



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad al servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**Impacto del campo magnético en el rendimiento del panel solar
térmico del laboratorio de energías renovables de la Universidad
Católica de Cuenca**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTOR: QUITO MALDONADO XAVIER FERNANDO

DIRECTOR: Dr. Samuel Sami-Howard

MATRIZ CUENCA

2018

DECLARACIÓN

Yo, Xavier Fernando Quito Maldonado, 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; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.

Xavier Fernando Quito Maldonado

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Xavier Fernando Quito Maldonado, bajo mi supervisión.

Dr. Samuel Sami-Howard

DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco a Dios y a mis padres por darme la vida y ayudarme a culminar mi meta.

El trabajo de titulación agradezco a mi tutor Dr. Samuel Sami-Howard, porque sin su apoyo no fuera realidad este sueño, gracias por permitir utilizar los instrumentos del centro de energías renovables (CER).

DEDICATORIA

El presente esta dicado a mi hermosa madre quien fue un apoyo incondicional durante todo el transcurso de mi carrera. Donde con sus sabios consejos fue un apoyo para terminar hoy mi meta.

A mi padre, mis hermanos quienes siempre me brindaron su apoyo en todas condiciones, con mucho cariño para ustedes mi adorada familia.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS.....	xi
Lista de ilustraciones	xii
LISTA DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi
1 DESARROLLO DE LAS ENERGIAS RENOVABLES.....	17
1.1 Energías renovables.....	17
1.2 Desarrollo de las energías renovables.....	18
1.3 Descripción y planteamiento del problema	19
1.4 Objetivo general.....	20
1.5 Objetivos específicos.....	20
2 Marco Teórico.....	21
2.1 Radiación solar.....	21
2.2 La energía solar térmica.....	22
2.3 Colector plano	23
2.4 Elementos de panel solar térmico plano.....	23
2.4.1 Placa de absorción.....	24
2.4.2 Cubierta.....	24
2.4.3 Conductos de la circulación de fluidos.	24
2.4.4 Aislamiento térmico.	24
2.4.5 Características de aislamiento térmico.....	24
2.4.6 Caja, recubrimiento soporte.	25
2.5 Tipos de Paneles solares térmicos	25
2.5.1 Paneles solares	25
2.5.2 Colector de tubo evacuado.....	25

2.5.3	Colector parabólico compuesto	25
2.6	Agua magnetizada mediante pawerdmag de 3500gauss	26
2.7	Campo magnético.....	26
2.8	Imanes	26
2.8.1	Imposibilidad de aislar un imán.....	27
2.9	Uso del agua magnetizada.....	27
2.10	Investigación panel solar térmico	28
2.11	Investigación elementos magnéticos con panel solar.....	28
3	Modelado matemático en rendimiento del panel solar térmico.....	30
3.1	Sistema del caudal másico del agua.....	30
3.2	Circuito térmico del panel solar.	31
3.3	Análisis de equipos de prueba	32
3.4	Tanque térmico.....	35
3.5	sensor de temperatura del tanque termico modelo ds18b20 para arduino mega 2560.....	36
3.6	Softward de sensores de tempaeratura	36
3.7	sistema de recoleccion de datos sensores de temperura	38
3.8	Bomba de recirculación	39
3.9	Control de temperatura del panel solar	40
3.10	Recolección de datos del sensor de flujo electromagnético del sistema solar térmico (CER).....	41
3.10.1	Sensor de flujo.....	41
3.11	Elemento magnético.....	44
3.12	Curva de calibración de sensor de flujo de caudal másico de agua.....	44
4	Resultados discusión y validación de simulación del panel solar térmico... 46	
4.1	Validación de los resultados del calor del tanque térmico del laboratorio de centro de energías renovables (CER).....	47
4.1.1	Simulación de los resultados calor del tanque térmico vs tiempo sin elementos magnéticos	47
4.1.2	Calor del tanque térmico vs eficiência sin elementos magnéticos..	47
4.1.3	calor del tanque termico vs radiacion sin elementos magneticos... 48	
4.1.4	Resultados de la eficiencia calor térmico del tanque vs el tiempo sin elementos magnéticos	49
4.1.5	Eficiencia vs radiaciónn sin elementos magnéticos.....	50
4.2	Resultados tanque térmico sin elementos magnéticos a radiación de 712w/m2.....	50
4.2.1	Calor del tanque termico vs tiempo sin elemntos magneticos	51

4.2.2	Eficiencia vs tiempo sin elementos magnéticos	52
4.2.3	Calor tanque térmico vs radiación sin elementos magnéticos	52
4.2.4	Eficiencia vs radiación	53
4.3	Comparación con elementos magnéticos.	53
4.3.1	Calor de tanque térmicos vs radiación com elementos magnéticos	53
4.3.2	Calor de tanque térmico vs eficiencia a una radiación 712 W/m2 con elementos magnéticos	54
4.3.3	Calor térmico vs tiempo con los elementos magnéticos.....	55
4.3.4	Eficiencia vs radiación con elementos magnéticos.....	55
4.3.5	Eficiencia vs tiempo con elementos magnéticos.....	56
4.4	Comparación de resultados con elemento magnético y sin elementos magnéticos	56
4.5	Resultados de la comparación numérico experimental a radiación de 712 W/m2	58
4.6	Resultados de los cinco elementos magnéticos con funcionamiento de caudal másico de 0.411 l/s, radiación de 712 W/m2.....	58
4.6.1	Resultado Experimental con los cinco elementos magnéticos	59
4.6.2	Resultados de los cinco elementos magnéticos con funcionamiento de caudal másico de 0.390 l/s, y una radiación de 712 W/m2.....	60
4.6.3	Radiación vs eficiencia con caudal de agua de 0.390 l/s.....	61
4.7	Resultados de la comparación numérica y experimental a radiación de 500 W/m2	61
4.7.1	Calor tanque térmico vs eficiencia a 500 W/m2 sin elementos magnéticos.....	62
4.7.2	Tiempo de calor térmico vs tiempo sin elementos magnéticos.....	63
4.7.3	Calor de tanque térmico vs radiación sin elementos magnéticos ...	64
4.7.4	Eficiencia vs tempo sin elementos magnéticos	64
4.7.5	Eficiencia vs radiación sin elementos magnéticos.	65
4.8	Comparación Con elementos magnéticos Calor tanque térmico vs eficiencia.....	65
4.8.1	Calor del tanque térmico vs tiempo con elementos magnéticos	66
4.8.2	Calor de tanque térmico vs radiación con elementos magnéticos ..	67
4.8.3	Eficiencia vs tiempo con elementos magnéticos	68
4.8.4	Eficiencia vs radiación con elementos magnéticos.....	68
4.9	Comparación de calor térmico vs radiación con elementos magnéticos y sin elementos magnéticos.....	69
4.10	Resultados de los cinco elementos magnéticos con un funcionamiento de condiciones de caudal másico de 0.411 l/s, radiación de 500 W/m2.....	70

4.10.1 Resultados Experimentales con los cinco elementos magnéticos..	71
4.11 Resultados de los cinco elementos magnéticos con funcionamiento de caudal másico de 0.390 l/s, y una radiación de 500 W/m ²	71
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES.....	74
NOMENCLATURA	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
5 BIBLIOGRAFÍA.....	76
ANEXOS	79

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Generación de energías renovables en Ecuador.....</i>	18
<i>Figura 2. Implementacion del campo Magnetico.....</i>	19
<i>Figura 3. Irradiación solar en Ecuador.....</i>	21
<i>Figura 4. Incidencia de radiación Solar.....</i>	22
<i>Figura 5 Colector solar plano.....</i>	23
<i>Figura 6 Elementos del panel solar termico.....</i>	24
<i>figura 7. Colector solar compuesto.....</i>	25
<i>Figura 8 Implementación de los elementos magnético.....</i>	26
<i>Figura 9. Atracción de los opuestos.....</i>	26
<i>Figura 10. Imposibilidad de aislar un iman.....</i>	27
<i>Figura 11. Deterioro de la tubería sin campo magnético.....</i>	27
<i>Figura 12. Tubería con el campo magnético.....</i>	28
<i>Figura 13 Antes de ser sometido al campo magnético.....</i>	29
<i>figura 14. Despues de ser sometido al campo magnetico.....</i>	29
<i>Figura 15. Diagrama de componentes.....</i>	32
<i>Figura 16 Dispositivo metrológico Hobo.....</i>	32
<i>Figura 17 kit de estación metrológica (Hobo).....</i>	33
<i>Figura 18 Radiación solar impactada en el panel.....</i>	34
<i>Figura 19 Sotwaref de estacion metreologica Hobo.....</i>	34
<i>Figura 20 Termo tanque intalado en centro de energía renovable.....</i>	35
<i>Figura 21. Sensor de temperatura DS18B20 para Arduino.....</i>	36
<i>Figura 22. softwar para recoleccion de datos de temperatura.....</i>	37
<i>Figura 23. segunda parte de la recoleccion de datos de temperatura.....</i>	37
<i>Figura 24. Bomba de recirculación.....</i>	39
<i>Figura 25. Elementos de 3500 Gauss.....</i>	44
<i>Figura 26. Curva de calibración de válvula.....</i>	44
<i>Figura 27. Diagrama de flujo del sistema del rendimiento del panel solar térmico.....</i>	46
<i>Figura 28. Calor del tanque térmico vs tiempo sin elementos magneticos.....</i>	47
<i>Figura 29. Q calor del tanque termico vs tiempo.....</i>	48
<i>Figura 30. Calor del tanque termico con difrentes radiaciones.....</i>	48
<i>figura 31. Eficiencia del calor termico vs tiempo a diferentes radiaciones.....</i>	49
<i>Figura 32. Eficiencia vs diferentes radiación.....</i>	50
<i>Figura 33. Calor del tanque termico vs Eficiencia.....</i>	51
<i>Figura 34. Calor del tanque termico vs Tiempo horas.....</i>	51
<i>Figura 35. eficiencia vs radaicion sin elemnetos magnéticos.....</i>	52
<i>Figura 36 Calor del tanque termico vs radiacion 712 W/m2 sin elementos magneticos.....</i>	52
<i>Figura 37. Eficiencia vs radiacion 721 W/m2 sin elemntos magneticos.....</i>	53
<i>Figura 38. Calor del tanque termico con elementos magneticos vs radiacion 721W/m2.....</i>	54
<i>Figura 39. Calor del tanque termico vs eficiencia 721 W/m2 con elementos magneticos.....</i>	54
<i>Figura 40. Calor del tanque termico vs tiempo.....</i>	55
<i>Figura 41. Eficiencia vs radiacion a 721 W/m2 y caudal de agua de 0.411 l/s.....</i>	55

<i>Figura 42. Eficiencia vs tiempo con elementos magnéticos.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 43. Comparacion del calor termico sin los elementos magneticos y con los cinco elementos magneticos a radiacion de 712 W/m2 y caudal de agua de 0.411 l/s</i>	<i>57</i>
<i>Figura 44. Comparacion de eficiencia vs radiacion sin elementos magneticos y con cinco elementos magneticos a radiacion 712W/m2 y caudal de agua de 0.411 l/s</i>	<i>57</i>
<i>Figura 45. Comparacion numérico y experimental eficiencia vs radiacion a 712 W/m2 ,caudal de 0.411 l/s.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 46. Resultados de eficiencia vs radiacion con cinco elementos magneticos radiacion 712 W/m2 caudal 0.411 l/s.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 47. Resultados de eficiencia vs radiacion con 5 elementos magneticos, radiacion 712W/m2 caudal 0.390 l/s</i>	<i>61</i>
<i>Figura 48. Comparacion numérico y experimental eficiencia vs radiacion 500 W/m2 caudal de 0.411 l/s.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 49. Calor del tanque termico vs eficiencia sin elementos magneticos a radiacion de 500 W/m2.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 50. Calor del tanque térmico vs tiempo sin elementos magnéticos.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 51. Calor del tanque termico vs radiacion solara a 500 W/m2 y caudal de 0.411 l/s.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 52. Eficiencia vs tiempo</i>	<i>64</i>
<i>Figura 53. Eficiencia vs radiacion a 721 W/m2 y caudal de agua de 0.411 l/s</i>	<i>65</i>
<i>Figura 54. Calor del tanque termico vs Eficiencia con elementos magneticos a 500 W/m2</i>	<i>66</i>
<i>Figura 55. Calor del tanque termico vs tiempo.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 56. Calor del tanque termico vs radiacion de 500 W/m2 con elementos magneticos</i>	<i>67</i>
<i>Figura 57. Eficiencia vs tiempo con elementos magnéticos.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 58. Eficiencia vs radiación con elementos magnéticos a 500W/m2</i>	<i>68</i>
<i>Figura 59. Comparacion de eficiencia vs radiacion sin elementos magneticos y con cinco elementos magneticos a radiacion de 500 W/m2 y caudal de 0.411l/s</i>	<i>69</i>
<i>Figura 60. Comparacion del calor termico sin elementos magneticos y con cinco elementos magneticos a 500 W/m2 y caudal de 0.411 l/s.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 61. Resultados de eficiencia vs radiacion con 5 elementos magneticos radiacion 500W/m2 caudal 0.411 l/s.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 62. Resultados de eficiencia vs radiacion con 5 elementos magneticos, radiacion 500 W/m2 caudal 0.390 l/s</i>	<i>72</i>

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Apreciación de datos de los elementos magnéticos</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 2. Datos obtenidos en la simulación de prueba radiación a 712W/m².....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 3. Datos obtenidos en la simulación de prueba a radiación de 500w/m²</i>	<i>70</i>

LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustracion 1. dispositivo para recoleccion de datos de los sensores de temperatura</i>	38
<i>Ilustración 2. sistema de contro de temperatura</i>	39
<i>Ilustración 3. sistema de control de tempertura</i>	40
<i>Ilustracion 4. Sistema para recoleccion de datos del sensor de flujo electromagnetico</i>	41
<i>Ilustracion 5. Sensor de flujo FMG 981-B</i>	42
<i>Ilustracion 6. Sotfware de arduino</i>	42
<i>Ilustracion 7. Arduino mega 2560</i>	43
<i>Ilustracion 8. Sotfware Pyhton para recoleccion de datos mediante hora y fecha</i>	43

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. ESPECIFICACIÓN DE SENSOR DE FLUJO FMG 981-B	79
Anexo 2. CARACTERISTICAS DE CAPACIDAD DEL PAWERDMAG	83
Anexo 3. DATOS DE ELEMENTOS MAGNETICO EN UNA RADIACION DE 712W/m2	84
Anexo 4. DATOS DE ELEMENTOS MAGNETICOS EN UN 75% DE CONDICIONES DE VALVULA.....	85
Anexo 5. RESULTADOS AL 100% DE CONDICIONES A 500W/M2.....	86
Anexo 6. RESULTADOS DE CONDICIONES AL 75% CON RADIACIÓN DE 500W/M2	87
Anexo 7. RESULTADOS A 50% A RADIACIÓN 712W/M2.....	88
Anexo 8. RESULTADOS A 50% RADAICION 500W/m2.....	90
ANEXO 9. FORMATOS DIGITALES (2 CDs).....	92

RESUMEN

En el siguiente trabajo de investigación se realizó un estudio experimental en el laboratorio de Centro de Energías Renovables (CER) de la Universidad Católica de Cuenca con la finalidad de analizar el rendimiento de un campo magnético alrededor de una tubería de entrada al panel solar térmico.

Durante el periodo de análisis del rendimiento se tuvo un desarrollo en el ablandamiento del agua surgida por la implementación del campo magnético de capacidad de 3500 Gauss, se efectuó mediante experimentación y comparaciones con los resultados recolectados mediante el sensor de flujo electromagnético y los sensores de temperatura de entra y salida al panel solar.

Al implementar esta investigación de campo magnético es posible mejorar el rendimiento del panel solar a través de cada elemento colocado en la tubería mejorando así la eficiencia del panel solar térmico.

El modelo de simulación matemático fue desarrollado bajo parámetros de condiciones climáticas para evaluar las ecuaciones que representan la radiación solar térmica, calor térmico, caudal másico del agua, en el cual es posible establecer su rendimiento desarrollado.

Palabras claves: **CAMPO MAGNÉTICO, RADIACIÓN SOLAR, PANEL TÉRMICO, MODELO EXPERIMENTAL.**

ABSTRACT

In the following research work an experimental study was carried out in the laboratory of the Center for Renewable Energies (CER) of the Catholic University of Cuenca in order to analyze the performance of a magnetic field around an input pipe to the solar thermal panel.

During the performance analysis period there was a development in the softening of the water arising from the implementation of the magnetic field capacity of 3500 Gauss, was made by experimentation and comparisons with the results collected by the electromagnetic flow sensor and temperature sensors of entering and exit to the solar panel.

By implementing this magnetic field research it is possible to improve the performance of the solar panel through each element placed in the pipeline thus improving the efficiency of the thermal solar panel.

The mathematical simulation model was developed under parameters of climatic conditions to evaluate the equations that represent solar thermal radiation, thermal heat, mass flow of water, in which it is possible to establish its developed performance.

Keywords: MAGNETIC FIELD, SOLAR RADIATION, THERMAL PANEL, EXPERIMENTAL MODEL.

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo fue desarrollado en implementar un campo magnético al redor de una tubería del sistema panel solar térmico, en este trabajo de investigación experimentaremos el rendimiento del panel solar térmico.

El capítulo 1 mencionado como el primero está basado en las energías renovables y la radiación solar impactada en el Ecuador.

El segundo capítulo 2 muestra la teoría de los componentes en el sistema del calentamiento de agua por el panel solar térmico

El tercer capítulo muestra la implementación matemática efectuada durante el proceso de validación de los resultados y los componentes utilizados.

El cuarto capítulo demuestra los resultados obtenidos mediante la validación numérica y experimental.

Durante el proceso se utilizó el laboratorio del Centro de Energías Renovables de la Universidad Católica de Cuenca, para los datos proporcionados

Cumpliendo los objetivos propuestos y desarrollando la implementación del sistema del campo magnético se desarrolló las pruebas correspondientes dando a tener unos resultados satisfactorios.

CAPITULO 1

1 DESARROLLO DE LAS ENERGIAS RENOVABLES

En este capítulo detallaremos la implementación de las energías renovables su desarrollo y su implementación en el Ecuador, se describirá el problema y los objetivos propuestos de la investigación en el Centro de Energías Renovables (CER) de la Universidad Católica de Cuenca.

1.1 Energías renovables

A medida que se desarrolla la sociedad, incrementa la tendencia de energía eléctrica los medios óptimos a implementar y buenos caminos es la energía renovable que consideramos como energía inagotables. (INYGEM, aplicación de las energías solar térmica , 2006)

Las energías renovables fueron utilizadas desde la aparición de la humanidad no obstante hasta la aparición de los combustibles fósiles y la primera revolución en la industria en los siglos XVII que desarrollan hoy en día, las energías renovables se permiten el desarrollo de la tecnologías.

Como por medio podemos clasificar en energías renovables no convencionales y energía convencional, las energías no convencionales provenientes de la radiación solar, fuerza mecánica del viento, estos proyectos crecen a diario en nuestro país formando un desarrollo y énfasis hacia las comunidades alejadas de la red eléctrica.

Las energías convencionales frecuentemente son las utilizadas en nuestro país por medio de la energía hidráulica como fundamento principal del movimiento de la energía eléctrica, podemos destacar que el agua es un medio de recurso natural.

Clasificaremos ventajas y desventajas de las energías renovables convencionales y no convencionales

Ventajas de la energía no convencionales

- Rendimiento energético elevado
- Bajo costo del mantenimiento de sus equipos a utilizar
- No emite gases a la atmósfera

Desventajas

- Contaminación en el área de extracción por sus residuos
- Mantenimiento de los equipos frecuentemente
- Un recurso no renovable

Ventajas de las energías convencionales

- Bajo nivel de emisión de gases CO₂
- Aprovechamiento de recursos locales
- Reducción del impacto ambiental

Desventajas

- Cambios climáticos en su construcción
- Ruidos y cambios del ecosistema natural
- Áreas extensas para su construcción

1.2 Desarrollo de las energías renovables

En fortalecimiento del desarrollo de energías limpias en Ecuador permaneció un desarrollo energético en el año 2012 con una representación del 90% de energía producida por petróleo convirtiéndolo en un proyecto de carácter sustentable al país.

Los proyectos desarrollados en centrales hidroeléctricas contribuyen una cantidad considerable de las energías renovables, permitiendo mejorar el sistema de desarrollo del medio ambiente. Lo indispensable es implementar nuevos proyectos y aprovechamiento de nuevas fuentes como, viento, sol, hidráulica, etc. donde esto son energías no convencionales y fuentes inagotables y mucho menos son contaminantes.

La figura 1 representa la generación eléctrica proveniente de fuentes renovables en el Ecuador, donde la energía hidráulica representa una cantidad considerable, representando un aporte importante con el 93.53%. (Renovables, s.f.)

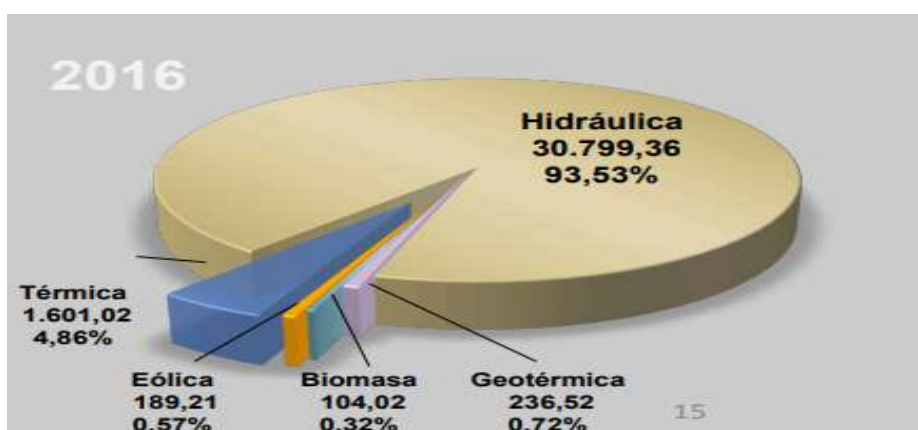


Figura 1. Generación de energías renovables en Ecuador
FUENTE: (Renovables, s.f.)

Durante los periodos 2007-2015 la energía renovable ha tenido un avance significativo de energía eléctrica, donde los puntos estratégicos están en energías no convencional a través de implementaciones de centrales térmicas, eólicas. El sector eléctrico ecuatoriano donde establece los ocho proyectos de potencia hídrica, que actualmente genera 16200GWH por año, aportara una gran cantidad a la mitigación de las emisiones de gases (CO2). (Renovables, s.f.)

Ecuador Actualmente posee el 51.78% de energía limpia representando una cantidad considerable de demanda de energía eléctrica, generando un aprovechamiento sustentable, generalizando beneficios y conservación al impacto de la naturaleza, considerándose un país con la mayor cantidad de energía renovable.

1.3 Descripción y planteamiento del problema

El sistema de calentamiento de agua en el Centro de Energías Renovables (CER).

Se desarrolla la implementación de un campo magnético en el sistema del panel solar térmico, utilizando el (powermag) de capacidades de 3500 Gauss en el Centro de Energías Renovables de la Universidad Católica de Cuenca.

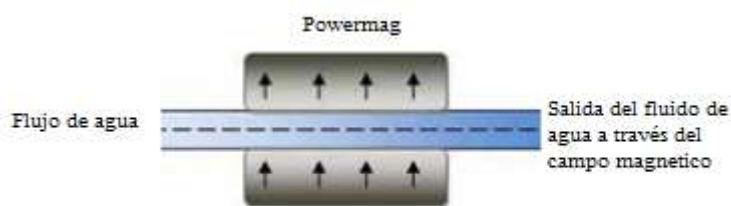


Figura 2. Implementacion del campo Magnetico
Fuente: (Ericsson & Franklin, 2009)

Los datos obtenidos en el laboratorio de radiación solar se utilizaran, con la finalidad de dar a conocer el impacto magnético en el rendimiento y mejorar la eficiencia del panel solar térmico; se realiza el estudio de radiación solar térmico, campo magnético, en el Centro de Energías Renovables de la Universidad Católica de Cuenca como se muestra en la figura 2.

1.4 Objetivo general

Mejorar el rendimiento de panel solar térmico en el laboratorio de energías renovables (CER) de la Universidad Católica de Cuenca.

1.5 Objetivos específicos

- Mejorar la eficiencia del panel solar térmico
- Obtener datos de validación del sistema del panel solar térmico
- Realizar pruebas en el laboratorio implementando el sistema de campo magnético
- Descripción del Rendimiento del sistema panel solar térmico con el campo magnético
- Descripción del Rendimiento del sistema panel solar térmico sin el campo magnético

CAPITULO 2

2 Marco Teórico

Describiremos los aspectos relevantes a utilizar en la investigación, donde describiremos la radiación solar, energía solar térmica y los componentes a utilizar en el sistema de calentamiento de agua.

2.1 Radiación solar

Radiación electromagnética producida por el sol que incide como un portador de calor, la radiación solar está distribuida en todo el planeta tierra; un porcentaje de la radiación solar no incide por las ondas ultravioletas provocados por los gases de la atmosfera.

El panel solar térmico recibirá la radiación solar, dependerá de las condiciones climatológicas para así estar en condiciones de un buen rendimiento, esto también hace efecto a la ubicación e inclinación del panel solar térmico.

La recolección de datos meteorológicos en el Ecuador, se recolectan a través del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

La figura 3 muestra la incidencia de irradiación solar global ($Wh/m^2/día$) en el Ecuador.

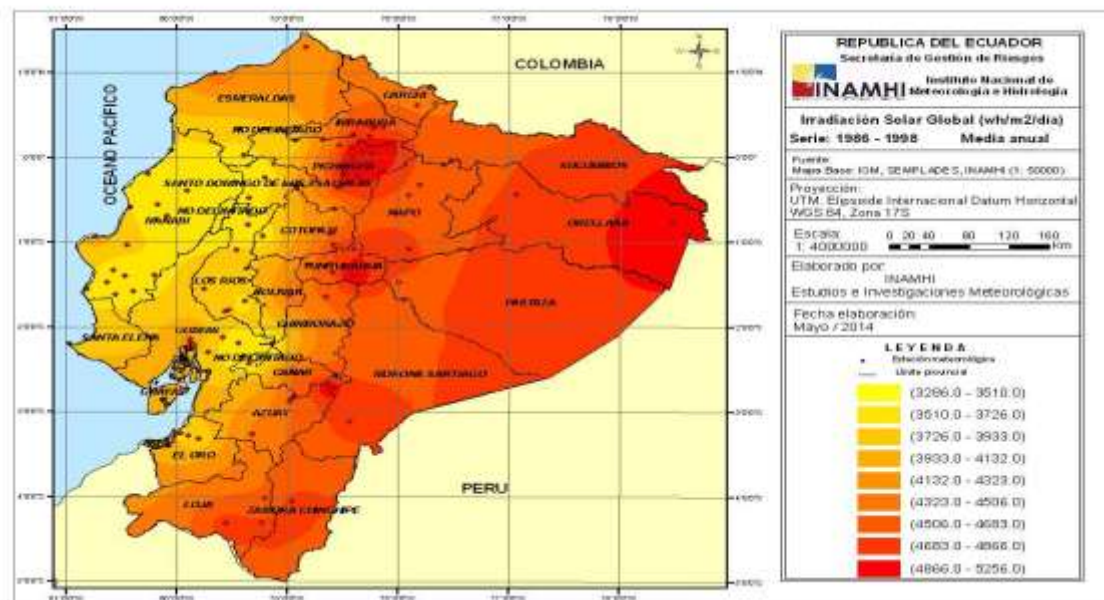


Figura 3. Irradiación solar en Ecuador
Fuente: (Renovables, s.f.)

Al pasar por la atmosfera la irradiación solar reducirá al llegar a la tierra, se tendrá radiación lo que llamaremos radiación directa y radiación difusa.

- La radiación directa es la cual llega al planeta tierra sin haber sido atravesado por ningún cuerpo e impacta directamente al panel solar.
- La radiación solar difusa es provocado por parte de la dispersión de las nubes.
- La radiación reflejada donde será absorbido la radiación de otra superficie o por su rebote.

2.2 La energía solar térmica

Procedente de la radiación solar, generando calor y permitiendo transferir al fluido de agua y convirtiendo el calentamiento del mismo, la figura 4 muestra el panel solar térmico como incide la radiación solar.

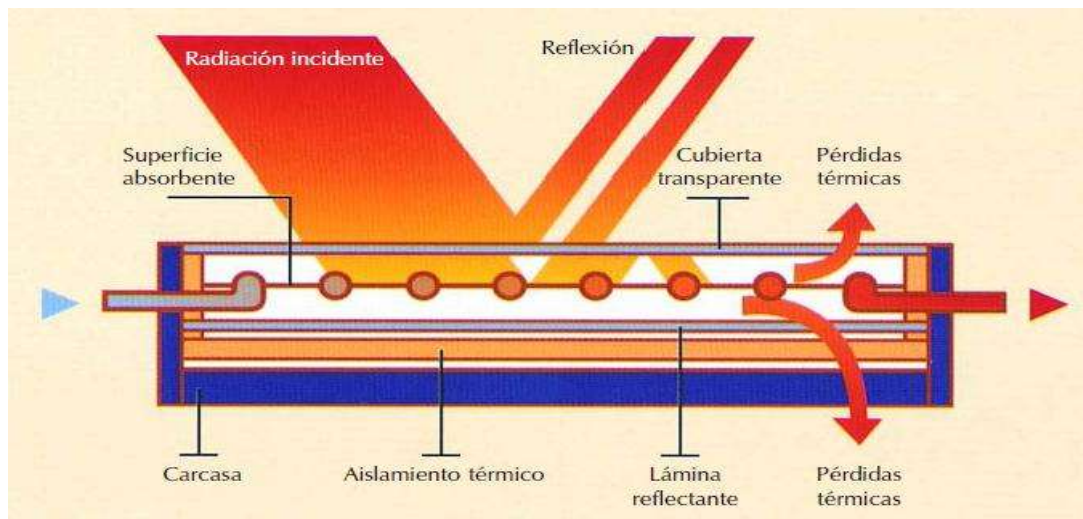


Figura 4. Incidencia de radiación Solar
Fuente: (Ing. Marco prosperi)

Esta energía se obtiene directamente de la radiación solar donde es para la producción de agua caliente, con la finalidad de suministrar agua caliente sanitaria, los componentes del funcionamiento del sistema de energía solar térmica a través del colector, panel solar térmico serán en:

Colector: implemento donde aprovecha la radiación solar y después transfiere el calor al fluido circulado por su sistema.

Almacenamiento: en forma que el dispositivo almacene la energía y luego pueda transmitir al fluido que circula en el medio.

2.3 Colector plano

Estos colectores están fabricados para irradiación solar que favorece mucho al lugar de instalación y también cumple con una resistencia de lluvias con granizo, esta forman por recubrimientos de vidrio en la parte superior, permitiendo mantener el calor y así dando paso a un efecto invernadero, de esta forma mejora la eficiencia del colector.



*Figura 5 Colector solar plano
Fuente: propia(CER)*

La eficiencia que presenta el colector de placa plana es la influencia por los varios factores, dependiendo de su diseño y su placa de absorción que tiene, existen dos pruebas de métodos básicos para evaluar las condiciones del rendimiento del panel solar térmico:

El primer método está basado en su rango de condiciones de radiación solar y su ángulo de inclinación.

Segundo método las condiciones ambientales lo cual opera el colector

2.4 Elementos del panel solar térmico plano

El siguiente panel solar térmico costa con varias partes el cual se define cada uno de ellos.

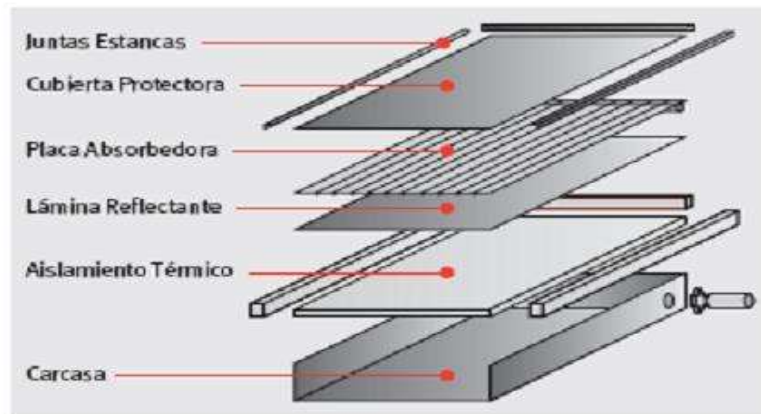


Figura 6 Elementos del panel solar térmico
 Fuente: (Ingemeconica, s.f.)

El calentador de agua tiene como una capacidad de 100 litros, el cual está instalado en la Universidad Católica de Cuenca el colector solar plano es de 1.82 m de área describiremos los componentes el cual está fabricado nuestro panel solar térmico.

2.4.1 Placa de absorción

Es la parte donde incide la radiación solar para luego transformar en energía térmica, son elaborados de metales como cobre, acero, aluminio, plástico, etc.

2.4.2 Cubierta

Está hecho de una lámina transparente donde existe una dimensión de separación entre el colector y el absorbedor, la función de la cubierta permite el acceso de la radiación solar, permite el descenso de escape de radiación por la placa del colector.

2.4.3 Conductos de la circulación de fluidos.

La placa plana posee serie de conductos donde transporta el fluido circundante y lleva hacia el tanque térmico.

2.4.4 Aislamiento térmico.

Las partes recubierta en el exterior e interior del colector permiten disminuir las pérdidas de calor.

2.4.5 Características de aislamiento térmico

Resistente a la humedad

Evaporarse a los 200°C

2.4.6 Caja, recubrimiento soporte.

Elemento donde se encuentra todas las partes del colector perdimiento la no adherencia de la lluvia y el polvo y estabilizando un buen rendimiento.

2.5 Tipos de Paneles solares térmicos

Dispositivo que recibe la energía solar y transmite al fluido circulado, El panel solar térmico (colector) se puede clasificar por su finalidad de uso:

- Transferencia en calentamiento de agua sanitaria.
- Tipos de colectores mediante el funcionamiento y uso, para la respectiva zona climática.

2.5.1 Paneles solares

Los distintos tipos están hechos con la finalidad de su respectiva temperatura.

2.5.2 Colector de tubo evacuado

Sistema de tubos en los cuales están vacíos en su interior, esto es para evitar las pérdidas por sus juntas.

Los colectores de vacío usado como un disipador de calor captado por medio de la irradiación solar, también permitido disminuir el impacto climatológico, con la finalidad de evitar daños y mejorar sus condiciones de resistencia.

2.5.3 Colector parabólico compuesto

Estos dispositivos variarían según el lugar climatológico, permite que los rayos que incide el sol hacia el absorba en todas direcciones, existirán en su variedad tipos de paneles disponibles en formas y sus diversos materiales. Alcanzando temperaturas muy altas y concentrándoles en el centro llamado foco.



*figura 7. Colector solar compuesto
Fuente: (EZMT, sf)*

2.6 Agua magnetizada mediante powermag de 3500gauss

El figura 8 se demuestra cómo fue utilizado el campo magnético ubicado en la tubería para tratar el agua donde ejerce un campo magnético de 3500 gauss cada uno, el caudal másico que recorrer la tubería en litros por segundo, la finalidad de hacer fluir el caudal del agua e implementado cada elemento magnético y comparando los datos, sin el campo magnético vea el anexo 3 (sin elementos magnéticos).



Figura 8 Implementación de los elementos magnético
Fuente: Propia(CER)

2.7 Campo magnético

En la historia el magnetismo en los años Gilbert (1544-1603), Ampere (1775), Orested,(1777), Faraday(1791), quienes fueron los investigadores del desarrollo del magnetismo, fue descubierto por primera vez en la ciudad de Magnesia encontrando un mineral con la capacidad de atraer a ciertos metales. No obstante fue conocido ya desde mucho tiempo antes en china. (casteño, 2008)

2.8 Imanes

En la existencia de los imanes y el estudio de su comportamiento de sus dos zonas denominadas polo norte y polo sur, con la prueba de dos imanes se observa la reacción mutua cuando se los aproximan a uno de sus polos. Como finalidad de los polos, los polos del mismo tipo (N-N) (S-S) tienen por característica de repelerse, polos de distintos características (N-S),(S-N) se atraen.

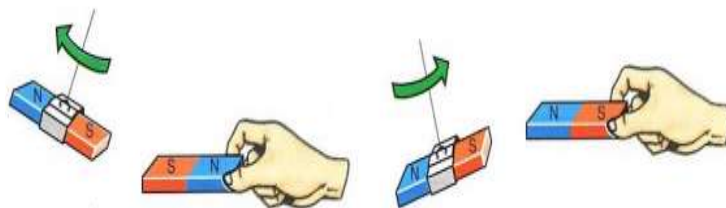
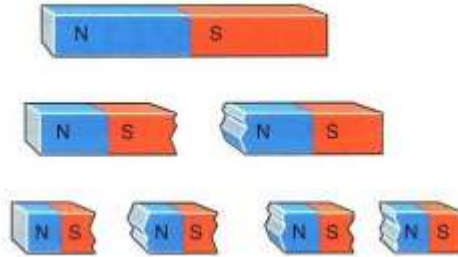


Figura 9. Atracción de los opuestos
Fuente: (Ericsson & Franklin, 2009)

2.8.1 Imposibilidad de aislar un imán

La analogía de la propiedad de los de los imanes, es no poder aislar sus polos para obtener uno de un solo polo magnético, de forma que si cortara en dos un imán se reproduciría uno con las mismas características, dichos estudios fueron descubiertos en los años 1270 por un francés Petrus Perigrinus.



*Figura 10. Imposibilidad de aislar un imán
Fuente: (ALONSO FUSTEL, 2012)*

2.9 Uso del agua magnetizada

El agua magnetizada también como una fuente curativa ha sido utilizada medicamente, durante este proceso, de tratar el agua donde reduce el exceso de corrosión en las partes internas de las tuberías. Las figuras demuestran como un estudio fue implementado con el campo magnético y sin el campo magnético, el estudio realizado después de 7 años



*Figura 11. Deterioro de la tubería sin campo magnético
Fuente: (Vidaurre, 2010)*



Figura 12. Tubería con el campo magnético
Fuente: (Vidaurre, 2010)

Se puede observar la resistencia durante la implementación del elemento magnético en la figura 11, y el deterioro de la misma y la figura 12 la resistencia que tuvo durante las mismas condiciones, pero con el elemento magnético. (Vidaurre, 2010)

2.10 Investigación del panel solar térmico

El tratamiento de agua magnética hace que artículos publicados sean como fuentes de investigación verídicas mediante el instituto Shubnikov.

El tratamiento en las fuentes de paneles solares hace que el calor transferido sea en un porcentaje de 3 a 5% de calor desarrollado por el panel solar, después de ser instalado el campo magnético. (Chudova, septiembre de 2013)

Las investigaciones ha sido desarrolladas con la finalidad que los paneles solares reduzcan su espesor de construcción en porcentaje de 25% de su material, con este proceso disminuyera el volumen de placa en 0.1mm, también disminuyera las separaciones entre sus tubos de 7cm, pero evitando debilitar su rendimiento del colector. (Reyes, Junio de 2007)

2.11 Investigación de elementos magnéticos con el panel solar térmico

En la situación actual las aguas magnetizadas fueron descubiertas ya desde mucho tiempo con la posibilidad de ablandar el agua que circula a través de un campo magnético, sobre todo se aclara que al someter un campo magnético tendrá cambios atómicos en la reacción del agua. (ALONSO FUSTEL, 2012)

Los campos magnéticos sometidos a una turbulencia de agua provocan que los imanes aplicados a tratamientos de agua generan cambios según los estudios (KOTB) produciendo un cambio en el hidrogeno, oxigeno del agua la figura 13 muestra cómo se genera los cambios antes de pasar por el campo magnético y la figura 14 demuestra después de haber sido sometido a un campo magnético.

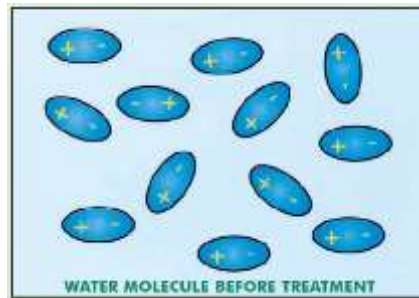


Figura 13 Antes de ser sometido al campo magnético
Fuente: (Asharf, 2013)

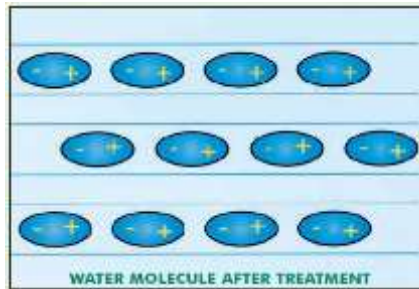


figura 14. Después de ser sometido al campo magnético
Fuente: (Asharf, 2013)

Las implementaciones de los campos magnéticos son en tuberías donde transfiere un fluido de agua, los estudios verifican como modifican las situaciones de las aguas duras teniendo cambios, también hay contradicciones sobre esto pero publicaciones hacen que tenga mucho mayor desarrollo en la investigación y hacen que los campos magnéticos lleguen a tener variaciones en sus composiciones (SAMI & COMEOU, 2005)

Los campos magnéticos se pueden ser utilizados para disminuir la escala mineral de calderas, hornos, reduciendo el costo de la energía eléctrica (SAMI & COMEOU, 2005)

Los efectos del magnetismo y campos magnéticos en fluidos está considerado como un tema aún desconocido sin embargo, están bien establecido que hay mayores cambios causados por el paso del fluido de agua mediante el campo magnético (SAMI & KITA, 2003)

Es bien conocido que ciertas propiedades de materiales y temperaturas particulares se incrementaran cuando se pongan un campo magnético e igualmente decrecerán cuando el campo magnético es removido y causado por el calor contenido. (SAMI & AUCOIN, 2003)

CAPITULO 3

3 Modelado matemático en rendimiento del panel solar térmico.

Durante este proceso, se detalla todas las formulaciones que están en proceso al cálculo del rendimiento del panel solar, el caudal másico del agua, radiación solar y calor.

Presentamos cada ecuación utilizado en el proceso del impacto del campo magnético en el panel solar térmico.

3.1 Sistema del caudal másico del agua.

Durante el proceso de flujo de agua se puede calcular de la siguiente manera utilizando la siguiente ecuación 1 (Misilic, 2013) (Sami & Zatarian, 2016)

$$m_w = \frac{G * A_{panel}}{1000 * C_{p_w} * \Delta T_w} \quad (1)$$

Donde:

m_w Caudal másico del agua ($\frac{kg}{s}$)

G, radiación solar ($\frac{w}{m^2}$)

A, área del panel solar térmico (m^2)

ΔT_w , diferencia de temperatura (C°)

C_{p_w} , calor específico del agua

El calor liberado por el fluido (Q) en lo que está representado por las unidades (kj/s).

$$Q = m_w * \Delta T_w * C_{p_w} \quad (2)$$

Donde:

m_w , Caudal másico del agua, ΔT_w donde la diferencia de temperatura entrada y salida de agua del tanque térmico, C_{p_w} es el calor específico del agua

(Q_{rad}) Calor de radiación propagada en el panel solar térmico. (SAMI, 30 de septiembre 2015)

$$Q_{rad} = G * A_{panel} * \alpha \quad (3)$$

Donde:

G, la radiación solar obtenida durante el día en $(\frac{w}{m^2})$.

A, área del panel solar la cual se especificó en la ecuación 1, α alpaha una constante de absorción de radiación solar su valor es de 0.73.

La eficiencia desarrollada del panel solar η , será el calor absorbido del panel solar, divido para la multiplicación de G por el área del panel y multiplicación de la constante alpha.

$$\eta = \frac{Q}{G * A_{panel} * \alpha} \quad (4)$$

3.2 Circuito térmico del panel solar.

El principio básico de funcionamientos de energía solar térmica se basa en absorber la energía de los rayos del sol convirtiendo en calor, a través del panel solar donde es transferido al fluido circulado por dicho dispositivo, lo cual se almacenara en un tanque térmico. La circulación del agua del panel solar térmico y la implementación del campo magnético hace que tengamos un rendimiento mayor al actual, en la figura 15 se puede apreciar los componentes básicos de conexión de cada uno, en los cuales consta de un panel solar de $1.82 m^2$, sensor de flujo, tanque térmico de 100 litros, cinco elementos magnético y cada elemento tiene una capacidad 3500 gauss, una bomba de circulación para transportar el fluido.

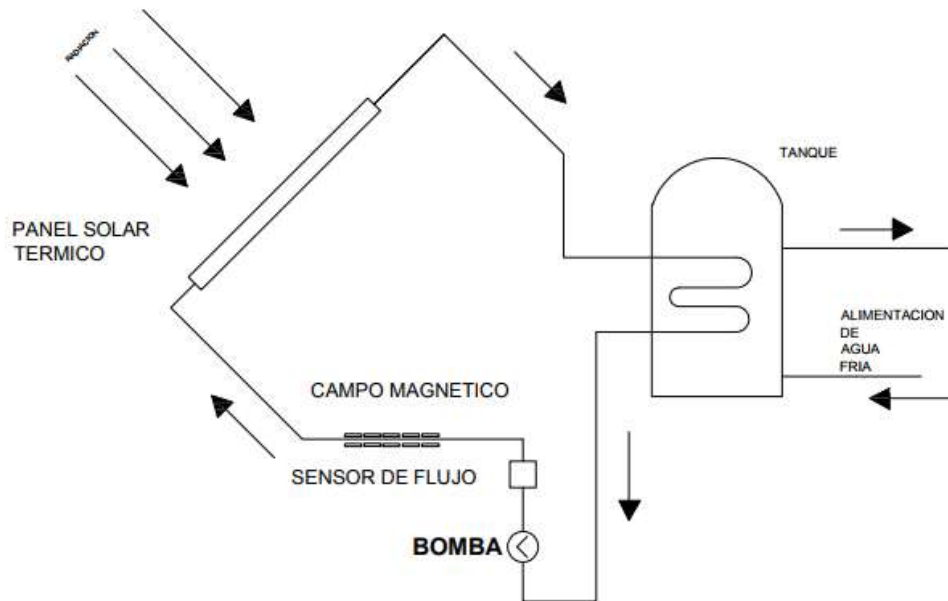


Figura 15. Diagrama de componentes
Fuente: Propia (CER)

El funcionamiento mediante el diagrama de los componentes de la figura 15, inicia en la captación lo cual absorbe el panel solar la radiación generando calor incidente al mismo, en este proceso circula el agua donde el calor incidente del mismo que género, saliendo el agua ya hacia el tanque térmico, siendo recirculada por la bomba del sistema, transfiriendo el fluido por un sensor de flujo que medirá el caudal recorrido por la tubería, y actualmente se implementó los campos magnéticos para el mejor rendimiento del panel solar térmico.

3.3 Análisis de equipos de prueba

La recolección de datos obtenidos durante el análisis fue mediante el registrador de HOBO, los datos recolectados de la estación meteorológica serán vía USB, teniendo una capacidad de 10 canales en los cuales se detalla, para el uso de la recolección de datos.



Figura 16 Dispositivo meteorológica Hobo
Fuente: (Proain, 2014)

El dispositivo de estación meteorológica (HOBO) está diseñado con sensores automáticos, el registrador no tiene necesidad de calibración alguna para su registro.

El kit está compuesto con los elementos siguientes, se puede apreciar la figura 17.

- sensor de temperatura
- sensor de velocidad de viento
- sensor direccionamiento de viento
- el escudo de radiación solar
- panel solar fotovoltaico 3w



*Figura 17 kit de estación meteorológica (Hobo)
Fuente (Tempcon, s.f.)*

Los datos recolectados de la estación meteorológica fueron a través del puerto USB donde se obtuvo la radiación solar incidida en nuestros paneles solares.

La siguiente figura demuestra la radiación solar impactada durante la recolección de datos, donde se grafica la radiación solar mediante el tiempo.

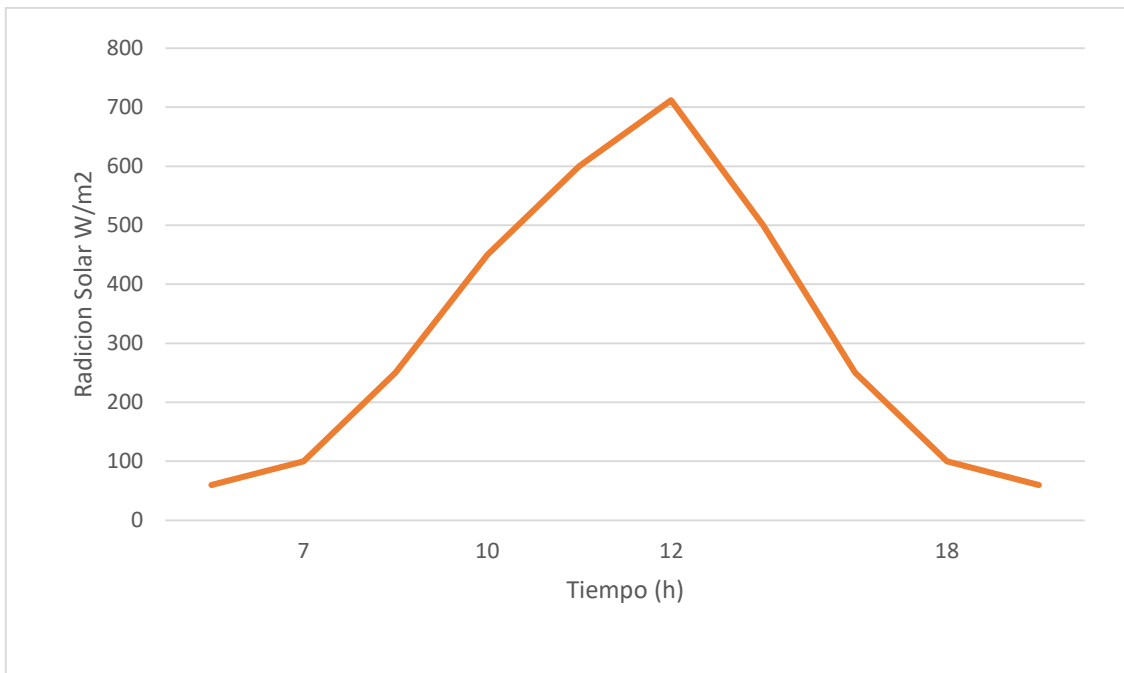


Figura 18 Radiación solar impactada en el pane solar termicol
Fuente CER,2015

La irradiación solar que comprende la hora y meses que tenía nuestro panel solar térmico, expuesto a la irradiación.

La recolección de datos de la radiación solar será mediante el software (HOBO) que muestra la figura 19

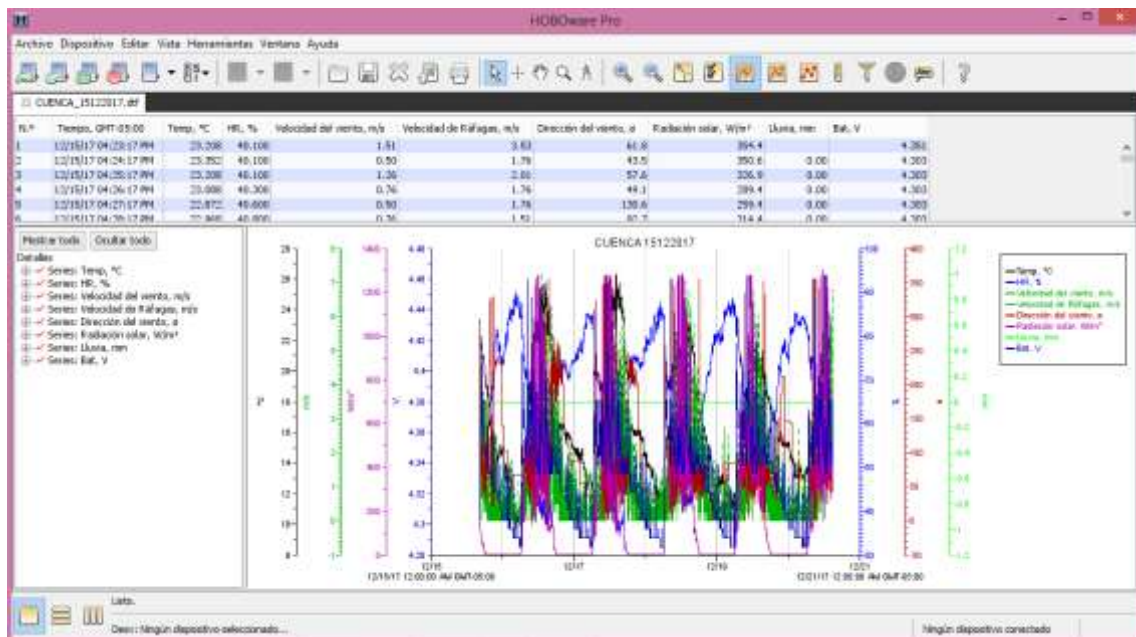


Figura 19 Software de estación meteorológica Hobo
Fuente : propia (CER)

3.4 Tanque térmico

El tanque de almacenamiento, o llamado termo tanque su función principal es almacenar el agua y mantenerlo caliente durante un determinado tiempo, este diseño es favorable por la noche al no existir radiación solar, las condiciones del fabricante del termo tanque está en capacidad de 100lts y las condiciones de construcción en fibra de vidrio reforzado, acero inoxidable, 5000w.

- Diámetro 50cm
- Alto 98.5cm
- Peso nominal 32.4kg
- Peso bruto 132.4kg
- Voltaje 220v
- Watts 1500w
- Temperatura máxima 80°C
- Aislante térmico de poliuretano, espesor 50mm
- Acero quirúrgico grado alimenticio (304) espesor 2mm



*Figura 20 Termo tanque instalado en centro de energía renovable
Fuente propia (CER)*

3.5 Sensor de temperatura del tanque termico modelo ds18b20 para arduino mega 2560

Estos sensores están aplicados para medir la temperatura de fluido generalmente miden agua aire conocidos con nombre de sondas de temperatura

Este sensor de temperatura funciona con un voltaje de 5 Voltios de corriente continua y una salida en grados Celsius.



Figura 21. Sensor de temperatura DS18B20 para Arduino
Fuente: Propia (CER)

- Voltaje 3.0 a 5.5VDC
- Temperatura máxima -55°C a +125°C
- Rango de precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ -10°C hasta + 85°C
- Error (-55°C a 125°C) $\pm 2^{\circ}\text{C}$

3.6 Software de sensores de temperatura

La figura demuestra la obtención de temperatura de entra y salida del panel solar los cuales el software ya están instalados en laboratorio de energías renovables (CER) de la Universidad Católica de Cuenca.

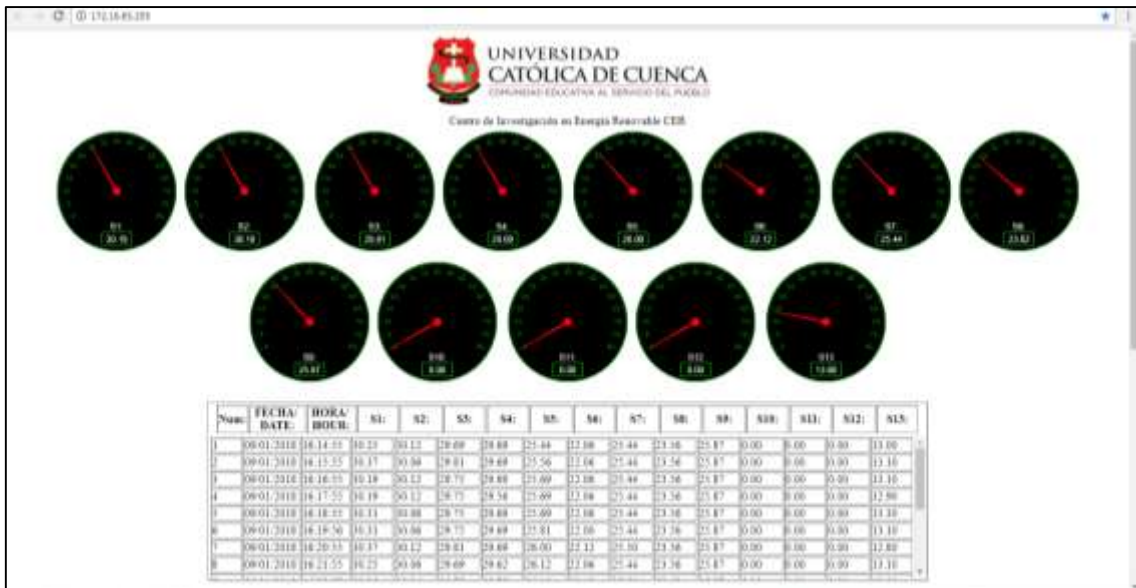


Figura 22. softwar para recoleccion de datos de temperatura
Fuente: Propia (CER)

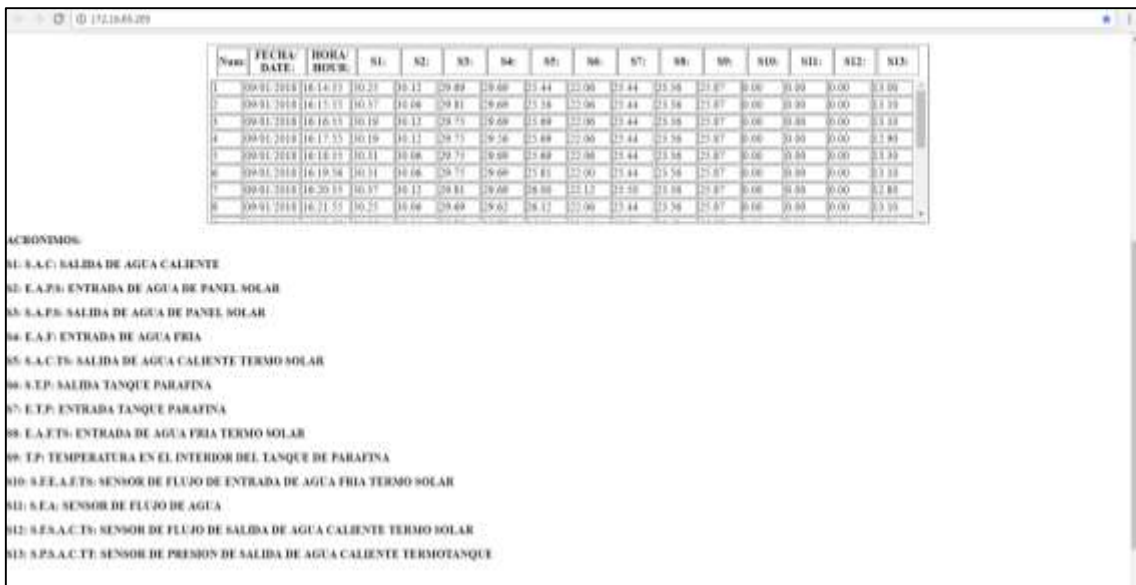


Figura 23. segunda parte de la recoleccion de datos de temperatura
Fuente : Propia(CER)

La figura 23 representa la obtención de datos mediante una dirección IP 172.26.65.205 la cual es establecida para poder ingresar a la página donde los datos están por su hora y fecha, se visualiza los datos de forma:

S1: Salida de agua caliente

S2: Entrada de agua del panel solar

S3 Salida de agua del panel solar

S4: Entrada de agua fría

S5: Salida de agua termo solar

S6: Salida tanque parafina

S7: Entrada tanque parafina

S8: Entrada de agua fría termo solar

S9: Temperatura de ene el interior del tanque de parafina

S10: Sensor de flujo de entrada de agua fría termo solar

S11: Sensor de flujo de agua

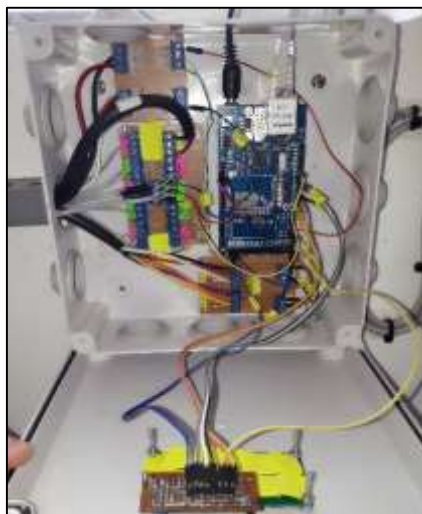
S12: Sensor de flujo de salida de agua caliente termo solar

S13: Sensor de presión de salida de agua caliente termo solar

3.7 Sistema de recolección de datos sensores de temperatura

Para la recolección de datos de entrada y salida del tanque térmico del sistema de panel solar se utilizan los componentes:

- Arduino mega2560
- Sensor de temperatura DS18B20
- Sensor de flujo YF-G1
- Led LCD 6X12
- Un puerto ethernet
- Resistencias



*Ilustración 1 dispositivo para recolección de datos de los sensores de temperatura
Fuente : Propia (CER)*

Este dispositivo está conectado mediante el software como se observa en la ilustración 1, está diseñado para la recolección de datos de los sensores de temperatura DS18B20 y sensores de flujo YF-G1 para así ser enviado mediante el puerto Ethernet y recolectados en el software de la figura 23.



*Ilustración 2 sistema de control de temperatura
Fuente : Propia (CER)*

La información se obtiene mediante el Arduino de los puertos que utiliza la placa se observa mediante la pantalla LCD a su vez se puede observar los datos recolectados mediante el internet, también utiliza una tarjeta micro SD con la finalidad de almacenar los datos con hora y fecha.

3.8 Bomba de recirculación

Este sistema está diseñado para impulsar el fluido, donde ayuda a llegar a ser transferido del tanque térmico así el colector solar.



*Figura 24. Bomba de recirculación.
Fuente:(CER) (GRUNDFOS, s.f.)*

Las características de la bomba instalada en el laboratorio son las siguientes:

- Ruido silencioso
- Consumo energético mínimo
- Carcasa de acero inoxidable

Datos eléctricos

- Consumo de 56W
- Voltaje 110v
- Condensador de 18 μ F
- Frecuencia 60 hz
- Caudal 4 m

3.9 Control de temperatura del panel solar

Para controlar las temperaturas del panel solar térmico se utiliza un controlador de temperaturas, el cual se puede observar en la ilustración 2.



Ilustración 3 sistema de control de temperatura

Fuente : (CER)

Para visualizar los datos del flujo de agua que circula por las tuberías se utiliza el sensor de flujo modelo YF-G1 que funciona con 5 Vdc y da una salida en L/s

3.10 Recolección de datos del sensor de flujo electromagnético del sistema solar térmico (CER)

Para la recolección de datos del sensor de flujo de agua que circula a través del sistema panel solar térmico se utilizó los componentes.

- Sensor de flujo electromagnético FMG-981B
- Arduino mega 2560
- Computador
- Resistencia de $4.7 K_{\Omega}$
- Fuente de capacidad 12 VDC

La ilustración 2 demuestra el sistema de recolección que está instalado en el centro de energías renovables (CER).



Ilustración 4. Sistema para recolección de datos del sensor de flujo electromagnético

Fuente : Propia (CER)

3.10.1 Sensor de flujo

Para obtener los datos del caudal másico de agua proporcionado en el sistema se obtuvo mediante el sensor de flujo FMG 981-B, por el medio proporciona la salida en L/s, Diseñado con una alimentación de 12v a 25v de corriente continua soportando unos 25mA caudal de agua desde 0.28 ft/seg hasta 6.09 m/seg, temperatura ambiente desde los -17°C hasta los 160°F .

Dispositivo para uso de flujo de agua con una entrada y salida de tubería de valor de una pulgada de diámetro, lo cual está para aplicaciones de flujos pulsantes.



Ilustración 5. Sensor de flujo FMG 981-B

Fuente propia

Como una base de recolección de datos proporcionados por el sensor de flujo electromagnético se utilizó un Arduino mega 2560 Arduino ID como base programación.

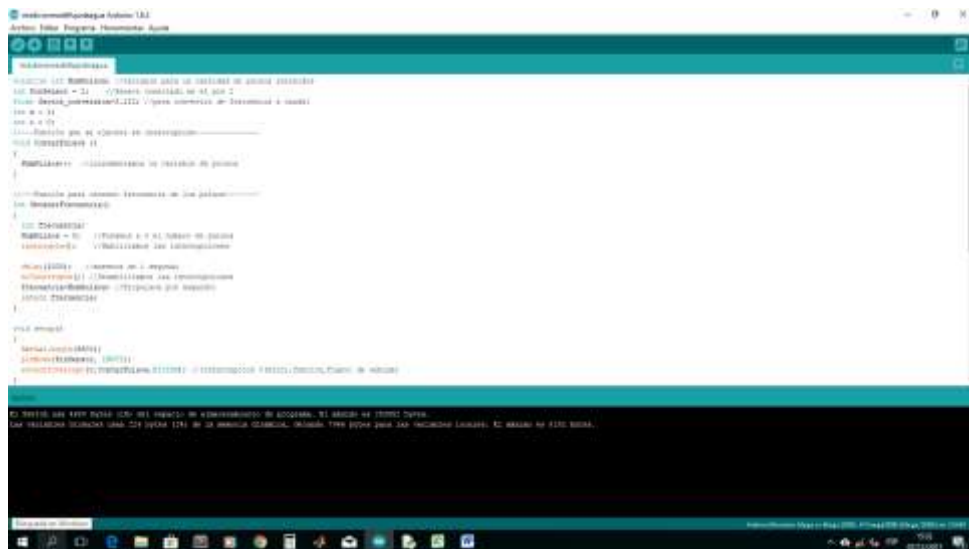


Ilustración 6. Software de arduino
Fuente : Propia (CER)

Mediante el sistema se obtiene la información del puerto digital de la placa del Arduino el cual recibe señal mediante un puerto USB conectado a la computadora, así obteniendo los datos pulsantes del sensor de flujo electromagnético FMG 981-B, comunicados con las salidas 3 y 4 a un Arduino ver ilustración 2. Se observa en la ilustración 4 el sistema del software del Arduino proporcionando por el sensor de flujo. El almacenamiento de los datos se utilizó conjuntamente con la sincronización del programa Python, como obtención mediante minuto a minuto establecido una fecha y hora en su almacenamiento



*Ilustracion 7. Arduino mega 2560
Fuente : autor (CER)*

El arduino mega 2560 fue instalado para la recolección de datos del sensor electromagnético.

La ilustración 6 demuestra los datos recolectado en el programa Python como fue establecida la recolección de datos en este software

```

Python 2.7.10 Shell
File Edit Shell Debug Options Window Help
Python 2.7.10 (rtm78481) [AMD64] Dec 23 2014, 09:42:04 [MSB *JIT*] on win32
Type "help()" or "help()" for more information.
>>>
===== start: c:\Users\Basilio\Documents\regadorvolumen.py =====
0.489 L/s
0.435 L/s
0.449 L/s
0.454 L/s
0.464 L/s
0.427 L/s
0.449 L/s
0.445 L/s
0.430 L/s
0.434 L/s
0.440 L/s
0.440 L/s
0.442 L/s
0.427 L/s
0.430 L/s
0.440 L/s
0.427 L/s
0.444 L/s
0.449 L/s
0.415 L/s
0.422 L/s
0.420 L/s
0.445 L/s

```

*Ilustracion 8. Software Python para recoleccion de datos mediante hora y fecha
Fuente : Autor (CER)*

Fue realizado la sincronización del software con la capacidad de emitir los datos del sensor de flujo electromagnético en litros por segundo su caudal.

3.11 Elemento magnético

La figura 25 siguiente fue utilizada para el tratamiento de agua magnética con sus diferentes características los cuales se utilizaron 5 elementos para las pruebas los elementos son de características de 3500 Gauss. Estos elementos fueron instalados en la entrada del panel solar térmico, para sus especificaciones del tipo de elementos magnéticos que existen según su capacidad ver anexo 2.



Figura 25. Elementos de 3500 Gauss
Fuente: Propia (CER)

- dimensiones 35x28x31 cm.
- fuerza magnética 3500 gauss.
- acoplamiento para 1-1/2 pulgada.

3.12 Curva de calibración de sensor de flujo de caudal másico de agua

La calibración del sensor se desarrolló mediante el cierre de la válvula de entrada al panel solar donde se obtuvo los siguientes resultados.

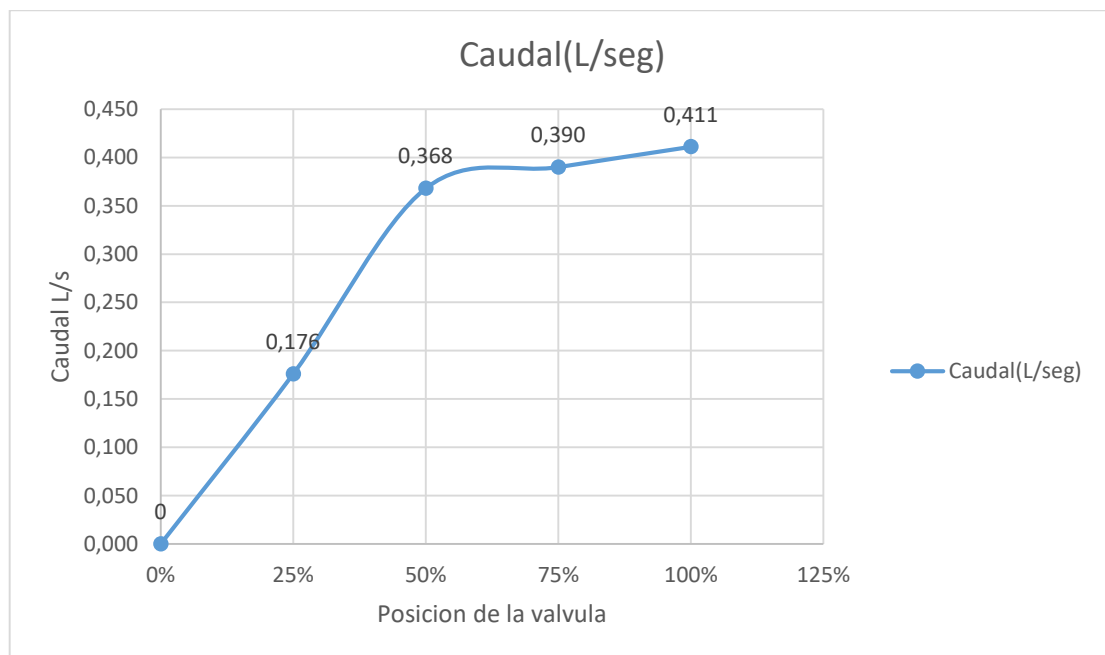


Figura 26. Curva de calibración de válvula
Fuente: Propia (CER)

Con estas variaciones se pudo obtener el flujo mediante las diferentes posiciones, el 25% de la válvula tendremos un flujo de 0.176 l/s, seguidamente la válvula al 50% se obtuvo una capacidad de flujo de 0.368 l/s, al 75% desarrolla una capacidad de 0.390 l/s, al 100% ejecutada la válvula tendremos un caudal másico de agua de 0.411 l/s su capacidad máxima que recorre la tubería.

CAPITULO 4

4 Resultados discusión y validación de simulación del panel solar térmico.

En este capítulo se detallaran todo las simulaciones proporcionadas mediante el método numérico y el experimental con gráficas y validaciones de cada porcentaje de la válvula.

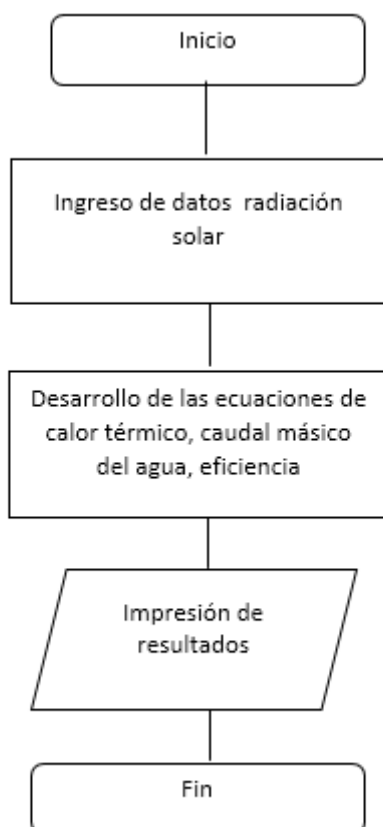


Figura 27. Diagrama de flujo del sistema del rendimiento del panel solar térmico
Fuente propia(CER)

Se ingresa los datos efectuados por la radiación Solar, se efectúa las ecuaciones del caudal másico del agua (m_w) que se genera en la unidad de medida L/s, se genera la representación el alpha en una constante de absorción de radiación solar, el calor específico del agua está en $J/kg^{\circ}C$, ingresado los datos se desarrolla las ecuaciones establecidas, generando el calor del tanque térmico (Q), generando en watts, obteniendo el calor se puede encontrar el rendimiento (η) rendimiento del panel solar térmico obteniendo los resultados.

4.1 Validación de los resultados del calor del tanque térmico del laboratorio de centro de energías renovables (CER).

Durante estos procesos se obtuvo los resultados del calor del tanque térmico mediante el sistema que comprende en panel solar térmico, tanque térmico de almacenamiento, bombas de recirculación y sensores de temperatura, que comprenden en el mes de Noviembre del 2017 como 1171,25 W/m², 1084,37 W/m², 878,90 W/m², 656,03 W/m² y diferentes flujos de agua tomadas de 4 horas diferentes del día.

4.1.1 Simulación de los resultados calor del tanque térmico vs tiempo sin elementos magnéticos

Para los procesos de simulación se obtuvo un promedio de las radiaciones solares para obtener el calor térmico de agua del tanque

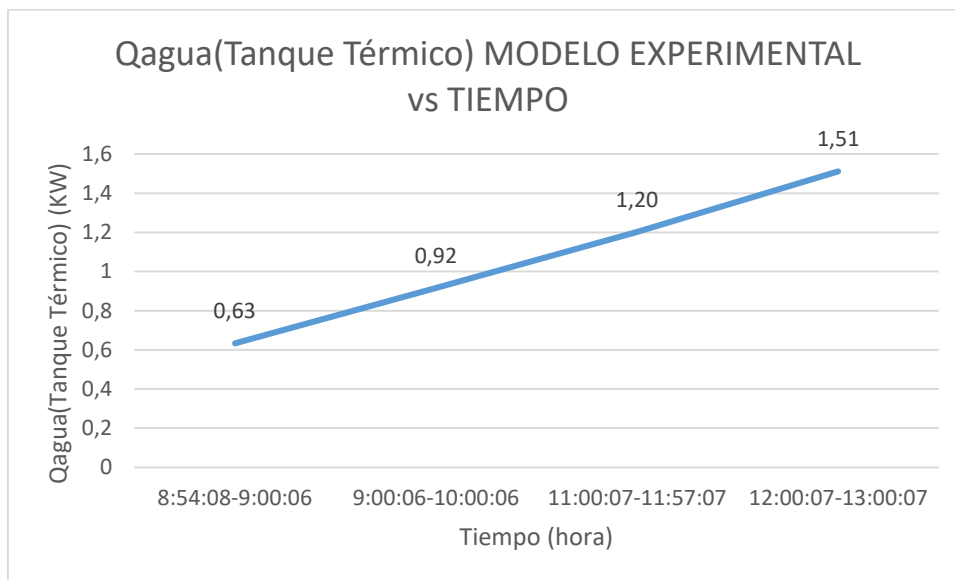


Figura 28. Calor del tanque térmico vs tiempo sin elementos magnéticos
Fuente: Propia (CER) Sin elementos magnéticos

En la figura 28 se observa el calor térmico del tanque efectuado frente a un tiempo, los datos recolectados durante este lapso se obtuvo durante una hora.

En los cuales el calor térmico tiene un mejor alcance durante la mañana y el medio día donde mucha mayor radiación solar existe.

4.1.2 Calor del tanque térmico vs eficiencia sin elementos magnéticos

Esta figura está relacionada con la radiación solar de 656.03 W/m², 878.9 W/m², 1084 W/m², 1171.25 W/m² durante los datos obtenidos

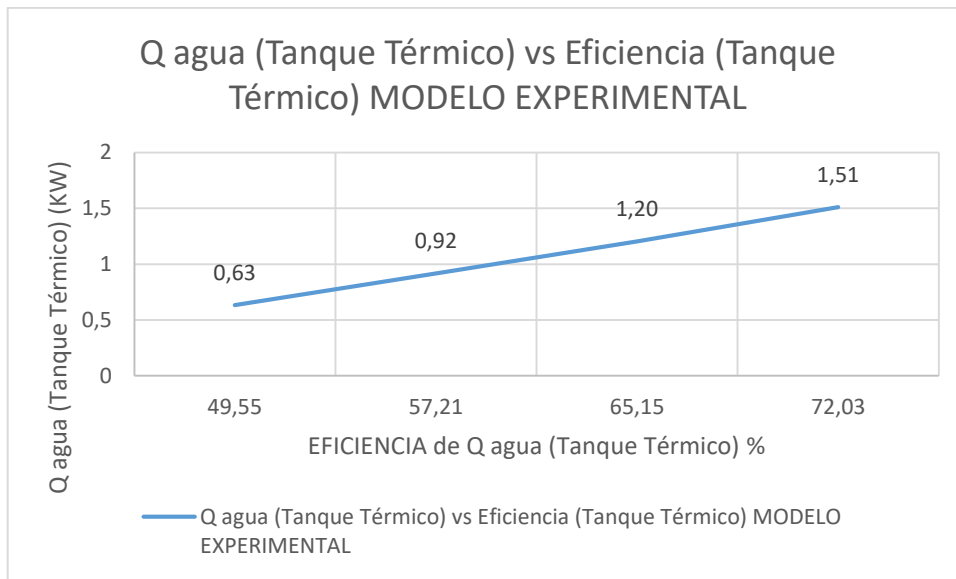


Figura 29. Q calor del tanque termico vs tiempo
Fuente : Propia (CER) Sin elementos magneticos

La figura 29 demuestra el calor térmico frente a una eficiencia donde con un calor de 0.63 kW obtenemos un rendimiento de 49.55 %, en un calor de 0.92 obtenemos un rendimiento de 57.21% y un calor de 1,20 kW se obtiene un rendimiento de 65.17 %, el valor del calor de 1.51 kW se obtiene los valores de 72.03 %.

4.1.3 Calor del tanque termico vs radiacion sin elementos magneticos

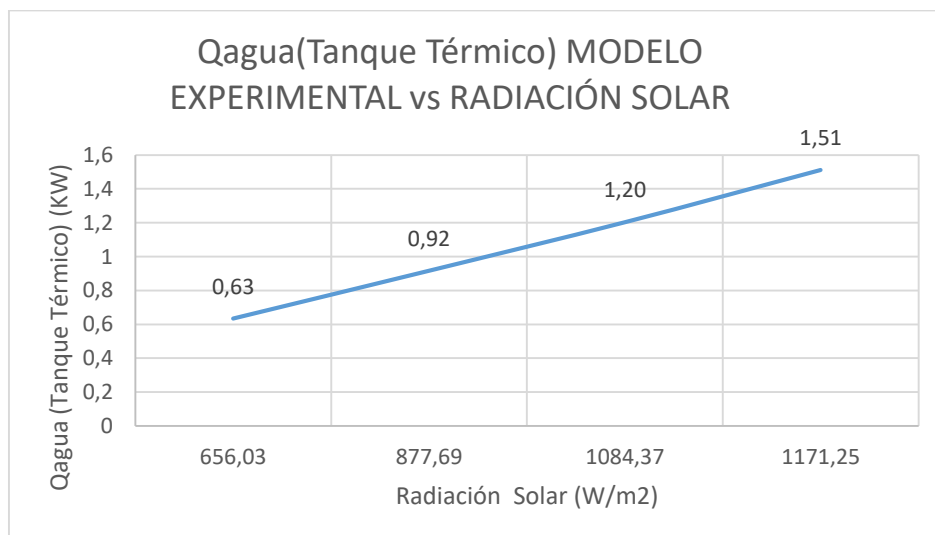


Figura 30. Calor del tanque termico con difrentes radiaciones
Fuente : Propia (CER) Sin elemnetos magneticos

Se graficó en la figura 30 el calor del tanque térmico en relación de la radiación, para este proceso se obtuvo un promedio de cada radiación.

Las pruebas fueron realizadas como se observa en la figura 30, a condiciones del 100% de la posición de la válvula y un caudal de 0.411 l/s.

4.1.4 Resultados de la eficiencia calor térmico del tanque vs el tiempo sin elementos magnéticos

En la siguiente figuras 31 se observa el calor del tanque térmico frente a un tiempo que se obtuvo en la recolección de datos de radiación solar.

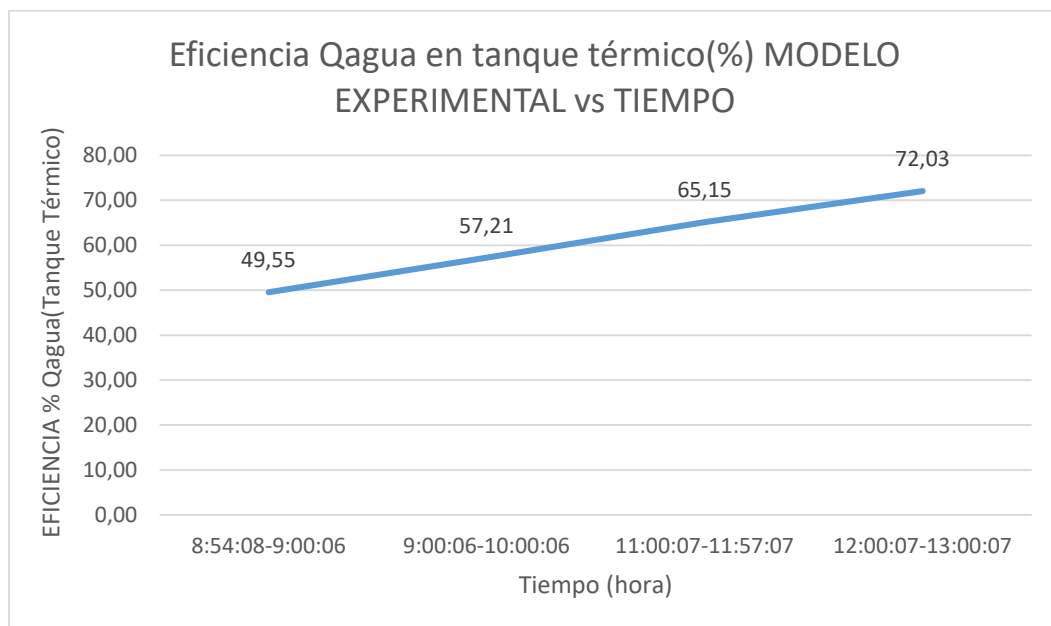


figura 31. Eficiencia del calor termico vs tiempo a diferentes radiaciones
Fuente : Propia (CER) Sin elementos magneticos

En la figura 31 se observa las condiciones del tiempo, a las diferentes radiaciones que comprenden en 656.06 W/m^2 se obtiene un calor térmico de 49.55,

Con una radiación de 878.9 W/m^2 se obtiene un calor térmico del tanque de 57.21,

Con una radiación de $1084,25 \text{ W/m}^2$ se obtiene un calor del tanque térmico de 65.15 %,

Durante la radiación de 1171.25 W/m^2 se obtiene los resultados del calor térmico como 72.03 %. Durante un tiempo de 4 horas

4.1.5 Eficiencia vs radiación sin elementos magnéticos

La figura 32 representa una eficiencia del tanque térmico ante diferentes radiaciones proporcionadas en los datos recolectados.

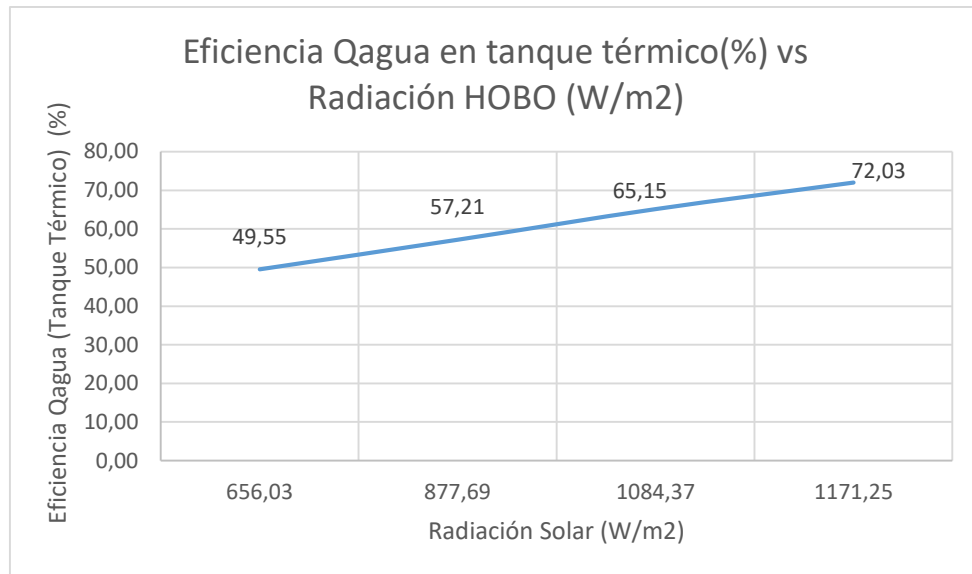


Figura 32. Eficiencia vs diferentes radiación
Fuente: propia (CER) Sin elemnetos magneticos

Con una radiación de 656.03 W/m^2 obtenemos como resultado una eficiencia de 49.55%

Con una radiación de 877.69 W/m^2 obtenemos un como resultado una eficiencia de 57.21%

Con una radiación de 1084.37 W/m^2 obtenemos un como resultado una eficiencia de 65.15%

4.2 Resultados tanque térmico sin elementos magnéticos a radiación de 712w/m2.

En el siguiente figura 33 se observa el modelo entre el calor térmico del tanque efectuando un calor de 0.758 sin el elemento magnético y una radiación de 712 W/m^2 .

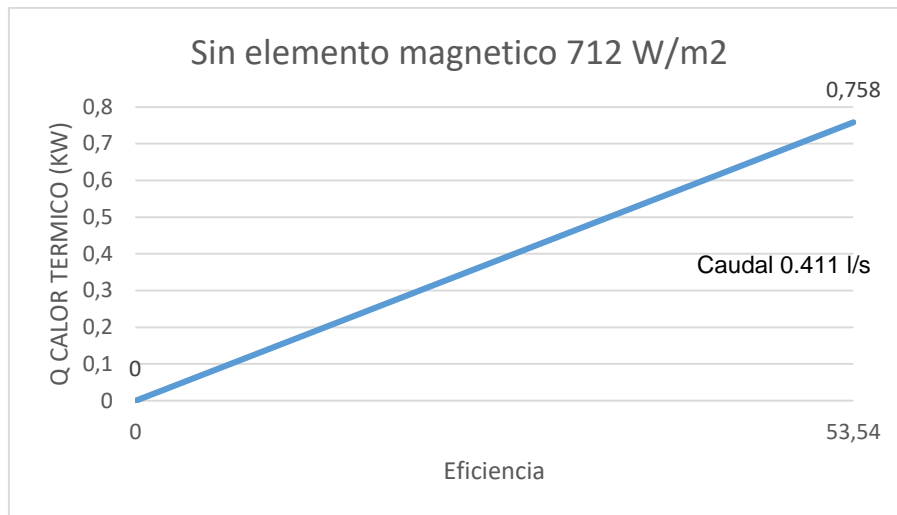


Figura 33. Calor del tanque termico vs Eficiencia
Fuente :Propia Sin elemnetos magneticos

Se observa el calor del tanque térmico desarrollado en cada hora, obteniendo una máximo a una radiación de 712 W/m^2 con un calor térmico de 0.68 kW se observa que a la hora de las 10 de la mañana se obtuvo ese desarrollo.

4.2.1 Calor del tanque termico vs tiempo sin elementos magneticos

El calor del tanque térmico desarrollado durante los datos recolectados a radiación de 712 W/m^2 y un caudal de agua de 0.411l/s. obteniendo un calor del tanque térmico de 0.68 KW.

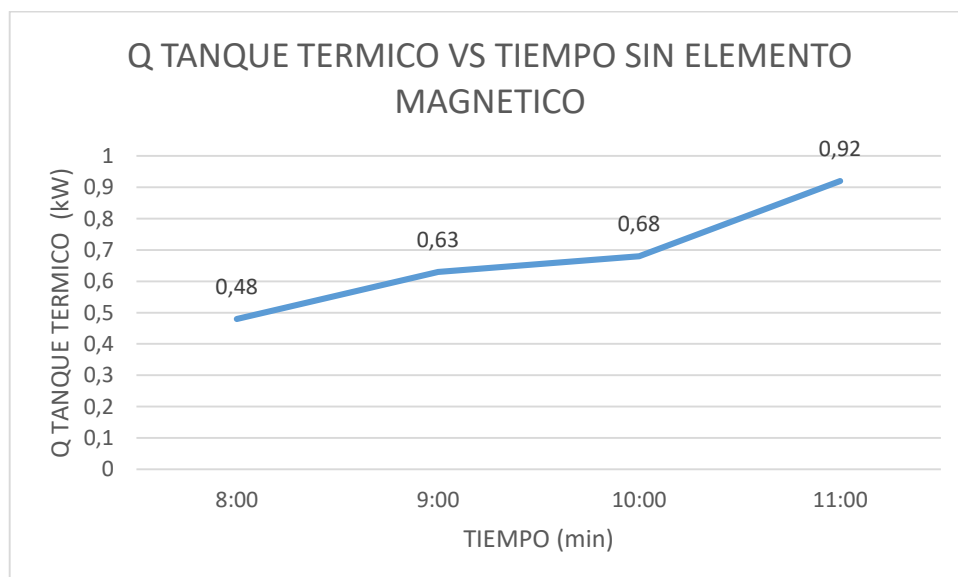


Figura 34. Calor del tanque termico vs Tiempo horas
fuente : Propia (CER) Sin elemnetos magneticos

4.2.2 Eficiencia vs tiempo sin elementos magnéticos

En la siguiente figura 35 se compara el la eficiencia en relación al tiempo sin los elementos magnéticos en un caudal de agua de 0.411 l/s y radiación solar de 712 W/m²

Obtenemos una eficiencia durante una hora en 53.53%

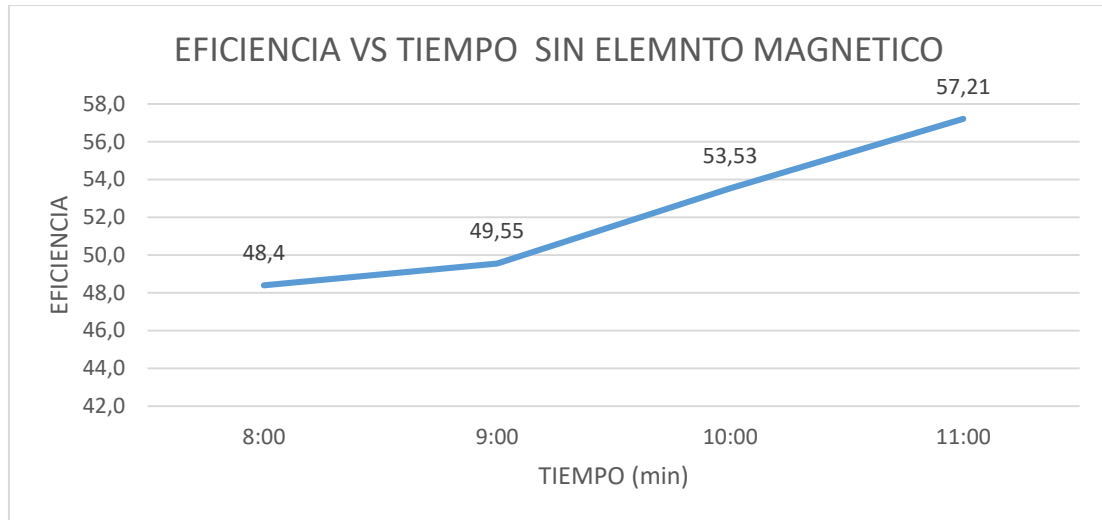


Figura 35. eficiencia vs radaicion sin elemnetos magnéticos
Fuente : Propia(CER) Sin elemnetos magneticos

4.2.3 Calor tanque térmico vs radiación sin elementos magnéticos

En la siguiente figura 36 se observa el calor térmico efectuado durante una radiación de 712 W/m² se obtiene 0.68KW de calor.

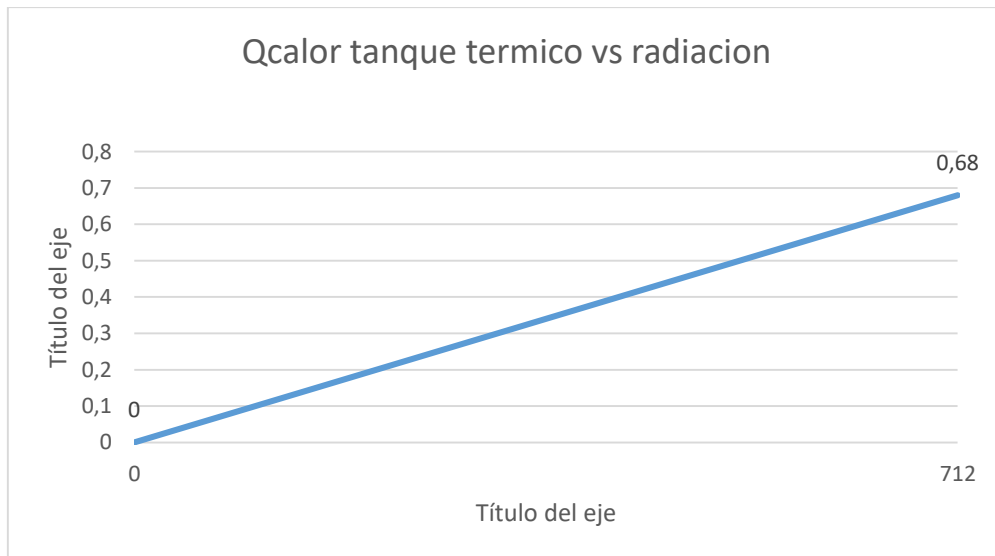


Figura 36 Calor del tanque termico vs radiacion 712 W/m2 sin elementos magneticos
Fuente: Propia (CER) Sin elemnetos magneticos

4.2.4 Eficiencia vs radiación

La siguiente figura 37 se observa la radiación mediante una eficiencia de 712 W/m^2 obteniendo un rendimiento de 53.53 con un caudal de agua de 0.411 L/s.

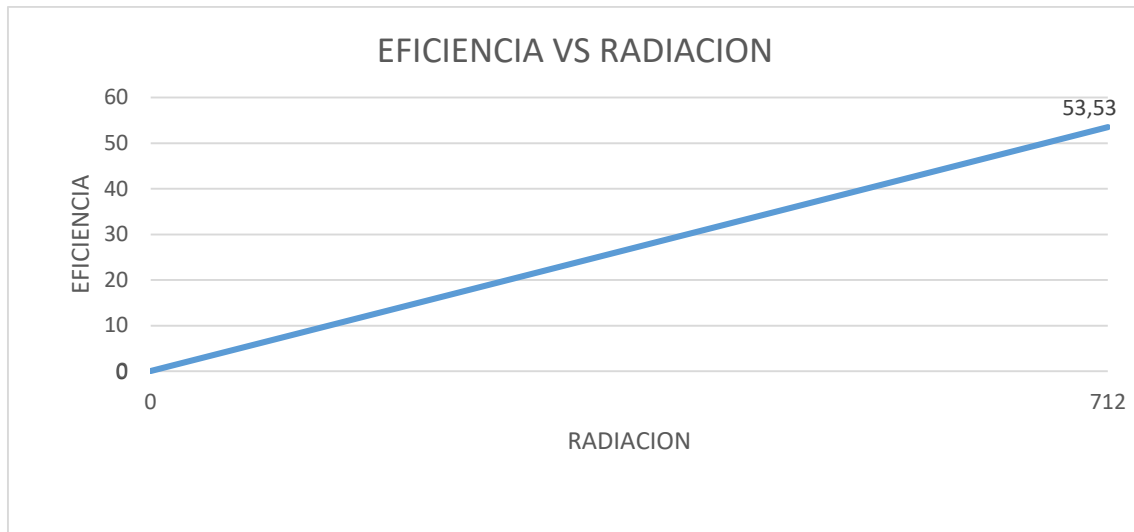


Figura 37. Eficiencia vs radiacion 721 W/m^2 sin elemntos magneticos
Fuente : Propia (CER) Sin elemnetos magneticos

4.3 Comparación con elementos magnéticos.

En esta sección se compara los elementos magnéticos con una radiación de 712 W/m^2 y un caudal de agua de 4.11 l/s, se implementaron los 5 elementos magnéticos en la tubería de entrada al panel solar térmico para así obtener su impacto.

4.3.1 Calor de tanque térmicos vs radiación con elementos magnéticos

La siguiente figura 38 se observa la relación entre el calor térmico frente una radiación de 712 W/m^2 obteniendo:

Calor del tanque térmico obtenido con los elementos magnéticos de 0.859 kW, a una radiación de 712 W/m^2 y un caudal de agua de 0.411 l/s.

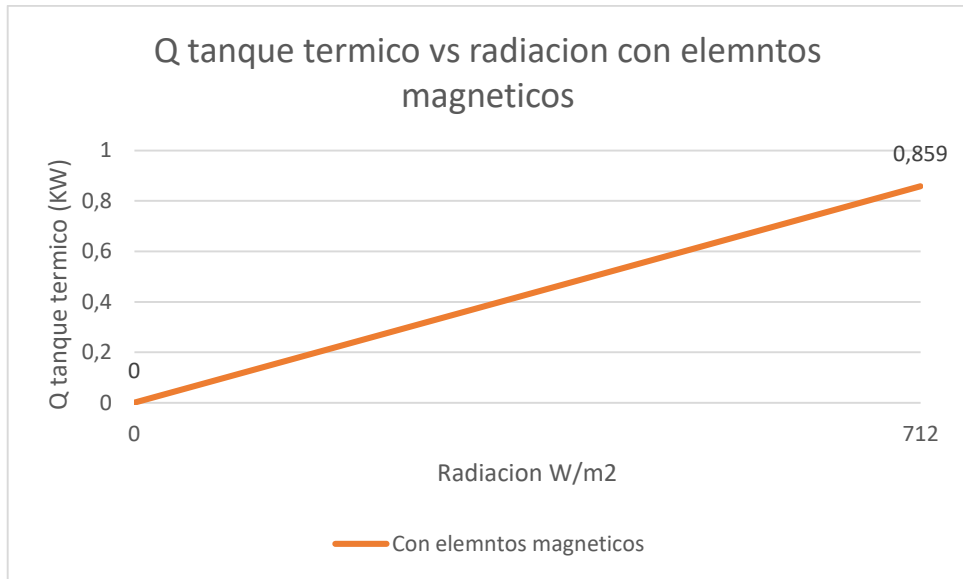


Figura 38. Calor del tanque termico con elementos magneticos vs radiacion 721W/m²
Fuente : Propia (CER)

Este proceso se obtuvo un calor térmico de 0.859 KW a una radiación de 712 W/m² durante una hora.

4.3.2 Calor de tanque térmico vs eficiencia a una radiación 712 W/m² con elementos magnéticos

Se utilizó los elementos magnéticos, en el modelo experimental con una radiación de 712 W/m² durante un tiempo de 1 hora con un caudal de agua de 0.411 l/s.

Obteniendo un calor térmico de 0.859 KW ante una eficiencia de 66.1%

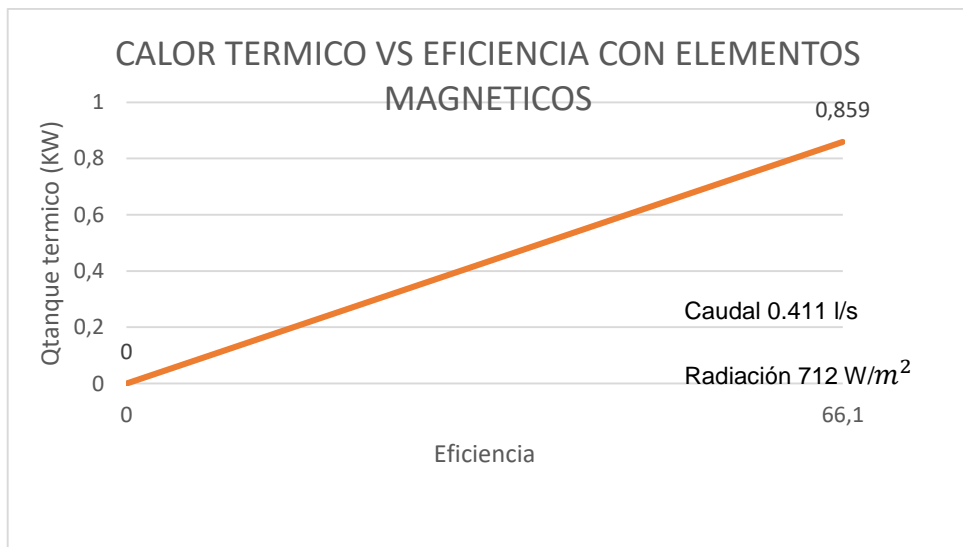


Figura 39. Calor del tanque termico vs eficiencia 721 W/m² con elementos magneticos

Fuente:Propia (CER)

4.3.3 Calor térmico vs tiempo con los elementos magnéticos

En la figura 40 se gráfica el calor del tanque térmico con los elementos magnéticos a una radiación de 712 W/m^2 . Se observa el calor térmico efectuado de 0.859 kW en una un tiempo de una hora.

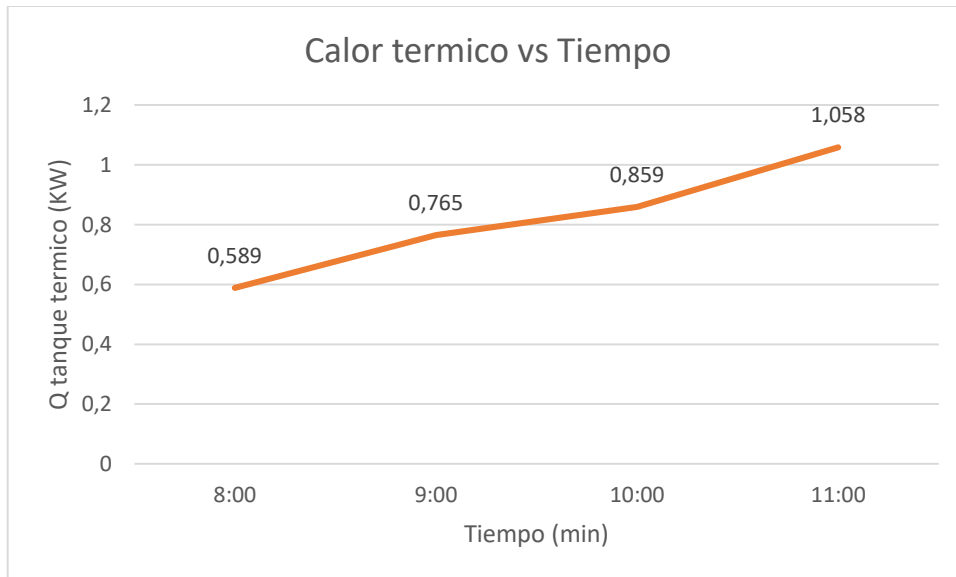


Figura 40. Calor del tanque termico vs tiempo
Fuente: Propia (CER) Con elementos magneticos

4.3.4 Eficiencia vs radiación con elementos magnéticos

En esta gráfica se puede apreciar la eficiencia de 66.1 con los elementos magnéticos a una radiación de 712 W/m^2 y un caudal de agua de 0.411 l/s .

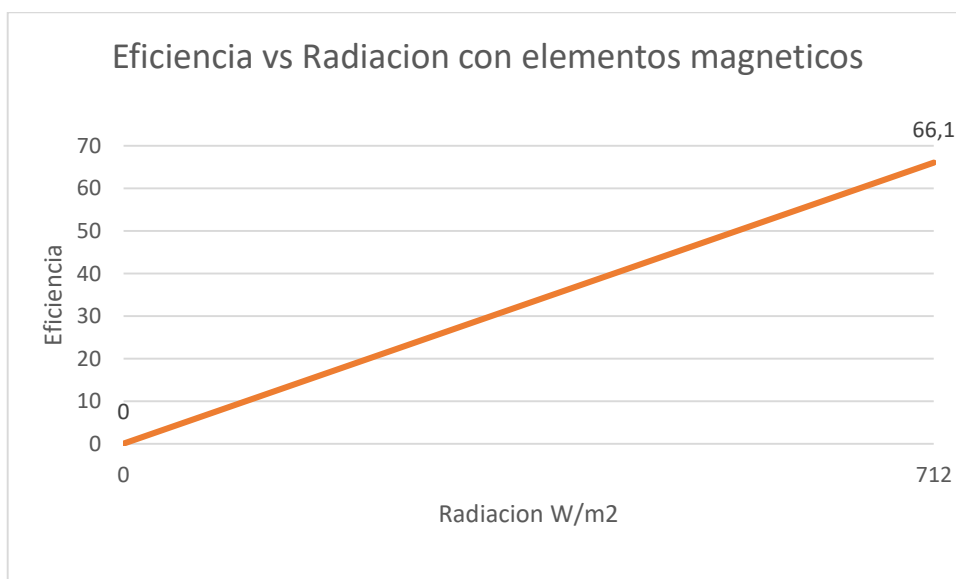


Figura 41. Eficiencia vs radiacion a 721 W/m^2 y caudal de agua de 0.411 l/s
Fuente: Propia (CER) Con elementos magneticos

4.3.5 Eficiencia vs tiempo con elementos magnéticos

Durante este proceso se obtuvo una eficiencia de 66.1% durante una hora y una radiación de 712 W/m^2 . EL caudal de agua proporcionado de 0.411 l/s

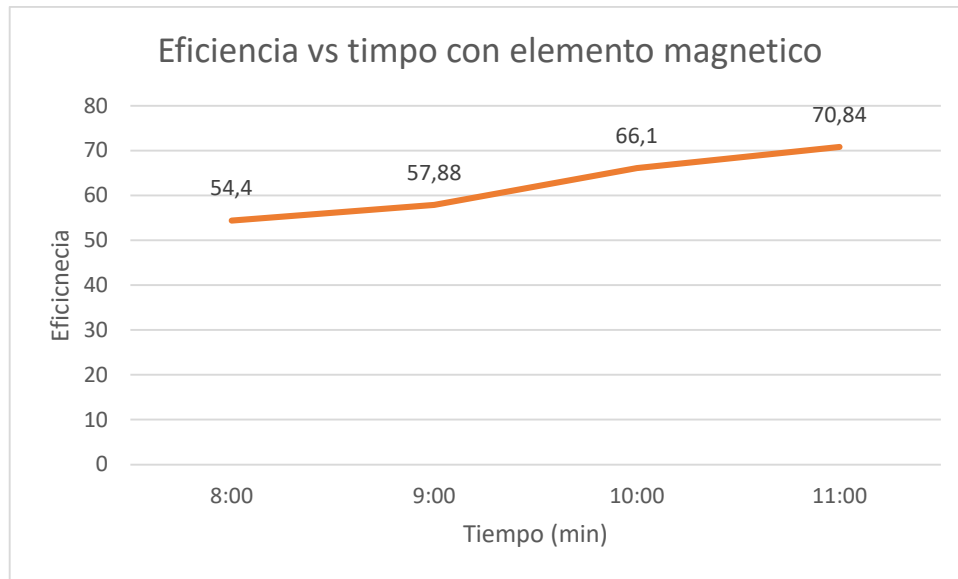


Figura 42. Eficiencia vs tiempo con elementos magnéticos
Fuente:(CER)) Con elementos magnéticos

4.4 Comparación de resultados con elemento magnético y sin elementos magnéticos

La figura 43 representa el calor del tanque térmico con elementos magnéticos y sin elementos magnético en relación a la radiación solar

Durante una radiación de 712 W/m^2 se obtiene sin elementos magnéticos un calor térmico de 0.68kw

Durante una radiación de 712 W/m^2 se obtiene con los elementos magnéticos un calor térmico de 0.858kW.

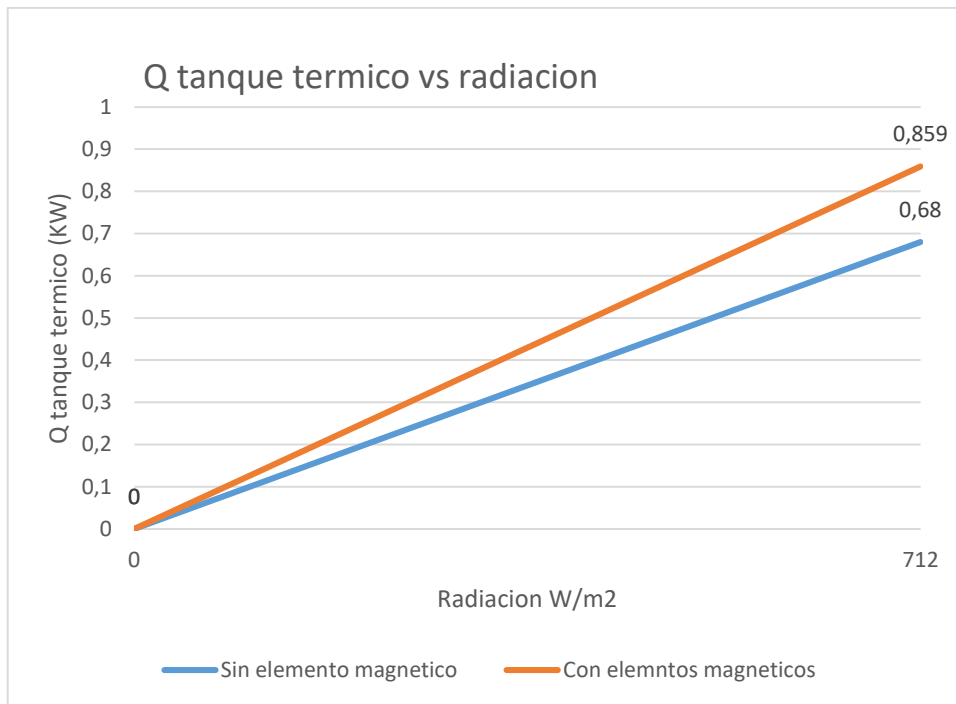


Figura 43. Comparacion del calor termico sin los elementos magneticos y con los cinco elementos magneticos a radiacion de 712 W/m^2 y caudal de agua de 0.411 l/s
 Fuente: Propia(CER) Con los cinco elementos magneticos.

La representación de la figura 44 establece la eficiencia con relación a una radiación de 712 W/m^2 se obtiene un rendimiento de 53.3% sin los elementos magnéticos en un caudal másico de agua de 0.411 l/s .

La representación de eficiencia con relación a la radiación de 712 W/m^2 se obtiene con los elementos magnéticos de 66.1% en un caudal másico de agua de 0.411 l/s .

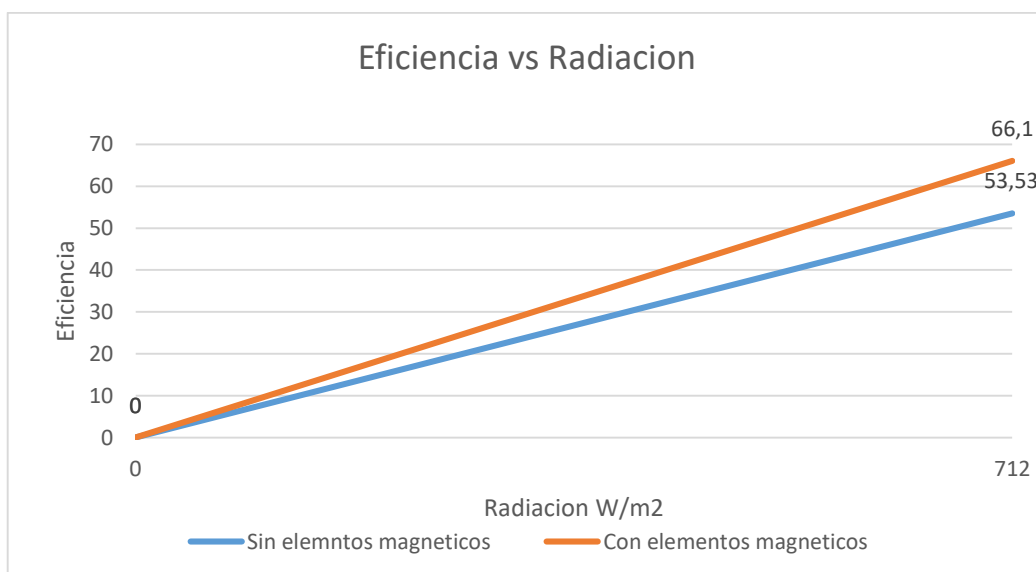


Figura 44. Comparacion de eficiencia vs radiacion sin elementos magneticos y con cinco elementos magneticos a radiacion 712 W/m^2 y caudal de agua de 0.411 l/s

4.5 Resultados de la comparación numérico experimental a radiación de 712 W/m^2

En la proceso del modelo experimental se promedió las radiaciones para poder graficar ante el método numérico con el agua dando como un resultado de 712 W/m^2 .

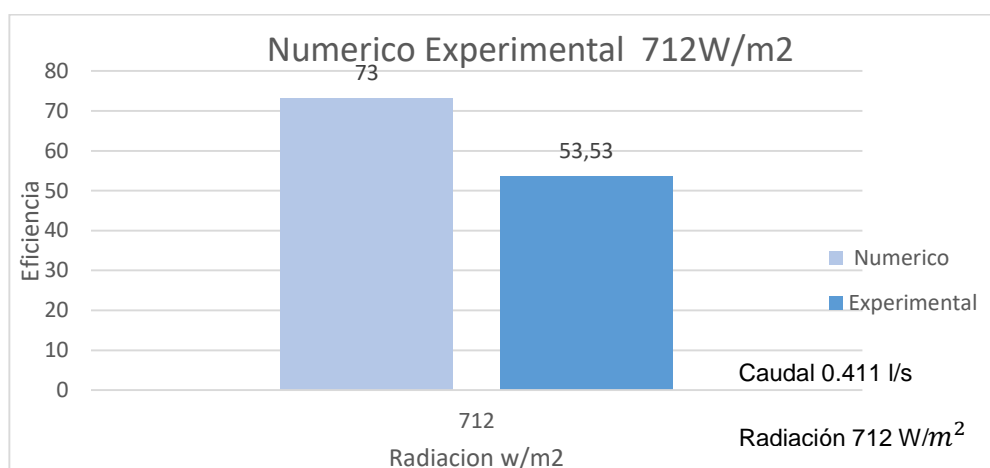


Figura 45. Comparacion numérico y experimental eficiencia vs radiacion a 712 W/m^2 , caudal de 0.411 l/s .

Fuente propia(CER) Sin elementos magneticos

En estos resultados se obtuvo mediante la validación de una radiación solar de 712 W/m^2 , y caudal de agua de 0.411 l/s en comparación con el modelo numérico del agua que podemos observar en la figura 45.

Durante las pruebas se implementó unos cálculos matemáticos software Excel, los datos se desarrolló mediante las ecuaciones del capítulo 4. Obteniendo los resultados de rendimiento según las operaciones en el modelo matemático.

4.6 Resultados de los cinco elementos magnéticos con funcionamiento de caudal másico de 0.411 l/s , radiación de 712 W/m^2

Para los resultados de las condiciones que se muestra a continuación, se desarrolló de la siguiente manera:

Radiación de 712 W/m^2 , una temperatura de salida de 52°C , caudal másico de agua de 0.411 kg/s , lo cual proporciona un calor de $104,33 \text{ W}$ ver anexo 3, los cálculos obtenidos del rendimiento 100% obtendremos un eficiencia aplicando la ecuación 4, la

tabla 1 se observa como el rendimiento aumenta cada vez que se genera un campo magnético, aumenta su rendimiento en el panel solar térmico.

La tabla de apreciación demuestra la aplicación de cada elemento magnético y la radiación

Tabla 1. Apreciación de datos de los elementos magnéticos
Fuente: Propia (CER)

elementos magnéticos	radiación	eficiencia
Agua	712	53,3
1 elemento	712	55,53
2 elementos	712	58,03
3 elementos	712	60,53
4 elementos	712	63,28
5 elementos	712	66,16

4.6.1 Resultado Experimental con los cinco elementos magnéticos

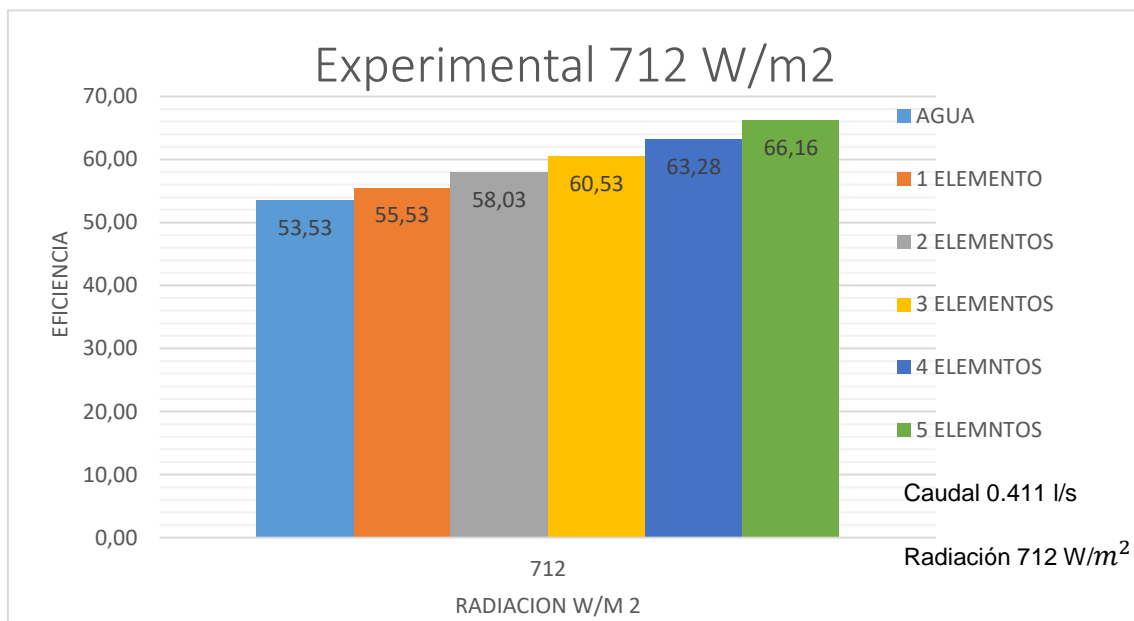


Figura 46. Resultados de eficiencia vs radiación con cinco elementos magnéticos radiación 712 W/m² caudal 0.411 l/s
Fuente: Propia (CER)

Los resultados obtenidos en la figura 46 demuestra la primera barra el agua sin elementos magnéticos teniendo un rendimiento de 53.3% con una radiación solar de 712 W/m², al implementar el primer elemento magnético obtenemos un rendimiento de 55.53% de eficiencia con respecto al agua, la tercera barra es donde se implementa el segundo elemento magnético, proyectando un rendimiento de 58.03%, al tercer

elemento magnético proporciona un rendimiento de 60.53% , el cuarto proyecta un rendimiento de 63.28% , al implementar el quinto elemento obtenemos un rendimiento de 66.1 %.

4.6.2 Resultados de los cinco elementos magnéticos con funcionamiento de caudal másico de 0.390 l/s, y una radiación de 712 W/m²

La inconsistencia de los resultados presentados por el flujo de 75% y una radiación solar 712 W/m², el fluido de transferencia de calor se pueden atribuir al hecho de que el flujo de agua está experimentando turbulencias y separaciones que impidieron el contacto total del fluido de transferencia de calor con la pared del tubo y el campo magnético.

Por lo tanto, en nuestras opiniones, en esta condición particulares, la magnetización del flujo no es continua y consistente.

Se realizó las condiciones de la válvula de salida del tanque térmico en un 75%, obteniendo un caudal másico de agua producido por el sensor de flujo de 0.390 l/s, se trabajó con la radiación solar de 712 W/m², donde se produce variaciones de rendimientos. La tabla 2 podemos apreciar como el rendimiento cambia según la irradiación del día.

En la tabla apreciamos los datos proporcionados durante la validación.

Tabla 2. Datos obtenidos en la simulación de prueba radiacion a 712 W/m²
Fuente: Propia (CER)

Elementos magnéticos	Radiación	eficiencia
Agua	712	46.1
1 elemento	712	52.7
2 elementos	712	43.7
3 elementos	712	48.2
4 elementos	712	71.6
5 elementos	712	33.5

La tabla 2 observamos como la radiación solar de 712 W/m², tenemos una eficiencia mucho menor, esto se obtuvo sin elementos magnéticos, en comparación con 4 elementos magnéticos observamos el cambio que desarrolla una eficiencia de 71.6%, con 4 elementos magnéticos existe coherencia en los resultados.

4.6.3 Radiación vs eficiencia con un caudal de agua de 0.390 l/s

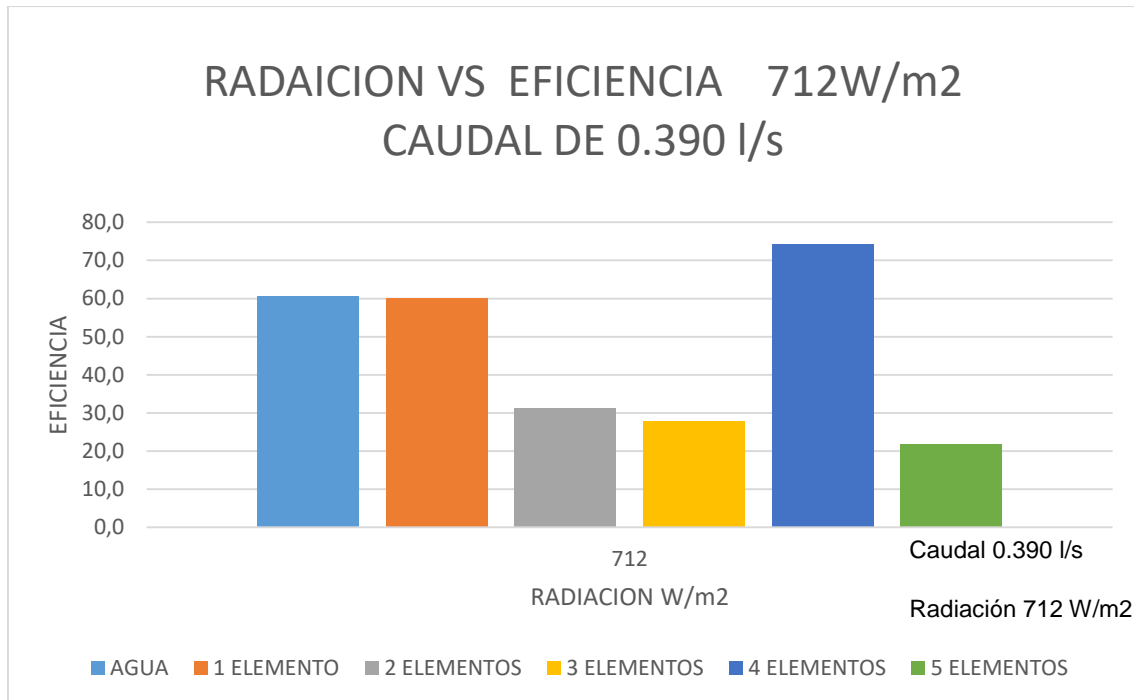


Figura 47. Resultados de eficiencia vs radiación con 5 elementos magnéticos, radiación 712W/m² caudal 0.390 l/s
Fuente: Propia (CER)

La figura 47 representa la primera barra el agua sin elementos magnéticos a condiciones de flujo de 0.390 l/s y una radiación de 712 W/m², las siguientes barras están en condiciones que son atribuidas por los hechos del flujo de agua no es comparativo y mencionado anterior mente.

4.7 Resultados de la comparación numérica y experimental a radiación de 500 W/m²

Se compararon los resultados durante todas las pruebas en condiciones de 500 W/m², y un caudal másico de agua de 0.411 l/s. del método experimental con relación al agua.

Durante las pruebas que se llevó acabo en el modelo experimental y numérico podemos observar en la figura 48.

El modelo experimental a condiciones de flujo de agua 0.411 l/s y una radiación de 500 W/m², obtenemos una eficiencia 48.4%

En el modelo numérico a condiciones de flujo de agua 0.411 l/s y una radiación de 500 W/m², obtenemos una eficiencia 59.72% comparando los dos modelos tenemos

una diferencia de 11.32%, esta diferencia esta debido al modelo numérico que datos matemáticos son constantes que los datos experimentales.

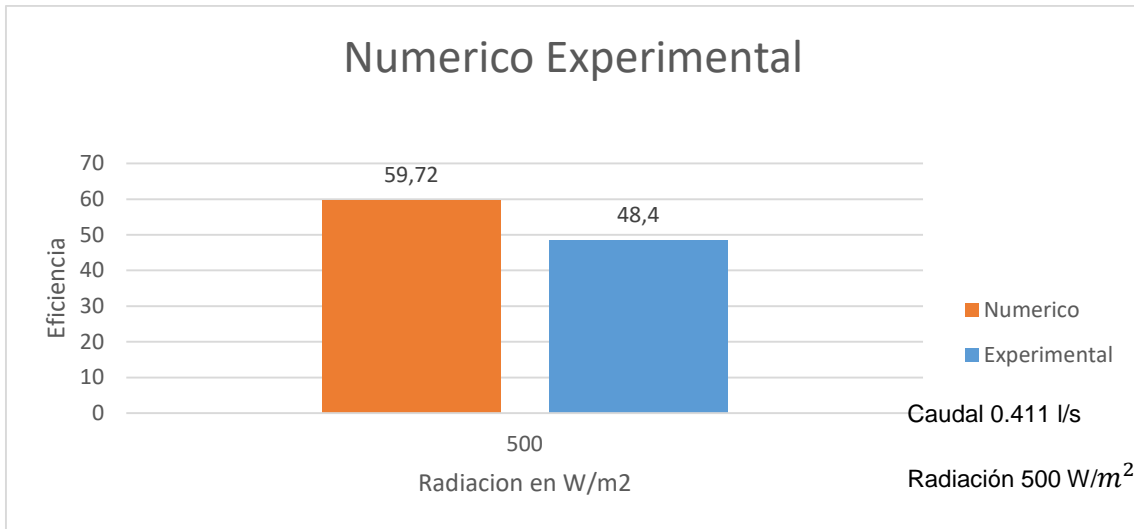


Figura 48. Comparacion numérico y experimental eficiencia vs radiacion 500 W/m², caudal de 0.411 l/s.

Fuente :Propia(CER) Sin elementos magneticos

4.7.1 Calor tanque térmico vs eficiencia a 500 W/m² sin elementos magnéticos

Esta figura se observa el calor del tanque térmico sin los elementos magnéticos

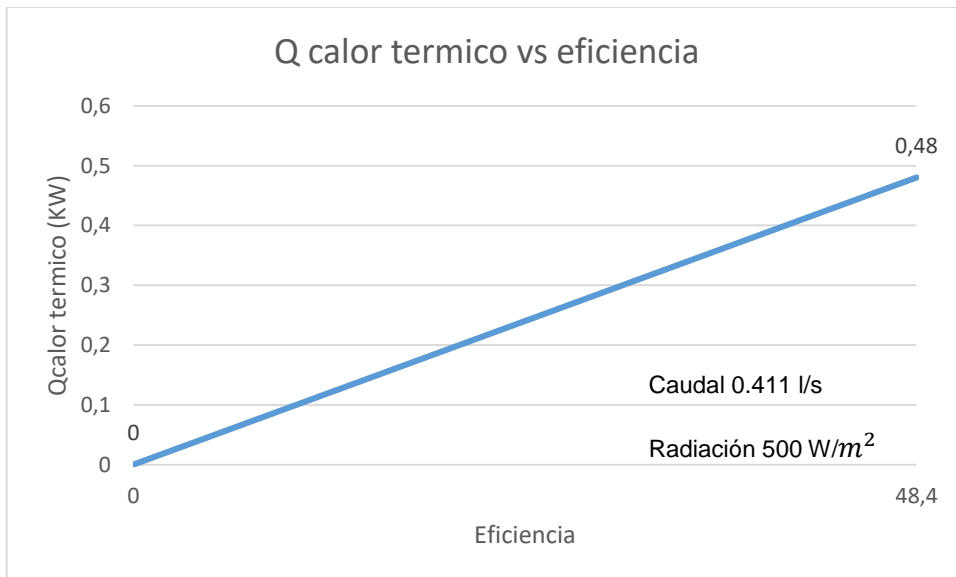


Figura 49. Calor del tanque termico vs eficiencia sin elementos magneticos a radiacion de 500 W/m²

Fuente: Propia (CER) Sin elementos magneticos

La grafica demuestra el calor del tanque térmico en un radiación de 500 W/m^2 un caudal de agua al 0.411 l/s sin elementos magnéticos obteniendo un calor térmico de 0.48 kW .

4.7.2 Tiempo de calor térmico vs tiempo sin elementos magnéticos

Se aprecia en la figura 50 el calor térmico efectuado en relación al tiempo del tanque sin los elementos magnéticos.

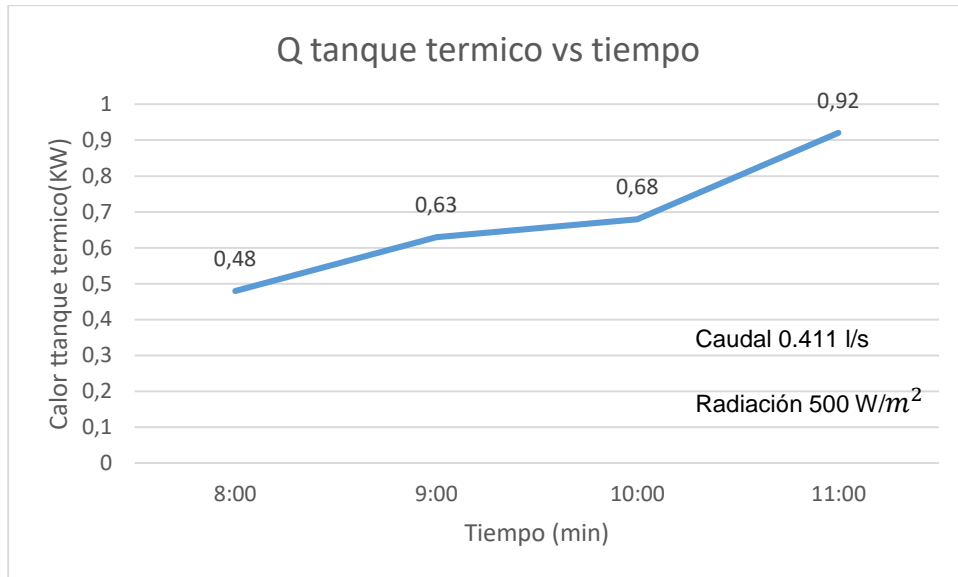


Figura 50. Calor del tanque térmico vs tiempo sin elementos magnéticos
Fuente :Propia(CER) Sin elementos magneticos

El tiempo efectuado en la gráfica para su compresión fue en una hora con una radiación de 500 W/m^2 y un caudal de agua de 0.411 l/s se obtiene un calor térmico de 0.48 KW .

4.7.3 Calor de tanque térmico vs radiación sin elementos magnéticos

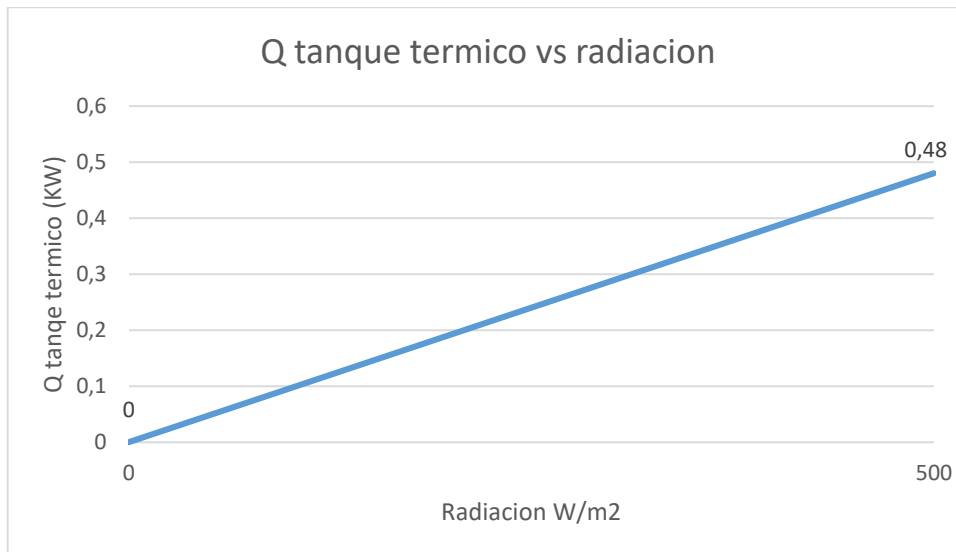


Figura 51. Calor del tanque termico vs radiacion solar a 500 W/m² y caudal de 0.411 l/s
Fuente: Propia (CER) Sin elementos magneticos

4.7.4 Eficiencia vs tempo sin elementos magnéticos

La siguiente figura 52 se obtiene la eficiencia durante una hora con una radiación de 500W/m² se obtiene una eficiencia de 48.4 sin elementos magnéticos a un caudal de agua de 0.411 l/s.

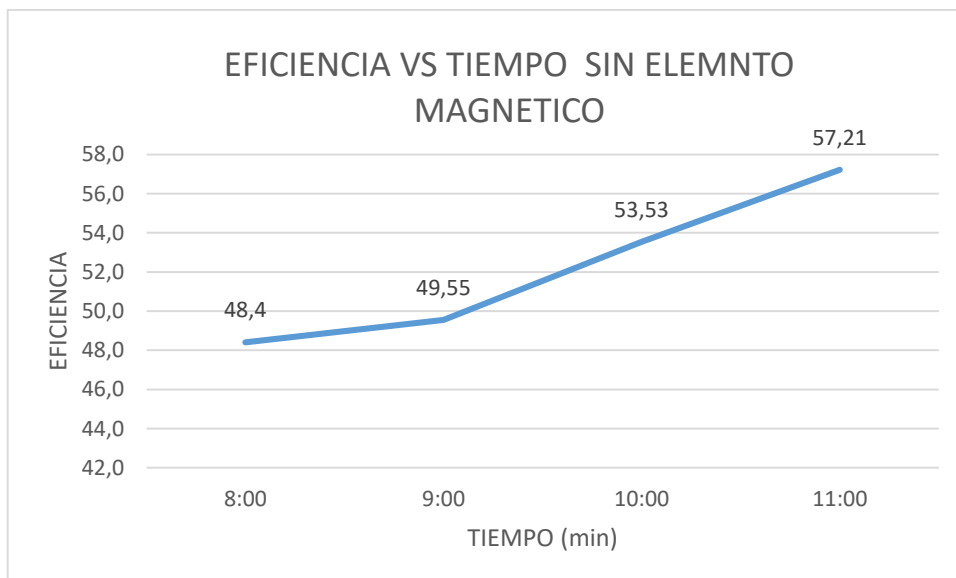


Figura 52. Eficiencia vs tiempo
Fuente (CER) Sin elementos magneticos

4.7.5 Eficiencia vs radiación sin elementos magnéticos.

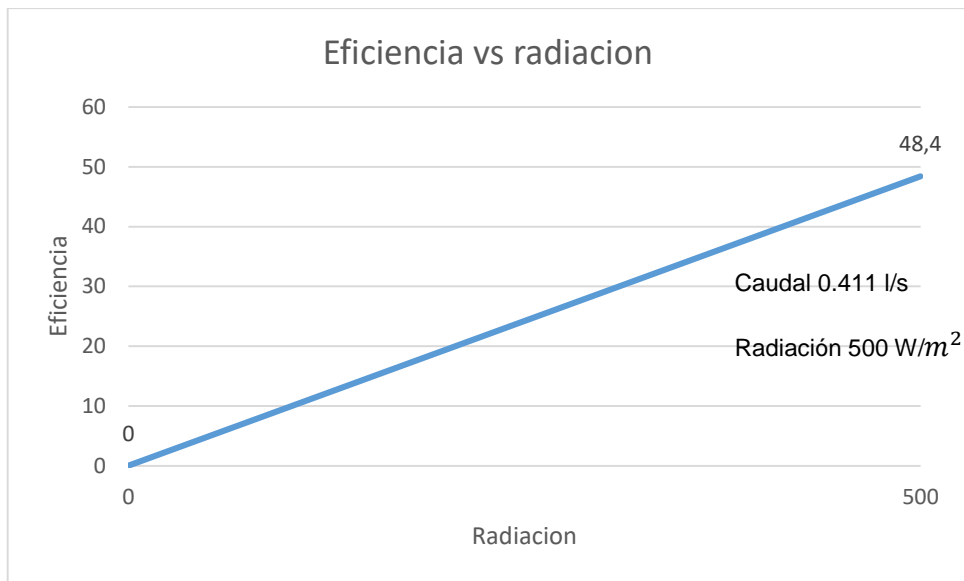


Figura 53. Eficiencia vs radiación a $721 W/m^2$ y caudal de agua de $0.411 l/s$
Fuente: Propia (CER) Sin elementos magnéticos

Se obtienen los resultados para poder graficar los valores eficiencia vs radiación en condiciones de $500 W/m^2$ de radiación y caudal másico de agua de $0.411 l/s$.

4.8 Comparación con elementos magnéticos Calor tanque térmico vs eficiencia

El calor térmico efectuado durante una radiación de $500 W/m^2$ y un caudal de agua de $0.411 l/s$ obtenemos un calor térmico de $0.589 KW$.

Durante este proceso de los elementos magnéticos se puede observar como el calor térmico tiende a tener mayor calor al implementar los cinco elementos, se obtiene un calor térmico de $0.589 KW$

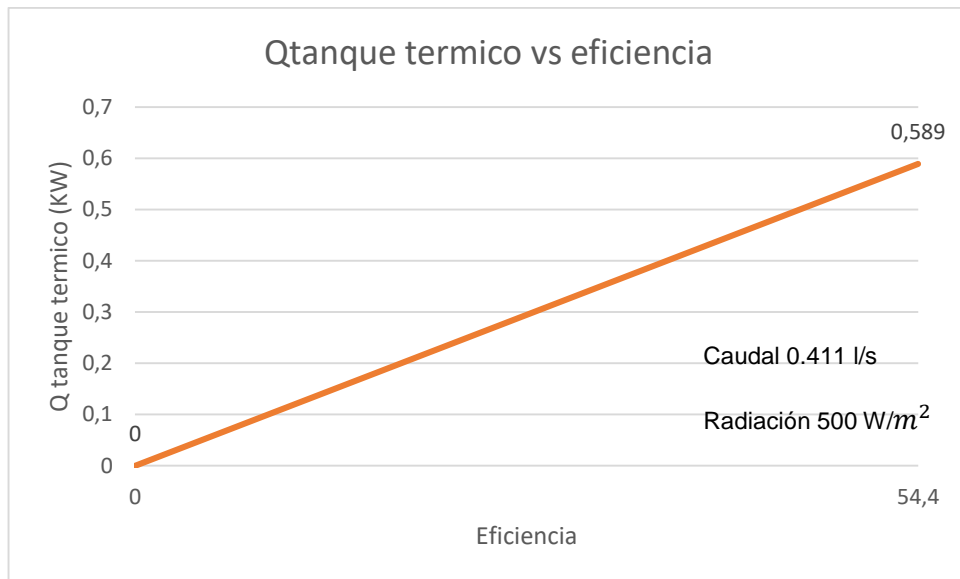


Figura 54. Calor del tanque termico vs Eficiencia con elementos magneticos a 500 W/m²
 Fuente: (CER) Con elementos magneticos

4.8.1 Calor del tanque térmico vs tiempo con elementos magnéticos

En este tiempo se obtuvo los siguientes datos en una radiación de 500 W/m², se obtuvo un calor térmico de 0.589 KW, en transcurso de una hora

Se desarrolló la gráfica en la figura 55 con los siguientes datos presentados e implementado los cinco elementos magnéticos donde demuestra el calor térmico efectuado a una radiación de 500 W/m² obtenemos un calor térmico 0. 589 KW.

Durante la implementación de los cinco elementos magnéticos también se observa a una radiación de 659.04 W/m² un calor del tanque térmico de 0.765 KW.

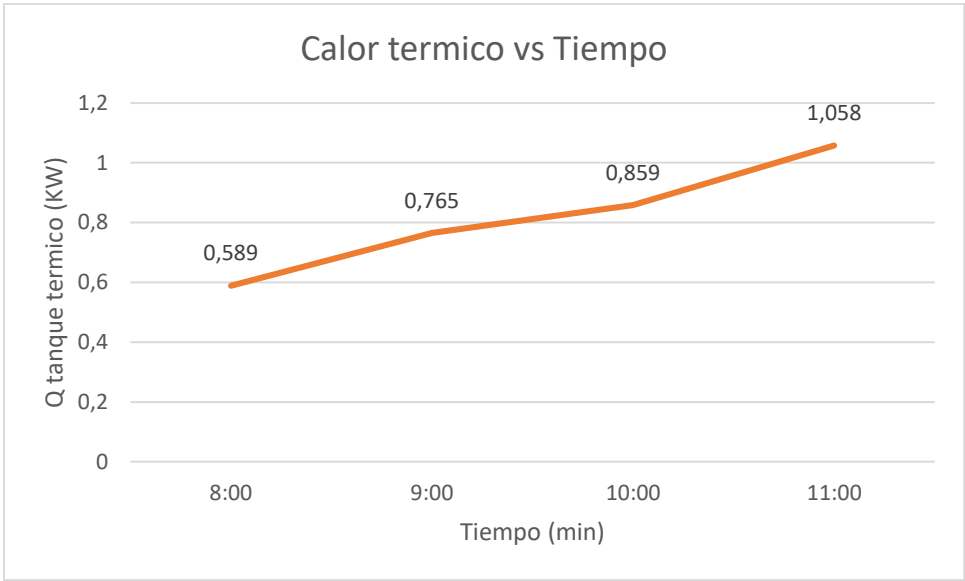


Figura 55. Calor del tanque termico vs tiempo
Fuente: Propia (CER) Con elemnetos magneticos

4.8.2 Calor de tanque térmico vs radiación con elementos magnéticos

La figura 56 muestra el calor térmico efectuando a una radiación de 500 W/m^2 y un caudal de agua de 0.411 l/s un calor térmico de 0.589 con los elementos magnéticos

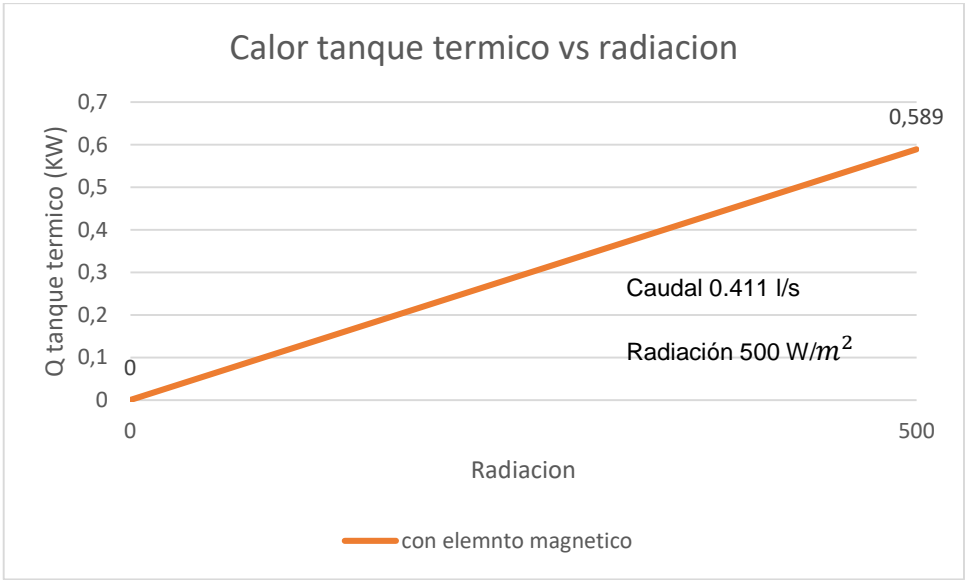


Figura 56. Calor del tanque termico vs radiacion de 500 W/m^2 con elementos magneticos
Fuente : Propia (CER) Con elementos magneticos

4.8.3 Eficiencia vs tiempo con elementos magnéticos

En esta figura 57 se obtiene un eficiencia durante un tiempo de una hora de 54.4% a una radiación de 500w/m²

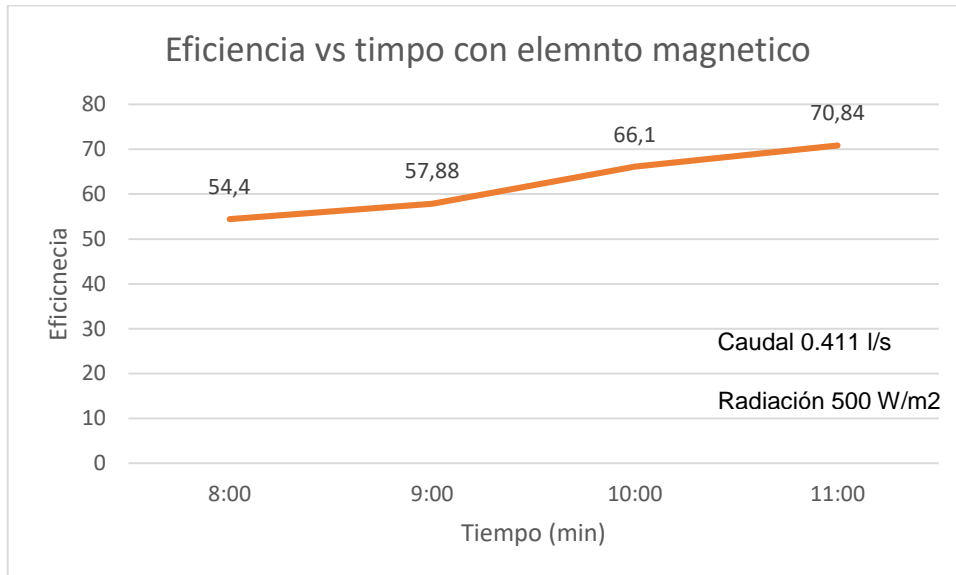


Figura 57. Eficiencia vs tiempo con elementos magnéticos
Fuente: (CER)

4.8.4 Eficiencia vs radiación con elementos magnéticos

La figura 58 representa la eficiencia efectuada durante una radiación de 500 W/m² a un caudal de 0.411 l/s

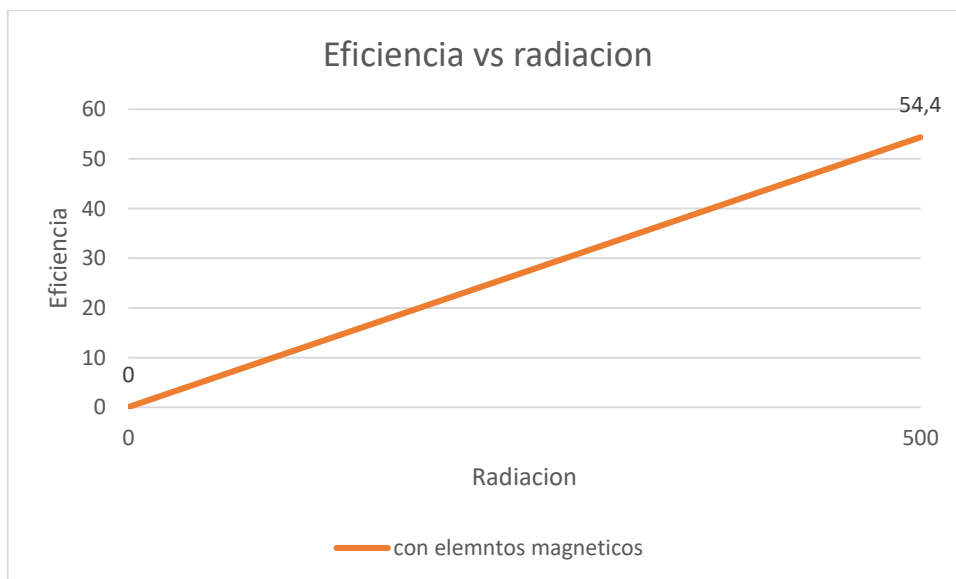


Figura 58. Eficiencia vs radiación con elementos magnéticos a 500W/m²
Fuente: Propia (CER) Con elementos magneticos

4.9 Comparación de calor térmico vs radiación con elementos magnéticos y sin elementos magnéticos.

Durante este proceso se da la comparación de la eficiencia, sin elemento magnético el calor es de 48.4%, y con elemento magnético podemos observar como aumenta en 54.4%

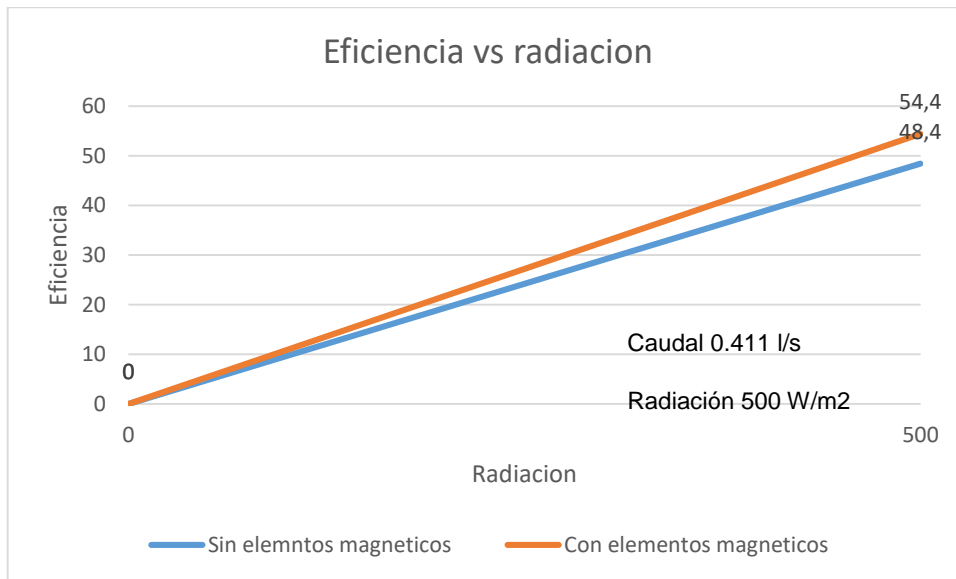


Figura 59. Comparación de eficiencia vs radiación sin elementos magnéticos y con cinco elementos magnéticos a radiación de 500 W/m² y caudal de 0.411 l/s
Fuente: Propia (CER)

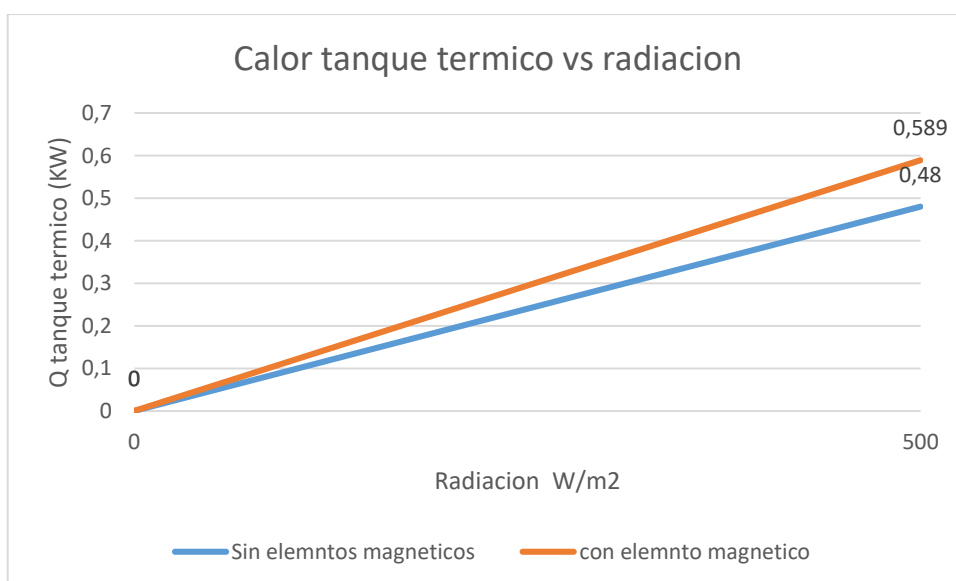


Figura 60. Comparación del calor termico sin elementos magnéticos y con cinco elementos magnéticos a 500 W/m² y caudal de 0.411 l/s
Fuente: Propia (CER)

Durante la comparación con los elementos magnéticos a una radiación de 500 W/m^2 que produce sin elementos magnéticos un calor térmico de 0.48 KW, y con elemento magnético produce un calor térmico de 0.589 KW.

4.10 Resultados de los cinco elementos magnéticos con un funcionamiento de condiciones de caudal másico de 0.411 l/s, radiación de 500 W/m^2

Tabla 3 datos obtenidos durante el proceso de experimentación.

Tabla 3. Datos obtenidos en la simulación de prueba a radiación de 500 W/m^2
Fuente: Propia (CER)

elementos magnéticos	radiación	eficiencia
agua	500	48,4
1 elemento	500	48,9
2 elementos	500	51,6
3 elementos	500	52,4
4 elementos	500	53,4
5 elementos	500	54,4

La siguientes resultados está elaborado con un flujo de 0.411 l/s, una radiación de 500 W/m^2 , ahora tendremos cómo influye los campos magnéticos en el rendimiento ,durante el primer funcionamiento con radiación de 500 W/m^2 y un caudal de flujo de 0.411 l/s se observa que la primera iteración sin elementos magnéticos obtendremos un rendimiento de 48.4%,al ingresar el primer elemento magnético tendremos un rendimiento de 48.9 % ,al segundo elemento tendremos un rendimiento de 51.6%,al tercer elemento 52.4%,al cuarto elemento 53.4,al quinto elemento 54.4%,con estos datos se puede observar en el diagrama de barras como se va elevando la eficiencia.

4.10.1 Resultados Experimentales con los cinco elementos magnéticos

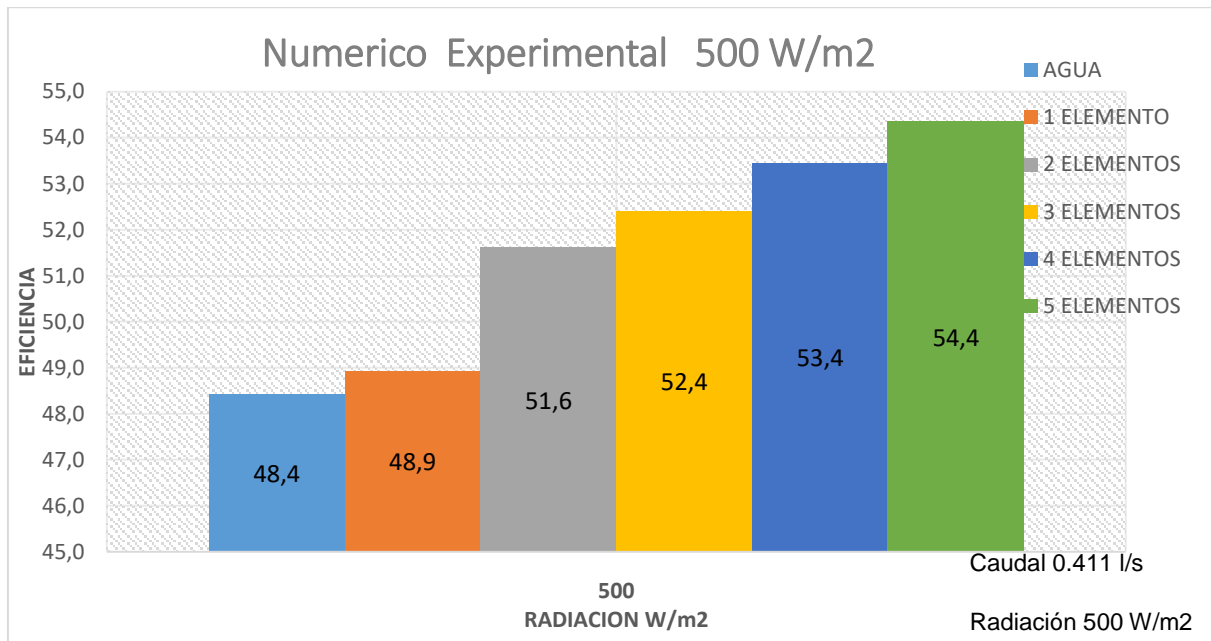


Figura 61. Resultados de eficiencia vs radiacion con 5 elementos magneticos radiacion 500W/m² caudal 0.411 l/s

Fuente:Propia (CER)

La figura 61 La primera barra representa el agua sin elemento magnético.

4.11 Resultados de los cinco elementos magnéticos con funcionamiento de caudal másico de 0.390 l/s, y una radiación de 500 W/m²

La inconsistencia de los resultados presentados por el flujo de 75% a radiación solar 500 W/m² del fluido de transferencia de calor se pueden atribuir al hecho de que están condiciones el flujo está experimentando turbulencias y separaciones que impidieron el contacto total del fluido de transferencia de calor con la pared del tubo y el campo magnético.

Durante estos resultados se trabajó con las condiciones de válvula de un 75%, el caudal másico al fluir por nuestro sensor de flujo es de 0.390 l/s.

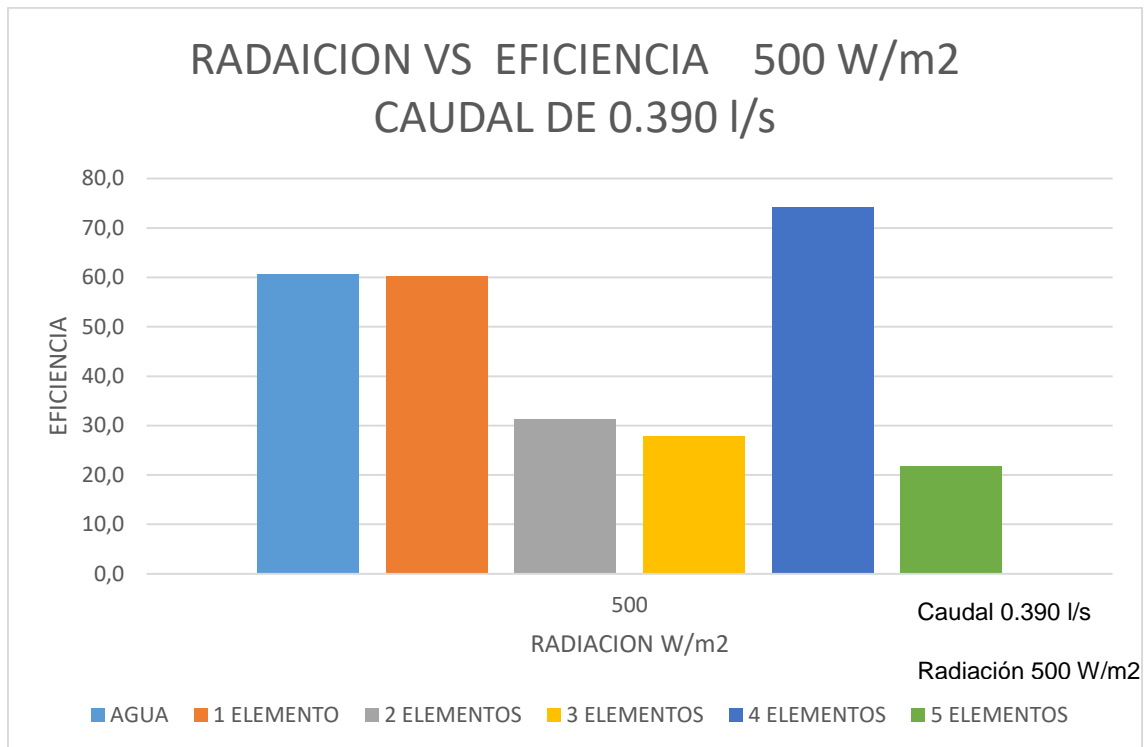


Figura 62. Resultados de eficiencia vs radiacion con 5 elementos magneticos, radiacion 500 W/m² caudal 0.390 l/s
Fuente: Propia(CER)

Durante el proceso de verificación de la válvula a un 75% se pudo demostrar que el caudal del agua es variado por las incrustaciones en la tubería y los elementos magnético, de esta forma es que no se puede demostrar la variación en un 75%

Durante el proceso para verificar los datos se obtuvo sin el elemento magnéticos con unos datos del mes de septiembre del 2017, para su verificación de funcionamiento del panel solar, el panel solar puede alcanzar una temperatura de 70° y 90° con relación al tiempo y una radiación solar.

CONCLUSIONES

La implementación del campo magnético se desarrolló con un método de prueba, al tener una radiación mínima hace que circule mediante todo el sistema del flujo del agua con menor capacidad de la normal, pero al implementar el campo magnético podremos observar cómo cambia el flujo del agua mediante la radiación efectuada.

Con las pruebas obtenidas de radiación de 712 W/m^2 sin el campo magnético se obtuvo una eficiencia 53.3 %, con 5 elementos magnéticos se obtuvo una eficiencia de 66.1%. Con las pruebas obtenidas de radiación de 500 W/m^2 sin el campo magnético se obtuvo una eficiencia 48.2 %, con 5 elementos magnéticos se obtuvo una eficiencia de 54.4%.

Durante las condiciones meteorológicas podemos decir que en las horas de mayor radiación fueron de 10 de la mañana hasta las 3 de la tarde dando un mayor rendimiento al panel solar térmico

Mediante cada implementación de un elemento magnético se puede observar cómo cambia el rendimiento del panel solar térmico, tendremos un rendimiento mayor al implementar con 5 elementos magnéticos.

Este trabajo de investigación desarrollado en el laboratorio de energías renovables (CER) de la Universidad Católica de Cuenca, aportará en beneficios a la energía renovables con la información de la eficiencia desarrollada en el panel solar térmico, de esta forma la factibilidad que representa las energías renovables al calentar el agua mediante un sistema de panel solar térmico sanitario (ASC) puede ser instalados los elementos magnéticos en diferentes paneles solares térmicos.

RECOMENDACIONES

La información del trabajo realizado de investigación se puede implementar en diferentes paneles solares térmicos como una ejecución de pruebas y análisis con los elementos magnéticos.

Durante las condiciones meteorológicas podemos decir que en las horas de mayor radiación obtenemos un mayor rendimiento del panel solar con los elementos magnéticos, teniendo en cuenta que a una posición de la válvula de 100% el flujo es continuo.

El trabajo de investigación desarrollado, puede ser implementado en los colectores solares térmicos. Tomando en cuenta que al ser sometido a un caudal menor de la posición de válvula al 75%, necesitamos desarrollar las ecuaciones para describir el tipo de flujo con separación y turbulencia.

NOMENCLATURA

A: área del panel solar térmico (m^2)

ACS: Agua Caliente Sanitaria

CST: Colector Solar Térmico

CST: Colector Solar Térmico

c_{p_w} : Calor específico del agua

D_H : Diámetro hidráulico de tubería (m)

FPC: Colector de Placa Plana

G: radiación solar ($\frac{w}{m^2}$)

K_w : Conductividad térmica del agua (kJ/ms°C)

m_w : Caudal másico del agua ($\frac{kg}{s}$)

L_{tub} : Longitud de tubería (m)

L_{tanque} : Longitud del tanque (m)

Q_{rad} : Calor de radiación (w)

R: Radio de tubería (m)

ΔT_w : Diferencia de temperatura (C°)

α : Constante de absorción de radiación solar

η : Eficiencia desarrollada del panel solar

SST: Sistema Solar Térmico

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

5 BIBLIOGRAFÍA

- AL-HILPHY, A. R. (2013). DESARROLLO DE LA CUENCA DEL SOLAR TODAVÍA. *AMERICAN JOURNAL OF INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS* 6 (3): 286-296, 2013.
- ALONSO FUSTEL, G. V. (2012). CAMPOELECTRICOS MAGNETICOS EN SALUD . *SUBDIRECCION DE SALUD* .
- ASHARF, A. A. (2013). SCINTIFIC INVESTIGATIONS ON THE CLAIMS OF THE MAGNETIC WATER CONDITIONERS . *INTERNACIONAL JOURNA* .
- CANYELLES., G. P. (2007). RENDIMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA.
- CASTEÑO, I. A. (2008). CAMPO MAGNETICO . *FISICA III*, 22.
- CHUDOVA, V. O. (SEPTIEMBRE DE 2013). TRATAMIENTO MAGNÉTICO DEL AGUA: ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL. *NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY MPEI*, 3.
- COMEUN, S. Y. (2005). INFLUENCE OF MAGNETIC FIELD ON THE TWO PHASE FLOW CONVECTIVE BOILING O SOME REFRIGERANT MIXTURE. *INTERNATIONALT JOURNAL OF ENERGY RESEARCH*.
- CRUZ, C. P. (S.F.). LEYES DE LA RADIACION . *DPTO. DE LA INGENIERIA CARTOGRAFICA* .
- E, M. (2013). MODELLING OF ENERGY STORAGE USING PHASE-CHANGE MATERIALS (PCM MATERIALS). *NORWEGIAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 71-75.
- ERICSSON, L., & FRANKLIN, A. (2009). LOS ENIGMAS DEL CAMPO MAGNÉTICO SOLAR. *LOS ENIGMAS DEL CAMPO MAGNÉTICO SOLAR*.
- EZMT. (SF). *ENERGY ZONES TOOL*. OBTENIDO DE [HTTPS://EZMT.ANL.GOV/ENERGY_RESOURCES/SOLAR](https://ezmt.anl.gov/energy_resources/solar)
- GARCÍA, S. T. (2001). EL TRATAMIENTO ELECTROMAGNÉTICO DEL AGUA,¿UNA TECNOLOGÍA COMPROBADA? *INGENIERIA IDRAULICA EN MEXICO*, 50.
- GRUNDFOS. (S.F.). *ELECTRO-BOMBA CIRCULADORA PARA CALEFACCION GRUNDFOS*. OBTENIDO DE [HTTP://WWW.JITCALDERAS.COM/BOMBA-CIRCULADORA-PARA-CALEFACCION-GRUNDFOS-UPS-25-50-60.HTML](http://www.jitcalderas.com/bomba-circuladora-para-calefaccion-grundfos-ups-25-50-60.html)
- ING. MARCO PROSPERI, I. C. (S.F.). ENERGIA SOLAR TERMICA . *RES Y RUE DISSEMANITION* , 6,9.

- INGEMECANICA. (S.F.). *INGENIERIA Y GESTION DE LAS ENERGIAS RENOVABLES* . OBTENIDO DE [HTTP://INGEMECANICA.COM/TUTORIALSEMANAL/TUTORIALN188.HTML](http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html)
- INGENIERA PARA UN DESARROLLO SOSTENIBLE . (ABRIL 2009). *DISEÑOS Y SOLUCIONES SOSTENIBLES DSS. SA.* , 5-6.
- INYGEN. (2006). APLICACION DE LAS ENERGIAS SOLAR TERMICA . *INGENIERIA MEDIO AMBIENTAL*, 6.
- INYGEN. (S.F.). APLICACIONES DE LAS ENERGIAS RENOVABLES TERMICAS Y FOTOVOLTAICAS . *INYGEN ENERGIA MEDIOAMBIENTAL*, 6.
- J., S. M. (2005). BEHAVIOUR OF NEW REFRIGERANT MIXTURES UNDER MAGNETICFIELD. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH*.
- J., S. M. (2013). BEHAVIOUR OF NEW REFRIGERANTE MIXTURE UNDER MAGNETIC FIELD. *INTERNATIONAL JOUNARL OF ENERGY RESEARCH*, 9.
- KOTB, A. (S.F.). INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS SOBRE LAS RECLAMACIONES DE LA ACONDICIONADORES DE AGUA MAGNÉTICA. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGINEERING* , 148.
- LARA, C. M. (S.F.). ENERGIAS RENOVABLES . *INICAH NAS JOME* , 11.
- LOS ENIGMAS DEL CAMPO MAGNÉTICO SOLAR. (S.F.). *LOS ENIGMAS DEL CAMPO MAGNÉTICO SOLAR*.
- MOLINA), F. T. (2006). ENERGIAS RENOVABLES PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE MEXICO . *SENER* , 22.
- PROAIN. (2014). *MEDIDORES AMBIENTALES* . OBTENIDO DE [HTTP://PROAIN.COM/PRODUCTOS.PHP?CAT=002](http://proain.com/productos.php?cat=002)
- RENOVABLES, M. D. (S.F.). *SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL* . OBTENIDO DE [HTTP://WWW.ENERGIA.GOB.EC/#](http://www.energia.gob.ec/#)
- REYES, M. C. (JUNIO DE 2007). APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR AL TRATAMIENTO. *TESIS DOCTORAL*, 19.
- ROMERO, E. P. (S.F.). LA CIENCIA CON IMANES . *FERIA DE LA CIENCIA* .
- SAMI,S. Y ICASA D. (30 DE SEPTIEMBRE 2015). MODELLING SIMULATION OF HYBRID SOLAR PHOTOVOLTAIC. *WIND TURBINE AND HIDRAULIC POWERD SYTEM,IJEST,INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCE AND TECHNOLOGY, VOLUME7*.
- SAMI S. , COMEAU J.(30 SEPTIEMBRE2013) BEHAVIOR OF NEW REFRIGERANT MIXTURES UNDER MAGNETIC FIELDS *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH*.
- SAMI S. , KITA. J. (2003) KITA, BEHAVIOR OF NEW REFRIGERANT MIXTURES UNDER MAGNETIC

FIELDS INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH.

SAMI S. , AUCOUIN S.(2003). EFFECT OF MAGNETIC FIELD ON THE PERFORMANCE OF.
INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH.

SAVEDRA, R. S. (S.F.).(2009) RENDIMIENTO Y ESTRATEGIAS DE FUNCIONAMIENTO DE UN
SISTEMA SOLAR HIBRIDO. *FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MECANICAS .*

SCHEE, H. (1979). *LA ENERGÍA SOLAR NO ES UNA ENERGÍA ALTERNATIVA: ES LA ENERGÍA.*
OBTENIDO DE SOLARWEB: [HTTPS://WWW.SOLARWEB.NET/SOLAR-TERMICA.PHP](https://www.solarweb.net/solar-termica.php)

SOLUCIONES DE INGENIERIA SOLVENTA, S. (S.F.). *INTRODUCCION A LAS ENERGIAS
RENOVABLES .* OBTENIDO DE SOLVENTA:
[HTTP://WWW.AGORA.ULPGC.ES/FICHEROS/INTRODUCCION_RENOVABLES.](http://www.agora.ulpgc.es/ficheros/introduccion_renovables)

TEMPCON. (S.F.). *TEMPCON.* OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.TEMPCON.CO.UK/SHOP/HOBO-
RX3000-CELLULAR-WEATHER-STATION-KIT](https://www.tempcon.co.uk/shop/hobo-rx3000-cellular-weather-station-kit)

VIDAURRE, C. G. (2010). USO DEL DESINCRUSTANTE MAGNÉTICO (DM). *INGENIERÍA
INDUSTRIAL, 147.*

ANEXOS

Anexo 1. ESPECIFICACIÓN DE SENSOR DE FLUJO FMG 981-B

INSERTION ELECTROMAGNETIC FLOWMETER

FMG980 Series



- ✓ No Moving Parts
- ✓ Durable
- ✓ Easy to Install
- ✓ Easy to Maintain

FMG980 Series insertion electromagnetic flowmeters are designed for use with conductive liquids in 25 to 305 mm (1 to 12") pipe. A choice of materials (stainless steel, brass, and PVC) allows the meter to adapt to a range of temperature, pressure, and corrosive environments.

The FMG980 is highly suitable for difficult applications with changing viscosities and pulsating flows, such as air-driven diaphragm pumps. With no moving parts, these meters can be used in "dirty" applications where debris would foul a mechanical meter. Like all magmeters, when used in chemical injection applications, these meters should be installed upstream of the chemical line (or far enough downstream to allow complete mixing of fluids before the meter).

Designed for modularity and versatility, the FMG980 Series has a current-sinking pulse output that can be combined with a transmitter or indicator. For analog output and display of rate and total, an FMG980 display can be used. Blind analog output is provided by the FMG-1000-MAW.

FMG980 Series fixed depth insertion meters require special fittings for installation.



All models shown smaller than actual size.

SPECIFICATIONS

Pipe Sizes: 25 to 305 mm (1 to 12")

Materials Mechanical: 316 SS/
Brass/PVC

Electrodes: Hastelloy®

Housing: Cast powder-coated aluminum

Electrode Cap: PVDF

O-Ring: EPDM (FKM optional)

Power Full Power: 12 to 25 Vdc, 250 mA

Low Power: 12 to 25 Vdc, 40 mA average with 250 mA peaks

Flow Rate: 0.28 to 20 ft/sec

(0.08 to 6.09 m/sec)

Temperature Ambient: -17 to 72°C

(0 to 160°F)

Fluid Temperature:

Brass/SS: 0 to 53°C (32 to 200°F)

PVC: 0 to 55°C (32 to 130°F) @ 0 psi

Pressure:

Brass/SS: 13.8 bar (200 psi)

PVC: 10 bar (150 psi) @ 75°F

Minimum Conductivity:

20 microSiemens/cm

Calibration Accuracy:

±1% of full scale

Output: Square wave pulse, opto isolated, 550 Hz @ 20 ft/sec

Empty Pipe Detection: Defaults to zero flow

Regulatory: CE mark (stainless steel, brass and standard power only)

H-1

H

RATE AND TOTAL DISPLAY FOR THE FMG980 SERIES

FMG980 Display

- ✓ Simple Setup
- ✓ Loop Powered
- ✓ Remote or Flow Sensor Mounted Indicator
- ✓ Rugged Metallic Housing
- ✓ Non-Volatile Memory

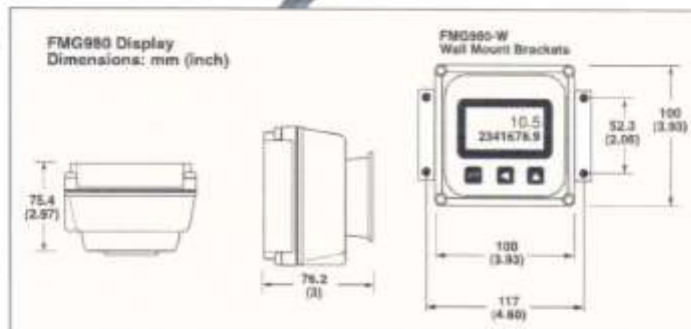


FMG980-W display. To order see accessory chart on last page, shown smaller than actual size.

The FMG980 Series flow displays are microcontroller-based indicator/transmitters that display flow rate and total and provide output signals. The FMG980 is powered by external DC voltage and has both pulse and 4 to 20 mA analog outputs. When the FMG980 is being used in the 4 to 20 mA mode, it is a "two-wire" or "loop-powered" device, meaning that the 4 to 20 mA output signal doubles as its power supply.

The addition of a dual-relay output board (-R2) allows for certain applications requiring contact output isolation (e.g., certain metering pumps and water treatment controls). Dual solid state relays provide exactly the same pulse output as the standard unit, and each can signal one external device.

The FMG900 can be mounted on the meter (-M) or remotely wall mounted with the brackets provided (FMG900-W). Housings for the "-W" and "-M" models are rugged cast aluminum, potted and gasketed for maximum environmental protection. A membrane keypad allows settings to be changed without removing the cover. (Password protection, a standard feature, can be used to prevent settings from being changed).



SPECIFICATIONS

Power: 12 to 30 Vdc (4 to 20 mA)

Display Rate: 6-digit autorange, 1/2" character height

Total: 8-digit, 1/4" character height

Outputs Current Sinking Pulse: Scaled pulse output (0.1 second duration 6.1 Hz maximum) (or high alarm output or low alarm output). Sensor pass-through pulse output (unscaled)

Analog: 4 to 20 mA

Pulse Output Range:

0.1 to 999999.9 units/pulse

Input: 5V pulse or contact closure

Input Range: 1.0 to 1500 pulses/second

K-Factor Range: 0.001 to 99999.999

Flow Alarm Output Range:

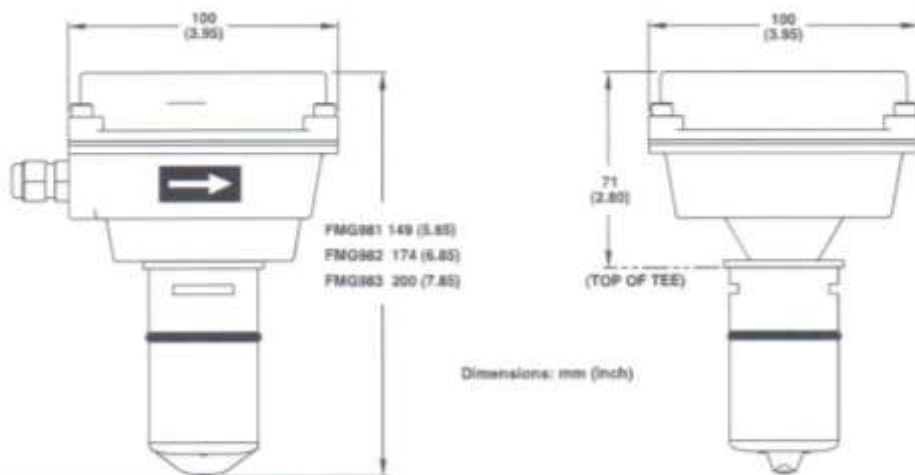
0.01 to 999999.99

Operating Temperature: -30 to 65°C (-22 to 148°F)

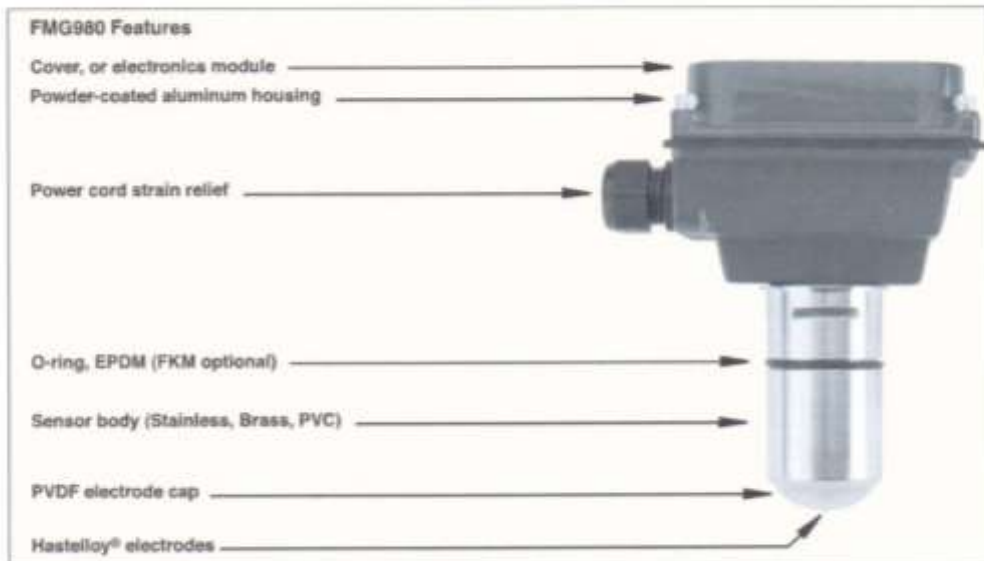
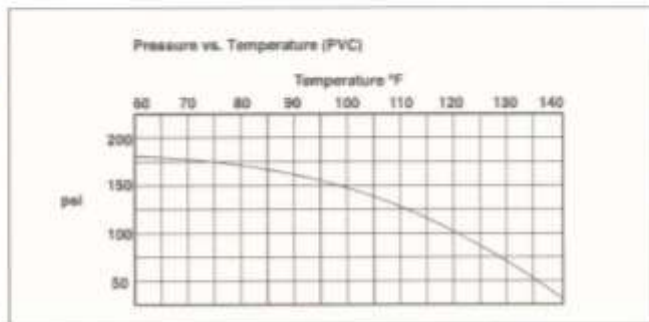
Environmental: NEMA 4X (IP66)

Regulatory: CE

H-2



Flow Range LPM (GPM)		
Pipe Size	Minimum Flow	Maximum Flow
1	2.6 (0.69)	185 (49)
1.5	5.7 (1.5)	416 (110)
2	10 (2.7)	742 (196)
3	23 (6.2)	1666 (440)
4	42 (11)	2954 (783)
6	95 (25)	6662 (1760)
8	163 (43)	11,848 (3130)
10	251 (68)	18,549 (4900)
12	375 (99)	26,687 (7050)



H-3

H

Installation Fittings (Required)

Size inch	Bronze Sweat	Bronze NPT	Bronze Saddle	Brass Weld/ Braze	PVC Tee	PVC Saddle
1	FP981-1BRS	FP981-1BRT	N/A	N/A	FP981-1PVC	N/A
1.5	FP981-15BRS	FP981-15BRT	N/A	N/A	FP981-15PVC	N/A
2	FP981-2BRS	FP981-2BRT	N/A	N/A	FP981-2PVC	N/A
3	FP981-3BRS	FP981-3BRT	FP981-3BR5F	FP981-3BRW	N/A	FP981-3PVCS
4	FP981-4BRS	FP981-4BRT	N/A	N/A	N/A	N/A
4	N/A	FP982-4BRT	FP982-4BR5F	FP982-4BRW	N/A	FP982-4PVCS
6	N/A	N/A	N/A	FP982-6BRW	N/A	FP982-6PVCS
8	N/A	N/A	N/A	FP982-8BRW	N/A	FP982-8PVCS
10	N/A	N/A	N/A	FP982-10BRW	N/A	N/A
12	N/A	N/A	N/A	FP983-12BRW	N/A	N/A

Size inch	Stainless Tee	Stainless Weld	Carbon Steel Tee	Carbon Steel Weld	Ductile Iron Saddle
1	FP981-1S	N/A	FP981-1C	N/A	N/A
1.5	FP981-15S	N/A	FP981-15C	N/A	N/A
2	FP981-2S	N/A	FP981-2C	N/A	N/A
3	N/A	FP981-3SW	N/A	FP981-3CW	FP981-3DS
4	N/A	FP982-4SW	N/A	FP982-4CW	FP982-4DS
6	N/A	FP982-6SW	N/A	FP982-6CW	FP982-6DS
8	N/A	FP982-8SW	N/A	FP982-8CW	FP982-8DS
10	N/A	FP982-10SW	N/A	FP982-10CW	FP982-10DS
12	N/A	FP983-12SW	N/A	FP983-12CW	FP983-12DS

Installation fittings sold separately

Model No.	Model No.*	Description
FMG981-B	FMG981M-B	Brass electromagnetic insertion sensor, for 1 to 3" fittings
FMG981-P	FMG981M-P	PVC electromagnetic insertion sensor, for 1 to 3" fittings
FMG981-S	FMG981M-S	316 SS electromagnetic insertion sensor, for 1 to 3" fittings
FMG982-B	FMG982M-B	Brass electromagnetic insertion sensor, for 4 to 10" fittings
FMG982-P	FMG982M-P	PVC electromagnetic insertion sensor, for 4 to 10" fittings
FMG982-S	FMG982M-S	316 SS electromagnetic insertion sensor, for 4 to 10" fittings
FMG983-B	FMG983M-B	Brass electromagnetic insertion sensor, for 12" fittings
FMG983-P	FMG983M-P	PVC electromagnetic insertion sensor, for 12" fittings
FMG983-S	FMG983M-S	316 SS electromagnetic insertion sensor, for 12" fittings

* Model numbers with sensor mounted display

Accessories

Model No.	Description
FMG980-W	Rate and total indicator for wall mounting
FMG980-BCAP	Brass fitting cap
FMG980-PCAP	PVC fitting cap
FMG980-SCAP	316 SS fitting cap

Comes complete with operator's manual.

Ordering Examples: FMG981-P, PVC magnet for 1 to 3" pipe, FP981-15PVC, 1½" PVC installation tee and FMG980W wall mounted rate and total display

FP982M-B, brass magnet for 4 to 10" pipe and FP982-4BRW, 4" brass tee.

Anexo 2. CARACTERISTICAS DE CAPACIDAD DEL PAWERDMAG

Modelo	Fuerza magnética	Cantidad por conjunto	Embalaje	Peso neto
Y2-M	12800gauss	1 par	Caja de acero	1.2kg
Apollo-M	7500gauss	1 par	Caja de acero	0.15kg
KP-1	10800gauss	1 par	Caja de color	0.5kg
LP-X	8000gauss	1 par	Caja de color	0.15kg
XP-1	2000gauss	1 par	Ampolla	0.06kg
JP-1	2800gauss	1 par	caja blanca	0.35kg
FP-6S	5000gauss	1 PC	Ampolla	0.25kg
FP-6	3500gauss	1 PC	Ampolla	0.12kg
NP-1	6500gauss	1 par	Ampolla	0.35kg
SP-2	5200gauss	2 pares	Ampolla	0.1kg
SP-4	5200gauss	4 pares	Ampolla	0.2kg
UP-2	6200gauss	2 pares	Ampolla	0.11kg
UP-4	6200gauss	4 pares	Ampolla	0.22kg

Anexo 3. DATOS DE ELEMENTOS MAGNETICO EN UNA RADIACION DE 712W/m2

Num:	FECHA/ DATE:	HORA/ HOUR:	T1(entra da) °C	T2(salid a) °C	ΔT °C	RADIACION(H OBO) W/m2	Sensor de flujo (kg/s)	Q (W)RADIACION	Q (w)	EFICIENCIA	EFICIENCIA%
AL 100% SIN ELEMENTOS MAGNETICOS											
320	11/12/2017	13:37:31	44.06	44.43	0.37	712	0.438	945.96	677.41	0.71610693	72
323	11/12/2017	13:40:31	45.13	45.5	0.37	712	0.432	945.96	668.13	0.70629724	70.6
326	11/12/2017	13:43:31	44.06	44.13	0.07	712	0.422	945.96	123.48	0.13053066	13.1
327	11/12/2017	13:44:31	52.19	52.25	0.06	712	0.422	945.96	105.84	0.11188342	11.2
332	11/12/2017	13:49:31	52	52.06	0.06	712	0.438	945.96	109.85	0.11612545	11.6
341	11/12/2017	13:58:31	44.06	44.13	0.07	712	0.443	945.96	129.62	0.13702626	13.7
342	11/12/2017	13:59:31	44.06	44.13	0.07	712	0.448	945.96	131.08	0.13857283	13.9
con 1 elemento											
21	11/12/2017	08:36:31	37.43	37.44	0.01	712	0.395	1295.84	16.51	0.01274154	1.3
23	11/12/2017	08:38:30	37.8	37.9	0.1	712	0.416	1295.84	173.89	0.13418941	13.4
26	11/12/2017	08:41:30	37.99	38.06	0.07	712	0.422	1295.84	123.48	0.09528738	9.5
29	11/12/2017	08:44:31	45.13	45.5	0.37	712	0.422	1295.84	652.67	0.50366187	50.4
32	11/12/2017	08:47:29	45.13	45.5	0.37	712	0.438	1295.84	677.41	0.52275806	52.3
41	11/12/2017	08:56:30	39.13	39.69	0.56	712	0.438	1295.84	1025.27	0.79120138	79.1
42	11/12/2017	08:57:30	39.94	40.23	0.29	712	0.427	1295.84	517.61	0.39943928	39.9
al 100% con 2											
48	11/12/2017	09:03:30	40.3	40.44	0.14	712	0.432	1295.84	252.81	0.19509075	19.5
50	11/12/2017	09:05:31	45.13	45.5	0.37	712	0.432	1295.84	668.13	0.51559699	51.6
56	11/12/2017	09:11:30	44.06	44.33	0.27	712	0.395	1295.84	445.80	0.34402164	34.4
61	11/12/2017	09:16:30	45.13	45.55	0.42	712	0.416	1295.84	730.33	0.56359551	56.4
62	11/12/2017	09:17:31	45.13	45.5	0.37	712	0.416	1295.84	643.39	0.4965008	49.7
con 3											
80	11/12/2017	09:35:30	43.88	43.94	0.06	712	0.395	1295.84	99.07	0.07644925	7.6
83	11/12/2017	09:38:30	43.31	43.69	0.38	712	0.422	1295.84	670.30	0.51727435	51.7
84	11/12/2017	09:40:30	43.69	44.06	0.37	712	0.416	1295.84	643.39	0.4965008	49.7
85	11/12/2017	09:41:30	45.13	45.5	0.37	712	0.4	1295.84	618.64	0.47740462	47.7
86	11/12/2017	09:42:30	45.13	45.5	0.37	712	0.438	1295.84	677.41	0.52275806	52.3
87	11/12/2017	09:43:31	45.13	45.5	0.37	712	0.443	1295.84	685.14	0.52872561	52.9
88	11/12/2017	09:44:30	45.13	45.5	0.37	712	0.4	1295.84	618.64	0.47740462	47.7
90	11/12/2017	09:46:30	45.13	45.5	0.37	712	0.438	1295.84	677.41	0.52275806	52.3
93	11/12/2017	09:49:30	45.13	45.5	0.37	712	0.432	1295.84	668.13	0.51559699	51.6
94	11/12/2017	09:50:30	45.13	45.5	0.37	712	0.406	1295.84	627.92	0.48456569	48.5
96	11/12/2017	09:52:30	45.13	45.5	0.37	712	0.416	1295.84	643.39	0.4965008	49.7
100	11/12/2017	09:56:31	45.13	45.5	0.37	712	0.422	1295.84	652.67	0.50366187	50.4
101	11/12/2017	09:57:30	45.13	45.5	0.37	712	0.422	1295.84	652.67	0.50366187	50.4
102	11/12/2017	09:58:30	45.13	45.5	0.37	712	0.411	1295.84	635.65	0.49053324	49.1
103	11/12/2017	09:59:30	44.06	44.13	0.07	712	0.4	1295.84	117.04	0.09031979	9.0
4 elemetos											
105	11/12/2017	10:01:30	45.13	45.5	0.37	712	0.411	1295.84	635.65	0.49053324	49.1
106	11/12/2017	10:02:30	45.13	45.5	0.37	712	0.411	1295.84	635.65	0.49053324	49.1
119	11/12/2017	10:15:30	45.13	45.5	0.37	712	0.422	1295.84	652.67	0.50366187	50.4
120	11/12/2017	10:16:30	45.13	45.5	0.37	712	0.406	1295.84	627.92	0.48456569	48.5
128	11/12/2017	10:24:30	45.13	45.5	0.37	712	0.416	1295.84	643.39	0.4965008	49.7
132	11/12/2017	10:29:30	45.13	45.5	0.37	712	0.422	1295.84	652.67	0.50366187	50.4
5 elementos											
135	11/12/2017	10:32:30	46.06	46.63	0.57	712	0.438	1295.84	1043.58	0.80532998	80.5
136	11/12/2017	10:33:30	46.38	46.56	0.18	712	0.416	1295.84	313.00	0.24154093	24.2
137	11/12/2017	10:34:30	45.13	45.5	0.37	712	0.406	1295.84	627.92	0.48456569	48.5
139	11/12/2017	10:36:30	45.13	45.5	0.37	712	0.443	1295.84	685.14	0.52872561	52.9
140	11/12/2017	10:37:30	45.13	45.5	0.37	712	0.416	1295.84	643.39	0.4965008	49.7
153	11/12/2017	10:50:30	45.13	45.5	0.37	712	0.406	1295.84	627.92	0.48456569	48.5
154	11/12/2017	10:51:30	45.13	45.5	0.37	712	0.432	1295.84	668.13	0.51559699	51.6
156	11/12/2017	10:53:30	45.13	45.5	0.37	712	0.39	1295.84	603.17	0.4654695	46.5
157	11/12/2017	10:54:30	45.13	45.5	0.37	712	0.416	1295.84	643.39	0.4965008	49.7
159	11/12/2017	10:56:30	45.13	45.5	0.37	712	0.416	1295.84	643.39	0.4965008	49.7
160	11/12/2017	10:57:30	48.25	48.63	0.38	712	0.443	1295.84	703.66	0.5430155	54.3

Anexo 4. DATOS DE ELEMENTOS MAGNETICOS EN UN 75% DE CONDICIONES DE VALVULA

VALVULA AL 75%											
75% SIN ELEMENTOS MAGNETICOS											
286	11/12/2017	13:03:31	51.69	52.06	0.37	712	0.422	945.96	652.67	0.68994777	69.0
287	11/12/2017	13:04:30	51.81	52.06	0.25	712	0.443	945.96	462.94	0.4893795	48.9
288	11/12/2017	13:05:30	51.81	52.25	0.44	712	0.406	945.96	746.72	0.78937024	78.9
289	11/12/2017	13:06:30	52.06	52.31	0.25	712	0.422	945.96	440.99	0.46618093	46.6
290	11/12/2017	13:07:30	51.94	52.19	0.25	712	0.438	945.96	457.71	0.48385603	48.4
292	11/12/2017	13:09:31	51.94	52.25	0.31	712	0.454	945.96	588.29	0.62189861	62.2
293	11/12/2017	13:10:30	52	52.38	0.38	712	0.416	945.96	660.77	0.6985202	69.9
CON 1 ELEMENTO AL 75 %											
49	08/12/2017	09:06:59	38.75	39.13	0.38	712	0.422	945.96	670.30	0.7086	70.9
51	08/12/2017	09:08:59	39	39.15	0.15	712	0.416	945.96	260.83	0.2757	27.6
53	08/12/2017	09:11:00	39.25	39.63	0.38	712	0.411	945.96	652.83	0.6901	69.0
62	08/12/2017	09:19:59	40.25	40.55	0.3	712	0.416	945.96	521.66	0.5515	55.1
64	08/12/2017	09:22:00	40.63	41.06	0.43	712	0.459	945.96	825.01	0.8721	87.2
68	08/12/2017	09:25:59	41.06	41.15	0.09	712	0.427	945.96	160.64	0.1698	17.0
70	08/12/2017	09:28:00	41.38	41.9	0.52	712	0.411	945.96	893.35	0.9444	94.4
CON 2 ELEMENTOS AL 75 %											
175	08/12/2017	11:14:59	41.06	41.19	0.13	712	0.411	945.96	223.34	0.2361	23.6
176	08/12/2017	11:15:59	41.06	41.19	0.13	712	0.432	945.96	234.75	0.2482	24.8
177	08/12/2017	11:17:00	41.19	41.38	0.19	712	0.47	945.96	373.27	0.3946	39.5
178	08/12/2017	11:18:00	41.25	41.44	0.19	712	0.427	945.96	339.12	0.3585	35.8
182	08/12/2017	11:22:00	41.25	41.31	0.06	712	0.459	945.96	115.12	0.1217	12.2
183	08/12/2017	11:22:59	41.25	41.31	0.06	712	0.411	945.96	103.08	0.1090	10.9
184	08/12/2017	11:23:59	41.19	41.44	0.25	712	0.47	945.96	491.15	0.5192	51.9
185	08/12/2017	11:25:00	41.19	41.56	0.37	712	0.411	945.96	635.65	0.6720	67.2
186	08/12/2017	11:25:59	41.19	41.38	0.19	712	0.406	945.96	322.45	0.3409	34.1
187	08/12/2017	11:27:00	41.31	41.38	0.07	712	0.427	945.96	124.94	0.1321	13.2
CON 3 ELEMENTOS 75%											
292	08/12/2017	13:11:59	44.88	45.13	0.25	712	0.411	945.96	429.50	0.4540	45.4
293	08/12/2017	13:13:00	44.94	45.06	0.12	712	0.454	945.96	227.73	0.2407	24.1
294	08/12/2017	13:14:00	45.06	45.19	0.13	712	0.432	945.96	234.75	0.2482	24.8
296	08/12/2017	13:16:00	44.94	45	0.06	712	0.427	945.96	107.09	0.1132	11.3
301	08/12/2017	13:20:59	45.19	45.38	0.19	712	0.427	945.96	339.12	0.3585	35.8
302	08/12/2017	13:22:00	45.19	45.44	0.25	712	0.454	945.96	474.43	0.5015	50.2
305	08/12/2017	13:25:00	45.19	45.25	0.06	712	0.416	945.96	104.33	0.1103	11.0
307	08/12/2017	13:26:59	45.25	45.44	0.19	712	0.443	945.96	351.83	0.3719	37.2
310	08/12/2017	13:30:00	45.44	45.5	0.06	712	0.427	945.96	107.09	0.1132	11.3
CON 4 ELEMENTOS 75%											
50	11/12/2017	09:05:31	40.19	40.63	0.44	712	0.411	945.96	755.91	0.7991	79.9
56	11/12/2017	09:11:30	41	41.38	0.38	712	0.422	945.96	670.30	0.7086	70.9
62	11/12/2017	09:17:31	41.63	42.13	0.5	712	0.4	945.96	836.00	0.8838	88.4
64	11/12/2017	09:19:30	41.88	42.19	0.31	712	0.4	945.96	518.32	0.5479	54.8
75	11/12/2017	09:30:30	43.19	43.63	0.44	712	0.395	945.96	726.48	0.7680	76.8
con 5 elementos 75 %											
168	11/12/2017	11:05:30	48.19	48.25	0.06	712	0.427	945.96	107.09	0.1132	11.3
170	11/12/2017	11:07:30	48.19	48.25	0.06	712	0.427	945.96	107.09	0.1132	11.3
173	11/12/2017	11:10:30	48	48.13	0.13	712	0.427	945.96	232.03	0.2453	24.5
185	11/12/2017	11:22:30	47.13	47.19	0.06	712	0.422	945.96	105.84	0.1119	11.2
186	11/12/2017	11:23:31	47.06	47.31	0.25	712	0.448	945.96	468.16	0.4949	49.5
188	11/12/2017	11:25:30	47.13	47.25	0.12	712	0.432	945.96	216.69	0.2291	22.9

Anexo 5. RESULTADOS AL 100% DE CONDICIONES A 500W/M2

Num:	FECHA/ DATE:	HORA/ HOUR:	T1(entra da) °C	T2(salid a) °C	ΔT °C	RADIACION(H OBO) W/m2	Sensor de flujo (kg/s)	Q (W)/RADIACIO N	Q (w)	EFICIENCIA	EFICIENCIA%
AL 100%											
320	11/12/2017	13:37:31	38,19	38,39	0,2	500	0,438	664,30	366,17	0,55120879	55
323	11/12/2017	13:40:31	38,2	38,39	0,19	500	0,432	664,30	343,09	0,51647509	51,6
326	11/12/2017	13:43:31	38,26	38,4	0,14	500	0,422	664,30	246,95	0,37175132	37,2
327	11/12/2017	13:44:31	38,2	38,39	0,19	500	0,422	664,30	335,15	0,50451964	50,5
332	11/12/2017	13:49:31	38,19	38,39	0,2	500	0,438	664,30	366,17	0,55120879	55,1
341	11/12/2017	13:58:31	38,25	38,5	0,25	500	0,443	664,30	462,94	0,69687641	69,7
342	11/12/2017	13:59:31	38,23	38,3	0,07	500	0,448	664,30	131,08	0,19732771	19,7
1 elemento						500		664,30			
21	11/12/2017	8:36:31	43,38	43,75	0,37	500	0,395	664,30	610,91	0,91962517	92,0
23	11/12/2017	8:38:30	38,19	38,34	0,15	500	0,416	664,30	260,83	0,39264188	39,3
26	11/12/2017	8:41:30	38,19	38,34	0,15	500	0,422	664,30	264,59	0,39830498	39,8
29	11/12/2017	8:44:31	38,19	38,34	0,15	500	0,422	664,30	264,59	0,39830498	39,8
32	11/12/2017	8:47:29	38,19	38,34	0,15	500	0,438	664,30	274,63	0,41340659	41,3
41	11/12/2017	8:56:30	38,19	38,34	0,15	500	0,438	664,30	274,63	0,41340659	41,3
5 elementos											
48	11/12/2017	9:03:30	39,94	40,23	0,29	500	0,432	664,30	523,67	0,78830408	78,8
50	11/12/2017	9:05:31	38,19	38,25	0,06	500	0,432	664,30	108,35	0,1630974	16,3
56	11/12/2017	9:11:30	38,19	38,34	0,15	500	0,395	664,30	247,67	0,37282101	37,3
61	11/12/2017	9:16:30	38,19	38,34	0,15	500	0,416	664,30	260,83	0,39264188	39,3
62	11/12/2017	9:17:31	41,8	42,13	0,33	500	0,416	664,30	573,83	0,86381213	86,4
3 elementos											
83	11/12/2017	9:38:30	43,44	43,53	0,09	500	0,422	664,30	158,76	0,23898299	23,9
85	11/12/2017	9:41:30	43,5	43,69	0,19	500	0,4	664,30	317,68	0,47821767	47,8
86	11/12/2017	9:42:30	43,54	43,59	0,05	500	0,438	664,30	91,54	0,1378022	13,8
87	11/12/2017	9:43:31	43,5	43,69	0,19	500	0,443	664,30	351,83	0,52962607	53,0
88	11/12/2017	9:44:30	43,5	43,81	0,31	500	0,4	664,30	518,32	0,78024989	78,0
90	11/12/2017	9:46:30	43,41	43,69	0,28	500	0,438	664,30	512,64	0,77169231	77,2
93	11/12/2017	9:49:30	43,63	43,88	0,25	500	0,432	664,30	451,44	0,67957248	68,0
100	11/12/2017	9:56:31	43,44	43,63	0,19	500	0,422	664,30	335,15	0,50451964	50,5
102	11/12/2017	9:58:30	43,5	43,69	0,19	500	0,411	664,30	326,42	0,49136866	49,1
103	11/12/2017	9:59:30	43,5	43,75	0,25	500	0,4	664,30	418,00	0,62923378	62,9
4 elemetos											
105	11/12/2017	10:01:30	43,69	44	0,31	500	0,411	664,30	532,57	0,80170676	80,2
106	11/12/2017	10:02:30	43,69	44	0,31	500	0,411	664,30	532,57	0,80170676	80,2
119	11/12/2017	10:15:30	43,69	43,7	0,01	500	0,422	664,30	17,64	0,02655367	2,7
120	11/12/2017	10:16:30	43,69	43,9	0,21	500	0,406	664,30	356,39	0,53648472	53,6
128	11/12/2017	10:24:30	43,69	43,8	0,11	500	0,416	664,30	191,28	0,28793738	28,8
132	11/12/2017	10:29:30	43,69	44	0,31	500	0,422	664,30	546,83	0,82316363	82,3
5 elementos											
135	11/12/2017	10:32:30	43,25	43,46	0,21	500	0,438	664,30	384,48	0,57876923	57,9
136	11/12/2017	10:33:30	43,5	43,69	0,19	500	0,416	664,30	330,39	0,49734638	49,7
137	11/12/2017	10:34:30	43,5	43,75	0,25	500	0,406	664,30	424,27	0,63867229	63,9
139	11/12/2017	10:36:30	48,06	48,24	0,18	500	0,443	664,30	333,31	0,50175102	50,2
140	11/12/2017	10:37:30	48,36	48,44	0,08	500	0,416	664,30	139,11	0,209409	20,9
153	11/12/2017	10:50:30	48,06	48,34	0,28	500	0,406	664,30	475,18	0,71531296	71,5
154	11/12/2017	10:51:30	48,06	48,24	0,18	500	0,432	664,30	325,04	0,48929219	48,9
156	11/12/2017	10:53:30	48,06	48,44	0,38	500	0,39	664,30	619,48	0,93252446	93,3
157	11/12/2017	10:54:30	48,06	48,34	0,28	500	0,416	664,30	486,89	0,73293151	73,3
159	11/12/2017	10:56:30	43,5	43,75	0,25	500	0,416	664,30	434,72	0,65440313	65,4
160	11/12/2017	10:57:30	43,5	43,69	0,19	500	0,443	664,30	351,83	0,52962607	53,0

Anexo 6. RESULTADOS DE CONDICIONES AL 75% CON RADIACIÓN DE 500W/M2

VALVULA AL 75%											
75% SIN ELEMENTOS MAGNETICOS											
284	11/12/2017	13:01:31	43,63	43,88	0,25	500	0,422	664,30	440,99	0,66384164	66,4
285	11/12/2017	13:02:31	51,63	52,13	0,5	500	0,443	664,30	925,87	1,39375282	
286	11/12/2017	13:03:31	51,69	52,06	0,37	500	0,422	664,30	652,67	0,98248562	98,2
287	11/12/2017	13:04:30	51,81	52,06	0,25	500	0,443	664,30	462,94	0,69687641	69,7
288	11/12/2017	13:05:30	51,81	52,25	0,44	500	0,406	664,30	746,72	1,12406322	112,4
289	11/12/2017	13:06:30	52,06	52,31	0,25	500	0,422	664,30	440,99	0,66384164	66,4
290	11/12/2017	13:07:30	51,94	52,19	0,25	500	0,438	664,30	457,71	0,68901099	68,9
291	11/12/2017	13:08:30	51,88	52,44	0,56	500	0,443	664,30	1036,97	1,56100316	
292	11/12/2017	13:09:31	51,94	52,25	0,31	500	0,454	664,30	588,29	0,88558362	88,6
293	11/12/2017	13:10:30	52	52,38	0,38	500	0,416	664,30	660,77	0,99469276	99,5
294	11/12/2017	13:11:30	52,06	52,38	0,32	500	0,438	664,30	585,87	0,88193407	88,2
295	11/12/2017	13:12:31	52,13	52,38	0,25	500	0,454	664,30	474,43	0,71418034	71,4
296	11/12/2017	13:13:31	52,19	52,5	0,31	500	0,422	664,30	546,83	0,82316363	82,3
297	11/12/2017	13:14:31	52,19	52,75	0,56	500	0,438	664,30	1025,27	1,54338462	
298	11/12/2017	13:15:30	52,31	52,69	0,38	500	0,459	664,30	729,08	1,09750956	
300	11/12/2017	13:17:30	52,38	52,69	0,31	500	0,448	664,30	580,52	0,87387987	87,4
301	11/12/2017	13:18:30	52,44	52,75	0,31	500	0,438	664,30	567,56	0,85437363	85,4
302	11/12/2017	13:19:31	52,06	52,38	0,32	500	0,422	664,30	564,47	0,8497173	85,0
303	11/12/2017	13:20:30	51,25	52,13	0,88	500	0,005	664,30	18,39	0,02768629	2,8
304	11/12/2017	13:21:30	51,38	51,75	0,37	500	0,416	664,30	643,39	0,96851663	96,9
305	11/12/2017	13:22:30	51,31	51,69	0,38	500	0,438	664,30	695,72	1,0472967	
306	11/12/2017	13:23:31	51,5	51,63	0,13	500	0,454	664,30	246,70	0,37137378	37,1
308	11/12/2017	13:25:31	51,38	51,44	0,06	500	0,438	664,30	109,85	0,16536264	16,5
309	11/12/2017	13:26:30	51,19	51,31	0,12	500	0,459	664,30	230,23	0,34658197	34,7
311	11/12/2017	13:28:30	51,25	51,31	0,06	500	0,438	664,30	109,85	0,16536264	16,5
1 ELEMENTO											
49	08/12/2017	9:06:59	38,75	39,13	0,38	500	0,422	664,30	670,30	1,0090	100,9
51	08/12/2017	9:08:59	39	39,15	0,15	500	0,416	664,30	260,83	0,3926	39,3
53	08/12/2017	9:11:00	39,25	39,63	0,38	500	0,411	664,30	652,83	0,9827	98,3
62	08/12/2017	9:19:59	40,25	40,55	0,3	500	0,416	664,30	521,66	0,7853	78,5
64	08/12/2017	9:22:00	40,63	41,06	0,43	500	0,459	664,30	825,01	1,2419	124,2
68	08/12/2017	9:25:59	41,06	41,15	0,09	500	0,427	664,30	160,64	0,2418	24,2
70	08/12/2017	9:28:00	41,38	41,9	0,52	500	0,411	664,30	893,35	1,3448	134,5
2 ELEMENTOS											
175	08/12/2017	11:14:59	41,06	41,19	0,13	500	0,411	664,30	223,34	0,3362	33,6
176	08/12/2017	11:15:59	41,06	41,19	0,13	500	0,432	664,30	234,75	0,3534	35,3
177	08/12/2017	11:17:00	41,19	41,38	0,19	500	0,47	664,30	373,27	0,5619	56,2
178	08/12/2017	11:18:00	41,25	41,44	0,19	500	0,427	664,30	339,12	0,5105	51,0
182	08/12/2017	11:22:00	41,25	41,31	0,06	500	0,459	664,30	115,12	0,1733	17,3
183	08/12/2017	11:22:59	41,25	41,31	0,06	500	0,411	664,30	103,08	0,1552	15,5
184	08/12/2017	11:23:59	41,19	41,44	0,25	500	0,47	664,30	491,15	0,7393	73,9
185	08/12/2017	11:25:00	41,19	41,56	0,37	500	0,411	664,30	635,65	0,9569	95,7
186	08/12/2017	11:25:59	41,19	41,38	0,19	500	0,406	664,30	322,45	0,4854	48,5
187	08/12/2017	11:27:00	41,31	41,38	0,07	500	0,427	664,30	124,94	0,1881	18,8
3 ELEMENTOS											
281	08/12/2017	13:00:59	43,69	44,56	0,87	500	0,416	664,30	1512,83	2,2773	227,7
284	08/12/2017	13:03:59	44,13	44,81	0,68	500	0,432	664,30	1227,92	1,8484	184,8
285	08/12/2017	13:05:00	44,5	45,19	0,69	500	0,443	664,30	1277,70	1,9234	192,3
292	08/12/2017	13:11:59	44,88	45,13	0,25	500	0,411	664,30	429,50	0,6465	64,7
293	08/12/2017	13:13:00	44,94	45,06	0,12	500	0,454	664,30	227,73	0,3428	34,3
294	08/12/2017	13:14:00	45,06	45,19	0,13	500	0,432	664,30	234,75	0,3534	35,3
296	08/12/2017	13:16:00	44,94	45	0,06	500	0,427	664,30	107,09	0,1612	16,1
301	08/12/2017	13:20:59	45,19	45,38	0,19	500	0,427	664,30	339,12	0,5105	51,0
302	08/12/2017	13:22:00	45,19	45,44	0,25	500	0,454	664,30	474,43	0,7142	71,4
305	08/12/2017	13:25:00	45,19	45,25	0,06	500	0,416	664,30	104,33	0,1571	15,7
307	08/12/2017	13:26:59	45,25	45,44	0,19	500	0,443	664,30	351,83	0,5296	53,0
310	08/12/2017	13:30:00	45,44	45,5	0,06	500	0,427	664,30	107,09	0,1612	16,1
4 ELEMENTOS											
48	11/12/2017	9:03:30	40	40,44	0,44	500	0,4	664,30	735,68	1,1075	110,7
49	11/12/2017	9:04:30	40,06	40,63	0,57	500	0,416	664,30	991,16	1,4920	149,2
50	11/12/2017	9:05:31	40,19	40,63	0,44	500	0,411	664,30	755,91	1,1379	113,8
56	11/12/2017	9:11:30	41	41,38	0,38	500	0,422	664,30	670,30	1,0090	100,9
61	11/12/2017	9:16:30	41,5	42,06	0,56	500	0,4	664,30	936,32	1,4095	140,9
62	11/12/2017	9:17:31	41,63	42,13	0,5	500	0,4	664,30	836,00	1,2585	125,8
64	11/12/2017	9:19:30	41,88	42,19	0,31	500	0,4	664,30	518,32	0,7802	78,0
70	11/12/2017	9:25:30	42,38	42,94	0,56	500	0,432	664,30	1011,23	1,5222	152,2
71	11/12/2017	9:26:31	42,69	43,25	0,56	500	0,4	664,30	936,32	1,4095	140,9
75	11/12/2017	9:30:30	43,19	43,63	0,44	500	0,395	664,30	726,48	1,0936	109,4
5 Elementos											
168	11/12/2017	11:05:30	48,19	48,25	0,06	500	0,427	664,30	107,09	0,1612	16,1
170	11/12/2017	11:07:30	48,19	48,25	0,06	500	0,427	664,30	107,09	0,1612	16,1
173	11/12/2017	11:10:30	48	48,13	0,13	500	0,427	664,30	232,03	0,3493	34,9
185	11/12/2017	11:22:30	47,13	47,19	0,06	500	0,422	664,30	105,84	0,1593	15,9
186	11/12/2017	11:23:31	47,06	47,31	0,25	500	0,448	664,30	468,16	0,7047	70,5
188	11/12/2017	11:25:30	47,13	47,25	0,12	500	0,432	664,30	216,69	0,3262	32,6

Anexo 7. RESULTADOS A 50% A RADIACIÓN 712W/M2

AL 50 %											
al 50% sin elementos magneticos											
255	11/12/2017	12:32:31	48,75	49,25	0,5	700	0,452	930,02	944,68	1,0157631	101,6
256	11/12/2017	12:33:30	48,69	49,31	0,62	700	0,39	930,02	1010,72	1,08677663	108,7
257	11/12/2017	12:34:30	48,94	49,63	0,69	700	0,379	930,02	1093,11	1,17536376	117,5
258	11/12/2017	12:35:30	49,06	49,88	0,82	700	0,406	930,02	1391,61	1,49631793	149,6
259	11/12/2017	12:36:30	49,19	49,56	0,37	700	0,39	930,02	603,17	0,64856025	64,9
260	11/12/2017	12:37:30	49,31	49,88	0,57	700	0,384	930,02	914,92	0,98376207	98,4
264	11/12/2017	12:41:30	49,94	50,44	0,5	700	0,39	930,02	815,10	0,87643276	87,6
265	11/12/2017	12:42:31	50,06	50,5	0,44	700	0,438	930,02	805,57	0,86618524	86,6
266	11/12/2017	12:43:30	49,88	50,56	0,68	700	0,395	930,02	1122,75	1,20722995	120,7
267	11/12/2017	12:44:31	49,75	50,31	0,56	700	0,384	930,02	898,87	0,96650309	96,7
268	11/12/2017	12:45:30	50,44	50,81	0,37	700	0,39	930,02	603,17	0,64856025	64,9
269	11/12/2017	12:46:30	50,44	50,88	0,44	700	0,395	930,02	726,48	0,78114879	78,1
270	11/12/2017	12:47:30	50,56	50,94	0,38	700	0,395	930,02	627,42	0,6746285	67,5
271	11/12/2017	12:48:30	50,44	50,81	0,37	700	0,432	930,02	668,13	0,7184052	71,8
272	11/12/2017	12:49:30	50,44	50,94	0,5	700	0,411	930,02	858,99	0,9236253	92,4
273	11/12/2017	12:50:30	50,88	51,38	0,5	700	0,384	930,02	802,56	0,86294918	86,3
274	11/12/2017	12:51:30	50,63	51,31	0,68	700	0,379	930,02	1077,27	1,1583295	115,8
275	11/12/2017	12:52:30	50,69	51,06	0,37	700	0,406	930,02	627,92	0,67516785	67,5
277	11/12/2017	12:54:31	50,88	51,56	0,68	700	0,406	930,02	1154,01	1,24084901	124,1
278	11/12/2017	12:55:31	51	51,38	0,38	700	0,416	930,02	660,77	0,71049483	71,0
279	11/12/2017	12:56:30	51,19	51,69	0,5	700	0,4	930,02	836,00	0,8989054	89,9
280	11/12/2017	12:57:30	51,13	51,56	0,43	700	0,4	930,02	718,96	0,77305864	77,3
281	11/12/2017	12:58:30	51,38	51,81	0,43	700	0,4	930,02	718,96	0,77305864	77,3
282	11/12/2017	12:59:30	51,44	51,69	0,25	700	0,406	930,02	424,27	0,45619449	45,6

con 1 elemento 50% de valvula											
28	08/12/2017	8:46:00	36,13	36,53	0,4	700	0,416	930,02	695,55	0,7479	74,8
30	08/12/2017	8:47:59	36,44	36,58	0,14	700	0,411	930,02	240,52	0,2586	25,9
31	08/12/2017	8:48:59	36,63	37	0,37	700	0,422	930,02	652,67	0,7018	70,2
37	08/12/2017	8:54:59	37,31	37,81	0,5	700	0,411	930,02	858,99	0,9236	92,4
39	08/12/2017	8:56:59	37,56	37,88	0,32	700	0,411	930,02	549,75	0,5911	59,1
con 2 elementos 50%											
142	08/12/2017	10:39:59	42,5	42,55	0,05	700	0,395	930,02	82,55	0,0888	8,9
157	08/12/2017	10:54:59	41,88	41,94	0,06	700	0,416	930,02	104,33	0,1122	11,2
con 3 elementos 50 %											
252	08/12/2017	12:32:00	43,69	43,75	0,06	700	0,411	930,02	103,08	0,1108	11,1
253	08/12/2017	12:32:59	43,63	43,69	0,06	700	0,422	930,02	105,84	0,1138	11,4
254	08/12/2017	12:33:59	43,69	43,81	0,12	700	0,427	930,02	214,18	0,2303	23,0
255	08/12/2017	12:35:00	43,69	43,75	0,06	700	0,448	930,02	112,36	0,1208	12,1
257	08/12/2017	12:37:00	43,69	43,69	0	700	0,427	930,02	0,00	0,0000	0,0
258	08/12/2017	12:38:00	43,63	43,75	0,12	700	0,448	930,02	224,72	0,2416	24,2
259	08/12/2017	12:39:00	43,56	43,69	0,13	700	0,475	930,02	258,11	0,2775	27,8
260	08/12/2017	12:40:00	43,63	43,81	0,18	700	0,422	930,02	317,51	0,3414	34,1
261	08/12/2017	12:41:00	43,5	43,69	0,19	700	0,384	930,02	304,97	0,3279	32,8
262	08/12/2017	12:41:59	43,5	43,69	0,19	700	0,416	930,02	330,39	0,3552	35,5
263	08/12/2017	12:42:59	43,25	43,25	0	700	0,438	930,02	0,00	0,0000	0,0
264	08/12/2017	12:44:00	43,44	43,56	0,12	700	0,416	930,02	208,67	0,2244	22,4
265	08/12/2017	12:45:00	43,44	43,5	0,06	700	0,454	930,02	113,86	0,1224	12,2
273	08/12/2017	12:52:59	43,56	43,69	0,13	700	0,443	930,02	240,73	0,2588	25,9
274	08/12/2017	12:54:00	43,56	43,69	0,13	700	0,438	930,02	238,01	0,2559	25,6
276	08/12/2017	12:55:59	43,38	43,56	0,18	700	0,432	930,02	325,04	0,3495	34,9
278	08/12/2017	12:58:01	43,63	43,94	0,31	700	0,432	930,02	559,79	0,6019	60,2
279	08/12/2017	12:59:00	43,63	44,06	0,43	700	0,443	930,02	796,25	0,8562	85,6
280	08/12/2017	13:00:00	43,69	44,31	0,62	700	0,459	930,02	1189,54	1,2791	127,9
con 4 elementos al 50 %											
16	11/12/2017	8:31:30	36,44	36,94	0,5	700	0,395	930,02	825,55	0,8877	88,8
17	11/12/2017	8:32:30	36,44	37	0,56	700	0,368	930,02	861,41	0,9262	92,6
20	11/12/2017	8:35:30	36,81	37,38	0,57	700	0,374	930,02	891,09	0,9581	95,8
21	11/12/2017	8:36:31	37	37,44	0,44	700	0,374	930,02	687,86	0,7396	74,0
22	11/12/2017	8:37:30	37	37,63	0,63	700	0,368	930,02	969,09	1,0420	104,2
25	11/12/2017	8:40:30	37,56	38	0,44	700	0,395	930,02	726,48	0,7811	78,1
26	11/12/2017	8:41:30	37,56	38,06	0,5	700	0,379	930,02	792,11	0,8517	85,2
29	11/12/2017	8:44:31	38	38,44	0,44	700	0,379	930,02	697,06	0,7495	75,0
31	11/12/2017	8:46:30	38,13	38,75	0,62	700	0,384	930,02	995,17	1,0701	107,0
41	11/12/2017	8:56:30	39,13	39,69	0,56	700	0,368	930,02	861,41	0,9262	92,6
con 5 elementos al 50%											
134	11/12/2017	10:31:30	46,13	46,69	0,56	700	0,23	930,02	538,38	0,5789	57,9
135	11/12/2017	10:32:30	46,06	46,63	0,57	700	0,24	930,02	571,82	0,6149	61,5
136	11/12/2017	10:33:30	46,38	46,56	0,18	700	0,235	930,02	176,81	0,1901	19,0
137	11/12/2017	10:34:30	46,44	46,88	0,44	700	0,246	930,02	452,44	0,4865	48,6
139	11/12/2017	10:36:30	46,5	46,88	0,38	700	0,352	930,02	559,12	0,6012	60,1
143	11/12/2017	10:40:30	46,69	47,31	0,62	700	0,374	930,02	969,26	1,0422	104,2
144	11/12/2017	10:41:30	46,88	47,38	0,5	700	0,368	930,02	769,12	0,8270	82,7
145	11/12/2017	10:42:30	46,88	47,81	0,93	700	0,358	930,02	1391,69	1,4964	149,6
149	11/12/2017	10:46:30	47,69	48,31	0,62	700	0,352	930,02	912,24	0,9809	98,1
154	11/12/2017	10:51:30	48,06	48,44	0,38	700	0,427	930,02	678,25	0,7293	72,9
156	11/12/2017	10:53:30	48,19	48,5	0,31	700	0,395	930,02	511,84	0,5504	55,0
157	11/12/2017	10:54:30	48,25	48,44	0,19	700	0,406	930,02	322,45	0,3467	34,7
159	11/12/2017	10:56:30	48,38	48,69	0,31	700	0,406	930,02	526,09	0,5657	56,6
160	11/12/2017	10:57:30	48,25	48,63	0,38	700	0,374	930,02	594,06	0,6388	63,9

Anexo 8. RESULTADOS A 50% RADIACION 500W/m2

AL 50 %											
al 50% sin elementos magneticos											
255	11/12/2017	12:32:31	48,75	49,25	0,5	500	0,452	664,30	944,68	1,42206834	142,2
256	11/12/2017	12:33:30	48,69	49,31	0,62	500	0,39	664,30	1010,72	1,52148728	152,1
257	11/12/2017	12:34:30	48,94	49,63	0,69	500	0,379	664,30	1093,11	1,64550926	164,6
258	11/12/2017	12:35:30	49,06	49,88	0,82	500	0,406	664,30	1391,61	2,0948451	209,5
259	11/12/2017	12:36:30	49,19	49,56	0,37	500	0,39	664,30	603,17	0,90798434	90,8
260	11/12/2017	12:37:30	49,31	49,88	0,57	500	0,384	664,30	914,92	1,3772669	137,7
264	11/12/2017	12:41:30	49,94	50,44	0,5	500	0,39	664,30	815,10	1,22700587	122,7
265	11/12/2017	12:42:31	50,06	50,5	0,44	500	0,438	664,30	805,57	1,21265934	121,3
266	11/12/2017	12:43:30	49,88	50,56	0,68	500	0,395	664,30	1122,75	1,69012193	169,0
267	11/12/2017	12:44:31	49,75	50,31	0,56	500	0,384	664,30	898,87	1,35310432	135,3
268	11/12/2017	12:45:30	50,44	50,81	0,37	500	0,39	664,30	603,17	0,90798434	90,8
269	11/12/2017	12:46:30	50,44	50,88	0,44	500	0,395	664,30	726,48	1,09360831	109,4
270	11/12/2017	12:47:30	50,56	50,94	0,38	500	0,395	664,30	627,42	0,9444799	94,4
271	11/12/2017	12:48:30	50,44	50,81	0,37	500	0,432	664,30	668,13	1,00576727	100,6
272	11/12/2017	12:49:30	50,44	50,94	0,5	500	0,411	664,30	858,99	1,29307542	129,3
273	11/12/2017	12:50:30	50,88	51,38	0,5	500	0,384	664,30	802,56	1,20812886	120,8
274	11/12/2017	12:51:30	50,63	51,31	0,68	500	0,379	664,30	1077,27	1,6216613	162,2
275	11/12/2017	12:52:30	50,69	51,06	0,37	500	0,406	664,30	627,92	0,94523498	94,5
277	11/12/2017	12:54:31	50,88	51,56	0,68	500	0,406	664,30	1154,01	1,7318862	173,7
278	11/12/2017	12:55:31	51	51,38	0,38	500	0,416	664,30	660,77	0,99469276	99,5
279	11/12/2017	12:56:30	51,19	51,69	0,5	500	0,4	664,30	836,00	1,25846756	125,8
280	11/12/2017	12:57:30	51,13	51,56	0,43	500	0,4	664,30	718,96	1,0822821	108,2
281	11/12/2017	12:58:30	51,38	51,81	0,43	500	0,4	664,30	718,96	1,0822821	108,2
282	11/12/2017	12:59:30	51,44	51,69	0,25	500	0,406	664,30	424,27	0,63867229	63,9
con 1 elemento 50% de valvula											
28	08/12/2017	8:46:00	36,13	36,53	0,4	500	0,416	664,30	695,55	1,0470	104,7
30	08/12/2017	8:47:59	36,44	36,58	0,14	500	0,411	664,30	240,52	0,3621	36,2
31	08/12/2017	8:48:59	36,63	37	0,37	500	0,422	664,30	652,67	0,9825	98,2
37	08/12/2017	8:54:59	37,31	37,81	0,5	500	0,411	664,30	858,99	1,2931	129,3
39	08/12/2017	8:56:59	37,56	37,88	0,32	500	0,411	664,30	549,75	0,8276	82,8
con 2 elementos 50%											
142	08/12/2017	10:39:59	42,5	42,55	0,05	500	0,395	664,30	82,55	0,1243	12,4
157	08/12/2017	10:54:59	41,88	41,94	0,06	500	0,416	664,30	104,33	0,1571	15,7
con 3 elementos 50 %											
252	08/12/2017	12:32:00	43,69	43,75	0,06	500	0,411	664,30	103,08	0,1552	15,5
253	08/12/2017	12:32:59	43,63	43,69	0,06	500	0,422	664,30	105,84	0,1593	15,9
254	08/12/2017	12:33:59	43,69	43,81	0,12	500	0,427	664,30	214,18	0,3224	32,2
255	08/12/2017	12:35:00	43,69	43,75	0,06	500	0,448	664,30	112,36	0,1691	16,9
257	08/12/2017	12:37:00	43,69	43,69	0	500	0,427	664,30	0,00	0,0000	0,0
258	08/12/2017	12:38:00	43,63	43,75	0,12	500	0,448	664,30	224,72	0,3383	33,8
259	08/12/2017	12:39:00	43,56	43,69	0,13	500	0,475	664,30	258,11	0,3886	38,9
260	08/12/2017	12:40:00	43,63	43,81	0,18	500	0,422	664,30	317,51	0,4780	47,8
261	08/12/2017	12:41:00	43,5	43,69	0,19	500	0,384	664,30	304,97	0,4591	45,9
262	08/12/2017	12:41:59	43,5	43,69	0,19	500	0,416	664,30	330,39	0,4973	49,7
263	08/12/2017	12:42:59	43,25	43,25	0	500	0,438	664,30	0,00	0,0000	0,0
264	08/12/2017	12:44:00	43,44	43,56	0,12	500	0,416	664,30	208,67	0,3141	31,4
265	08/12/2017	12:45:00	43,44	43,5	0,06	500	0,454	664,30	113,86	0,1714	17,1
273	08/12/2017	12:52:59	43,56	43,69	0,13	500	0,443	664,30	240,73	0,3624	36,2
274	08/12/2017	12:54:00	43,56	43,69	0,13	500	0,438	664,30	238,01	0,3583	35,8
276	08/12/2017	12:55:59	43,38	43,56	0,18	500	0,432	664,30	325,04	0,4893	48,9
278	08/12/2017	12:58:01	43,63	43,94	0,31	500	0,432	664,30	559,79	0,8427	84,3
279	08/12/2017	12:59:00	43,63	44,06	0,43	500	0,443	664,30	796,25	1,1986	119,9
280	08/12/2017	13:00:00	43,69	44,31	0,62	500	0,459	664,30	1189,54	1,7907	179,1
con 4 elementos al 50 %											
16	11/12/2017	8:31:30	36,44	36,94	0,5	500	0,395	664,30	825,55	1,2427	124,3
17	11/12/2017	8:32:30	36,44	37	0,56	500	0,368	664,30	861,41	1,2967	129,7
20	11/12/2017	8:35:30	36,81	37,38	0,57	500	0,374	664,30	891,09	1,3414	134,1
21	11/12/2017	8:36:31	37	37,44	0,44	500	0,374	664,30	687,86	1,0355	103,5
22	11/12/2017	8:37:30	37	37,63	0,63	500	0,368	664,30	969,09	1,4588	145,9
25	11/12/2017	8:40:30	37,56	38	0,44	500	0,395	664,30	726,48	1,0936	109,4
26	11/12/2017	8:41:30	37,56	38,06	0,5	500	0,379	664,30	792,11	1,1924	119,2
29	11/12/2017	8:44:31	38	38,44	0,44	500	0,379	664,30	697,06	1,0493	104,9
31	11/12/2017	8:46:30	38,13	38,75	0,62	500	0,384	664,30	995,17	1,4981	149,8
41	11/12/2017	8:56:30	39,13	39,69	0,56	500	0,368	664,30	861,41	1,2967	129,7
con 5 elementos al 50%											
134	11/12/2017	10:31:30	46,13	46,69	0,56	500	0,23	664,30	538,38	0,8105	81,0
135	11/12/2017	10:32:30	46,06	46,63	0,57	500	0,24	664,30	571,82	0,8608	86,1
136	11/12/2017	10:33:30	46,38	46,56	0,18	500	0,235	664,30	176,81	0,2662	26,6
137	11/12/2017	10:34:30	46,44	46,88	0,44	500	0,246	664,30	452,44	0,6811	68,1
139	11/12/2017	10:36:30	46,5	46,88	0,38	500	0,352	664,30	559,12	0,8417	84,2
143	11/12/2017	10:40:30	46,69	47,31	0,62	500	0,374	664,30	969,26	1,4591	145,9
144	11/12/2017	10:41:30	46,88	47,38	0,5	500	0,368	664,30	769,12	1,1578	115,8
145	11/12/2017	10:42:30	46,88	47,81	0,93	500	0,358	664,30	1391,69	2,0950	209,5
149	11/12/2017	10:46:30	47,69	48,31	0,62	500	0,352	664,30	912,24	1,3732	137,3
154	11/12/2017	10:51:30	48,06	48,44	0,38	500	0,427	664,30	678,25	1,0210	102,1
156	11/12/2017	10:53:30	48,19	48,5	0,31	500	0,395	664,30	511,84	0,7705	77,0
157	11/12/2017	10:54:30	48,25	48,44	0,19	500	0,406	664,30	322,45	0,4854	48,5
159	11/12/2017	10:56:30	48,38	48,69	0,31	500	0,406	664,30	526,09	0,7920	79,2
160	11/12/2017	10:57:30	48,25	48,63	0,38	500	0,374	664,30	594,06	0,8943	89,4

