_c = T_a + 1.25(NOCT - 20) \quad \text{Ec. (3.3)}$$

Donde:

T_c = Temperatura de la celda a una irradiación de 1000W/m²

$NOCT$ = Temperatura de operación normal de la celda en (°C). (Tabla 3.11)

T_a = Temperatura ambiente de la hostería en (°C). (Tabla 3.3)

Datos:

$$T_a = 13.5 \text{ °C}$$

$$NOCT = 45 \text{ °C}$$

$$T_c = 44.75 \text{ °C}$$

PASO 4

Se calcula el rendimiento a diferentes temperaturas con la ecuación 3.4.

$$\eta_{temp} = 1 - C_T(T_c - 25) \quad \text{Ec. (3.4)}$$

Donde:

η_{temp} = Rendimiento a diferentes temperaturas (Tabla 3.11)

C_T = Coeficiente de variación de potencia por funcionamiento (Tabla 3.11)

Datos:

$$C_T = 0.005$$

$$T_c = 44.75 \text{ °C}$$

$$\eta_{temp} = 90.1 \%$$

PASO 5

Se determina el rendimiento global del sistema con la ecuación 3.5

$$PR = \eta_{temp} * \eta_{suc} * \eta_{reg} * \eta_{cab} * \eta_{bat} * \eta_{aut} * \eta_{inv} \quad \text{Ec. (3.5)}$$

Donde:

- PR = Es el rendimiento global del sistema
 η_{bat} = Rendimiento de la batería (Tabla 3.11)
 η_{inv} = Rendimiento del inversor (Tabla 3.11)
 η_{reg} = Rendimiento del regulador (Tabla 3.11)
 η_{suc} = Rendimiento por efectos de suciedad (Tabla 3.11)
 η_{aut} = Rendimiento por pérdidas de auto descarga (Tabla 3.11)
 η_{cab} = Rendimiento de los cables (Tabla 3.11)

Datos

- $\eta_{bat} = 0.98$
 $\eta_{inv} = 0.9$
 $\eta_{reg} = 0.92$
 $\eta_{suc} = 0.98$
 $\eta_{aut} = 0.98$
 $\eta_{cab} = 0.97$

$$PR = 0.901 \times 0.98 \times 0.92 \times 0.97 \times 0.98 \times 0.98 \times 0.9$$

$$PR = 0.68$$

PASO 6

Se determina la potencia de pico del sistema con la ecuación 3.6.

$$Pot_p = \frac{\text{Demanda energetica}}{HS \times PR} \quad \text{Ec. (3.6)}$$

Donde:

Demanda energetica = Necesidades energéticas por iluminación de la hostería en (Wh/día)

Pot_p = Potencia de pico del sistema en (Wh)

Datos:

$$Demanda energetica = 152.2 \frac{kWh}{mes} \times \frac{1 mes}{30 dias} \times \frac{1000 W}{1 kW} = 5073.3 \frac{Wh}{dia}$$

$$Pot_p = 1861.68 Wp$$

Factor de seguridad para la potencia de pico=15%

$$Pot_p = 1861.68 W_p + 0.15 * 1861.68 W_p$$

$$Pot_p = 2140.9 W_p$$

PASO 7

Finalmente para conocer la cantidad de paneles fotovoltaicos se utiliza la ecuación 3.7.

$$N_p = \frac{Pot_p}{Pot_n} \quad \text{Ec. (3.7)}$$

Donde:

N_p = Número de paneles fotovoltaicos

Pot_n = Potencia nominal del panel fotovoltaico (Wh)

Tabla 3.12. Número de paneles fotovoltaicos

Panel Wp	Sistema Pot _p Wp	Número de paneles (N _p)
90	2140.9	24
120	2140.9	18
230	2140.9	9

Fuente: ProViento S.A: <http://www.proviento.com.ec/panelesolares.html>

Se elige los paneles de potencia nominal de 230 Wp ya que se necesitan en menor cantidad por lo tanto el área necesaria es menor.

3.8. Selección del inversor

Como se mencionó en el capítulo 2 para seleccionar el inversor en un sistema conectado a la red se necesita conocer la potencia simultánea de todos los dispositivos que estén funcionando para esto es recomendable sobre dimensionar el inversor en un 25%.

$$P_{inv} = (P_{Focosgrandes} + P_{Focos} + P_{Lamparasdedobletubo} + P_{Lamparasdeuntubo}) * 1.25$$

$$P_{inversor} = (11 * 65 W + 43 * 26 W + 6 * 40 W + 7 * 40 W) * 1.25$$

$$P_{inversor} = 2941.25 W$$

Tabla 3.13. Selección del inversor

Tipo	Datos del inversor
Inversor Powerstar	4000 W

Fuente: ProViento S.A: <http://www.proviento.com.ec/inversores.html>

3.9. Dimensionamiento del banco de baterías

Para determinar el número de baterías es necesario transformar el consumo diario en amperios-hora, para esto se divide el consumo diario que está en Wh para el voltaje de la batería, la autonomía del sistema es de dos días.

$$\text{Amperios – hora(Ah)} = \frac{\frac{Wh}{\text{día}} * \#diasautonomia}{Voltios} = \frac{\frac{5073.3Wh}{\text{día}} * 2dias}{12} = 845.55(Ah)$$

Factor de seguridad para el banco de baterías=20 %

$$\text{Amperios – hora(Ah)} = 845.55 (Ah) + 0.2 * 845.55(Ah)$$

$$\text{Amperios – hora(Ah)} = 1014.66 (Ah)$$

En la tabla 3.14 se calcula el número de baterías.

Tabla 3.14. Número de paneles fotovoltaicos

Amperio-hora batería	Amperio-hora del sistema	Número de baterías (Nb)
100 Ah	1014.66 Ah	10
150 Ah	1014.66 Ah	7

Fuente: ProViento S.A: <http://www.proviento.com.ec/panelesolares.html>

3.10. Costo de los elementos del sistema fotovoltaico

En esta sección se indicaran los costos de los elementos del sistema fotovoltaico y también el costo de la estructura de soporte del mismo, en la tabla 3.15 se muestra el costo del sistema fotovoltaico, los valores de los costos se tomaron de los anexos 3, 4, 5, 6 y 7.

Tabla 3.15. Costo sistema fotovoltaico

ELEMENTO	COSTO UNITARIO USD	CANTIDAD	COSTO USD
Paneles solares	300	9	2700
Baterías	490	7	3430
Inversor	1200	1	1200
Controlador	150	1	150
Costo Total sin IVA			6130
Costo Total con IVA			6988.2

Fuente: Propia

3.11. Diseño de la estructura metálica para los paneles fotovoltaicos.

3.11.1. Consideraciones para el diseño.

Las especificaciones técnicas individuales del panel solar seleccionado se encuentran en el anexo 4, el peso de cada panel es de 20 Kg y sus dimensiones son 1640x992x50 (mm).

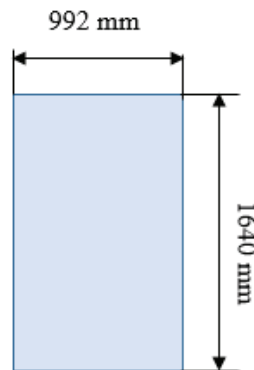


Figura 3.4. Dimensiones panel fotovoltaico
Fuente: Atlas Solar

El número de paneles ya se calculó con anterioridad, la cantidad necesaria es de 9 paneles fotovoltaicos, la carga que debe soportar la estructura es de:

$$P = 20 \text{ kg} \times 9 = 180 \text{ kg}$$

En la siguiente figura 3.5 se indica cómo se va agrupar los paneles fotovoltaicos.

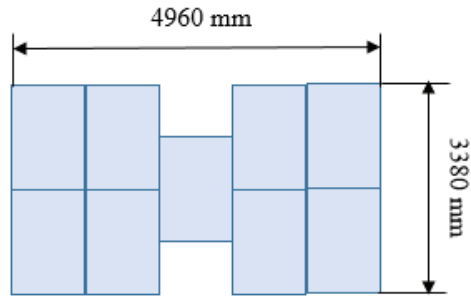


Figura 3.5. Dimensiones panel fotovoltaico
Fuente: Atlas Solar

Tomando en cuenta el peso, las dimensiones de todos los paneles fotovoltaicos y la inclinación de 100 que deben tener se obtienen las dimensiones generales de la estructura, en la figura 3.6 se muestra la vista lateral de la estructura con sus dimensiones.

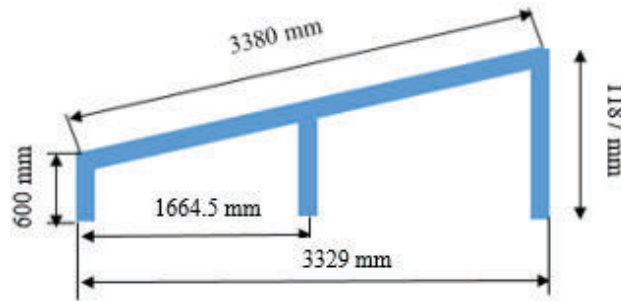


Figura 3.6. Vista lateral de la estructura metálica
Fuente: Propia

En la figura 3.7 se muestra la vista superior de la estructura con sus dimensiones.

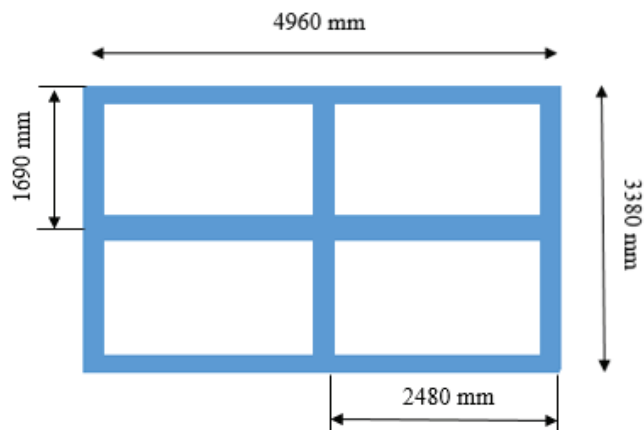


Figura 3.7. Vista superior de la estructura metálica
Fuente: Propia

En la figura 3.8 se muestra un esquema de la estructura que se debe construir.

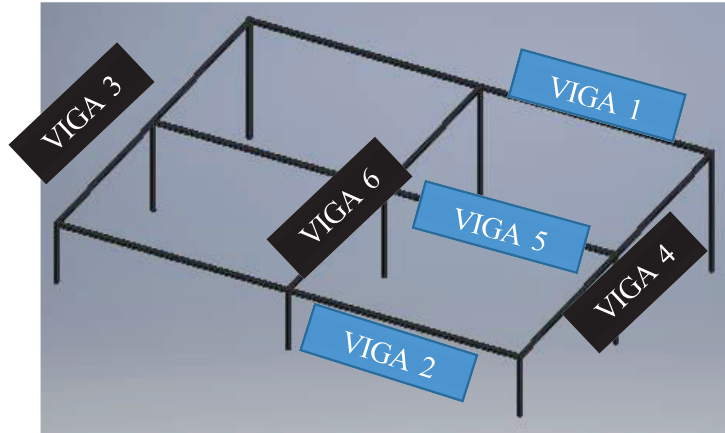


Figura 3.8. Estructura de soporte paneles fotovoltaicos
Fuente: Propia

En la figura 3.9 se muestran los módulos fotovoltaicos colocados sobre la estructura metálica.

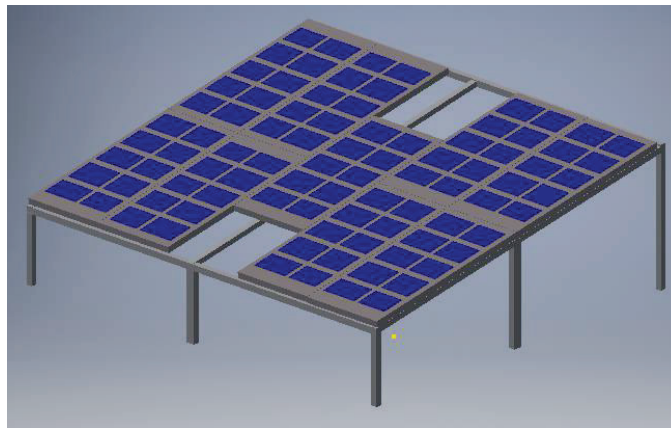


Figura 3.9. Módulos fotovoltaicos colocados en el soporte metálico
Fuente: Propia

3.11.2. Distribución de carga en los perfiles

Para determinar las cargas sobre cada viga se necesita el peso de los paneles, como se mencionó con anterioridad su valor es de 20 Kg a continuación se indica cómo se calcula la carga distribuida para cada viga.

VIGA 1

$$q = \frac{\text{Peso}}{L} \quad \text{Ec. (3.8)}$$

Donde:

$q =$ Es la carga concentrada en (kgf/m)

$Peso =$ Es el peso de los paneles que actúan sobre cada perfil en (kgf)

$L =$ Longitud de la viga en la que se apoyan los paneles en (m)

Datos:

Peso=20 kg

$L=992 \text{ mm}=0.992 \text{ m}$

$$q = 20.16 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

Este cálculo se realizó para un solo panel, en la viga 1 que se observa en la figura 3.9 el perfil tiene contacto con cuatro paneles, por lo tanto la distribución de la carga sobre la viga se presenta a continuación en la figura 3.10.



Figura 3.10. Distribución de carga en la viga 1
Fuente: Propia

En la viga 2 actúan las mismas cargas que en la viga 1

Para la viga 3 y 4 la longitud de contacto del panel con el perfil cambia, el panel toca el perfil en una longitud equivalente a su largo, cuyo valor es de 1640 mm, haciendo uso de la ecuación 3.8 se calcula la carga distribuida sobre el perfil.

Datos:

Peso= 20 kg

$L=1640 \text{ mm}= 1.64 \text{ m}$

$$q = 12.19 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

En este caso la viga 3 está en contacto con dos paneles, en la figura 3.11 se muestra la distribución de carga para la viga 3 y 4.

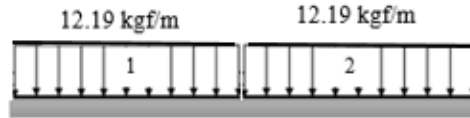


Figura 3.11. Distribución de carga en la viga 3
Fuente: Propia

La viga 5 está en contacto con siete paneles, la carga por unidad de longitud para un panel ya se calculó con anterioridad, corresponde al valor de 20.16 kgf/m, en ciertos tramos el perfil soportan dos paneles al mismo tiempo por lo que la carga distribuida se multiplica por 2, en ese caso se tendría una carga por unidad de longitud de 40 kgf/m, en la siguiente figura 3.12 se indica la distribución de carga para la viga 5.

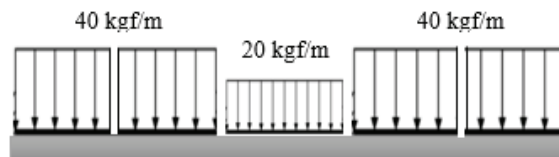


Figura 3.12. Distribución de carga en la viga 5
Fuente: Propia

Para la viga 6 el perfil está en contacto con un solo panel en una longitud equivalente a su ancho cuyo valor es de 993 mm, el peso es de 20 kg, por lo tanto como ya se calculó para la viga 1 la carga por unidad de longitud es de 20.16 kgf/m, en la figura 3.13 se muestra la distribución de la carga sobre la viga 6.

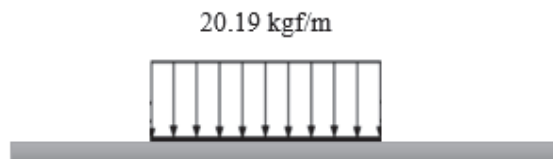


Figura 3.13. Distribución de carga en la viga 6
Fuente: Propia

3.11.3. Determinación de esfuerzos en SAP 2000

Para determinar los esfuerzos con este software se realizó pruebas con varios perfiles de acero y aluminio, el perfil que dio mejores resultados fue el rectangular de acero de 30x30x2, en el anexo 8 se tienen las características de este perfil.

En la figura 3.14 se indica el perfil seleccionado en el software.

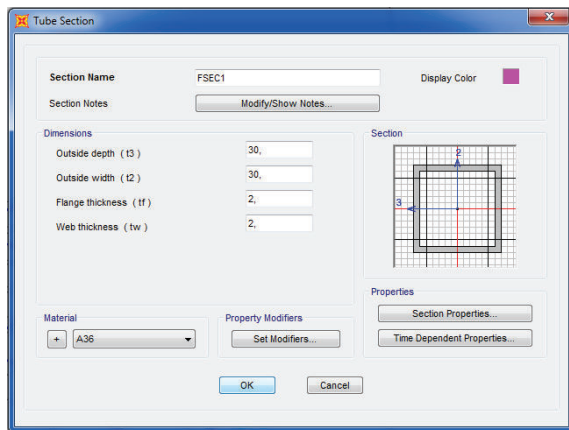


Figura 3.14. Selección de perfil en SAP
Fuente: Propia

En figura 3.15 se muestra el ingreso de las cargas distribuidas para cada viga.

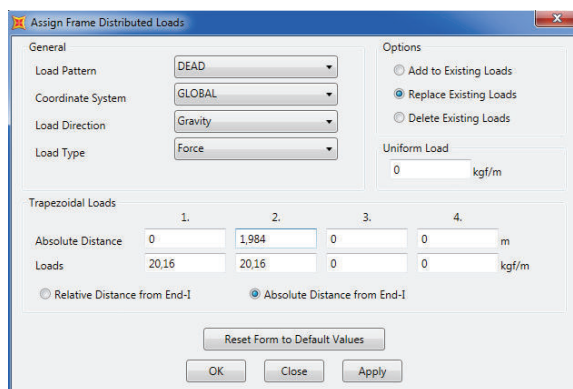


Figura 3.15. Ingreso de carga en SAP
Fuente: Propia

En la siguiente figura 3.16 se indica cómo queda la estructura luego de colocar todas las cargas.

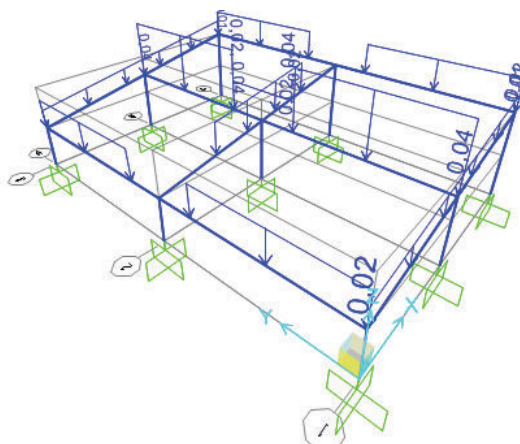


Figura 3.16. Estructura con todas las cargas
Fuente: Propia

En la figura 3.17 se presenta el resultado de la simulación, la barra de colores representa el factor

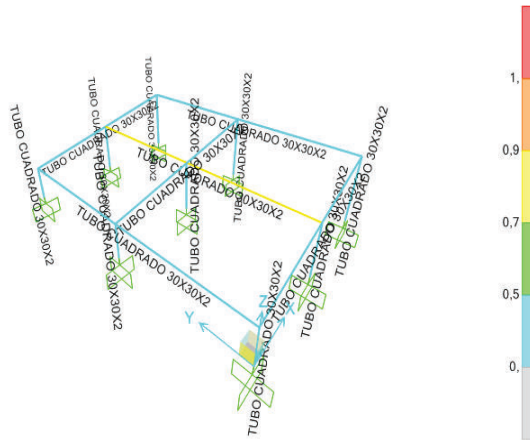


Figura 3.17. Factor de carga
Fuente: Propia

Si el factor de carga es mayor a uno la estructura colapsaría, el lugar más crítico es la viga 5 cuyo factor de carga se encuentra entre 0.7 y .09, un valor que aceptable para la estructura, las demás vigas no tienen ningún problema para soportar la carga, por esta razón este perfil es el indicado para construir la estructura.

En la figura 3.18 se muestran las gráficas del momento y las fuerzas que se generan en el punto más crítico de la estructura que es la viga 5.

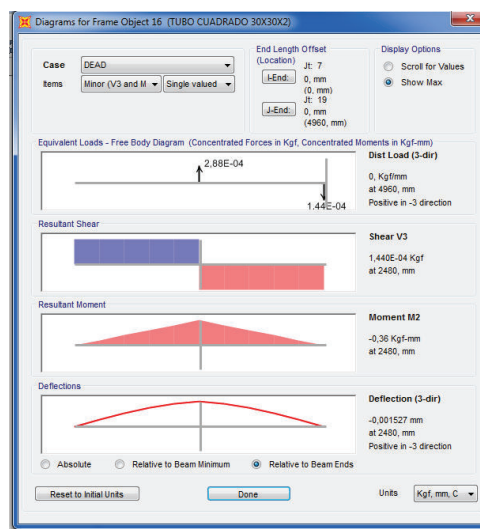


Figura 3.18. Diagrama de momentos en la viga más crítica
Fuente: Propia

3.11.4. Cálculo de la soldadura

Para el cálculo de la soldadura se analiza el punto más crítico de la estructura, para eso se necesitan la fuerza que actúa sobre la columna que se localiza en la mitad de la estructura, en la siguiente figura 3.19 se indica los valores de la fuerza que actúa sobre la columna.

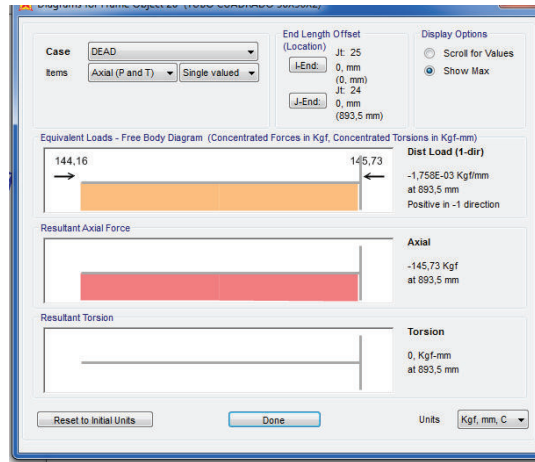


Figura 3.19. Fuerza sobre la columna más crítica.
Fuente: Propia

En la figura 3.20 se representa un esquema de la soldadura en la parte más crítica de la estructura.

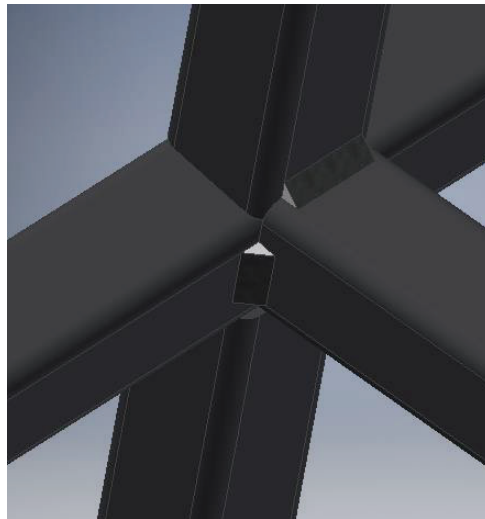


Figura 3.20. Esquema de la soldadura
Fuente: Propia

En la siguiente tabla 3.16 se indican los parámetros para la junta de soldadura.

Tabla 3.16. Datos para calcular la soldadura

CARACTERISTICAS DE LA JUNTA			
Tipo de junta	Ranura	ESQUEMA	
Longitud del cordón	120 mm		
Tamaño real de garganta	10 mm		
Abertura de la raíz	1 mm		
Cara de raíz	2 mm		
Carga axial	145.73 kgf		
Ángulo de bisel	45°		
Velocidad de deposito	2.5 kg/h		
Factor de marcha	0.65		
Ancho cordón	0.68 cm		
CARACTERISTICAS DEL ELECTRODO			
Electrodo	E7018		
Resistencia a la fluencia	587 N/mm ²		
Densidad	7.8 g/cm ³		

Fuente: Propia

PASO 1

Con la ecuación 3.9 se calcula el esfuerzo real a compresión.

$$f_c = \frac{F}{t \times l} \quad \text{Ec. (3.9)}$$

Donde:

- $F =$ Carga axial en (N)
- $f_c =$ Esfuerzo real a compresión en (N/mm²)
- $l =$ Longitud del cordón en (mm)
- $t =$ Tamaño real de la garganta en (mm)

Datos:

$$F = 145.73 \text{ kgf} = 14293.12 \text{ N}$$

$$l = 120 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$f_c = 11.91 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

PASO 2

Se determina el esfuerzo permisible a compresión simple con la ecuación 3.10.

$$F_c = 0.6S_y \quad \text{Ec. (3.10)}$$

Donde:

$F_c =$ Esfuerzo permisible a compresión simple (N/mm²)

$S_y =$ Resistencia a la fluencia (N/mm²)

Datos:

$$S_y = 587 \frac{N}{mm^2}$$

$$F_c = 352.2 \frac{N}{mm^2}$$

Para que la soldadura sea la adecuada el esfuerzo real debe ser menor que el esfuerzo permisible ($f_c < F_c$), los valores calculados cumplen con esta condición por lo tanto el electrodo cumple con las necesidades para el diseño.

3.11.5. Cálculo del tiempo de soldadura

PASO 1

Cálculo del volumen de cordón necesario 3.11.

$$v = \frac{1}{2} a^2 \cdot x \cdot z \quad \text{Ec. (3.11)}$$

Donde:

$v =$ Volumen de cordón necesario (cm³)

$a =$ Ancho del cordón en (cm) (Tabla 3.16)

$x =$ Longitud del cordón en (cm)

$z =$ Número de cordones de soldadura

Datos:

$a = 0.68 \text{ cm}$

$x = 3 \text{ cm}$ (Ancho del perfil)

$z = 40$

$$v = 55.49 \text{ cm}^3$$

PASO 2

Determinar el peso del material a depositar con la ecuación 3.12.

$$M = dv \times v \quad \text{Ec. (3.12)}$$

Donde:

M = Peso del material de aporte en (kg)

dv = Densidad del material de aporte en (kg/cm^3) (Tabla 3.16)

Datos:

$$dv = 7.8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 0.0078 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$$

$$M = 0.43 \text{ kg}$$

PASO 3

Calcular el tiempo de soldadura con la ecuación 3.13.

$$ts = \frac{M}{fm \times vp} \quad \text{Ec. (3.13)}$$

Donde:

ts = Tiempo de soldadura en (horas)

fm = Factor de marcha (Tabla 3.16)

vp = Velocidad de depósito en (kg/h) (Tabla 3.16)

Datos:

$$fm = 0.65$$

$$vp = 2.5 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$ts = 0.26 \text{ h}$$

3.12. Costo de la estructura

En la tabla 3.17 se detallan los costos que se consideraron para determinar el costo total de la estructura, en el anexo 9 se indica el costo de los perfiles y en el anexo 10 el costo de la soldadura.

Tabla 3.17. Costo de la estructura

COSTO PERFILES			
Costo unitario perfiles de 6 metros de longitud en USD	Número de perfiles necesarios	Costo perfiles en USD	Costo perfiles con IVA en USD
9.52	9	85.68	97.68
COSTO PROCESO SOLDADURA			
Descripción	Tarifa en USD/H	Horas	Costo USD
Soldador AWS	3.88	0.26	1.1
Ayudante	3.16	0.26	0.82
Soldadora SMAW	2.90	0.26	0.75
Costo soldadura			2.67
COSTO TOTAL DE LA ESTRUCTURA			
Costo perfiles		97.68	
Costo soldadura		2.67	
TOTAL		100.35	

Fuente: Propia

3.13. Costo total del sistema fotovoltaico

En la tabla 3.18 se presenta el costo total del sistema fotovoltaico.

Tabla 3.18. Costo total sistema fotovoltaico

COSTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	
Costo de los elementos del sistema fotovoltaico	6988.2
Costo de la estructura metálica	100.35
Costo Total	7088.55

Fuente: Propia

En el anexo 11 se muestra un esquema del lugar donde se van a colocar el sistema fotovoltaico.

4. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA CALENTAMIENTO PARA LA PISCINA

4.1. Descripción del sistema actual de funcionamiento de la piscina.

El agua de la piscina actualmente es calentada por un caldera que funciona en base a diésel, el sistema posee un bomba que envía el agua al filtro, la misma que pasa a la caldera para calentarse y luego es recirculada a la piscina, en la figura 4.1 se indican los elementos que poseen las instalaciones de la piscina.

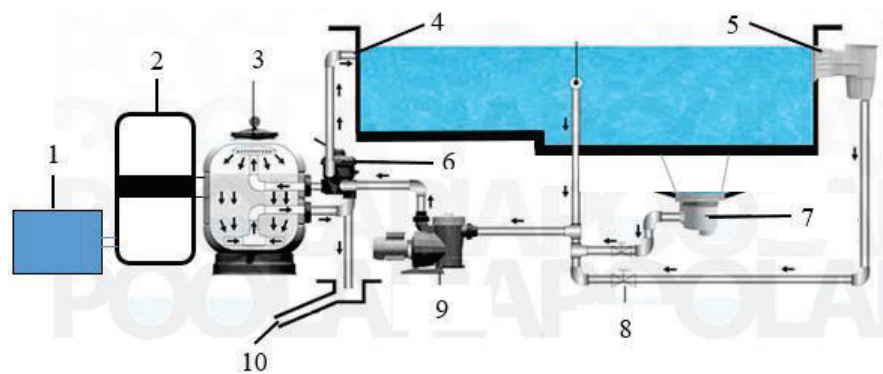


Figura 4.1. Esquema del sistema de funcionamiento de la piscina
Fuente: Propia

1. Taque de combustible
2. Caldera
3. Filtro de arena
4. Retorno
5. Skimmer
6. Válvula selectora
7. Sumidero
8. Válvulas
9. Bomba
10. Desagüe

4.1.1. Especificaciones técnicas de los elementos más importantes de la piscina

Bomba

La bomba se encargará de recircular el agua del sistema sus características son las siguientes:

- Marca: Hayward (Pro series)
- Voltaje: 115-230 V
- Rpm: 3450 rpm
- Potencia 1 Hp
- Frecuencia: 60 Hz

En la figura 4.2 se muestra la bomba de la piscina.



Figura 4.2. Bomba de la piscina
Fuente: Propia

Calentador de agua

El calentador funciona en base a diésel cuya eficiencia es del 80 %, en la figura 4.3 se muestra un esquema de la caldera.



Figura 4.3. Caldera de la piscina
Fuente: Propia

Filtro

El filtro de arena se encarga de retener la suciedad que tiene el agua de la piscina y devolverla sin las mismas, sus características son las siguientes:

- Marca: Hayward swimpro
- Área del filtro: 2.64 ft²
- Altura: 32.5 in
- Filtro: 54 gpm

En la figura 4.4 se muestra el filtro de la piscina.



Figura 4.4. Filtro de la piscina

Fuente: Propia

Válvula selectora

Esta válvula es la encargada de realizar las operaciones de, filtración, lavado, enjuague, vaciado y recirculación, en la figura 4.5 se presenta una fotográfica de la válvula selectora de la piscina.



Figura 4.5. Válvula selectora de la piscina

Fuente: Propia

4.2. Consideraciones para el dimensionamiento del sistema

4.2.1. Consideraciones generales.

El sistema que se va a dimensionar es un sistema de calentamiento con energía solar que funcione conjuntamente con el calentador de agua que está instalado en la piscina en la figura 4.6 se indica un esquema del sistema de funcionamiento de la piscina con colectores solares.

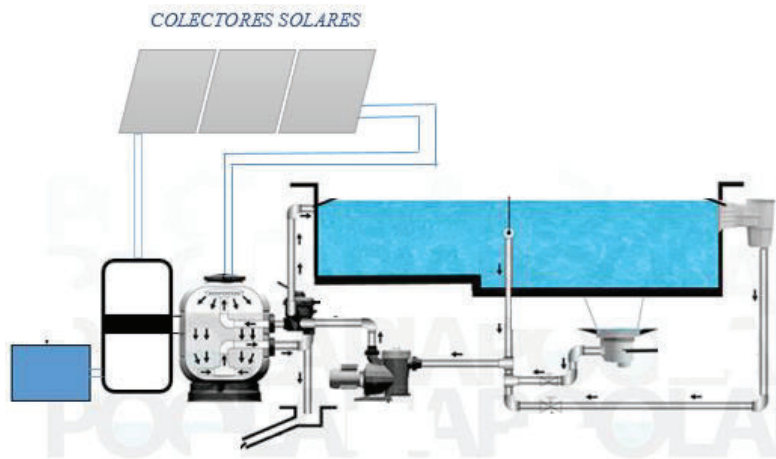


Figura 4.6. Sistema de funcionamiento de la piscina con colectores solares
Fuente: Propia

4.2.2. Consideraciones geométricas.

La piscina posee una cubierta de policarbonato y cuenta con ventanas en su parte frontal, en la figura 4.7 se muestra una fotografía de piscina de la hostería.



Figura 4.7. Piscina hostería moya bayas
Fuente: Propia

Las dimensiones de la piscina se indican en la figura 4.8.

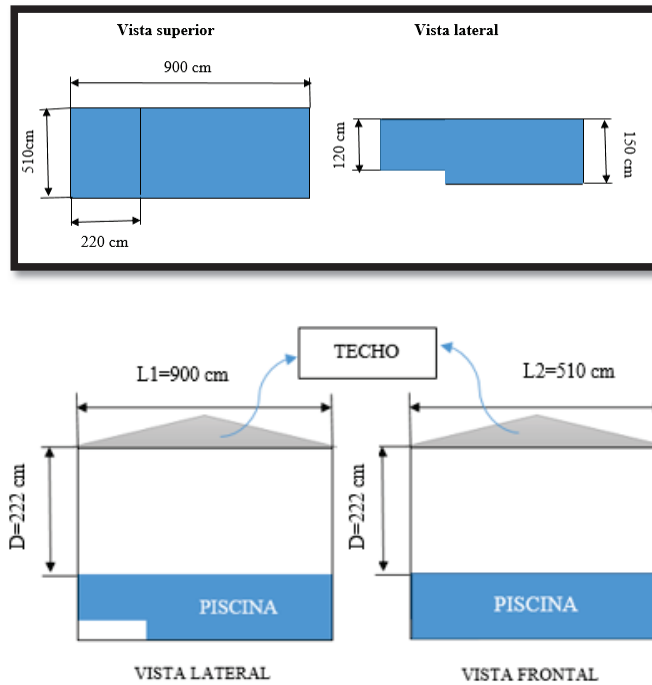


Figura 4.8. Dimensiones de la piscina
Fuente: Propia

Con las dimensiones de la piscina se determina que el área superficial, del fondo, de las paredes y el volumen de la piscina son los que se muestra en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Datos geométricos de piscina

Área de la superficie de la piscina en m ²	Área del fondo de la piscina en m ²	Área de las paredes en m ²	Volumen total de la piscina en m ³
45.9	45.9	39.15	65.48

Fuente: Propia

4.2.3. Consideraciones ambientales.

Las condiciones de temperatura y humedad relativa que se van a tomar en cuenta son para una piscina de recreación, en el capítulo 2 ya se mencionó estos valores, la temperatura del agua debe estar en los 25 °C, la humedad relativa del aire es 65 % y la temperatura del aire en 27 °C.

4.3. Metodología

La metodología para dimensionar el sistema de calentamiento de agua para la piscina con energía solar es el siguiente:

- Realizar un balance de energía para poder determinar las pérdidas de energía en la piscina.
- Seleccionar el tipo de colector solar para conocer su rendimiento y su área unitaria
- Determinar el área de colección necesaria para el calentamiento
- Calcular el número de colectores solares.

4.4. Balance de energía en la piscina

En la piscina se producen varios mecanismos de transferencia de calor, algunos aportan calor y otros le quitan calor en la figura 4.9 se muestra un esquema de las energías que intervienen en las transferencia de calor.

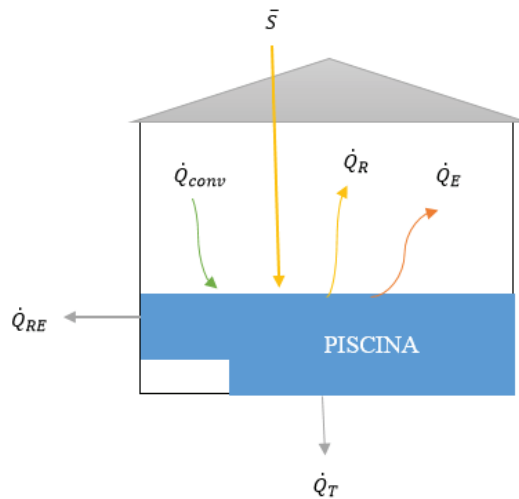


Figura 4.9. Energías que actúan sobre la piscina
Fuente: Propia

La energía requerida para el calentamiento de la piscina se calcula con la ecuación 4.1.

$$\dot{E} = \dot{E}_{sale} - \dot{E}_{entra} \quad \text{Ec. (4.1)}$$

Donde:

\dot{E} = Pérdidas de energía en la piscina en (W)

\dot{E}_{entra} = Energía que entra a la piscina en (W)

\dot{E}_{sale} = Energía que sale del sistema en (W)

4.4.1. Energía que entra a la piscina

Es la energía que llega a la piscina proveniente del sol se la determina con la ecuación 4.2

$$\dot{E}_{entra} = \bar{S} \cdot A_s \cdot \tau_1 \cdot \alpha_2 \quad \text{Ec. (4.2)}$$

Donde:

- A_s = Área superficial de la piscina en (m²)
- \bar{S} = Radiación solar incidente en (W/m²)
- τ_1 = Coeficiente de transmisibilidad de la cubierta (0-1)
- α_2 = Coeficiente de absortividad del agua (0-1)

4.4.2. Energía que sale de la piscina

La energía que sale de la piscina se calcula con la ecuación 4.3.

$$\dot{E}_{sale} = \dot{Q}_E + \dot{Q}_R + \dot{Q}_{conv} + \dot{Q}_T + \dot{Q}_{RE} \quad \text{Ec.(4.3)}$$

Donde:

- \dot{Q}_E = Pérdidas por evaporación en (W)
- \dot{Q}_R = Pérdidas por radiación en (W)
- \dot{Q}_{conv} = Pérdidas por convección en (W)
- \dot{Q}_T = Pérdidas por conducción en (W)
- \dot{Q}_{RE} = Pérdidas por renovación en (W)

Pérdidas por convección

La convección natural en piscinas cubiertas es mínima ya que la diferencia entre la temperatura del agua y del ambiente es pequeña, en la figura 4.10 se muestra un esquema de las pérdidas por convección. (Sitiosolar, s.f.)

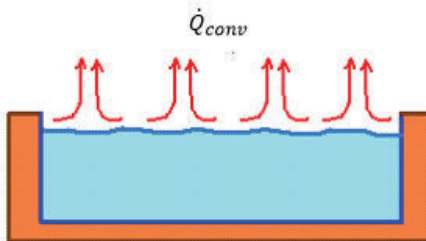


Figura 4.10. Pérdidas por convección
Fuente: Sitiosolar, s.f.

Las pérdidas de calor por convección se determinan con la ecuación 4.4.

$$\dot{Q}_{conv} = h.As.(Ts - T_{\infty}) \quad \text{Ec. (4.4)}$$

Donde:

h = Coeficiente de convección en (W/m²K)

T_s = Temperatura de la superficie del agua en (K)

T_{∞} = Temperatura del aire en el interior de la piscina en (K)

Para calcular el coeficiente de convección se utiliza la ecuación 4.5.

$$h = \frac{k.Nu}{Lc} \quad \text{Ec. (4.5)}$$

Donde:

k = Coeficiente de conducción del aire en (W/m K)

Nu = Número de Nusselt

Lc = Longitud característica de las superficies horizontales en (m)

Para un número de Rayleigh de $Gr.Pr < 2 \times 10^8$ la ecuación del número de Nusselt es la siguiente: (Cengel, 2011)

$$Nu = 0.13(Gr.Pr)^{\frac{1}{3}} \quad \text{Ec. (4.6)}$$

Para un número de Rayleigh de $2 \times 10^8 < Gr.Pr < 2 \times 10^{11}$ la ecuación del número de Nusselt es la siguiente: (Cengel, 2011)

$$Nu = 0.16(Gr.Pr)^{\frac{1}{3}} \quad \text{Ec. (4.7)}$$

La longitud característica de las superficies horizontales se calcula con la ecuación 4.8.

$$Lc = \frac{As}{P} \quad \text{Ec. (4.8)}$$

Donde:

P = Perímetro de la piscina en (m)

La ecuación del número de Rayleigh es la siguiente.

$$Ra = Gr.Pr = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_\infty) \cdot Lc^3}{\nu^2} \cdot Pr \quad \text{Ec. (4.9)}$$

Donde:

Ra = Número de Rayleigh

Gr = Número de Grashof

g = Gravedad en (m/s²)

β = Coeficiente de expansión volumétrica en (K⁻¹)

Pr = Número de Prandtl

ν = Viscosidad cinemática en (m²/s)

$$\beta = \frac{1}{T_f} \quad \text{Ec. (4.10)}$$

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2} \quad \text{Ec. (4.11)}$$

Donde:

T_f = Temperatura de película en (k)

Pérdidas por evaporación

En la interfaz agua-aire ocurre este fenómeno, el agua que está en proceso de evaporación toma el calor del agua que se encuentra en estado líquido, como consecuencia de esto el agua empieza a enfriarse. (Sitiosolar, s.f.)

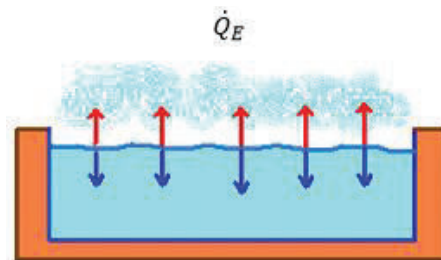


Figura 4.11. Pérdidas por evaporación
Fuente: (Sitiosolar, s.f)

Las pérdidas de calor por evaporación se calculan con la ecuación 4.12.

$$\dot{Q}_E = m_v \cdot h_{fg} \quad \text{Ec. (4.12)}$$

Donde:

m_v = Razón de evaporación en (kg/s)

h_{fg} = Calor latente de vaporización del agua a la temperatura de la superficie. (kJ/kg)

Para determinar la razón de evaporación se utiliza la ecuación 4.13. (Cengel, 2011)

$$m_v = h_{masa} \cdot A_s \cdot (\rho_{vs} - \rho_{v\infty}) \quad \text{Ec.(4.13)}$$

Donde:

h_{masa} = Coeficiente de transferencia de masa en (m/s)

ρ_{vs} = Densidad de vapor en la superficie del agua en (kg/m³)

$\rho_{v\infty}$ = Densidad de vapor lejos de la superficie del agua en (kg/m³)

El coeficiente de transferencia de masa se puede evaluar con la siguiente ecuación. (Cengel, 2011)

$$h_{masa} = \frac{Sh \cdot D_{AB}}{Lc} \quad \text{Ec.(4.14)}$$

Donde:

Sh = Número de Sherwood

D_{AB} = Difusividad de masa del vapor de agua en el aire en (m²/s)

Lc = Longitud característica de las superficies horizontales en (m)

La difusividad de masa del vapor se expresa por la ecuación 4.15. (Cengel, 2011)

$$D_{AB} = D_{H2O-AIRE} = 1.87 \times 10^{-10} \frac{Tf^{2.072}}{Pat} \quad \text{Ec. (4.15)}$$

Donde:

Pat = Presión atmosférica en (atmosferas)

Si el producto del número de Grashof por el número de Schmidt es del orden de $10^4 < Gr.Sc < 10^7$ el número de Sherwood se determina con la ecuación 4.16. (Cengel, 2011)

$$Sh = 0.54(Gr.Sc)^{1/4} \quad \text{Ec. (4.16)}$$

Y si $10^7 < Gr.Sc < 10^{11}$ la ecuación para el número de Sherwood es. (Cengel, 2011)

$$Sh = 0.15(Gr.Sc)^{1/3} \quad \text{Ec. (4.17)}$$

El número de Grashof se obtiene utilizando las siguientes ecuaciones: (Cengel, 2011)

$$Gr = \frac{g \cdot (\rho_\infty - \rho_s) \cdot Lc^3}{(\rho_\infty + \rho_s) \cdot \nu^2} \quad \text{Ec. (4.18)}$$

$$\rho_\infty = \rho_{a\infty} + \rho_{v\infty} \quad \text{Ec. (4.19)}$$

$$\rho_{v\infty} = \frac{P_{v\infty}}{R_v \cdot T_\infty} \quad \text{Ec. (4.20)}$$

$$\rho_{a\infty} = \frac{Pat - P_{v\infty}}{R_a \cdot T_\infty} \quad \text{Ec. (4.21)}$$

$$P_{v\infty} = \phi \cdot P_{sat@T_\infty} \quad \text{Ec. (4.22)}$$

$$\rho_s = \rho_{as} + \rho_{vs} \quad \text{Ec. (4.23)}$$

$$\rho_{vs} = \frac{P_{vs}}{R_v \cdot T_s} \quad \text{Ec. (4.24)}$$

$$\rho_{as} = \frac{Pat - P_{vs}}{R_a \cdot T_s} \quad \text{Ec. (4.25)}$$

Donde:

$\rho_\infty =$ Densidad lejos de la superficie del agua (kg/m^3)

$\rho_s =$ Densidad en la superficie del agua en (kg/m^3)

$\rho_{a\infty} =$ Densidad del aire seco lejos de la superficie del agua (kg/m^3)

$R_v =$	Constante del gas vapor en (kpa.m ³ /kg.k)
$\rho_{as} =$	Densidad del aire seco en la superficie del agua (kg/m ³)
$P_{v\infty} =$	Presión de vaporización lejos de la superficie del agua en (kPa)
$\phi =$	Humedad relativa
$R_a =$	Constante del gas aire en (kpa.m ³ /kg.k)
$P_{at} =$	Presión atmosférica en (kPa)
$P_{vs} =$	Presión de vaporización en la superficie del agua en (kPa)
$P_{sat@T_\infty} =$	Presión de saturación a la temperatura del aire en (kPa)

Haciendo uso de la ecuación 4.26 se calcula el número de Schmidt. (Cengel, 2011)

$$Sc = \frac{\nu}{D_{AB}} \quad \text{Ec. (4.26)}$$

Pérdidas por conducción

Es el calor que se pierde por el contacto del agua con las paredes y piso, en la siguiente figura 4.12 se representan las pérdidas por conducción. (Sitiosolar, s.f.)

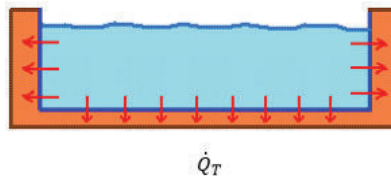


Figura 4.12. Pérdidas por conducción
Fuente: (Sitiosolar, s.f.)

Las pérdidas por conducción se calculan con la ecuación 4.27.

$$\dot{Q}_T = k_1 \cdot Ap \cdot \left(\frac{T1 - T2}{Lp} \right) \quad \text{Ec. (4.27)}$$

Donde:

$k_1 =$	Coefficiente de conducción del ladrillo en (W/m K)
$Ap =$	Área de paredes y piso en (m)
$T1 =$	Temperatura de las paredes y el piso en contacto con el agua en (°C)
$T2 =$	Temperatura de las paredes y el piso en contacto con la tierra en (°C)
$Lp =$	Espesor del piso y de las paredes en (m)

Pérdidas por renovación

Diariamente se debe renovar un 5% del volumen de agua este proceso involucra pérdidas de calor, estas pérdidas están relacionadas directamente con la temperatura del agua de la red y la temperatura del agua de la piscina. (Criollo & Pogo, 2011)

La ecuación que determina las pérdidas por renovación es la siguiente. (Maillo, 2012)

$$\dot{Q}_{RE} = Vr. \rho. Ce. (T_{agua} - Tr) \quad \text{Ec. (4.28)}$$

Donde:

Vr = Es el cinco por ciento del volumen total de la piscina en (m^3)

ρ = Densidad del agua en (kg/m^3)

Ce = Calor específico del agua en ($Wh/Kg^{\circ}C$)

Tr = Temperatura de la red en ($^{\circ}C$)

Pérdidas por radiación

Es la energía calórica cedida por el agua por irradiación al ambiente, en piscinas que no están cubiertas es mayor la pérdida por radiación, en la figura 4.7 se muestran las pérdidas por radiación. (Sitiosolar, s.f.)

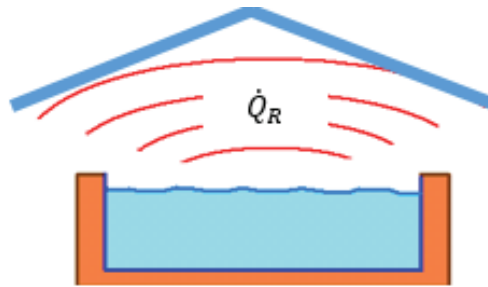


Figura 4.13. Pérdidas por radiación
Fuente: (Sitiosolar, s.f.)

Las pérdidas por radiación se determinando utilizando la ecuación 4.29.

$$\dot{Q}_R = \frac{\sigma. (T_s^4 - T_l^4)}{\frac{1 - \epsilon_1}{As. \epsilon_1} + \frac{1}{As. F_{12}} + \frac{1 - \epsilon_2}{As. \epsilon_2}} \quad \text{Ec. (4.29)}$$

Donde:

σ = Constante de Stefan-Boltzmann en (W/m²K)

ε_1 = Emisividad del agua (0-1)

ε_2 = Emisividad del techo (0-1)

F_{12} = Factor de visión

T_l = Temperatura de los cerramientos en (k)

El factor de visión depende de las relaciones geométricas del área del techo y del área de la piscina, el factor de visión se obtiene de la figura 4.14 que se indica a continuación.

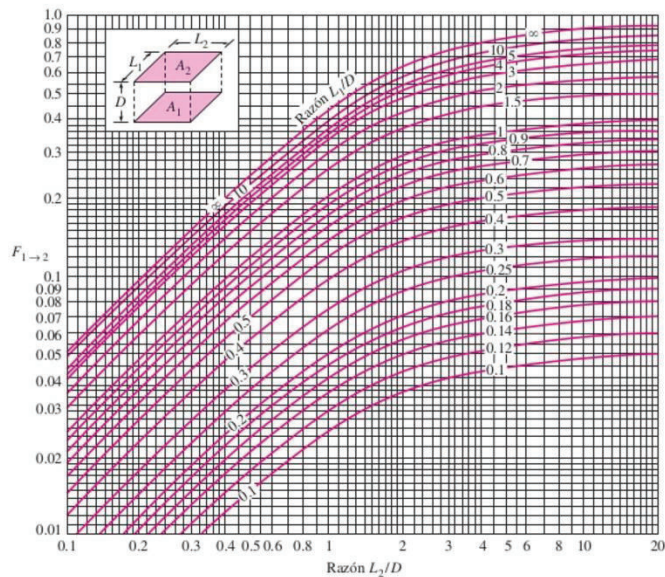


Figura 4.14. Factor de visión
Fuente: (Cengel, 2011)

En la figura 4.14.

L_1 = Longitud de la piscina en (m)

L_2 = Ancho de la piscina en (m)

D = Altura del cerramiento en (m)

4.4.3. Cálculo de las pérdidas de energía en la piscina

Para calcular las pérdidas de energía en la piscina se realizan las siguientes consideraciones:

1. Los valores de temperatura del aire interior, humedad relativa del aire y temperatura del agua de la piscina son los recomendados para una piscina con cubierta.

2. La temperatura del aire exterior se toma de los datos proporcionados por el inhami.
3. La temperatura de la cubierta se asume que se encuentra a una temperatura promedio entre la temperatura del aire interior y la temperatura del aire exterior.
4. La temperatura del suelo se considera a la misma temperatura que la de la cubierta.

Los valores necesarios para el cálculo de la energía requerida se presentan en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Datos temperatura, presión y humedad relativa.

DENOMINACIÓN	VALOR
Temperatura del agua	25 °C
Temperatura de aire interior	27 °C
Temperatura agua de la red	14.1 °C
Temperatura del aire exterior	13.5 °C
Temperatura cerramientos	20.25 °C
Humedad relativa	65%
Presión atmosférica	89.6 kPa

Fuente: Propia

Pérdidas de calor por convección

Paso 1

Haciendo uso de la ecuación 4.11 se calcula la temperatura de película.

Datos:

$$T_s = 25 + 273 = 298 \text{ K (Tabla 4.2)}$$

$$T_\infty = 27 + 273 = 300 \text{ K (Tabla 4.2)}$$

$$T_f = 299 \text{ K}$$

Para esta temperatura de película se determina el coeficiente de conducción del aire, el número de Prandtl y la viscosidad cinemática.

$$\nu = 1.562 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \text{ (Anexo 12)}$$

$$k = 0.02551 \frac{\text{W}}{\text{m K}} \text{ (Anexo 12)}$$

$$Pr = 0.7296 \text{ (Anexo 12)}$$

Paso 2

Se calcula la longitud característica de las superficies horizontales utilizando la ecuación 4.8.

Datos:

$$A_s = 45.9 \text{ m}^2 (\text{Tabla 4.1})$$

$$P = 28.2 \text{ m} (\text{Figura 4.7})$$

$$L_c = 1.62 \text{ m}$$

Paso 3

Mediante la aplicación de la ecuación 4.10 se calcula la expansión volumétrica.

Datos:

$$T_f = 299 \text{ K}$$

$$\beta = 3.34 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

Paso 4

Utilizando la ecuación 4.9 se calcula el número de Rayleigh.

Datos:

$$g = 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\beta = 3.34 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$T_s = 298 \text{ K}$$

$$T_\infty = 300 \text{ K}$$

$$L_c = 1.62 \text{ m}$$

$$\nu = 1.562 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$Pr = 0.7296$$

$$Ra = Gr \cdot Pr = 832281704.7$$

Este número está en el rango mayor de 2×10^8 por lo que se utiliza la ecuación 4.7 para calcular el número de Nusselt.

Datos:

$$Ra = 132772016.15$$

$$Ra = 83228170.7$$

$$Nu = 69.86$$

Paso 5

Con la ecuación 4.5 se calcula el coeficiente de convección

Datos:

$$Nu = 69.86$$

$$Lc = 1.62 \text{ m}$$

$$k = 0.02551 \frac{W}{m K}$$

$$h = 1.1 \frac{W}{m^2 K}$$

Paso 6

Haciendo uso de la ecuación 4.4 se calcula las pérdidas por convección.

Datos:

$$h = 1.1 \frac{W}{m^2 K}$$

$$T_s = 298 \text{ K}$$

$$T_\infty = 300 \text{ K}$$

$$A_s = 45.9 \text{ m}^2$$

$$\dot{Q}_{conv} = 100.98 \text{ W}$$

Pérdidas de calor por evaporación

Paso 1

Se calcula la presión de vaporización lejos de la superficie del agua con la ecuación 4.22.

Datos:

$$\phi = 0.65 \text{ (Tabla 4.2)}$$

$$P_{sat@T_\infty} = 3.6 \text{ kPa (Anexo 13)}$$

$$P_{v\infty} = 2.34 \text{ kPa}$$

Paso 2

Se determina la densidad del vapor en la superficie del agua con la ecuación 4.24.

Datos:

$$P_{vs} = 3.169 \text{ kPa (Anexo 13)}$$

$$R_v = 0.4615 \frac{kPa \cdot m^3}{kg \cdot K} \text{ (Anexo 14)}$$

$$T_s = 298 K$$

$$\rho_{vs} = 0.023 \frac{kg}{m^3}$$

Paso 3

Se determina la densidad del aire seco en la superficie del agua con la ecuación 4.25.

Datos:

$$P_{vs} = 3.169 kPa$$

$$R_a = 0.287 \frac{kPa \cdot m^3}{kg \cdot K} \text{ (Anexo 14)}$$

$$T_s = 298 K$$

$$P_{at} = 89.6 kPa \text{ (Tabla 4.2)}$$

$$\rho_{as} = 1.01 \frac{kg}{m^3}$$

Paso 4

Se determina la densidad en la superficie del agua con la ecuación 4.23.

Datos:

$$\rho_{vs} = 0.023 \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho_{as} = 1.01 \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho_s = 1.033 \frac{kg}{m^3}$$

Paso 5

Se calcula la densidad de vapor lejos de la superficie del agua con la ecuación 4.20.

Datos:

$$P_{v\infty} = 2.34 kPa$$

$$R_v = 0.4615 \frac{kPa \cdot m^3}{kg \cdot K}$$

$$T_\infty = 300 K$$

$$\rho_{v\infty} = 0.0169 \frac{kg}{m^3}$$

Paso 6

Se determina la densidad de aire seco lejos de la superficie del agua con la ecuación 4.21.

Datos:

$$P_{at} = 89.6 \text{ kPa}$$

$$P_{v\infty} = 2.34 \text{ kPa}$$

$$R_a = 0.287 \frac{\text{kPa} \cdot \text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$T_{\infty} = 300 \text{ K}$$

$$\rho_{a\infty} = 1.013 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Paso 7

Se calcula la densidad lejos de la superficie del agua con la ecuación 4.19.

Datos:

$$\rho_{v\infty} = 0.0169 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{a\infty} = 1.0382 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{\infty} = 1.055 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Paso 8

Se calcula el número de Grashof con la ecuación 4.18.

Datos:

$$\rho_{\infty} = 1.055 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_s = 1.033 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$g = 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$L_c = 1.62 \text{ m}$$

$$\nu = 1.562 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$Gr = 1.79 \times 10^9$$

Paso 9

Se determina la difusividad de masa del vapor el número de Grashof con la ecuación 4.15.

Datos:

$$Tf = 299 \text{ K}$$

$$Pat = 89.6 \text{ kPa} = 0.884 \text{ atm}$$

$$D_{AB} = 2.85 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Paso 10

Se calcula el número de Schmidt con la ecuación 4.26.

Datos:

$$D_{AB} = 2.85 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$v = 1.562 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$Sc = 0.55$$

Paso 11

Se multiplica el número de Schmidt por el número Grashof.

$$Sc \cdot Gr = 9.84 \times 10^8$$

Como este producto es mayor que 10^7 el número de Sherwood se determina con la ecuación 4.17

Datos:

$$Gr = 1.79 \times 10^9$$

$$Sc = 0.55$$

$$Sh = 149.22$$

Paso 12

Se calcula el coeficiente de transferencia de masa con la ecuación 4.14.

Datos:

$$Sh = 149.22$$

$$D_{AB} = 2.85 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$Lc = 1.62 \text{ m}$$

$$h_{masa} = 2.63 \times 10^{-3} \frac{m}{s}$$

Paso 13

Se determina la razón de transferencia de masa con la ecuación el coeficiente de transferencia de masa con la ecuación 4.13

Datos:

$$h_{masa} = 2.63 \times 10^{-3} \frac{m}{s}$$

$$A_s = 45.9 \text{ m}^2$$

$$\rho_{vs} = 0.023 \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho_{v\infty} = 0.0169 \frac{kg}{m^3}$$

$$m_v = 7.36 \times 10^{-4} \frac{kg}{s}$$

Paso 14

Finalmente se calcula las pérdidas de calor por evaporación con la ecuación 4.12.

Datos:

$$m_v = 7.36 \times 10^{-4} \frac{kg}{s}$$

$$h_{fg} = 2442 \frac{kJ}{kg} \text{ (Anexo 13)}$$

$$\dot{Q}_E = 1784.97 \text{ W}$$

Pérdidas de calor por conducción

Se determina las pérdidas por conducción con la ecuación 4.27.

Datos:

$$k_1 = 0.72 \frac{W}{m K} \text{ (Anexo 15)}$$

$$A_p = 45.9 + 39.15 = 85.05 \text{ m}^2 \text{ (Tabla 4.1)}$$

$$L_p = 0.2 \text{ m (Tabla 4.1)}$$

$$T_1 = 25 \text{ °C (Tabla 4.2)}$$

$$T_l = 20.25 \text{ °C (Tabla 4.2)}$$

$$\dot{Q}_T = 1454.35 \text{ W}$$

Pérdidas de calor por renovación

Las pérdidas por renovación se calculan con la ecuación 4.28.

Datos:

$$Vr = 0.05 \times 65.48 = 3.274 \text{ m}^3 \text{ (Tabla 4.1)}$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ (Anexo 16)}$$

$$Ce = 4.178 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} = 1.16 \frac{\text{Wh}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \text{ (Anexo 16)}$$

$$Tr = 14.1 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (Tabla 4.2)}$$

$$Tagua = 25 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (Tabla 4.2)}$$

$$\dot{Q}_{RE} = 41396.46 \text{ Wh}$$

$$\dot{Q}_{RE} = 1724.85 \text{ W}$$

Pérdidas de calor por radiación

Paso 1

Se determina el factor de visión tomando lo siguiente:

$$L1 = 900 \text{ cm} \text{ (Figura 4.8)}$$

$$L2 = 510 \text{ cm} \text{ (Figura 4.8)}$$

$$D = 222 \text{ cm} \text{ (Figura 4.8)}$$

$$\frac{L1}{D} = 4$$

$$\frac{L2}{D} = 2.3$$

Con estos datos se ingresa a la figura 4.14 y se determina un factor de visión de aproximadamente 0.55.

$$F12 = 0.55$$

Paso 2

Se determinan las pérdidas de radiación con la ecuación 4.29.

Datos:

$$\sigma = 5.6704 \times 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4} \text{ (Anexo 17)}$$

$$\varepsilon1 = 0.95 \text{ (Anexo 18)}$$

$$\varepsilon2 = 0.75 \text{ (Anexo 19)}$$

$$F12 = 0.55$$

$$T_s = 298 \text{ K}$$

$$T_l = 293.25 \text{ K (Tabla 4.2)}$$

$$A_s = 45.9 \text{ m}^2$$

$$\dot{Q}_R = 579.68 \text{ W}$$

Energía que sale de la piscina.

Las pérdidas de calor en la piscina se calculan con la ecuación 4.3.

Datos:

$$\dot{Q}_R = 579.68 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{RE} = 1724.85 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_T = 1454.36 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_E = 1784.97 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{conv} = 100.98 \text{ W}$$

$$\dot{E}_{sale} = 5442.88 \text{ W}$$

Energía que entra

Esta energía se calcula con la ecuación 4.2.

Datos:

$$\bar{s} = 350.8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \text{ (La NASA)}$$

$$A_s = 45.9 \text{ m}^2$$

$$\alpha_2 = 0.1 \text{ (Anexo 20)}$$

$$\tau_1 = 0.75 \text{ (Anexo 19)}$$

$$\dot{E}_{entra} = 1207.63 \text{ W}$$

Pérdidas de energía en la piscina.

Se calcula con la ecuación 4.1.

Datos:

$$\dot{E}_{entra} = 1207.63 \text{ W}$$

$$\dot{E}_{sale} = 5442.88 \text{ W}$$

$$\dot{E} = 4235.25 \text{ W}$$

4.5. Selección del colector solar para piscina

Los colectores solares que se van a tomar en cuenta son los existentes en el mercado ecuatoriano los cuales se listan a continuación:

- Colector solar plano
- Colector de tubos al vacío
- Colector de polipropileno

Los criterios para seleccionar el colector solar son los siguientes:

1. El colector no debe romperse con facilidad al interactuar con los visitantes si surge alguna eventualidad.
2. Vida útil del colector.
3. Costo del colector solar.
4. Mantenimiento.

En la tabla 4.3 se muestra la ponderación para los criterios de selección del colector.

Tabla 4.3. Ponderación de criterios de selección del colector

CRITERIO	No romperse fácilmente	Vida útil	Costo	Mantenimiento	SUMA	PONDERADO
No romperse fácilmente	-	0.5	1	1	2.5	0.42
Vida útil	0.5	-	0.5	0.5	1.5	0.25
Costo	0	0.5	-	1	1.5	0.25
Mantenimiento	0	0.5	0	-	0.5	0.08
RESULTADO					6	1

Fuente: Propia

En la tabla 4.4 se presente el ponderado del criterio de no romperse fácilmente para los tres colectores.

Tabla 4.4. Ponderación criterio no romperse fácilmente

No romperse fácilmente	Colector solar plano	Colector de tubos al vacío	Colector de polipropileno	Suma	Ponderado
Colector solar plano	-	0.5	0	0.5	0.167
Colector de tubos al vacío	0.5	-	0	0.5	0.167
Colector de polipropileno	1	1	-	2	0.67
Resultado				3	1

Fuente: Propia

En la tabla 4.5 se muestra la ponderación del criterio vida útil para los tres colectores.

Tabla 4.5. Ponderación del criterio vida útil

Vida útil	Colector solar plano	Colector de tubos al vacío	Colector de polipropileno	Suma	Ponderado
Colector solar plano	-	1	1	2	0.67
Colector de tubos al vacío	0	-	1	1	0.33
Colector de polipropileno	0	0	-	0	0
Resultado				3	1

Fuente: Propia

En la tabla 4.6 se muestra la ponderación del criterio costo para los tres colectores.

Tabla 4.6. Ponderación del criterio costo

Costo	Colector solar plano	Colector de tubos al vacío	Colector de polipropileno	Suma	Ponderado
Colector solar plano	-	1	0	1	0.33
Colector de tubos al vacío	0	-	0	0	0
Colector de polipropileno	1	1	-	2	0.67
Resultado				3	1

Fuente: Propia

En la tabla 4.7 se muestra la ponderación del criterio mantenimiento para los tres colectores.

Tabla 4.7. Ponderación del criterio mantenimiento

Mantenimiento	Colector solar plano	Colector de tubos al vacío	Colector de polipropileno	Suma	Ponderado
Colector solar plano	-	1	0	1	0.33
Colector de tubos al vacío	0	-	0	0	0
Colector de polipropileno	1	1	-	2	0.67
Resultado				3	1

Fuente: Propia

En la tabla 4.8 se presenta el ponderado total para los tres colectores tomando en cuenta todos los criterios de selección.

Tabla 4.8. Ponderación total tomando en cuenta todos los criterios de selección

COLECTORES	CRITERIOS				Sumatoria	Prioridad
	No romperse fácilmente	Vida útil	Costo	Mantenimiento		
Colector solar plano	0.42x0.167	0.25x0.67	0.25x0.33	0.08x0.33	0.35	2
Colector de tubos al vacío	0.42x0.167	0.25x0.33	0.25x0	0.08x0	0.15	3
Colector polipropileno	0.42x0.67	0.25x0	0.25x0.67	0.08x0.67	0.50	1

Fuente: Propia

El colector seleccionado es el de polipropileno ya que tiene la ponderación más alta tomando en cuenta todos los criterios de selección.

4.6. Área de colección requerida

Para determinar el área de colección se utiliza la ecuación 4.30.

$$A_{co} = \frac{\dot{E}}{n \bar{S}} \quad \text{Ec. (4.30)}$$

Donde:

A_{co} = Área de colección en (m^2)

\dot{E} = Pérdidas de energía en la piscina (W)

\bar{S} = Radiación solar incidente en (W/m^2)

n = Eficiencia del colector

Datos:

$\dot{E} = 4835.82 \text{ W}$

$\bar{S} = 350.8 \text{ W}/m^2$

$n = 0.25$ (Anexo 24)

$$A_{co} = 55.1 \text{ m}^2$$

4.7. Número de colectores solares

El número de colectores se calcula con la ecuación 4.31.

$$N = \frac{A_{co}}{A_u} \quad \text{Ec. (4.31)}$$

Donde:

A_u = Área unitaria del colector en (m^2)

Datos:

$$A_{co} = 55.14 \text{ m}^2$$

$$A_u = 4.6 \text{ m}^2 (\text{Anexo 24})$$

$$N = 11.98$$

$$N \approx 12 \text{ colectores}$$

4.8. Cálculo del calor requerido para calentar la piscina

Este calor es el resultado de la suma del calor necesario para calentar el agua de la piscina de la temperatura de la red hasta la temperatura de confort más las pérdidas de energía en la piscina.

En piscinas de concreto comunes para calentar el agua en 1°C se necesita 2 horas, en el caso de la piscina de la hostería se necesita elevar de 14 a 25°C , es decir 11°C por esta razón el tiempo necesario para calentar el agua sería de 22 horas. (Ruiz & Pacheco, 2014)

Con la ecuación 4.32 se calcula el calor necesario para calentar el agua de la piscina de la temperatura de red a la temperatura de confort.

$$Q_n = \frac{V \cdot \rho \cdot C_e \cdot (T_{agua} - T_r)}{T} \quad \text{Ec. (4.32)}$$

Donde:

Q_n = Calor necesario para calentar el agua de la piscina de la temperatura de la red a la temperatura de confort (W)

V = Volumen de la piscina en (m^3)

T = Tiempo de calentamiento del agua de piscina en (h)

C_e = Calor específico del agua en ($\text{Wh/kg}^\circ\text{C}$)

$\rho =$ Densidad del agua en (kg/m^3)

Datos:

$$V = 65.48 \text{ m}^3 \text{ (Tabla 4.1)}$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ (Anexo 16)}$$

$$C_e = 4.178 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} = 1.16 \frac{\text{Wh}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \text{ (Anexo 16)}$$

$$T_r = 14 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (Tabla 4.2)}$$

$$T_{\text{agua}} = 25 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (Tabla 4.2)}$$

$$T = 22 \text{ h}$$

$$Q_n = 37978.4 \text{ W}$$

El calor requerido para calentar la piscina se calcula con la ecuación 4.33, considerando que las pérdidas en la piscina en el calentamiento son las mismas que cuando la piscina ya está calentada.

$$Q_{rp} = Q_n + \dot{E} \quad \text{Ec. (4.33)}$$

Donde:

Q_{rp} = Calor requerido en la piscina en (W)

\dot{E} = Pérdidas de energía en la piscina en (W)

Q_n = Calor necesario el agua a unitaria del colector en (W)

Datos:

$$Q_n = 37978.4 \text{ W}$$

$$\dot{E} = 4835.82 \text{ W}$$

$$Q_{rp} = 42814.22 \text{ W}$$

4.9. Operación del sistema caldera-colector

4.9.1. Consideraciones de operación

De acuerdo al propietario de la hostería el horario de atención es de 10 am a 8 pm, los días sábado y domingos, tomando en cuenta esto el sistema híbrido funcionara de la siguiente manera.

1. El día viernes se realizará el calentamiento de la piscina para que alcance la temperatura de confort, este proceso se lo realizara únicamente con la caldera, el tiempo para llegar a la temperatura de confort es de 22 horas.
2. De 10 am a 6 pm de los días sábado y domingo el calentamiento de la piscina será realizado por los colectores solares y por la caldera cuando la radiación solar no sea la suficiente para mantener la temperatura de la piscina.
3. A partir de las 6 pm del sábado el calentamiento será realizado únicamente por la caldera hasta las 10 am del domingo y también de 6 pm a 8 pm del día domingo, por lo que la caldera funcionara 18 horas para mantener las condiciones de confort.

Para el horario de 10 am a 6 pm, si la temperatura de la piscina está en el rango de 22 °C a 25 °C el sistema funciona únicamente con los colectores solares, si la temperatura del agua de la piscina es menor a 22 °C se encenderá la caldera. Además en este horario el agua pasa primeramente por los colectores y luego por la caldera en la figura 4.15 se muestra el funcionamiento del sistema caldera-colector para el horario de 10 am a 6pm.

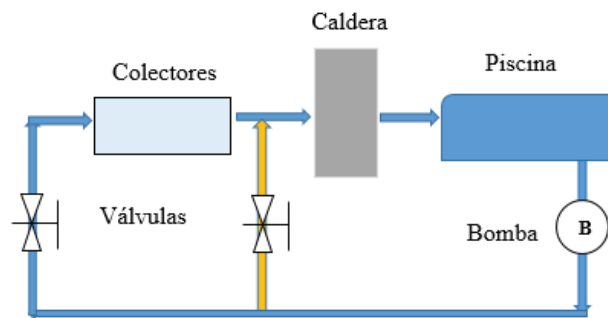


Figura 4.15. Funcionamiento del sistema caldera-colector de 10 am a 6 pm
Fuente: Propia

Los horarios en los cuales el agua pasa únicamente por la caldera son los que se muestran en la tabla 4.9.

Tabla 4.9. Horarios en los cuales el agua pasa únicamente por la caldera.

DIA	HORARIO
Viernes	12 horas a 24 horas
Sábado	0 horas a 10 horas y 18 horas a 24 horas
Domingo	0 horas a 10 horas y 18 horas a 20 horas

Fuente: Propia

En la figura 4.16 se muestra un esquema del sistema caldera-colector para los horarios en los cuales el agua solo pasa por la caldera.

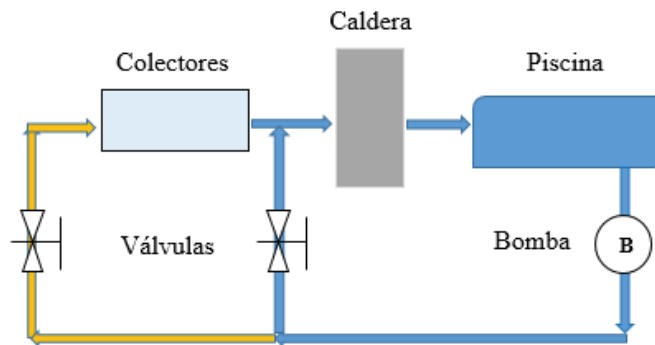


Figura 4.16. Funcionamiento del sistema caldera-colector para los horarios en los cuales el agua pasa únicamente por la caldera.
Fuente: Propia

4.9.2. Control de encendido de la caldera

Para controlar el encendido de la caldera el algoritmo que debe llevar a cabo el microprocesador que va instalarse en el sistema es el que se muestra en la figura 4.17.

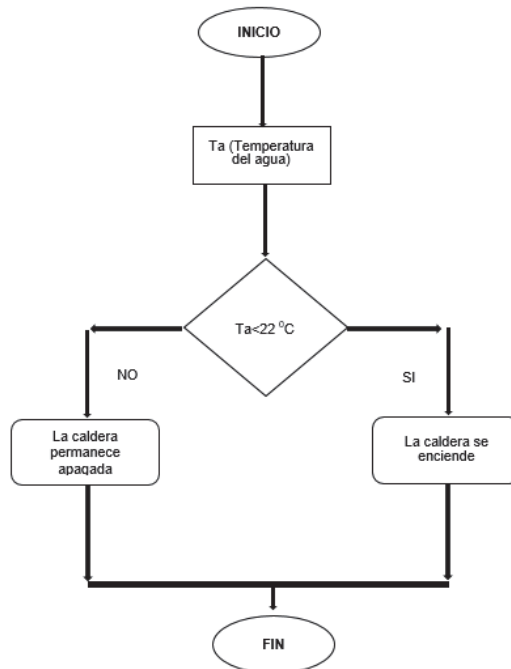


Figura 4.17. Algoritmo para el control de encendido de la caldera
Fuente: Propia

Los componentes necesarios para llevar a cabo el control del encendido de la caldera son los que se listan a continuación:



Figura 4.19. Microcontrolador Atmega8
 Fuente: <http://www.prometec.net/regulacion-simple/>

En la tabla 4.11 se muestran las especificaciones del microprocesador.

Tabla 4.11. Especificaciones del microprocesador atmega8

DESCRIPCIÓN	VALOR
Rango de temperaturas	-40 °C a +125 °C
Voltaje de operación	4.5 VDC a 5.5. VDC
Consumo de energía	1.5 mA

Fuente: (Ferreiras, 2015)

Para visualizar la temperatura a la cual se encuentra el agua se conecta al microprocesador un display, en la figura 4.20 se muestra un esquema del display.



Figura 4.20. Display para visualizar la temperatura del agua.
 Fuente: <http://www.prometec.net/regulacion-simple/>

En la tabla 4.12 se muestran las especificaciones del display.

Tabla 4.12. Especificaciones del display.

DESCRIPCIÓN	VALOR
Tipo	LCD
Voltaje de operación	2.5 V a 5.5. V
Tamaño	5.23x3 cm

Fuente: (Propia)

5. ANÁLISIS FINANCIERO

Para llevar a cabo el análisis financiero es necesario conocer el costo del proyecto y los ingresos, posteriormente mediante indicadores como el VAN (Valor actual neto), TIR (Tasa interna de retorno) y tiempo de recuperación se determinará la viabilidad del proyecto, el tiempo de vida del proyecto se tomará igual al tiempo de vida útil del colector solar el cual es de 10 años.

5.1. Determinación del costo

5.1.1. Costo de inversión

El costo de inversión corresponde al costo de los equipos para los sistemas fotovoltaico y de calentamiento para la piscina, en la tabla 5.1 se muestra el costo total de inversión en el cual ya están incluidos los costos de instalación y mano de obra.

Tabla 5.1. Costo inversión de los sistemas dimensionados

SISTEMA	COSTO
Sistema fotovoltaico	7088.5 USD
Sistema de calentamiento para la piscina	5772.5 USD
COSTO TOTAL	12861 USD

Fuente: Propia

5.1.2. Costo de operación

Este costo consiste en el costo por consumo de diésel en la caldera y el costo por consumo de electricidad de la bomba.

- Costo por consumo de diésel

El consumo de combustible en la caldera para calentar el agua de la piscina de la temperatura de la red a la temperatura de confort se utiliza la siguiente ecuación.

$$\dot{m}_{comb} = \frac{Q_{rp}}{b \times P_c} \quad \text{Ec. (5.1)}$$

Donde:

\dot{m}_{comb} = Consumo de combustible en (kg/h)

Q_{rp} = Calor requerido en la piscina en (kW)
 P_c = Poder calorífico del combustible en (kJ/kg)
 b = Eficiencia de la caldera (0-1)

Para calcular el volumen de combustible se utiliza la siguiente ecuación.

$$V_c = \frac{\dot{m}_{comb}}{d_c} \quad \text{Ec. (5.2)}$$

Donde:

V_c = Volumen de combustible en (gal)
 \dot{m}_{comb} = Consumo de combustible en (lb/h)
 d_c = Densidad del combustible en (lb/gal)

El costo por consumo de combustible se calcula con la ecuación 5.3.

$$C_c = V_c \cdot t_p \cdot C_g \quad \text{Ec. (5.3)}$$

El consumo de combustible en la caldera para mantener la piscina a la temperatura de confort se calcula con la ecuación 5.4.

$$\dot{m}_{comb} = \frac{\dot{E}}{b \cdot P_c} \quad \text{Ec. (5.4)}$$

Donde:

\dot{E} = Pérdidas de energía en la piscina en (kW)
 P_c = Poder calorífico del combustible en (kJ/kg)
 b = Eficiencia de la caldera (0-1)

PASO 1

Se calcula el consumo de combustible para el calentamiento del agua de la piscina de la temperatura de la red a la temperatura de confort con la ecuación 5.1.

Datos:

$$P_c = 46294.04 \frac{kJ}{kg} \quad (\text{Ruiz \& Pacheco, 2014})$$

$$b = 0.8$$

$$Q_{rp} = 42814.22 \text{ W} = 42.81 \text{ kW}$$

$$\dot{m}_{comb} = 0.0015 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 4.16 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

PASO 2

Se determina el volumen de combustible con la ecuación 5.2.

Datos:

$$\dot{m}_{comb} = 4.16 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 9.15 \frac{\text{lb}}{\text{h}}$$

$$dc = 7.044 \frac{\text{lb}}{\text{gal}} \text{ (Ruiz \& Pacheco, 2014)}$$

$$V_c = 1.29 \frac{\text{gal}}{\text{hora}}$$

PASO 3

Se calcula el costo por consumo de combustible con la ecuación 5.3.

Datos:

$$V_c = 1.29 \frac{\text{gal}}{\text{hora}}$$

$$tp = 22 \text{ horas}$$

$$C_g = 1.03 \frac{\text{USD}}{\text{gal}} \text{ (Petroecuador)}$$

$$C_{c1} = 29.23 \frac{\text{USD}}{\text{semana}}$$

Este costo calculado sería por semana al mes sería de 116.92 USD/me y al año el costo tendría un valor de 1403.04 USD/año.

PASO 4

Se calcula el consumo de combustible para mantener el agua de la piscina a las condiciones de confort 5.4.

Datos:

$$P_c = 46294.04 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{ (Ruiz \& Pacheco, 2014)}$$

$$b = 0.8$$

$$\dot{E} = 4835.82 \text{ W} = 4.84 \text{ kW}$$

$$\dot{m}_{comb} = 0.00013 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 0.47 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

PASO 5

Se determina el volumen de combustible con la ecuación 5.2.

Datos:

$$\dot{m}_{comb} = 0.47 \frac{kg}{h} = 1.034 \frac{lb}{h}$$

$$dc = 7.044 \frac{lb}{gal} \text{ (Ruiz \& Pacheco, 2014)}$$

$$V_c = 0.14 \frac{gal}{hora}$$

PASO 6

Se calcula el costo por consumo de combustible para mantener la temperatura de la piscina a la temperatura de confort con la ecuación 5.3.

Datos:

$$V_c = 0.14 \frac{gal}{hora}$$

$$tp = 18 \text{ horas}$$

$$C_g = 1.03 \frac{USD}{gal} \text{ (Petroecuador)}$$

$$C_{c2} = 2.59 \frac{USD}{semana}$$

Este costo calculado sería por semana al mes sería de 10.38 USD/mes y al año el costo tendría un valor de 124.59 USD/año.

PASO 7

Finalmente se suman los costos calculados en el paso 3 y en el paso 6 para determinar el costo total por consumo de combustible en la caldera.

Datos:

$$C_{c1} = 1403.04 \frac{USD}{año}$$

$$C_{c2} = 124.59 \frac{USD}{año}$$

$$C_{cT} = 1527.63 \frac{USD}{año}$$

- Costo por consumo de electricidad de la bomba

La bomba funcionara en promedio 10 horas diarias.

El costo por consumo de electricidad de la bomba se calcula con la ecuación 5.5.

$$C_e = C_m.tb.P_b \quad \text{Ec. (5.5)}$$

Donde:

C_e = Costo por consumo de electricidad en (USD)

t_b = Tiempo de funcionamiento de la bomba (h)

C_m = Costo del kW-h en el Ecuador en (USD/kw-h)

P_b = Potencia de la bomba en (kW)

Datos:

$$t_b = 56 \text{ h}$$

$$P_b = 1 \text{ hp} = 0.7457 \text{ kW}$$

$$C_m = 0.0903 \frac{\text{USD}}{\text{kW} - \text{h}} (\text{Planilla de luz})$$

$$C_e = 3.77 \frac{\text{USD}}{\text{semana}}$$

El costo calculado es por semana, al mes tendrá un costo de 15.08 USD/mes y al año es costo será de 180 USD/año, en la tabla 5.2 se muestra el costo de operación.

Tabla 5.2. Costo total de operación

Costo por consumo de combustible	1527.63 USD
Costo por consumo de electricidad	180.96 USD
Costo total de operación	1708.59 USD

Fuente: Propia

5.1.3. Costo por mantenimiento

El costo de mantenimiento está relacionado con las actividades semanales de limpieza y revisión del correcto funcionamiento de los dos sistemas dimensionados cada, el costo aproximado para el mantenimiento se asume de 250 USD/mes y en el año sería de 3000 USD/año.

5.2. Determinación del ingreso

La administración de la hostería en conversaciones manifestó dos tipos de ingreso que están relacionados con la implementación de los sistemas dimensionados en este proyecto, en la tabla 5.3 se muestran los ingresos que tendría la hostería al implementar los sistemas solares.

Tabla 5.3. Ingresos anuales en la hostería

INGRESOS								
CONCEPTO	PRECIO POR PERSONA		CANTIDAD DE PERSONAS A LA SEMANA		INGRESO POR SEMANA		INGRESO POR MES	INGRESO ANUAL
	Niños	Adultos	Niños	Adultos	Niños	Adultos		
Entrada a la hostería	1 USD/Persona	1.5 USD/Persona	30 personas/semana	40 persona/semana	30 USD/semana	60 USD/semana	360 USD/mes	4320 USD/año
Utilización de la piscina	2 USD/Persona	3 USD/Persona	20 personas/semana	30 personas/semana	40 USD/semana	90 USD/semana	520 USD/mes	6240 USD/año
TOTAL INGRESOS								10560 USD/año

Fuente: Propia

5.3. Viabilidad del proyecto

Para determinar la viabilidad del proyecto se debe conocer lo siguiente; los años de estudio del proyecto y el TREMA (Tasa de rendimiento mínima aceptable) que da el inversionista, el tiempo de vida del proyecto es el mismo que el tiempo de vida útil de los colectores solares el cual es de 10 años y el TREMA planteado por el dueño de la hostería es del 15%.

En la tabla 5.4 se muestran los datos necesarios para el análisis.

Tabla 5.4. Datos necesarios para el análisis.

Costo de inversión (USD)	Costo de operación (USD)	Costo de mantenimiento (USD)	Egresos (USD)	Ingresos (USD)	Trema (%)
-12861	-1708.59	-3000	-4708.59	10560	15

Fuente: Propia

En la tabla 5.5 se muestra el flujo de efectivo del proyecto.

Tabla 5.5. Flujo de efectivo.

Flujo Efectivo	
Año	Valor
0	-12861
1	5851.41
2	5851.41
3	5851.41
4	5851.41
5	5851.41
6	5851.41
7	5851.41
8	5851.41
9	5851.41
10	5851.41

Fuente: Propia

En la tabla 5.6 se presentas los valores del VAN y TIR calculados

Tabla 5.6. Valores del VAN y el TIR

TIR	VAN
27 %	16506 USD

Fuente: Propia

En la siguiente tabla 5.7 se muestran el cálculo del tiempo de recuperación de la inversión.

Tabla 5.7. Tiempo de recuperación de la inversión.

Años	SIN CONSIDERAR EL VALOR DEL DINERO EN EL TIEMPO		CONSIDERANDO EL VALOR DEL DINERO EN EL TIEMPO	
0		-12861.00		-12861.0
1	5851.41	-7009.59	5088.1826	-7772.8
2	5851.41	-1158.18	4424.5066	-3348.3
3	5851.41	4693.23	3847.3971	499.1
4	5851.41	10544.64	3345.5627	3844.6
5	5851.41	16396.05	2909.1849	6753.8
6	5851.41	22247.46	2529.7260	9283.6
7	5851.41	28098.87	2199.7618	11483.3
8	5851.41	33950.28	1912.8363	13396.2
9	5851.41	39801.69	1663.3359	15059.5
10	5851.41	45653.10	1446.3791	16505.9
Tiempo de recuperación	TERCER AÑO		TERCER AÑO	

Fuente: Propia

Tomando en consideración los tres indicadores para determinar la viabilidad del proyecto, los cuales deben cumplir los siguientes requisitos para que sea aceptable. (Sullivan, Bontadelli & De Garmo, 2000)

- Si el VAN es mayor a cero el proyecto es aceptable
- Si el TIR es mayor que el TREMA el proyecto es aceptable
- Si el tiempo de recuperación de la inversión es menor a 5 años el proyecto es aceptable

En la tabla 5.8 se muestra la viabilidad del proyecto.

Tabla 5.8. Viabilidad del proyecto

INDICADORES	VALOR	COMPARACIÓN	CONCLUSIÓN
VAN	16506 USD	Es mayor que cero	El proyecto es aceptable
TIR	27 %	27 % > 15 %	El proyecto es aceptable
Tiempo de recuperación	3 años	3 años < 5 años	El proyecto es aceptable

Fuente: Propia

De acuerdo a todos los indicadores el proyecto es aceptable.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- En este proyecto se realizó el estudio de factibilidad para implementar un sistema de energía solar para la hostería Moya Bayas, en el cual se dimensionaron dos sistemas, un sistema fotovoltaico y un sistema de calentamiento para piscina, cumpliéndose con el objetivo planteado.
- Se dimensionó un sistema fotovoltaico aislado de la red, el cual muestra todos los elementos para el aprendizaje de los visitantes de la hostería, el sistema fotovoltaico reemplazará 157.2 kWh/mes correspondiente a la demanda energética por iluminación, para esta demanda el sistema dimensionado consta de los siguientes elementos; 9 paneles fotovoltaicos de 230 Wp, 7 baterías de 150 Ah, 1 inversor y 1 controlador.
- Para el sistema de calentamiento para piscina se dimensionó un sistema híbrido caldera-colector, la caldera funcionará en el calentamiento inicial del agua y cuando la energía solar no sea la suficiente para mantener la piscina a la temperatura de confort, se seleccionó colectores de polipropileno, los cuales permiten una interacción segura con los visitantes y además se acoplan a los elementos que se encuentran instalados en la piscina, los colectores solares necesarios para mantener el agua de la piscina a la temperatura de confort son 12 de 4.6 m² área.
- La implementación de las tecnologías solares dimensionadas tiene como objetivo principal incrementar el número de visitantes de la hostería, especialmente de los turistas con conciencia ecológica, estudiantes que están realizando proyectos de investigación acerca de energías no convencionales e instituciones que realicen visitas con fines educativos.
- El proyecto es rentable para las consideraciones que se ha proyectado la administración de la hostería, con esta referencia se determinó un VAN de 16506 USD, un TIR de 27 % y un tiempo de recuperación de la inversión de 3 años, comparando estos valores con los establecidos el proyecto es aceptable.

6.2. Recomendaciones

- Para aumentar la competitividad con los demás lugares turísticos de la provincia Bolívar, fomentar el turismo educativo y atraer mayor cantidad de visitantes con conciencia ecológica se debe implementar más tecnologías amigables con el medio ambiente como, un biodigestor, una cocina solar y un desalinizador solar.
- La piscina por las noches va a funcionar con la caldera lo que significa consumo de combustible, por esta razón sería adecuado implementar una manta térmica para que la temperatura del agua se mantenga en un rango de 20 °C a 25 °C y de esta manera disminuir el consumo de combustible por las noches.
- Actualmente la hostería utiliza el agua de suministro de la red pública para el funcionamiento de la piscina lo que ha ocasionado problemas con la comunidad, cerca de la hostería fluye un río el cual puede ser la solución a este problema, para lo cual se recomienda diseñar un sistema de bombeo del río hacia la hostería que abastezca la demanda de agua, debiéndose implementar un sistema de tratamiento de agua.
- Las normativas medioambientales impiden el funcionamiento de calderas para piscina que utilicen como combustible diésel, por esta razón es necesario utilizar una caldera en base a gas y no la que actualmente está instalada en la hostería.

Referencias bibliográficas

- Adirse. (2010). Energía Solar Térmica. *Adirseorg*. Accedido 12 Octubre 2016, <http://www.adirse.org/energias-renovables/energia-solar-termica/>.
- Anónimo. (2009). Energía solar térmica. *energiasolartermica*. Accedido 12 Octubre 2016, disponible en <http://www.energiasolartermica.biz/calefaccion-por-energia-solar-termica/>.
- Ávila, A., Mendoza, J., y Beltrán, J. (2010). Energy assessment of a double cover flat-plate solar collector, vol.27, pp, 100, 2010.
- Basurto, F. (2015). *Plan de negocios para la creación de una empresa dedicada a la comercialización, instalación y mantenimiento de paneles solares en el área rural del cantón Santa Lucía*. Tesis previa a la obtención del Título de Magister en Económica, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Bérriz, L. (s.f). Ventajas y desventajas de los calentadores solares. *Cubasolar*. Accedido 1 Julio 2016, disponible en <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia55/HTML/Articulo05.htm>.
- Bubblesun, el colector solar semiesférico. (2016). *sitiosolar*. Accedido 7 de Diciembre 2016, disponible en <http://www.sitiosolar.com/bubblesun-el-colector-solar-semiesferico/>
- Calvo, F. (2009). *Análisis de viabilidad para la implementación de sistemas de generación eléctrica usando energía solar para uso residencial*. Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Electrónico. Universidad de san Buenaventura, Medellín, Colombia.
- CENACE. (2016). 17 nuevos proyectos de energía solar fotovoltaica se instalarán en Ecuador hasta el 2015. Accedido 21 Agosto 2016, disponible en <http://comisionanticorruccion.ec/?p=3455>.
- Çengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2011). *Transferencia de calor y masa. Fundamentos y*.
- Conelec. (2008), Atlas solar, Consejo Nacional de Electrificación, Quito
- Dewin, F. (2013). *Dewin y sus instrumentos. Dewinstruments1.blogspot.com*. Accedido 18 Enero 2017, disponible en <http://dewinstruments1.blogspot.com/2013/05/sensor-de-temperatura-lm35.html>
- El comercio. (2014). En Pimampiro se transforma la energía solar. *El comercio*. Accedido 23 Agosto 2016, disponible en <http://www.elcomercio.com/tendencias/tecnologia/pimampiro-se-transforma-energia-solar.html>.

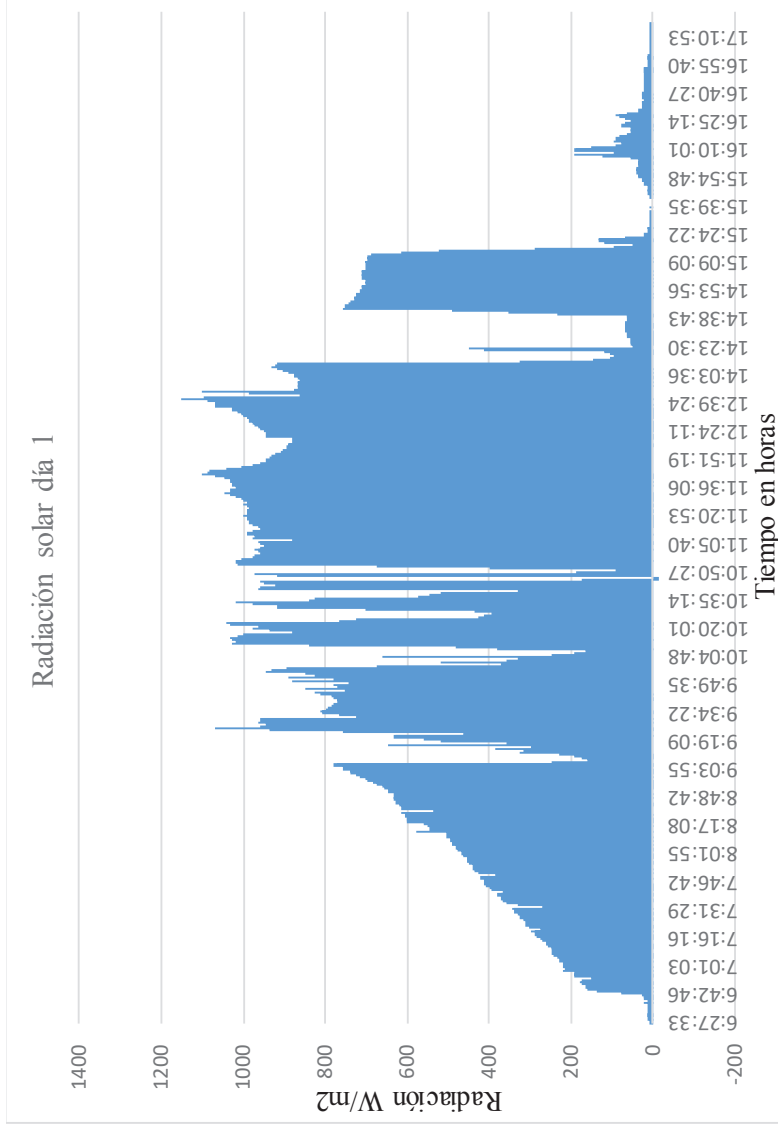
- Faijoo, A. (2009). *Proyecto de implementación de paneles solares en Haciendas alejadas de la fuente de energía convencional. Caso: Hacienda "El Vado"*. Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Comercial. ESPOL. Guayaquil. Ecuador.
- Fernández, A. (2009). Este panel se hincha a energía solar. *Eciencia*. Accedido 1 julio 2016, disponible en <http://e-ciencia.com/blog/divulgacion/este-panel-se-hincha-a-energia-solar/>.
- Ferreiras, Y. (2015). *Características técnicas del Atmega8*. *Todosobreavr.blogspot.com*. Accedido 18 Enero 2017, disponible en <http://todosobreavr.blogspot.com/2015/10/caracteristicas-tecnicas-del-atmega8.html>
- García, J. (2002). La cocina solar. Un sistema de aprovechamiento directo de la energía solar para cocer los alimentos y para otras aplicaciones. *Biblio 3w: revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales*, 7.
- Giraldo, A. (2012). Proceso constructivo de la piscina. Informe de práctica académica. Universidad de Pereira, Pereira, Colombia.
- H2SOL. (s.f). Colectores en Epdm de Polipropileno. *H2sol.com.uy*. Accedido 1 Julio 2016, disponible en <http://www.h2sol.com.uy/polipropileno/index.html>
- Hernández, D. M. (2006). *Control digital para convertidor multinivel alimentado con energía solar*.
- Hernández, P. (2014). RADIACIÓN DIRECTA, DIFUSA Y REFLEJADA. *PedroJHernández*. Accedido 21 Junio 2016, disponible en <https://pedrojhernandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>.
- Iriarte, A. Bistoni, S., y Saravia, L. (2002) Modelo de predicción del comportamiento de colectores solares plásticos para el calentamiento de sustratos en invernaderos. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. ASADES
- Jiménez, L. (2009). *Piscinas*. Ceac.
- Jutglar, L. (2004). *Energía solar*.
- Kapricon,. (2013). *MikroElektronika Forum • View topic - Avr sensor LM35*. *Forum.mikroe.com*. Accedido 18 Enero 2017, disponible en <http://forum.mikroe.com/viewtopic.php?f=72&t=53324>
- Levitin, M. (2011). Luz en la mitad del mundo. *Code solar*. Accedido 21 Agosto 2016, disponible en http://www.codesolar.com/Energia-Solar/Solar_Noticias_News/2011/110109_Photon_Luz_en%20la_mitad_del_mundo_Ecuador.html.
- Ley de fomento a las energías no convencionales. (2013)
- Maillo, A., & de CIATESA, D. D. C. (2012). *Climatización de piscinas cubiertas*.

- Martínez, J., Noceto, P., & Suárez, R. (2013). Manual técnico de energía solar térmica. Volumen II: Aspectos técnicos y normativos.
- Mena, A. (s.f). La investigación y desarrollo de energías renovables en el Ecuador, *Corporación para la Investigación Energética Quito-Ecuador*
- Méndez, J., & Cuervo, R. (2008). Energía solar fotovoltaica. *FC Editorial, Madrid*.
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovables. (2012)
- Moya, E. Z. (1997). Desalinización del agua del mar mediante energías renovables. *In Actas del I y II seminario del agua* (pp. 199-226). Instituto de Estudios Almerienses.
- Nieto, N. (2013). *Diseño de una hostería ecológica en el sector Pretoria, Isla Isabela, Provincia de Galápagos*. Tesis previa a la obtención del Título de Licenciada en Turismo Ecológico, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Nojiri, D. (2009). *Diseño de un sistema de calentamiento solar para la piscina olímpica de la Universidad Simón Bolívar*. Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, Universidad Simón Bolívar, Sartenejas, Venezuela.
- Norma Ecuatoriana de la construcción. NEC-11, Capítulo 14 Energías Renovables
- Objetivo 11 Plan Nacional del Buen Vivir. (2013)
- Palacios, G. (2012). *Propuesta para la creación de un programa que incentive el desarrollo del turismo social en escuelas fiscales y fiscomisionales en la ciudad de Guayaquil*. Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero en Administración de Empresas Turísticas y Hoteleras, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Pareja, M. (2009). Energía solar fotovoltaica. *Cálculo de una instalación aislada*. Marcombo.
- Perelló Daniel A. (2008). Policarbonato versus vidrios en Colectores Solares, pp: 2-6, 9-11, 27-31 Universidad Nacional de Salta, Salta.
- Placco, C., Saravia, L., Cadena, C. (s.f). *Colectores Solares Para Agua Caliente*. Renovables Verdes. (2010). El sector turístico y las energías renovables. Disponible en <http://www.renovablesverdes.com/el-sector-turistico-y-las-energias-renovables/>, Accedido 12 febrero 2016.
- Renovaenergía S.A. (2015). Soluciones Energéticas Renovables
- Riba, C. (2002). *Diseño concurrente*. Ediciones UPC.
- Romero, M. (2009). *Energía solar térmica* (Vol. 43). Grupo Planeta (GBS).
- Rufes, P. (2009). *Energía solar térmica* (Vol. 4). Marcombo.
- Ruiz, A., Pacheco, E. (2014). *Proyecto de factibilidad para uso eficiente de la energía en las instalaciones del complejo turístico Vulcano Green del Catón Penipe*. Tesis previa

- a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Sala, G., Ramos, V., Plaza, F., Mellado, F., Lecuona, A., Jiménez, C., Fernández., A., Montes, J. (2002). *Energías Salor Fotovoltaica. Almagro, Madrid.*
- Sánchez, L. (2010). *Análisis y diseño de un sistema de calefacción solar para agua caliente sanitaria.* Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- Schallenberg, R., Piernavieja, G., Hernández, C., Unamunzaga, P., García, R., Díaz, M., & Pardilla, J. (2008). *Energías Renovables y Eficiencia Energética. Instituto Tecnológico de Canarias, SA Primera edición. ISBN, 978-84.*
- Sitiosolar. (s,f). Climatizacion de piscinas o albercas. *Sitiosolar.com*. Accedido 3 Julio 2016, disponible en <http://www.sitiosolar.com/Albercas.htm>.
- Sullivan, W., Bontadelli, J & De Garmo, E. (2000). *Ingenieria Económica.* PEARSON, EDUCACION.
- Veloz, C. (2014). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Cantón Chimbo Provincia de Bolívar.*
- Zabalza, I., & Aranda, A. (2009). *Energía solar térmica. Zaragoza. España.*
- Zavala, R. (2012). Inicio Proyecto Techo Solar Ecuador. *Me lo dijeron.* Accedido 23 Agosto 2016, disponible en <https://lodijeron.wordpress.com/2012/05/31/inicio-del-proyecto-techo-solar-ecuador/>.

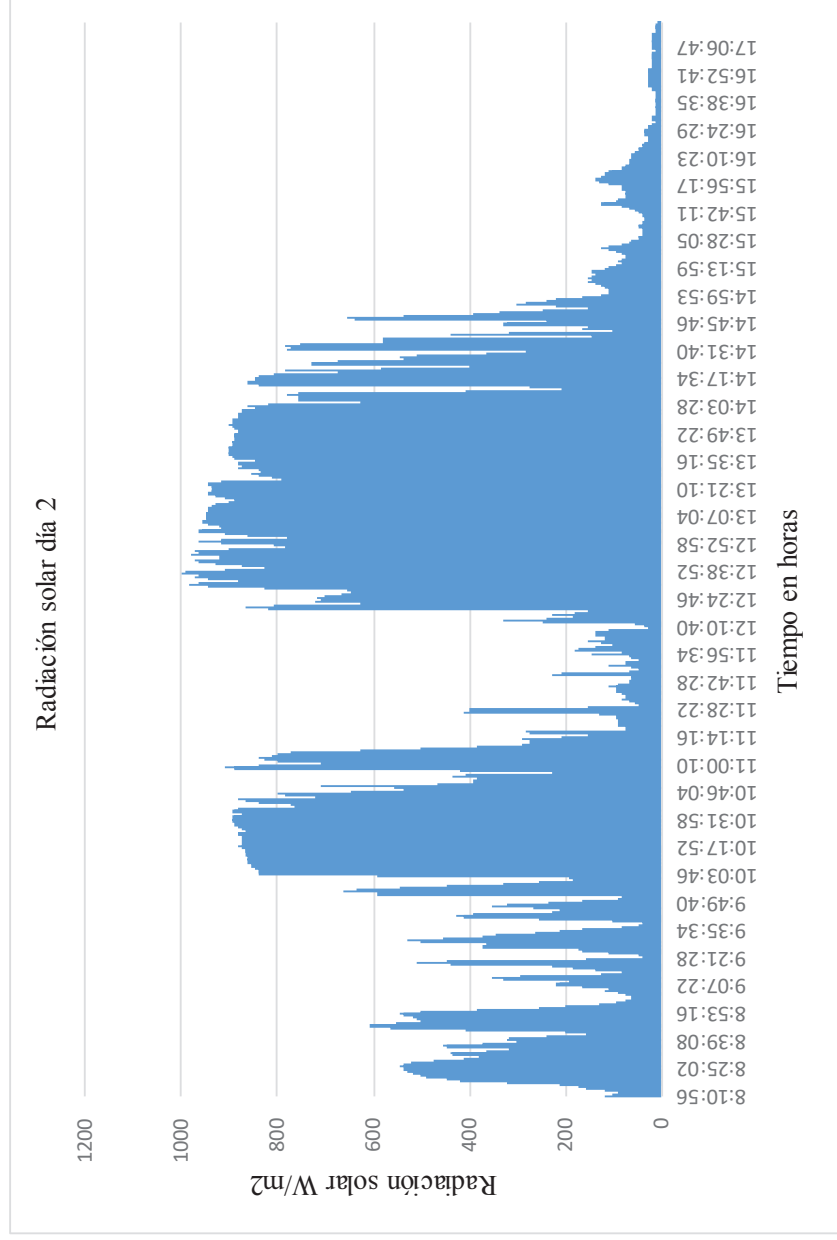
ANEXOS

ANEXO 1. Curvas de radiación vs tiempo
Curva de radiación vs tiempo para el día 2 de medición



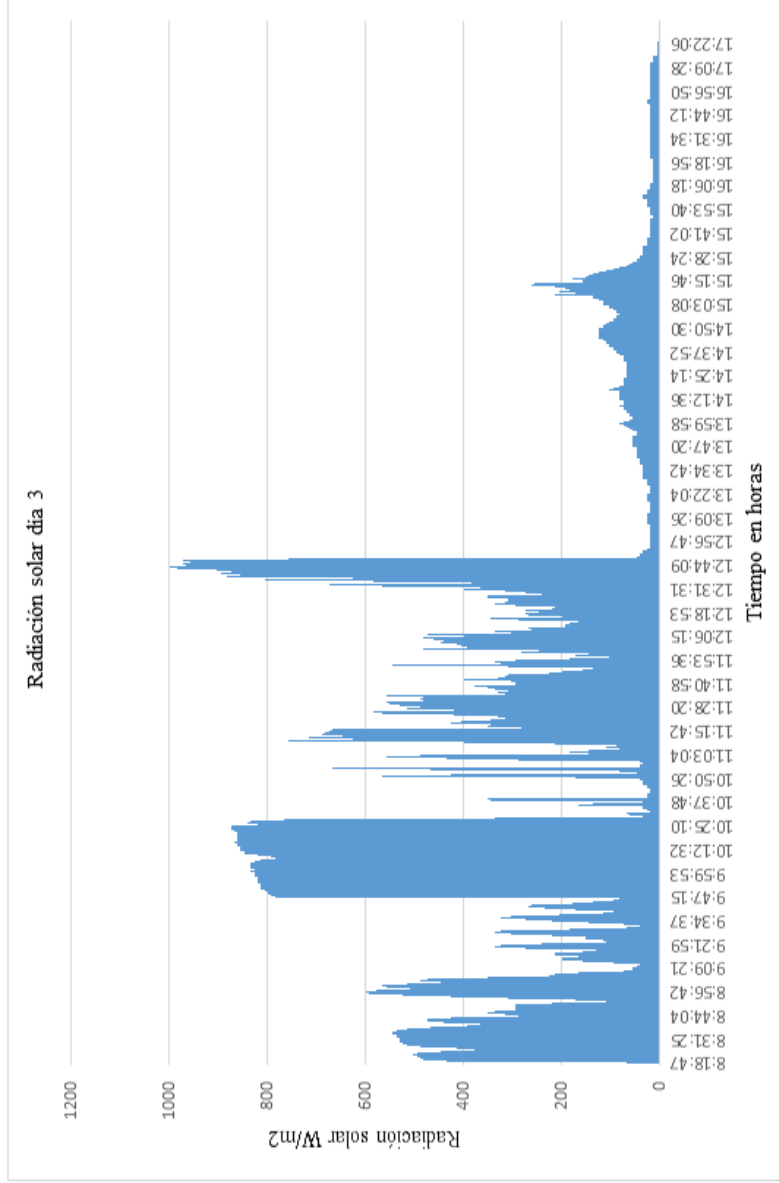
Promedio 6.52 mV 449.03 W/m²

Curva de radiación vs tiempo para el día 2 de medición.



Promedio 5.45mV 375.71W/m²

Curva de radiación vs tiempo para el día 2 de medición.



ANEXO 2. Tablas de datos meteorológicos de la hostería

Día 1

Tiempo	Tex	Vel viento m/s	Tinterna	Humedad Relativa	AT	T red
0	16.1	0	16.4	63.20%	0.3	14.6
20	19.4	0.6	19.7	47%	0.3	13.8
40	20.2	0	20.7	47.40%	0.5	14.6
60	22.6	0	23	38.60%	0.4	13.5
80	22.6	0	22.9	35.70%	0.3	14.5
100	24.1	0	25	31.90%	0.9	14.6
120	24.3	0	25.4	33%	1.1	14.2
140	26.3	0.4	26.5	26.60%	0.2	13.5
160	26.8	0	28.4	28%	1.6	13.8
180	24.5	0.5	30	34%	5.5	14.7
200	24.4	0	28	37.80%	3.6	14.3
220	23.8	0	29	40.70%	5.2	14.5
240	28.2	0	32	34%	3.8	14.5
260	26.5	0	34	38.80%	7.5	13.7
280	28.5	0	35	40.70%	6.5	14.3
300	29.4	0.4	36	35.40%	6.6	14.8
320	27.9	0	36	39%	8.1	13.4
340	28.8	0	36	39.30%	7.2	14.3
360	29.9	0	36	37.10%	6.1	13.7
380	28.6	0	34	37.40%	5.4	13.8
400	30.7	0	35	36.40%	4.3	14.5
420	28.8	0	33	38.80%	4.2	14.3
440	25.3	0.5	30.5	40.10%	5.2	13.8
460	28.8	0	30.5	41.40%	1.7	14.6
480	25.5	0	28.5	0.4	3.0	13.8
500	25.9	0	27	42.10%	1.1	14.2
520	24.4	0	26.5	44.60%	2.1	13.4
540	25.5	0	26	44.30%	0.5	13.6
560	25.2	0	25	44.20%	-0.2	14.3
Promedio	25.6	0.1	28.8	39.3	3.2	14.1

Día 2

Tiempo	Tex	Vel viento m/s	Tinterna	Humedad Relativa	AT	T red
0	18	0	18.8	51.60%	0.8	13.9
20	20	0	20.1	49.90%	0.1	14.3
40	20.8	0	21.6	45%	0.8	14.6
60	22.2	0.5	23.2	34.50%	1	13.5
80	24.6	0.1	25	35.00%	0.4	14.2
100	26.6	0.2	27.1	29%	0.5	14.8
120	23.9	0	24.7	30.90%	0.8	13.8
140	24.9	0	26.5	29.30%	1.6	13.4
160	26.6	0	32	30.40%	5.4	12.8
180	26.1	0	30	32.40%	3.9	14.7
200	23.1	0	27.5	40.90%	4.4	13.5
220	26	0.2	32	39.30%	6	14.7
240	29	0	33	35%	4	14.3
260	29.7	0.4	35.5	23.70%	5.8	14.9
280	30.3	0	36	33.90%	5.7	14.3
300	27.1	0	36	39%	8.9	14.1
320	28.5	0.4	35	38.30%	6.5	13.9
340	28.6	0	35	39%	6.4	13.4
360	30	0	35	36.90%	5	14.6
380	29.2	0.2	34	36.50%	4.8	13.4
400	29.9	0	36	33.90%	6.1	14.9
420	27.9	0.4	32.5	40.40%	4.6	13.8
440	25.9	0	30	44.10%	4.1	13.7
460	26.6	0	29	44.70%	2.4	14.3
480	25.3	0	28	40.90%	2.7	14.5
500	24.9	0.2	27	44.80%	2.1	13.8
520	25	0	26	45.40%	1	14.2
540	25.4	0	25.5	42.40%	0.1	14.6
Promedio	25.9	0.1	29.4	38.1%	3.4	14.1

Día 3

Tiempo (min)	Tex	Vel viento m/s	Tinterna	Humedad Relativa	AT	T red
0	19.4	0	21	51.70%	1.6	14.2
20	19.1	0.3	23	50.90%	3.9	15.3
40	23.5	0.3	21	37.60%	-2.5	13.6
60	26.1	0	27	34.80%	0.9	14.7
80	26.4	0	29	34.30%	2.6	14.3
100	29.7	0	31	27.80%	1.3	13.3
120	28.7	0	30	30.10%	1.3	13.6
140	25	0	26	40.10%	1	14.2
160	25.7	0	28	39.20%	2.3	13.9
180	29.6	0	32	24.10%	2.4	14.3
200	31.4	0	34	33.80%	2.6	12.6
220	31	0	35	29.50%	4	13.6
240	31.9	0.3	36	29.90%	4.1	12.9
260	30.4	0	34	29.50%	3.6	13.2
280	28.7	0	29	33.30%	0.3	13.8
300	24	0	26	50.00%	2	14.6
320	25.4	0	26	46.20%	0.6	15.2
340	22.2	0.4	25	51.50%	2.8	14.3
360	26.2	0	26	49.20%	-0.2	15.1
380	25.8	0	26	45.40%	0.2	13.6
400	27.1	0	27.5	41.30%	0.4	14.2
420	25.6	0	26	46.40%	0.4	14.3
440	28.6	0	25	23.40%	-3.6	14.6
460	23.1	0.3	25	55.20%	1.9	14.3
480	26.3	0	24	44.20%	-2.3	14.5
500	24.7	0	24	51.60%	-0.7	13.7
520	26.7	0	24	50.20%	-2.7	12.9
540	23.3	0	24	55.80%	0.7	13.6
560	24.2	0	24	49.80%	-0.2	14.3
Promedio	26.2	0.1	27.2	0.4	1.0	14.0

Temperatura exterior promedio °C	
Dia 1	25.6
Dia 2	25.9
Dia 3	26.2
Promedio	25.9

Velocidad del viento promedio m/s	
Dia 1	0.1
Dia 2	0.1
Dia 3	0.1
Promedio	0.1

Temperatura de la red en °C	
Dia 1	14.1
Dia 2	14.1
Dia 3	14
Promedio	14.1

Temperatura interior promedio °C	
Dia 1	28.8
Dia 2	29.4
Dia 3	27.2
Promedio	28.47

Humedad relativa %	
Dia 1	39.28
Dia 2	38.11
Dia 3	40.92
Promedio	39.4

ANEXO 3. Lista de precios de los módulos fotovoltaicos del proveedor ProViento.

LA NUEVA LINEA DE
KESTREL K5200 + K5500
La nueva línea de medidores
de bolsillo ahora con Apps...




STOCK DE BATERIAS +++ :) +++ ACTUAL

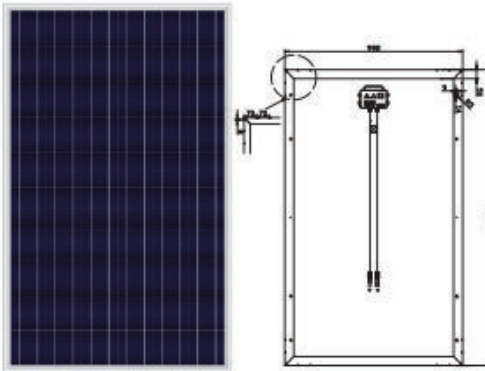
f		SOBRE NOSOTROS	ENERGIA RENOVABLE	EQUIPOS DE MEDICION	ILUMINACION LED	PRODUCTOS NUEVOS	CONTACTENOS			
Precio Sin IVA	Foto	max. Voc*	MPP Vmpp*	max Isc *	MPP Impp *	Díodos	Dimensiones (mm)	Bosquejo	Stock actual	PDF
Monocristalino 90Wp / 12V 130,- USD		21.8V	17.6V	5.51A	5.11A	Mono 36 cel/ Si	1200x540x35		60	
Policristalino 100Wp / 12V 130,- USD		22.4V	18.3V	5.95A	5.46A	Poli 36 cel/ Si	1020x670x35		55	
Monocristalino 120Wp / 12V 170,- USD		21.7V	17.7V	7.57A	7.14A	Mono 36 cel/ Si	1482x670x35		51	
Policristalino 140Wp / 12V 185,- USD		22.3V	18.00V	8.25A	7.78A	Poli 36 cel/ Si	1482x676x50		42	
Monocristalino 150Wp / 12V 210,- USD		22.6V	18.01V	8.88A	8.42A	Mono 36 cel/ Si	1482x676x35		46	
Monocristalino 190Wp / 24V 270,- USD		44.5V	36.5V	5.77A	5.34A	Mono 72 cel/ Si	1580x808x50		53	
Policristalino 250Wp / 30V SOLO SISTEMAS DE INYECCION 300,- USD		36.6V	29.50V	8.42A	7.80A	Poli 60 cel/ Si	1640x992x50		0	
Monocristalino 230Wp / 30V SOLO SISTEMAS MPPT 300,- USD		36.8V	29.7V	8.30A	7.69A	Mono 60 cel/ Si	1640x992x50		5	

ANEXO 4. Especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico seleccionado.

Specification | Photovoltaic Module







SIMAX 156 Solarmodule (SP660-230W-235W-240W-245W-250W)







Mechanical Characteristics	
Solar Cell	Polycrystalline silicon 156x156(mm)
No. of Cells	60 (6 x 10)
Dimensions	1640 x 992 x 40 / 50 (mm)
Weight	20 kg
Front Glass	3.2mm (0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy

Output	
Cable Type	Ø = 4 mm ²
Lengths	L = 900 mm
Junction Box	PV - JB003 MC4


Temperature Coefficients	
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45 ± 2°C
Temperature Coefficient of (P _{max})	-0.39% / °C
Temperature Coefficient of (V _{oc})	-0.34% / °C
Temperature Coefficient of (I _{sc})	0.035% / °C











Parameters	SP660-230	SP660-235	SP660-240	SP660-245	SP660-250
Peak power [Wp] P _{mp}	230W	235W	240W	245W	250W
Power Tolerance	0~+3%	0~+/-3%	0~+/-3%	0~+/-3%	0~+/-3%
Module Efficiency (%)	14.3%	14.5%	14.7%	14.9%	15.2%
Open circuit voltage [V] V _{oc}	36.6	37.2	37.2	37.2	37.8
Maximum Power Voltage [V] (V _{mp})	29.5	30.0	30.0	30.0	30.5
Maximum Power Current [A] (I _{mp})	7.80	7.83	8.00	8.17	8.20
Short circuit Current [A] (I _{sc})	8.42	8.46	8.65	8.74	8.85

STC: Irradiance : 1000 W/m²; Spectrum AM 1,5; Cell temperature: 25°C; Wind 0 m/s



ANEXO 5. Lista de precios de controladores proporcionados por el proveedor Pro Viento.

BATERIAS DE SUNBRIGHT BATTERY Baterías solares para sistemas fotovoltaicos de abb...		ENERGIA RENOVABLE		EQUIPOS DE MEDICION		ILUMINACION LED		PRODUCTOS NUEVOS		CONTACTENOS	
SOBRE NOSOTROS		ENERGIA RENOVABLE		EQUIPOS DE MEDICION		ILUMINACION LED		PRODUCTOS NUEVOS		CONTACTENOS	
<p style="text-align: center;">ESTIMADO CLIENTES LAMENTAMOS EL INCREMENTO EN ESTE PRODUCTO PERO EL ESTADO ECUATORIANO DESDE AHORA COBRA 5% ARANCEL, 15% SALVAGUARDIA Y 5% ISD QUE SUMA UN 25% DEL VALOR DEL PRODUCTO</p>											
Sensor	Origen	Potencia	Descripción	Foto	pdf	Boleaga	Precio (USD sin IVA)				
Controladores Morningstar SunSaver SS		12 V 6A, 10A, 20A	El mundialmente reconocido controlador de carga de alta confianza. Con todos los protecciones y con LVD (Low Voltage Disconnect). Completamente en estado soldado para ambientes trópicos. Seleccionable para baterías selladas y de plomo ácido líquido.			9 6 6	6A: 75,- 10A: 110,- 20A: 140,-				
Controladores Morningstar SunSaver SS		24 V 20A	El mundialmente reconocido controlador de carga de alta confianza ahora en su tercera generación! El nuevo diseño viene con tres LEDs para indicar el estado de batería y una LED para la recarga. Con todos los protecciones y con LVD (Low Voltage Disconnect). Completamente en estado soldado para ambientes trópicos. Seleccionable para baterías selladas y de plomo ácido líquido.			16	20A: 150,-				
Controladores Morningstar Solar Home SHS		12 V 6A, 10A	El pequeño hermano de SunSaver que solo se vende para América Latina. El SHS es un controlador de carga muy económico, bueno y muy sencillo. Con LVD y demás protecciones. El equipo tiene la aprobación del banco Mundial para SPUs. Completamente en estado soldado para ambientes trópicos.			En 6A: 21 En 10A: 24	6A: 45,- 10A: 60,-				
Controladores Morningstar SunLight SL		12 V 10A Y 20A	El SunLight (SL) de Morningstar es diseñado especialmente para sistemas de iluminación. Se puede seleccionar entre 10 diferentes programas que determinan cuantas horas después de ocurrir debe quedarse encendidos los focos. Completamente en estado soldado para ambientes trópicos. Seleccionable para baterías selladas y de plomo ácido líquido.			En 10A: 5 En 20A: 3	10A: 125,- 20A: 170,-				

ANEXO 6. Lista de precios de baterías proporcionados por el proveedor ProViento.



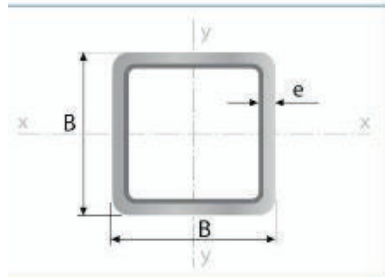
¡¡¡ NOS LLEGO UN NUEVO STOCK !!

f		SOBRE NOSOTROS	ENERGIA RENOVABLE	EQUIPOS DE MEDICION	ILUMINACION LED	PRODUCTOS NUEVOS	CONTACTENOS
<p>nacional otras empresas ofrecen baterías que fueron fabricados hace 10 años y lo venden como nuevo! Recuerda que es muy importante usar controladore e inversores de calidad conjuntamente con estas baterías para evitar una degradación prematura! Nosotros tenemos los equipos adecuados!</p>							
   							
Modelo	Origen	Potencia	Descripción	Foto	pdf	Bodega (en stock)	Precio (USD sin IGV)
Bateria sbb AGM 7Ah / 12VDC		12 VDC 7Ah @ C20h	Una batería sellada AGM para todo uso, como p.e. datalogger; señales, routeadores... Vida de diseño Float: 3 ... 5 años Ciclos: 1200 ciclos a 30% DOD Dimensiones: 151 x 65 x 93 mm Peso: 2 kg			10	60,- USD
Bateria sbb AGM 20Ah / 12VDC		12 VDC 20Ah @ C20h	Una batería sellada AGM para sistemas fotovoltaicos pequeños de hasta 50Wp en paneles... Vida de diseño Float: 3 ... 5 años Ciclos: 1200 ciclos a 30% DOD Dimensiones: 181 x 77 x 167 mm Peso: 5.5 kg			0	100,- USD
Bateria sbb GEL 55Ah / 12VDC		12 VDC 55Ah @ C10h	Una excelente batería sellada GEL de CICLO PROFUNDO para sistemas fotovoltaicos medianas de hasta 100Wp en paneles... Vida de diseño Float: 10 ... 12 años Ciclos: 2400 ciclos a 30% DOD Dimensiones:			2	220,- USD
Bateria sbb GEL 100Ah / 12VDC		12 VDC 100Ah @ C10h	Una excelente batería sellada GEL de CICLO PROFUNDO para sistemas fotovoltaicos medianas y grandes! Vida de diseño Float: 10 ... 12 años Ciclos: 2400 ciclos a 30% DOD Dimensiones: 330 x 173 x 217 mm Peso: 31 kg			25	330,- USD
Bateria sbb GEL 150Ah / 12VDC		12 VDC 150Ah @ C10h	Una excelente batería sellada GEL de CICLO PROFUNDO para sistemas fotovoltaicos grandes! Vida de diseño Float: 10 ... 12 años Ciclos: 2400 ciclos a 30% DOD Dimensiones: 486 x 171 x 241 mm Peso: 47kg			9	490,- USD
							

ANEXO 7. Lista de precios de inversores proporcionados por el proveedor ProViento.

							
							
							
							
INVERSORES POWERSTAR PARA SISTEMAS AISLADOS O PARA SISTEMAS UPS ESTOS INVERSORES DISPONEN DE UNA TRANSFERENCIA AUTOMATICA EN MILISEGUNDOS Y UNA POTENCIA PICO TRES VECES DE POTENCIA NOMINAL - POR ESTO SON IDEALES PARA OPERAR MOTORES, BOMBAS, REFRIGERADORAS							
Sensor	Origen	Potencia	Descripción	Foto	Pdf	Bodega	Precio (USD sin IVA)
INVERSORES ZONHAN Inversor económico de onda sinusoidal pura con una potencia de 1500VA y pantalla digital para voltaje entrada y salida		12V o 24VDC (depende el modelo) 1500VA 115VAC/60Hz	Inversor económico para aplicaciones fijas de onda sinusoidal pura con todas las protecciones. Diseño con componentes de calidad para aguantar el trabajo rudo. Con Display para Voltaje y Potencia. Desconexión con voltaje bajo. Incluye toma de 5VDC USB Potencia máx: 3000W (2 seg) THD: < 3% Eficiencia 90% Consumo propio: 15W Temperatura de operación: -10 ... 50°C Dimensiones: 315*195*135mm Peso: 2.6kg			en 12VDC: 5 en 24VDC: 5	290.- USD
INVERSORES EXMORK Inversor / Cargador 2000VA		24VDC 2000W 110VAC/60Hz	Inversor de sinusoidal pura muy robusto con recarga de baterías a través de la red. Para instalaciones fijas en casas con un fuerte consumo eléctrico y para arrancar grandes refrigeradoras. Autoconsumo aproximado de 30W			24VDC: 2	PRECIO DE REHATE: 500 USD
INVERSORES EXMORK Inversor / Cargador 500VA		12V 500VA 110VAC/60Hz	Inversor de sinusoidal pura para pequeñas cargas como p.e. iluminación, televisores, con recarga de baterías a través de la red. Autoconsumo de 10W			2	PRECIO DE REHATE 200.- USD

ANEXO 8. Catálogo del perfil seleccionado para la estructura



Largo Normal:
6 metros
Recubrimiento:
Negro o Galvanizado
Norma de Calidad:
ASTM A 500 Gr. A, B ó C
Norma de Fabricación:
NTE INEN 2415
Espesores:
Desde 1,50 a 6,00 mm
Observaciones:
Otras dimensiones, espesores y
largos previa consulta

Aplicaciones

- Estructuras: columnas para galpones y naves industriales.
- Señalización y vialidad: alumbrado, soportes.
- Equipos y máquinas de todo tipo.
- Construcción en general.

Designaciones	Área	Peso	Propiedades Estáticas			
			Eje x-x = y-y			
B	e	A	P	I	W	i
mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm
20	1,50	1,05	0,83	0,58	0,58	0,74
	2,00	1,34	1,05	0,69	0,69	0,72
25	1,50	1,35	1,06	1,41	1,11	0,97
	2,00	1,74	1,36	1,48	1,18	0,92
30	1,50	1,65	1,30	2,19	1,46	1,15
	2,00	2,14	1,68	2,71	1,81	1,12
	3,00	3,01	2,36	3,50	2,34	1,08
40	1,50	2,25	1,77	5,48	2,74	1,56
	2,00	2,94	2,31	6,92	3,46	1,53
	3,00	4,21	3,30	9,28	4,64	1,48
50	1,50	2,85	2,24	12,56	4,92	2,01
	2,00	3,74	2,93	14,13	5,65	1,94
	3,00	5,41	4,25	19,40	7,76	1,88
60	1,50	3,45	2,71	18,94	6,31	2,43
	2,00	4,54	3,56	25,12	8,37	2,35
	3,00	6,61	5,19	35,06	11,69	2,30
75	2,00	5,74	4,50	51,90	13,84	3,00
	3,00	8,41	6,60	76,13	19,99	2,97
	4,00	10,95	8,59	94,02	24,74	2,92
100	2,00	7,74	6,07	122,99	24,60	3,95
	3,00	11,41	8,96	190,94	37,53	4,04
	4,00	14,95	11,73	235,87	46,54	3,96
125	2,00	9,74	7,64	350,00	56,00	6,00

ANEXO 9. Cotización del costo del perfil.



Guayaquil, 5 de Diciembre del 2016

Señores

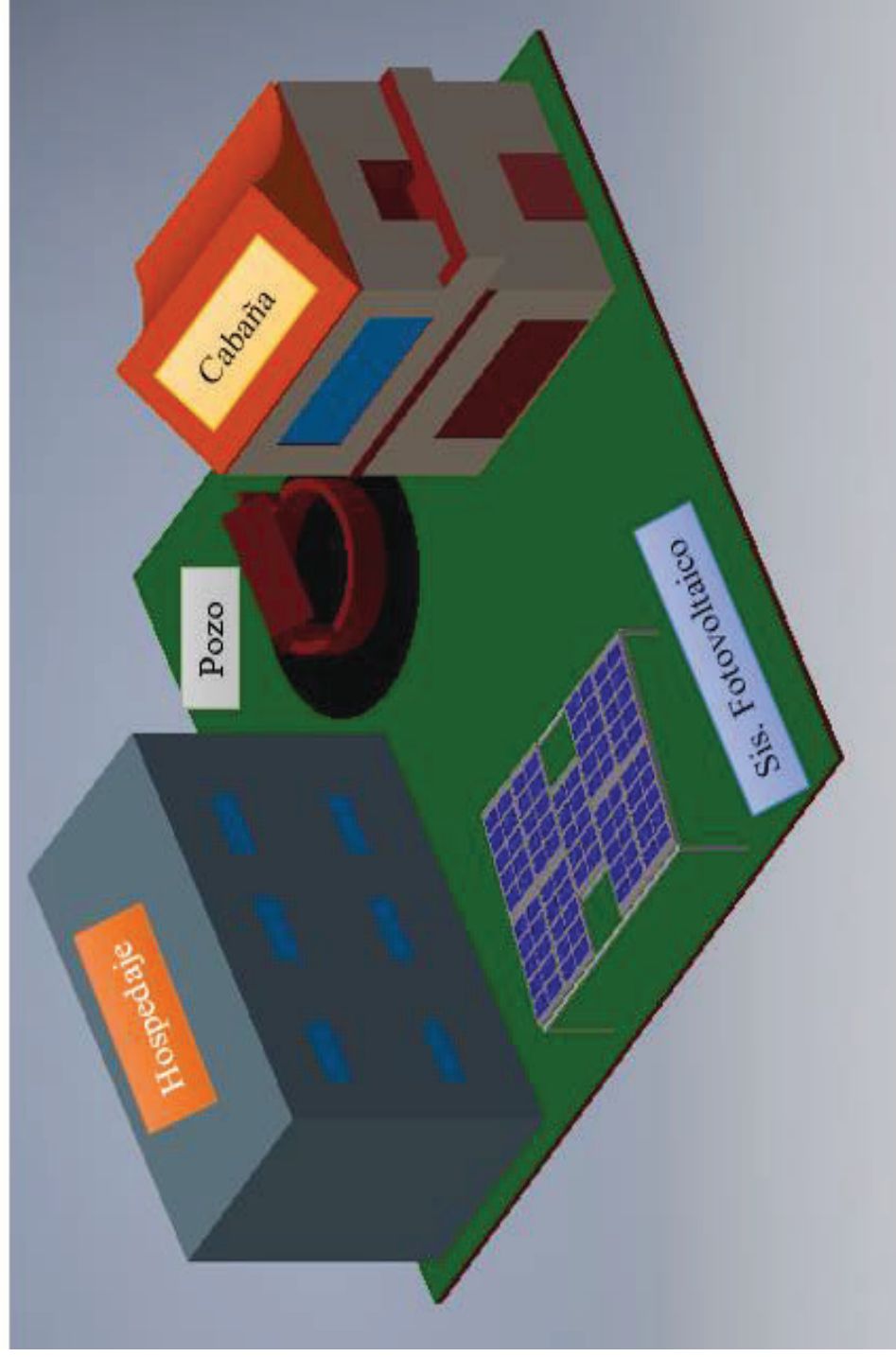
De acuerdo a lo solicitado por Usted, le presento nuestra mejor oferta:

Item	Cant.	Descripción	IPAC	US\$ Total
1	100	TUB CUAD 50X50X3	22,51	\$ 2.251,00
2	100	TUB CUAD 30X30X2	9,52	\$ 952,00
3	100	TUB CUAD 20X20X2	6,30	\$ 630,00
Subtotal				\$3.833,00
14% IVA				\$536,62
Total				\$4.369,62

ANEXO 10. Costo de mano de obra de soldadura SMAW

EQUIPOS		
DESCRIPCIÓN	CANT.	TARIFA/H
Grúa telescópica 10 Ton	1	\$ 125,00
Amoladora	1	\$ 1,00
Taladro	1	\$ 1,00
Soldadora SMAW	1	\$ 2,90
Montacargas 5 Ton	1	\$ 10,00
Herramienta menor	2	\$ 0,75
MANO DE OBRA		
DESCRIPCIÓN	CANT.	JORNAL/H
Armador	3	\$ 3,27
Soldador AWS	1	\$ 3,88
Supervisor	1	\$ 3,29
Ayudante	2	\$ 3,16
MATERIAL		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Perno ISO 4014 M33x130, ISO 8.8 Galv.	u	0,01
Tuerca ISO 4032 M33, ISO 8.8 Galv.	u	0,01
Arandela ISO 7089 - 33, ISO 8.8 Galv.	u	0,01
Arandela DIN 7980 - 33, ISO 8.8 Galv.	u	0,01

ANEXO 11. Esquema de la ubicación del sistema fotovoltaico en la hostería.



ANEXO 12. Tabla A-15 propiedades del aire, apéndice 1 Cengel.

TABLA A-15							
Propiedades del aire a la presión de 1 atm							
Temp., $T, ^\circ\text{C}$	Densidad, $\rho, \text{kg/m}^3$	Calor específico, $c_p, \text{J/kg} \cdot \text{K}$	Conductividad térmica, $k, \text{W/m} \cdot \text{K}$	Difusividad térmica, $\alpha, \text{m}^2/\text{s}^2$	Viscosidad dinámica, $\mu, \text{kg/m} \cdot \text{s}$	Viscosidad cinemática, $\nu, \text{m}^2/\text{s}$	Número de Prandtl, Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-6}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1 002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1 004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1 005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1 006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1 006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1 006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1 006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1 007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1 007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1 007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1 007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1 007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1 007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1 007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1 007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1 007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1 007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1 008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1 008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1 009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1 011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1 013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1 016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014

Fuente: (Cengel, 2011)

ANEXO 13. Tabla A-9 propiedades agua saturada, apéndice 1 Cengel.

TABLA A-9

Propiedades del agua saturada

Temp., T °C	Presión de saturación, P _{sat} kPa	Densidad, ρ kg/m ³		Entalpía de vaporización, h _{fg} kJ/kg	Calor específico, c _p J/kg · K		Conductividad térmica, k W/m · K		Viscosidad dinámica, μ kg/m · s		Número de Prandtl, Pr		Coeficiente de expansión volumétrica, β 1/K
		Líquido	Vapor		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2 501	4 217	1854	0.561	0.0171	1.792 × 10 ⁻³	0.922 × 10 ⁻⁵	13.5	1.00	-0.068 × 10 ⁻³
5	0.8721	999.9	0.0068	2 490	4 205	1857	0.571	0.0173	1.519 × 10 ⁻³	0.934 × 10 ⁻⁵	11.2	1.00	0.015 × 10 ⁻³
10	1.2276	999.7	0.0094	2 478	4 194	1862	0.580	0.0176	1.307 × 10 ⁻³	0.946 × 10 ⁻⁵	9.45	1.00	0.733 × 10 ⁻³
15	1.7051	999.1	0.0128	2 466	4 186	1863	0.589	0.0179	1.138 × 10 ⁻³	0.959 × 10 ⁻⁵	8.09	1.00	0.138 × 10 ⁻³
20	2.339	998.0	0.0173	2 454	4 182	1867	0.598	0.0182	1.002 × 10 ⁻³	0.973 × 10 ⁻⁵	7.01	1.00	0.195 × 10 ⁻³
25	3.169	997.0	0.0231	2 442	4 180	1870	0.607	0.0186	0.891 × 10 ⁻³	0.987 × 10 ⁻⁵	6.14	1.00	0.247 × 10 ⁻³
30	4.246	996.0	0.0304	2 431	4 178	1875	0.615	0.0189	0.798 × 10 ⁻³	1.001 × 10 ⁻⁵	5.42	1.00	0.294 × 10 ⁻³
35	5.628	994.0	0.0397	2 419	4 178	1880	0.623	0.0192	0.720 × 10 ⁻³	1.016 × 10 ⁻⁵	4.83	1.00	0.337 × 10 ⁻³
40	7.384	992.1	0.0512	2 407	4 179	1885	0.631	0.0196	0.653 × 10 ⁻³	1.031 × 10 ⁻⁵	4.32	1.00	0.377 × 10 ⁻³
45	9.593	990.1	0.0655	2 395	4 180	1892	0.637	0.0200	0.596 × 10 ⁻³	1.046 × 10 ⁻⁵	3.91	1.00	0.415 × 10 ⁻³
50	12.35	988.1	0.0831	2 383	4 181	1900	0.644	0.0204	0.547 × 10 ⁻³	1.062 × 10 ⁻⁵	3.55	1.00	0.451 × 10 ⁻³
55	15.76	985.2	0.1045	2 371	4 183	1908	0.649	0.0208	0.504 × 10 ⁻³	1.077 × 10 ⁻⁵	3.25	1.00	0.484 × 10 ⁻³
60	19.94	983.3	0.1304	2 359	4 185	1916	0.654	0.0212	0.467 × 10 ⁻³	1.093 × 10 ⁻⁵	2.99	1.00	0.517 × 10 ⁻³
65	25.03	980.4	0.1614	2 346	4 187	1926	0.659	0.0216	0.433 × 10 ⁻³	1.110 × 10 ⁻⁵	2.75	1.00	0.548 × 10 ⁻³
70	31.19	977.5	0.1983	2 334	4 190	1936	0.663	0.0221	0.404 × 10 ⁻³	1.126 × 10 ⁻⁵	2.55	1.00	0.578 × 10 ⁻³
75	38.58	974.7	0.2421	2 321	4 193	1948	0.667	0.0225	0.378 × 10 ⁻³	1.142 × 10 ⁻⁵	2.38	1.00	0.607 × 10 ⁻³
80	47.39	971.8	0.2935	2 309	4 197	1962	0.670	0.0230	0.355 × 10 ⁻³	1.159 × 10 ⁻⁵	2.22	1.00	0.653 × 10 ⁻³
85	57.83	968.1	0.3536	2 296	4 201	1977	0.673	0.0235	0.333 × 10 ⁻³	1.176 × 10 ⁻⁵	2.08	1.00	0.670 × 10 ⁻³
90	70.14	965.3	0.4235	2 283	4 206	1993	0.675	0.0240	0.315 × 10 ⁻³	1.193 × 10 ⁻⁵	1.96	1.00	0.702 × 10 ⁻³
95	84.55	961.5	0.5045	2 270	4 212	2010	0.677	0.0246	0.297 × 10 ⁻³	1.210 × 10 ⁻⁵	1.85	1.00	0.716 × 10 ⁻³
100	101.33	957.9	0.5978	2 257	4 217	2029	0.679	0.0251	0.282 × 10 ⁻³	1.227 × 10 ⁻⁵	1.75	1.00	0.750 × 10 ⁻³
110	143.27	950.6	0.8263	2 230	4 229	2071	0.682	0.0262	0.255 × 10 ⁻³	1.261 × 10 ⁻⁵	1.58	1.00	0.798 × 10 ⁻³
120	198.53	943.4	1.121	2 203	4 244	2 120	0.683	0.0275	0.232 × 10 ⁻³	1.296 × 10 ⁻⁵	1.44	1.00	0.858 × 10 ⁻³

Fuente: (Cengel, 2011)

ANEXO 14. Tabla A-1, constante del gas y calores específicos de ciertas sustancias, apéndice 1 Cengel.

842
APÉNDICE 1

TABLA A-1

Masa molar, gas constante y calores específicos de ciertas sustancias

Sustancia	Masa molar M , kg/kmol	Gas Constante R , kJ/kg · K*	Calores específicos a 25°C		
			c_p , kJ/kg · K	c_v , kJ/kg · K	$k = c_p/c_v$
Aire	28.97	0.2870	1.005	0.7180	1.400
Amoniaco, NH ₃	17.03	0.4882	2.093	1.605	1.304
Argón, Ar	39.95	0.2081	0.5203	0.3122	1.667
Bromo, Br ₂	159.81	0.05202	0.2253	0.1732	1.300
Isobutano, C ₄ H ₁₀	58.12	0.1430	1.663	1.520	1.094
<i>n</i> -Butano, C ₄ H ₁₀	58.12	0.1430	1.694	1.551	1.092
Carbono, bióxido de, CO ₂	44.01	0.1889	0.8439	0.6550	1.288
Carbono, monóxido de, CO	28.01	0.2968	1.039	0.7417	1.400
Cloro, Cl ₂	70.905	0.1173	0.4781	0.3608	1.325
Clorodifluorometano (R-22), CHClF ₂	86.47	0.09615	0.6496	0.5535	1.174
Etano, C ₂ H ₆	30.070	0.2765	1.744	1.468	1.188
Etileno, C ₂ H ₄	28.054	0.2964	1.527	1.231	1.241
Fluoruro, F ₂	38.00	0.2187	0.8237	0.6050	1.362
Helio, He	4.003	2.077	5.193	3.116	1.667
<i>n</i> -Heptano, C ₇ H ₁₆	100.20	0.08297	1.649	1.566	1.053
<i>n</i> -Hexano, C ₆ H ₁₄	86.18	0.09647	1.654	1.558	1.062
Hidrógeno, H ₂	2.016	4.124	14.30	10.18	1.405
Kriptón, Kr	83.80	0.09921	0.2480	0.1488	1.667
Metano, CH ₄	16.04	0.5182	2.226	1.708	1.303
Neón, Ne	20.183	0.4119	1.030	0.6180	1.667
Nitrógeno, N ₂	28.01	0.2968	1.040	0.7429	1.400
Óxido nítrico, NO	30.006	0.2771	0.9992	0.7221	1.384
Nitrógeno, bióxido de, NO ₂	46.006	0.1889	0.8060	0.6171	1.306
Oxígeno, O ₂	32.00	0.2598	0.9180	0.6582	1.395
<i>n</i> -Pentano, C ₅ H ₁₂	72.15	0.1152	1.664	1.549	1.074
Propano, C ₃ H ₈	44.097	0.1885	1.669	1.480	1.127
Propileno, C ₃ H ₆	42.08	0.1976	1.531	1.333	1.148
Agua, H ₂ O	18.015	0.4615	1.865	1.403	1.329
Sulfuro, bióxido de, SO ₂	64.06	0.1298	0.6228	0.4930	1.263
Tetraclorometano, CCl ₄	153.82	0.05405	0.5415	0.4875	1.111
Tetrafluorometano (R-134a), C ₂ H ₂ F ₄	102.03	0.08149	0.8334	0.7519	1.108
Trifluorometano (R-143a), C ₂ H ₃ F ₃	84.04	0.09893	0.9291	0.8302	1.119
Xenón, Xe	131.30	0.06332	0.1583	0.09499	1.667

*La unidad kJ/kg · K es equivalente a kPa · m³/kg · K. La constante de gas se calcula de $R = R_u/M$, donde $R_u = 8.31447$ kJ/kmol · K como el gas constante universal y M la masa molar.

Fuente: Valores de calores específicos se obtuvieron principalmente de rutinas de propiedad preparadas por The National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg, MD.

Fuente: (Cengel, 2011)

ANEXO 15. Tabla A-5, propiedades de materiales de construcción, apéndice 1 Cengel.

TABLA A-5

Propiedades de materiales de construcción (*conclusión*)
(a una temperatura media de 24°C)

Material	Espesor, <i>L</i> mm	Densidad, ρ kg/m ³	Conductividad térmica, <i>k</i> W/m · K	Calor específico, c_p kJ/kg · K	Valor <i>R</i> (para los espesores de la lista, <i>L/k</i>), K · m ² /W
Material para techos					
Tejas de asbesto-cemento		1 900	—	1.00	0.037
Asfalto en rollos		1 100	—	1.51	0.026
Tejas de asfalto		1 100	—	1.26	0.077
Techado incorporado	10 mm	1 100	—	1.46	0.058
Pizarra	13 mm	—	—	1.26	0.009
Tejas de madera (simples o con cara de plástico/película)		—	—	1.30	0.166
Materiales para revoque					
Revoque de cemento, agregado de arena	19 mm	1 860	0.72	0.84	0.026
Revoque de yeso:					
Agregado ligero	13 mm	720	—	—	0.055
Agregado de arena	19 mm	1 860	0.72	0.84	0.026
Revoque de yeso:					
Agregado ligero	13 mm	720	—	—	0.055
Agregado de arena	13 mm	1 680	0.81	0.84	0.016
Agregado de perlita	—	720	0.22	1.34	—
Material para forro exterior (sobre superficies planas)					
Tejas de asbesto-cemento	—	1 900	—	—	0.037
Forro de tablero duro	11 mm	—	—	1.17	0.12
Forro de madera (rebajada)	25 mm	—	—	1.30	0.139
Forro de madera (contrachapada, traslapada)	10 mm	—	—	1.21	0.111
Forro de aluminio o acero (sobre encofrado):					
Con respaldo hueco	10 mm	—	—	1.22	0.11
Con respaldo de tablero aislante	10 mm	—	—	1.34	0.32
Vidrio arquitectónico	—	2 530	1.0	0.84	0.018
Maderas					
Maderas duras (arce, roble, etc.)	—	721	0.159	1.26	—
Maderas suaves (abeto, pino, etc.)	—	513	0.115	1.38	—
Metales					
Aluminio (1 100)	—	2 739	222	0.896	—
Acero dulce	—	7 833	45.3	0.502	—
Acero inoxidable	—	7 913	15.6	0.456	—

Fuente: Las tablas A-5 y A-6 se adaptaron tomándolas del *Handbook of Fundamentals* de la ASHRAE (Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, 1993), Cap. 22, tabla 4. Usadas con autorización.

Fuente: (Cengel, 2011)

ANEXO 16. Tabla A-2, propiedades en los puntos de ebullición y congelación, apéndice 1 Cengel.

843
APÉNDICE 1

TABLA A-2

Propiedades en los puntos de ebullición y de congelación

Sustancia	Datos para la ebullición a 1 atm		Datos para la congelación		Propiedades del líquido		
	Punto normal de ebullición, °C	Calor latente de vaporización, h_{fg} , kJ/kg	Punto de congelación, °C	Calor latente de fusión, h_{if} , kJ/kg	Temp., °C	Densidad, ρ , kg/m ³	Calor específico, c_p , kJ/kg · K
Amoniaco	-33.3	1 357	-77.7	322.4	-33.3 -20 0 25	682 665 639 603	4.43 4.51 4.62 4.78
Argón	-185.9	161.6	-189.3	28	-185.6	1 394	1.14
Benceno	80.2	394	5.5	126	20	879	1.72
Salmuera (20% de cloruro de sodio por masa)	103.9	—	-17.4	—	20	1 150	3.11
<i>n</i> -Butano	-0.5	385.2	-138.5	80.3	-0.5	601	2.31
Bióxido de carbono	-78.4*	230.5 (a 0°C)	-56.6	—	0	298	0.59
Etanol	78.2	838.3	-114.2	109	25	783	2.46
Etilico, alcohol	78.6	855	-156	108	20	789	2.84
Etilenglicol	198.1	800.1	-10.8	181.1	20	1 109	2.84
Glicerina	179.9	974	18.9	200.6	20	1 261	2.32
Helio	-268.9	22.8	—	—	-268.9	146.2	22.8

Fuente: (Cengel, 2011)

ANEXO 17. Algunas constantes físicas.

Algunas constantes físicas

Constante universal de los gases	$R_u = 8.31447 \text{ kJ/kmol} \cdot \text{K}$ $= 8.31447 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3/\text{kmol} \cdot \text{K}$ $= 0.0831447 \text{ bar} \cdot \text{m}^3/\text{kmol} \cdot \text{K}$ $= 82.05 \text{ L} \cdot \text{atm/kmol} \cdot \text{K}$ $= 1.9858 \text{ Btu/lbmol} \cdot \text{R}$ $= 1.545.35 \text{ ft} \cdot \text{lbf/lbmol} \cdot \text{R}$ $= 10.73 \text{ psia} \cdot \text{ft}^3/\text{lbmol} \cdot \text{R}$						
Aceleración estándar de la gravedad	$g = 9.80665 \text{ m/s}^2$ $= 32.174 \text{ ft/s}^2$						
Presión atmosférica estándar	1 atm = 101.325 kPa $= 1.01325 \text{ bar}$ $= 14.696 \text{ psia}$ $= 760 \text{ mmHg (0}^\circ\text{C)}$ $= 29.9213 \text{ inHg (32}^\circ\text{F)}$ $= 10.3323 \text{ mHg}_2\text{O (4}^\circ\text{C)}$						
Constante de Stefan-Boltzmann	$\sigma = 5.6704 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ $= 0.1714 \times 10^{-8} \text{ Btu/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{R}^4$						
Constante de Boltzmann	$k = 1.380650 \times 10^{-23} \text{ J/K}$						
Velocidad de la luz en vacío	$c = 2.9979 \times 10^8 \text{ m/s}$ $= 9.836 \times 10^8 \text{ ft/s}$						
Velocidad del sonido en aire seco a 0°C y 1 atm	$C = 331.36 \text{ m/s}$ $= 1.089 \text{ ft/s}$						
Calor de fusión del agua a 1 atm	$h_f = 333.7 \text{ kJ/kg}$ $= 142.5 \text{ Btu/lb}_m$						
Hidrógeno	-252.8	445.7	-259.2	59.5	-252.8	70.7	10.0
Isobutano	-11.7	367.1	-160	105.7	-11.7	593.8	2.28
Queroseno	204-293	251	-24.9	—	20	820	2.00
Mercurio	356.7	294.7	-38.9	11.4	25	13 560	0.139
Metano	-161.5	510.4	-182.2	58.4	-161.5	423	3.49
					-100	301	5.78
Metanol	64.5	1 100	-97.7	99.2	25	787	2.55
Nitrógeno	-195.8	198.6	-210	25.3	-195.8	809	2.06
					-160	596	2.97
Octano	124.8	306.3	-57.5	180.7	20	703	2.10
Aceite (ligero)					25	910	1.80
Oxígeno	-183	212.7	-218.8	13.7	-183	1 141	1.71
Petróleo	—	230-384			20	640	2.0
Propano	-42.1	427.8	-187.7	80.0	-42.1	581	2.25
					0	529	2.51
					50	449	3.12
Refrigerante-134a	-26.1	216.8	-96.6	—	-50	1 443	1.23
					-26.1	1 374	1.27
					0	1 295	1.34
					25	1 207	1.43
Agua	100	2 257	0.0	333.7	0	1 000	4.22
					25	997	4.18
					50	988	4.18
					75	975	4.19
					100	958	4.22

*Temperatura de sublimación. (A presiones por debajo de la del punto triple de 518 kPa, el dióxido de carbono existe como sólido o gas. Asimismo, la temperatura en el punto de congelación del dióxido de carbono es la temperatura en el punto triple de -56.5°C .)

Fuente: (Cengel, 2011)

ANEXO 18. Tabla A-18. Emisividad de las superficies.

TABLA A-18					
Emisividades de las superficies (conclusión)					
b) No metales					
Material	Temperatura, K	Emisividad, ϵ	Material	Temperatura, K	Emisividad, ϵ
Alúmina	800-1 400	0.65-0.45	Papel blanco	300	0.90
Aluminio, óxido de	600-1 500	0.69-0.41	Revoque blanco	300	0.93
Asbesto	300	0.96	Porcelana vidriada	300	0.92
Asfalto, pavimento de	300	0.85-0.93	Cuarzo, áspero, vidrio	300	0.93
Ladrillo			Caucho		
Común	300	0.93-0.96	Duro	300	0.93
De arcilla refractaria	1 200	0.75	Suave	300	0.86
Carbono, filamento de	2 000	0.53	Arena	300	0.90
Tela	300	0.75-0.90	Silicio, carburo de	600-1 500	0.87-0.85
Concreto	300	0.88-0.94	Piel humana	300	0.95
Vidrio			Nieve	273	0.80-0.90
De ventana	300	0.90-0.95	Suelo, tierra	300	0.93-0.96
Pyrex	300-1 200	0.82-0.62	Hollín	300-500	0.95
Pyroceram	300-1 500	0.85-0.57	Teflón	300-500	0.85-0.92
Hielo	273	0.95-0.99	Agua profunda	273-373	0.95-0.96
Magnesio, óxido de	400-800	0.69-0.55	Madera		
Mampostería	300	0.80	Haya	300	0.94
Pinturas			Roble	300	0.90
De aluminio	300	0.40-0.50			
Negra, laca, lustrosa	300	0.88			
De aceite, todos los colores	300	0.92-0.96			
De base (primer) roja	300	0.93			
Acrílica blanca	300	0.90			
Esmalte blanco	300	0.90			

Fuente: (Cengel, 2011)

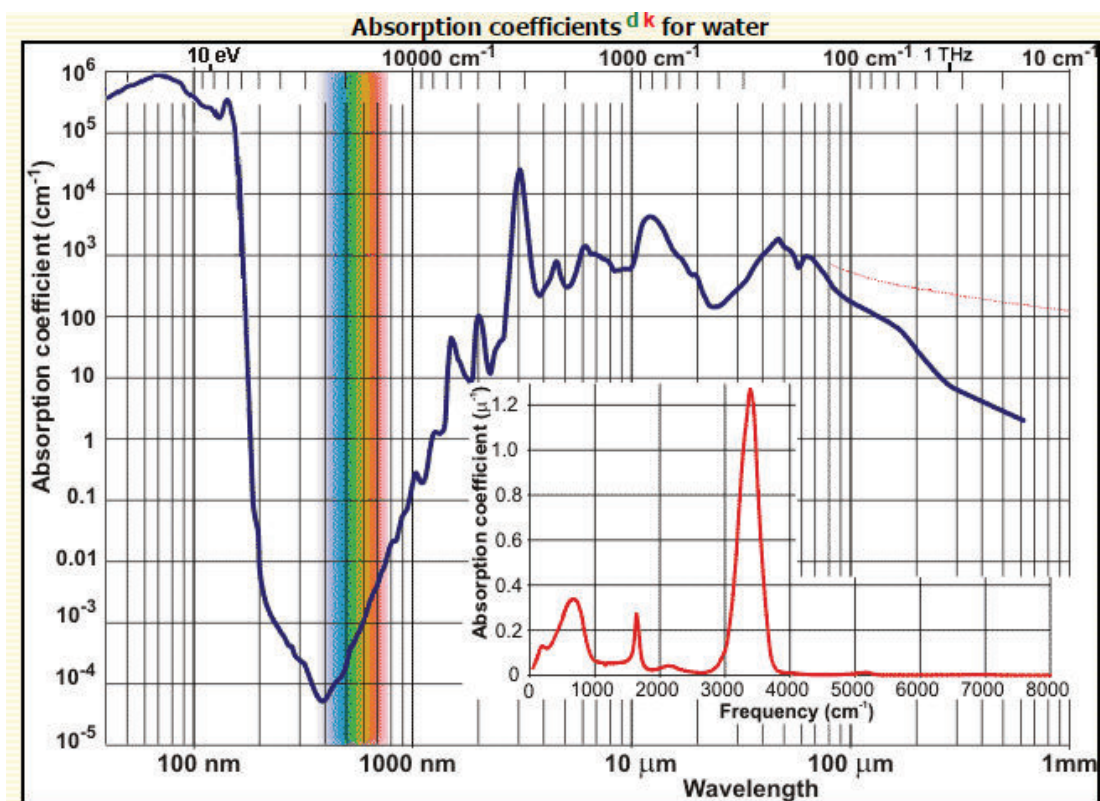
ANEXO 19. Propiedades de la cubierta de policarbonato

Tabla 2. La emisividad (ξ_p), absorbancia (α_p) y la reflectancia (ρ_p) de la placa de absorción. La emisividad (ξ_c), transmitancia (ζ_c) y la reflectancia (ρ_c) de la placa de policarbonato de 4 mm de espesor

Collector Inclination (°)	ξ_p	α_p	ρ_p	ξ_c	ζ_c	ρ_c
40	0,96	0,96	0,04	0,746	0,746	0,05
44	0,96	0,96	0,04	0,746	0,746	0,05

Fuente: (Perelló D., 2008)

ANEXO 20. Coeficiente de absortividad del agua



List of physicochemical data concerning water

Property	Data
Absorption coefficient , max.($\lambda > 180$ nm) min.	12,262 cm^{-1} (at 2935.5 nm wavelength) [130] 0.000 0442 cm^{-1} (at 417.5.5 nm wavelength) [130]
Area, surface covered	19.0 $\text{\AA}^2 \times \text{molecule}^{-1}$ (monolayer [795]) 9.65568 $\text{\AA}^2 \times \text{molecule}^{-1}$ (single molecule; calculated from dimensions) 8.84 $\text{\AA}^2 \times \text{molecule}^{-1}$ (single molecule; basal plane of hexagonal ice)
Atmospheric content	19.66 g $\text{H}_2\text{O kg}^{-1}$, 0.93 mmol L^{-1} (25 °C, 101.325 kPa , relative humid 100)
Atomic density	100.000 atoms $\times \text{nm}^{-3}$ (24.52 °C; three atoms per molecule)
Bond energy, average at 0 K	H_2O , 0.5 ($\text{H-O-H} \rightarrow \cdot\text{O} + 2\text{H}\cdot$), 458.9 $\text{kJ} \times \text{mol} \times \text{bond}^{-1}$ first O-H bond dissociation energy, 492.2145 $\text{kJ} \times \text{mol}^{-1}$ [350] D_2O , 0.5 ($\text{D-O-D} \rightarrow \cdot\text{O} + 2\text{D}\cdot$), 466.4 $\text{kJ} \times \text{mol} \times \text{bond}^{-1}$ HDO , ($\text{H-O-D} \rightarrow \text{H}\cdot + \cdot\text{O-D}$), 493.336 $\text{kJ} \times \text{mol}^{-1}$ [350]

Fuente: (Iriarte, Bistoni & Saravia, 2002)

ANEXO 21. Valores típicos de eficiencia para colectores obtenidos de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-10)

TIPO COLECTOR	RANGO T °C	$F_R(\tau\alpha)_n$	$F_R U_L$ W/m²°C
Sin cubierta	10-40	0,9	15-25
Cubierta simple	10-60	0,8	7
Cubierta doble	10-80	0,65	5
Superficie selectiva	10-80	0,8	5
Tubos de vacío	10-130	0,7	2

ANEXO 22. Costo colectores solares obtenidos de la empresa AQUARENOVABLE CIA. LTDA



USD 480 Inc/IVA



USD 1350 Inc/IVA



USD 1000 Inc/IVA



USD 1390 Inc/IVA



USD 800 Inc/IVA



TANQUE ASISTENTE DE LLENADO PARA EQUIPO ATMOSFERICO. PRECIO: \$52

Restan: **12:35:35**

Oferta Actual
\$ 52.00 + IVA

Mejorar Oferta a
\$ 53.04 + IVA



TANQUE ELÉCTRICO DE 200 LITROS DE ACERO INOXIDABLE. INCLUYE: BARRA DE MAGNESIO - TERMOMETRO - RESISTENCIA ELÉCTRICA - BARRA DE SENSOR. PRECIO: \$ 513

Restan: **12:35:35**

Oferta Actual
\$ 513.00 + IVA

Mejorar Oferta a
\$ 523.26 + IVA



BOMBA DE CALOR ALL IN ONE DE ACERO INOXIDABLE - PRECIO REF: \$1150 USD

Restan: **1d12:35:35**

Oferta Actual
\$ 1150.00 + IVA

Mejorar Oferta a
\$ 1173.00 + IVA



GENERADOR EÓLICO DE 300W CON CONTROLADOR HÍBRIDO - PRECIO REF: \$740 USD

Restan: **1d12:35:35**

Oferta Actual
\$ 740.00 + IVA

Mejorar Oferta a
\$ 754.80 + IVA

Ganador Actual:
Sin Ofertas



PANEL SOLAR TÉRMICO PARA AGUA MARCA DE 300 LITROS PLACA PLANA - PRECIO REF: \$1350

Restan: **1d12:35:35**

ANEXO 24. Catalogo del colector solar seleccionado

Tecnología de Inyección de Sobremoldeado
Proceso de inyección única que conecta los tubos verticales al colector para crear un panel que es literalmente una pieza única de plástico.

Diseño de los Tubos Individuales
Minimizan los efectos del viento sobre el panel y crea una extraordinaria estabilidad mecánica.

Barros Espaciadoras
Evitan la distorsión del panel con el tiempo y la abrasión de los tubos verticales debido a la expansión térmica del panel.

Estructura Modular
Permite una conexión rápida y firme entre paneles, para crear cualquier área de absorción deseada sobre cualquier tipo de techo.

Forma Cilíndrica
Todas las partes son redondeadas, sin ángulos vivos, a fin de evitar la concentración de tensiones o el riesgo de reventón a altas presiones.

Aletas
Proporcionan fuerza añadida a la unidad evitando la expansión térmica diferencial y la distorsión del sistema.

Material Especialmente Formulado
Próbados en laboratorios autorizados, se demostró estabilidad frente a los efectos de una radiación UV continua, condiciones meteorológicas extremas y envejecimiento.

Pinzas Cocodrilo
Montan firmemente el panel a cualquier tipo de techo con una mínima penetración.

Partes y Accesorios
Fabricados enteramente en plástico, para una sencilla conexión entre los paneles y tuberías estándar.

Dimensiones y Parámetros de Diseño

Tipo de Colectores	HC-50	HC-40	HC-38	HC-30
No. Col de MEE	127112	127111	127110	127108
Longitud	3,85	3,23	2,92	2,31
Anchura	1,2	1,2	1,2	1,2
Superficie	4,63	3,85	3,52	2,77
Peso "Seco"	10	8,5	8,2	6,8
Capacidad	14,4	11,7	11,4	7,1
Peso "Humedo"	24	20,5	19,6	15,8
No. de Espaciadoras	12	10	9	7
Peso de Área Llena	5,16	5,3	5,3	5,7
Rec. Velocidad de Flujo	1200	900	900	720

Certificación de Contacto con Productos Alimenticios y Agua Potable
El polipropileno está certificado para ser usado con agua potable de acuerdo a las normas ASTM F 2035 y NSF 61.

Resistencia Química
El polipropileno es altamente resistente a: Ácidos, Alkalinos, Oxidantes, Zurdos.

Caída de Presión en el Panel vs. Velocidad de Flujo
 $f_{\text{panel}} = 0,00003 \times (V/\text{ft}^2)^2 + 0,01341(V/\text{ft}^2) + 0,2343$

Producción Diaria de Energía

Temperatura del Agua	Miada/ Unidades	H.C.-50	H.C.-40	H.C.-38	H.C.-30
Frio 35°C (95°F)	kl/día	48.600	41.000	37.000	29.400
	BTU/día	46.100	38.900	35.100	27.900
Medio 50°C (122°F)	kl/día	17.600	14.700	13.300	10.500
	BTU/día	16.500	14.000	12.600	10.000

Gráfico de Eficiencia y Ecuaciones del Colector
[Verificado por F.S.E.C. según la norma ASHRAE 95-1989]

η = 0,828 - 18,52 (T _{co} -T _{amb}) / I	η = 0,727 - 15,59 (T _{co} -T _{amb}) / I
Unidades de (T _{co} -T _{amb}) / I son [m² C/Watt]	
η = 0,828 - 3,26 (T _{co} -T _{amb}) / I	η = 0,727 - 2,75 (T _{co} -T _{amb}) / I
Unidades de (T _{co} -T _{amb}) / I son [°F / (h² F/ BTU)]	

Estabilidad Mecánica

Temperatura del Agua	°C	20	40	60
	°F	68	104	140
Presión de Operación Máxima Recomendada	bar	8	6	4
	psi	120	90	60
Presión de Ruptura	bar	25	18	14
	psi	360	260	200

¿Cómo Trabaja el Colector Solar?

- A través de una válvula motorizada controlada, la bomba de la piscina, ya existente, lleva el agua al Sensor Solar. Mediante las bombas de las piscinas existentes, el agua es dirigida a los colectores solares a través de una válvula motorizada controlada.
- El agua de la piscina ingresa a los colectores solares por la parte inferior y llega a la parte superior a través de los tubos individuales del colector.
- La energía solar calienta el agua a medida que fluye a través de los colectores.
- La Campana de liberación/evacuación de aire protege al sistema de la congelación.
- Luego, el agua caliente regresa a la piscina, y el ciclo se repite hasta que ha sido calentado suficientemente por el sol.
- El proceso de calentamiento solar es totalmente automático.

ANEXO 25. Esquema de la ubicación de los colectores solares en la hostería

