



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE ENERGÍA PARA
EL CALENTAMIENTO DE AGUA POR MEDIO DE INDUCCIÓN.”**

Autores:

Maldonado Chávez Carlos Rodolfo

Nogales Gallo Néstor Andrés

Tutor:

Ing. MgC. Moreano Martínez Edwin Homero

Latacunga- Ecuador

Agosto 2017



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN


En calidad de tribunal de lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.; por cuanto, los postulantes: Maldonado Chávez Carlos Rodolfo y Nogales Gallo Néstor Andrés, con el título del proyecto de investigación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE ENERGÍA PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA POR MEDIO DE INDUCCIÓN”**.

Han considerado las consideraciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al acto de sustentación del proyecto.

Por lo antes expuesto se autoriza realizar los empastados correspondientes según la normativa institucional.

Latacunga, 11 de Julio del 2017

Para constancia firman:



MgC. Luigi Freire
LECTOR I



MgC. Paulina Freire
LECTOR II



MgC. Fabián Cargua
LECTOR III



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE ENERGÍA PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA POR MEDIO DE INDUCCIÓN”, de **NOGALES GALLO NESTOR ANDRES** y **MALDONADO CHAVEZ CARLOS RODOLFO** de la carrera **INGENIERIA ELECTROMECAÁNCA**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS** de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, julio de 2017

Ing. MgC. Moreano Martínez Edwin Homero



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros, **MALDONADO CHAVEZ CARLOS RODOLFO** y **NOGALES GALLO NESTOR ANDRES** declaramos ser los Autores del presente Proyecto de investigación: cuyo título versa “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE ENERGÍA PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA POR MEDIO DE INDUCCIÓN**”, siendo el **Ing. MgC. MOREANO MARTINEZ EDWIN HOMERO** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.


Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....
Maldonado Chávez Carlos Rodolfo
Número de C.I. 1803969748

.....
Nogales Gallo Néstor Andrés
Número de C.I. 0502885296

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Yo **GALLO CRUZ SARA REVECA**, propietaria de un inmueble, localizado en Latacunga, ciudadela Las Bethlemitas, pasaje Ciervos del santuario casa número 10, certifico que los señores, **MALDONADO CHÁVEZ CARLOS RODOLFO** y **NOGALES GALLO NÉSTOR ANDRÉS**, realizaron e implementaron el proyecto “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE ENERGÍA PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA POR MEDIO DE INDUCCIÓN**” en mi domicilio.



Gallo Cruz Sara Reveca

Número de C.I. 0501433346

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a mi Familia en general, a las personas que formaron parte de mi vida por momentos y me impulsaron a llegar a este punto y por último a las personas que no se niegan a seguir soñando y luchan día a día por un mundo más igualitario y equitativo.

A mis hermanas que siendo niñas les toco aprender a ser madres para ayudarnos a salir adelante al resto de hermanos.

Carlos

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo se lo dedico a mis padres, quienes no dejaron de creer en mí y en mis capacidades, ya que me apoyaron desde el principio hasta el fin del desarrollo de este proyecto.

Andrés

AGRADECIMIENTO

A mi querida Universidad, la cual me brindó la oportunidad necesaria para llegar a un nuevo nivel de conocimientos, a cada uno de los docentes y en especial a las personas que creyeron en mis capacidades y me apoyaron para conseguir el presente título.

Carlos

AGRADECIMIENTO

Primero a Dios, ya que gracias a él he podido culminar mi carrera, porque sin su bendición todo hubiera sido un total fracaso.

A mi inolvidable Universidad que guarda mis alegrías y tristezas; igualmente a mis maestros, quienes con sus enseñanzas sembraron en mí el espíritu de superación.

A mi novia, quien, con su paciencia, compañía y cariño, formó parte de la realización de este sueño.

A mis padres; los seres más queridos de mi vida dedico éste trabajo, fruto de mis conocimientos recopilados después de una nueva etapa de enseñanzas, y al amor y esfuerzo generosos hacen que de esta manera se cristalicen los sueños profesionales que todos deseamos con ímpetu se realicen.

Andrés

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	I
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN.....	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	III
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	IV
DEDICATORIA.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
AGRADECIMIENTO.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XIV
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	IV
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
Título del proyecto:.....	1
Tipo de Proyecto.....	1
Lugar de ejecución:.....	1
Equipo de trabajo:.....	1
Áreas de conocimiento:.....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
Formulación del problema.....	4
6. OBJETIVOS.....	4

General.....	4
Específicos.....	4
7. ACTIVIDADES EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	4
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
Magnetismo	6
Corrientes turbillonarias o de Foucault	8
Ley de Joule.....	8
Efecto Joule:	9
Efecto piel.....	10
Permeabilidad magnética.....	11
Frecuencia del campo magnético:	12
El tipo de imanes y sus características geométricas	12
Campo Magnético Generado:.....	13
La intensidad del campo magnético del imán	13
Energía transferida cálculo simplificado:	13
Energía calorífica.....	14
Potencia de consumo	15
Diseño del prototipo	15
Eje o Flecha	15
Velocidades críticas de ejes.....	16
Fuerzas sobre el eje.....	16
Cojinetes	16
Bandas	16
Sistema de transmisión.....	17
Motor Eléctrico.....	17
Eficiencia Energética.....	18
Eficiencia del prototipo para hervir un litro de agua.	18

Dispositivos electrónicos de control.....	18
Pantalla Nextion	18
Módulo de 4 relés para Arduino	19
9. HIPOTESIS	22
10. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES:	22
Variable Independiente:.....	22
Variable Dependiente:	22
11. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	23
Determinación del Eje o Flecha.....	28
Rodamientos	29
Bandas	29
Selección del motor	30
Frecuencia del campo magnético.	31
Recipiente contenedor:	33
Intensidad de campo magnético	34
Energía transferida.....	35
Energía calorífica.....	36
Potencia necesaria.....	36
Diseño y construcción de la estructura metálica	37
Diseño del sistema de control.....	38
Programación del circuito eléctrico y electrónico	40
Configuración de la pantalla Nextion	40
Prueba de funcionamiento del prototipo.....	45
Determinación de parámetros eléctricos.....	45
Pruebas de funcionamiento continuo.....	45
Prueba de eficiencia del prototipo de calentador de agua.	45
Cálculo para conocer la potencia consumida por cada dispositivo	46

Cálculo de la eficiencia del para hervir un litro de agua.	47
Comprobación de Hipótesis.....	48
12. IMPACTOS DE LA INVESTIGACIÓN	49
Impactos técnicos	49
Impactos ambientales	49
Impactos económicos	49
13. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	50
Recursos Necesarios	50
Humanos	50
Materiales	50
Técnicos.....	51
Costos Directos.....	51
Costos Indirectos	51
Cálculo total de los gastos	51
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	52
Conclusiones.....	52
Recomendaciones	52
15. BIBLIOGRAFÍA	53
16. ANEXOS	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Calentamiento a llama abierta.....	6
Figura 2: Imán con sus dos polos.	7
Figura 3: Demostración de las corrientes turbillonarias.....	8
Figura 4: Curva de profundidad de penetración.	11
Figura 5: Relés con opto acopladores.....	19
Figura 6: Circuito esquemático.....	20
Figura 7: Conexión del módulo	21
Figura 8: Imanes de neodimio.	24

Figura 9: Distribución de los imanes.....	24
Figura 10: Distribución de imanes alternados polo norte y sur.....	25
Figura 11: Comportamiento de las líneas de campo magnético en los materiales paramagnéticos y diamagnéticos.....	25
Figura 12: Rueda con los orificios terminada.....	25
Figura 13: Bocín de Bronce.....	26
Figura 14: Rueda con los imanes pegados.....	27
Figura 15: Recalentamiento del motor observado en la experimentación.....	28
Figura 16: Eje dimensionado acoplado a los rodamientos y polea conducida.....	29
Figura 17: Rodamiento acoplado a su brida.....	29
Figura 18: Banda Interna del prototipo.....	30
Figura 19: Como funciona la inducción.....	32
Figura 20: Recipiente contenedor de aluminio.....	34
Figura 21: Electroválvula.....	34
Figura 22: Datos técnicos de los imanes.....	35
Figura 23: Estructura metálica.....	37
Figura 24: Perspectiva de la estructura con placa superior.....	38
Figura 25: Recipiente térmico.....	38
Figura 26: Cargando programa en la pantalla Nextion.....	39
Figura 27: Simulación del circuito en Proteus.....	40
Figura 28: Placa para conexión de circuitos.....	40
Figura 29: Medición térmica del motor a plena carga.....	42
Figura 30: Imagen térmica del motor luego de 5 minuto de uso.....	43
Figura 31: Sistema de transferencia de agua.....	44
Figura 32: Sensor de nivel interno.....	44
Figura 33: Temperatura más alta en 3 minutos.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Actividades en base a los objetivos.....	4
Tabla 2: Materiales y su comportamiento magnético.....	7
Tabla 3: Profundidad de penetración.....	11
Tabla 4: Permeabilidad relativa de cada material.....	12
Tabla 5: Variable independiente.....	22

Tabla 6: Variable dependiente	22
Tabla 7: Descripción de interfaz gráfica.....	41
Tabla 8: Tabla comparativa de consumos	48
Tabla 9: Recursos materiales.....	50
Tabla 10: Recursos Técnicos.....	51
Tabla 11: Costos directos	51
Tabla 12: Costos Indirectos	51
Tabla 13: Cálculo de gastos.....	51

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Energía calorífica.....	9
Ecuación 2: Profundidad de penetración según Eddy	10
Ecuación 3: Intensidad de campo magnético	13
Ecuación 4: Campo magnético	13
Ecuación 5: Energía transferida.....	14
Ecuación 6: Energía calorífica	14
Ecuación 7: Energía calorífica de interacción	15
Ecuación 8: Potencia de consumo	15
Ecuación 9: Fuerza sobre el eje	16
Ecuación 10: Longitud de banda	16
Ecuación 11: Relación de transmisión	17
Ecuación 12: Fuerza del motor.....	17
Ecuación 13: Transformación a caballos de fuerza	17
Ecuación 14: Transformación a Watts.....	18
Ecuación 15: Eficiencia energética.....	18
Ecuación 16: Eficiencia energética en porcentajes.....	18

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA
“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE ENERGÍA PARA EL
CALENTAMIENTO DE AGUA POR MEDIO DE INDUCCIÓN”

AUTORES:

Maldonado Chávez Carlos Rodolfo

Nogales Gallo Néstor Andrés

RESUMEN

En este proyecto de investigación se diseñó un calentador de agua para uso doméstico que sea diferente a los convencionales en el mercado, teniendo como centro de la investigación el uso de imanes de neodimio que serán los generadores de campo magnético, y a través de este campo, aprovechar las corrientes de Foucault o corrientes parásitas, que generan el calor necesario para la transferencia de calor entre el recipiente contenedor y el agua, se determinó al aluminio como el material con mejores características técnicas para la transferencia de calor. Este material será usado en la rueda de aluminio de una pulgada de espesor, la que consta de imanes de neodimio de grado N45 que tienen un nivel de atracción muy alto y a la vez generan un alto campo magnético entre sus polos, alternando su polaridad uno a continuación de otro, al configurarlos de manera circular en la rueda y multiplicando la velocidad de giro, se consiguió calentar la superficie del contenedor de aluminio, que en un minuto bordea los cien grados centígrados. Con un sistema de control adaptado al prototipo, se controla la transferencia de calor hacia el agua, debido que al mantener al agua en flujo constante se produce una transferencia de calor instantánea que reduce la temperatura final de uso y la eficiencia del prototipo. En el análisis comparativo de los resultados se logró una eficiencia del 65.33 % convirtiéndolo en un equipo muy eficiente en términos de costos. Al final cuenta con un recipiente térmico, el cual mantiene al agua a un nivel de temperatura deseada para el uso, dando como resultado un prototipo de calentador de agua alterno a los comunes.

Palabras clave:

Magnetismo, prototipo, campo magnético, transferencia de calor, temperatura.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
“DESIGN OF AN ENERGY TRANSFER SYSTEM FROM WATER HEATING BY
INDUCTION”

AUTORES:

Maldonado Chávez Carlos Rodolfo

Nogales Gallo Néstor Andrés

ABSTRACT

In this research water heating for domestic use was made which is different of the conventional ones in the market, having as the research center the use of neodymium magnets which will be the magnetic field generators, and through of this field, use the Foucault currents or parasitic currents, that generate the heat needed for the transfer between the container and the water, aluminum was determined as the material with the best technical characteristics for heat transfer. This material will be used in the aluminum wheels with one inch thickness, which consists of neodymium magnets of grade N 49 that have a very high level of attraction and at the same time it generate a high magnetic field between their poles, alternating its polarity one after another, when configuring them in a circular way in the wheel and multiplying the rotation speed, it was possible to heat the surface of the aluminum container, that in a minute this take 100°C. With a control system adapted to the prototype, the transfer of heat is controlled to the water, because maintaining the water in constant flow produces an instantaneous heat transfer that reduces the final temperature of use and the efficiency of the prototype. At the end it has a thermal container, which maintains the water at a temperature level desired for use, resulting in an alternating water heater prototype with the common.

Keywords:

Magnetism, prototype, magnetic field, heat transfer, temperature.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores egresados de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **MALDONADO CHÁVEZ CARLOS RODOLFO** y **NOGALES GALLO NÉSTOR ANDRÉS** cuyo título versa “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE ENERGÍA PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA POR MEDIO DE INDUCCIÓN**” lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 13 de julio del 2017

Atentamente,

Lic. Lidia Rebeca Yugla Lema
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C.0502652340



1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE ENERGÍA PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA POR MEDIO DE INDUCCIÓN.”

Tipo de Proyecto.

En el presente proyecto se desarrolla una investigación aplicada, buscando la generación de conocimientos para aplicarlos directamente a la sociedad en este caso se desarrollará un sistema de calentamiento de agua que use un medio no convencional como son los imanes de neodimio y la generación de campo magnético.

Propósito

El propósito del presente proyecto es el de demostrar que existen otras fuentes de energía renovables, que son amigables con el medio ambiente y que generan un ahorro significativo para la población.

Fecha de inicio: 04-abril-2016

Fecha de finalización: 10-Julio-2017

Lugar de ejecución:

Zona 3, Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia Ignacio Flores, Barrio Las Betlemitas.

Carrera que auspicia:

Carrera de Ingeniería Electromecánica

Equipo de trabajo:

Tutor del proyecto:

Ing. MgC. Moreano Martínez Edwin Homero

Coordinadores del proyecto de Investigación:

Maldonado Chávez Carlos Rodolfo

Nogales Gallo Néstor Andrés

Áreas de conocimiento:

Carrera de Electromecánica: Ingeniería, industria y construcción

Sub áreas de Conocimiento:

Carrera de Electromecánica: Ingeniería y profesiones afines

Línea de investigación:

Carrera de Electromecánica: Procesos Industriales, energías alternativas

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Eficiencia energética

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Actualmente el cambio de la matriz productiva en el país provoca que el calentamiento de agua mediante combustibles fósiles desaparezca, dando lugar a que las familias ecuatorianas adopten como mejor opción el calentamiento de agua mediante la utilización de la energía eléctrica. La Universidad Técnica de Cotopaxi al contar con estudiantes capacitados en contribuir en la mejora y eficiencia en cuanto se refiere a sistemas de producción, permite al investigador contar con el conocimiento y herramientas necesarias para desarrollar el análisis y la propuesta dada. La solución al problema de este trabajo de investigación está en la búsqueda de reducir el costo en las planillas eléctricas de todas las familias ecuatorianas, a través del diseño de un equipo que pueda solucionar este problema.

Teniendo en consideración lo anterior, este proyecto contribuirá para que los hogares ecuatorianos, al momento de calentar el agua tengan un ahorro energético y por ende la disminución de costos respecto a este servicio. Con el uso del magnetismo generado al momento de circular los imanes en la rueda acoplada al motor lograremos elevar la temperatura de un recipiente contenedor y por medio de transferencia de calor esta se transfiere al líquido que circula internamente el mismo que redistribuirá el calor por el cilindro permitiendo que el agua aumente su temperatura y así logrando el objetivo planteado en nuestra investigación, disminuyendo costos, disminuyendo tiempos y creando un dispositivo amigable con el medio ambiente debido a que no emite gases que afecten a la capa de ozono.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Actualmente la demanda de consumo eléctrico es muy alta, siendo uno de los principales gastos diarios por parte de las personas, el calentamiento de agua provoca que en los hogares se recurran a métodos más económicos, al momento de calentar el agua para su uso diario.

La solución al problema de este trabajo de investigación está en la búsqueda de diseñar una máquina calentadora de agua, a través del diseño de un equipo que pueda solucionar los problemas existentes en esta, desarrollando una propuesta de mejoramiento en el proceso de calefacción de agua, que ayuda a evitar el gasto generado por una ducha eléctrica actualmente.

Teniendo en consideración lo anterior, este proyecto contribuirá para mejorar el rendimiento de una máquina calentadora de agua.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Los beneficiarios del proyecto son:

2 postulantes

5 miembros de la familia Nogales Gallo

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

A medida que una sociedad es más desarrollada consume más energía eléctrica. Pero la energía que se obtiene del carbón, del petróleo y del gas, que son las de mayor consumo entre la población, no se renuevan y se van agotando año tras año.

Actualmente el proceso de calentamiento de agua para uso doméstico se lo realiza usando dispositivos como calefones o duchas eléctricas, los mismos que en su uso consumen demasiada energía eléctrica y en el caso específico de los calefones a gas, estos producen un elevado nivel de contaminación al combustionarse el Gas licuado de petróleo (GLP) al ambiente.

Las duchas eléctricas son un dispositivo que poseen resistencias internas las que ayudan a regular la temperatura del agua entre “caliente y tibia”. Estas duchas operan a un voltaje de 110 VAC a 130 VAC con rangos de consumo entre los 4200 Watts a 5000 Watts, lo que ocasiona un elevado gasto debido a que son utilizadas a diario por un tiempo prolongado.

La Constitución de la República del Ecuador 2008, en su Art. 413 capítulo segundo biodiversidad y recursos naturales, establece que: “El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.”

Las energías convencionales fósiles (carbón, petróleo, gas natural), cuyo consumo es cada vez más elevado, está provocando el agotamiento de los recursos y graves problemas ambientales.

La creciente y excesiva dependencia energética exterior de Ecuador y la necesidad de preservar el medioambiente y asegurar un desarrollo sostenible, obligan al fomento de fórmulas eficaces, para un uso eficiente de la energía y la utilización de fuentes limpias. Las energías renovables, más que fuentes energéticas autóctonas e inagotables, permiten reducir la dependencia energética exterior contribuyendo a asegurar el suministro futuro.

Formulación del problema.

¿Con la aplicación de un sistema de transferencia de energía para el calentamiento de agua por medio de inducción se disminuirá el consumo de energía eléctrica y el Gas licuado de petróleo (GLP) de los hogares del país?

6. OBJETIVOS

General

- Diseñar un sistema de transferencia de energía para el calentamiento de agua por medio de inducción que disminuya el consumo de energía eléctrica y el Gas licuado de petróleo (GLP) de los hogares del país.

Específicos

- Recopilar información acerca del calentamiento por inducción, a través de investigación bibliográfica, para una adecuada delimitación de la investigación.
- Definir los criterios de diseño del prototipo de calentador de agua, por medio del método experimental, logrando un prototipo eficiente.
- Comparar en porcentajes el consumo de energía eléctrica y el gas licuado de petróleo del prototipo con respecto a los calentadores de agua convencionales (gas, eléctrico), utilizando herramientas estadísticas, mejorando el rendimiento del prototipo.
- Adecuar un sistema de control, mediante la utilización de herramientas tecnológicas, consiguiendo una mayor eficiencia tanto térmica como económica.

7. ACTIVIDADES EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1: Actividades en base a los objetivos

Objetivos planteados	Actividades	Resultado de la actividad	Descripción de la metodología
Recopilar información acerca del calentamiento por inducción, a través de investigación bibliográfica, para una adecuada delimitación de la investigación.	1. Recolectar datos de otros sistemas, como los convencionales, u otros sistemas alternativos para compararlos con el sistema que se quiere plantear.	Definir parámetros que permitan guiar de mejor manera la investigación	Investigar información sobre las características técnicas de los distintos sistemas de calentamiento.

Definir los criterios de diseño del prototipo de calentador de agua, por medio del método experimental, logrando un prototipo eficiente.	1. Recolectar datos de otros sistemas, aparte de los convencionales, como solares u otros sistemas alternativos para compararlos con el sistema que se quiere plantear.	Obtener datos que nos permitan parametrizar de mejor manera la investigación	Se investigará información sobre las características técnicas.
	2. Recopilación de datos acerca de motores para determinar, la potencia necesaria para el sistema a diseñar.	Conseguir datos de manuales y catálogos que nos permita una más fácil decisión	Se recolectará información sobre las características técnicas.
	3. Investigar la mejor distribución de los imanes para aprovechar en lo máximo su campo magnético.	Parametrizar según investigaciones anteriores la mejor configuración magnética	Análisis de electromagnetismo y la mejor manera de aprovecharlo
Comparar en porcentajes el consumo de energía eléctrica y el gas licuado de petróleo del prototipo con respecto a los calentadores de agua convencionales (gas, eléctrico), utilizando herramientas estadísticas, mejorando el rendimiento del prototipo.	1. Realizar mediciones en el prototipo.	Adquirir datos del prototipo para poder compararlos posteriormente	Mediante uso de equipos de medición adecuados.
	2. Cálculo de la eficiencia energética del prototipo.	Determinación de valores en los que trabaja el prototipo.	Mediante cálculos matemáticos sobre transferencia de calor y eficiencia energética.
	3. Comparación de la eficiencia energética del prototipo con respecto a los existentes en el mercado	Comprobación de la eficiencia energética del prototipo	Mediante la investigación experimental y documental.
Adecuar un sistema de control, mediante la utilización de herramientas tecnológicas, consiguiendo una mayor eficiencia tanto térmica como económica.	1. Analizar el instrumento adecuado para el sistema de control.	Elección de la plataforma de control más adecuada	Mediante una investigación de mercado.
	2. Calibración del dispositivo, diseño y construcción del circuito eléctrico.	Alcanzar el adecuado algoritmo del sistema de control.	Programación del dispositivo de control.
	3. Realizar una interfaz gráfica que permita que el prototipo sea más amigable con el usuario.	Obtener una tecnificación del sistema de control.	Uso de software libre.

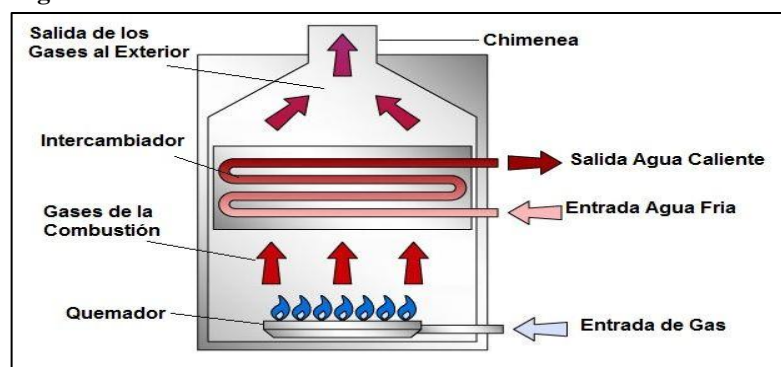
Elaborado por: Investigadores

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.

Según (Sotomayor, 2014) Todos los sistemas de calentamiento inductivo son desarrollados usando el principio de inducción electromagnética, definida como la fuerza de imanación o desimanación que determina la capacidad de un material magnético o de una corriente eléctrica al inducir un campo magnético en un punto determinado.

En los métodos de calefacción más comunes, calefones, hornos, una antorcha o llama abierta se aplica directamente a la parte metálica, como se verá en la Figura 1, Pero con el calentamiento por inducción, el calor está realmente "inducido" por la circulación de las corrientes eléctricas o magnéticas.

Figura 1: Calentamiento a llama abierta.



Fuente: (Area tecnología)

Desde que el calor es transmitido al elemento a calentar vía ondas electromagnéticas, el elemento nunca entra en contacto directo con cualquier llama, la bobina misma no se calienta, y no hay contaminación.

La disipación de calor por efecto Joule se realiza en el interior mismo de la sustancia donde han sido creadas las corrientes inducidas con lo que el calentamiento por inducción se convierte en un método de calentamiento de materiales conductores en el que no hay transferencia de calor desde una fuente externa de modo que no hay pérdidas de energía "electromagnética" que se convierte en energía "calorífica" directamente al material a calentar. Cuando realmente el proceso se ha puesto en marcha, éste se vuelve un proceso repetitivo y controlable.

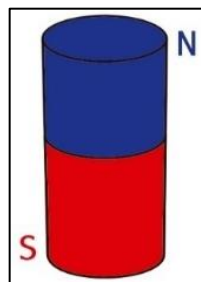
Magnetismo

Según (Hector Barco Rios; Edilberto Rojas Calderón; Elisabeth Restrepo Parra, 2012) Las primeras observaciones de fenómenos magnéticos son muy antiguas. Se cree que fueron realizadas por los griegos en una ciudad, denominada Magnesia, donde existían ciertas

piedras que eran capaces de atraer trozos de metal. En la actualidad se sabe que dichas “piedras” están constituidas por óxido de hierro (magnetita); y se denominan imanes naturales.

Todo imán tiene dos polos; el polo norte magnético (N) y el polo sur magnético (S). (Figura 2) Entre estos polos se cumple la misma relación que entre las cargas eléctricas: polos del mismo nombre se repelen y polos de distinto nombre se atraen. Además, cada vez que un imán se divide, de los trozos resultan nuevos imanes, cada uno con un polo norte y un polo sur. Por lo tanto, un imán no puede tener un único polo.

Figura 2: Imán con sus dos polos.



Fuente: (Sotomayor, 2014)

En general cuando un cuerpo magnético se acerca a otro material tiende a producirse un reordenamiento de los momentos magnéticos de los átomos del material. Sin embargo, la respuesta depende del tipo de material. La tabla 2 muestra una clasificación de materiales en relación a cómo se comportan en presencia de cuerpo magnético.

Tabla 2: Materiales y su comportamiento magnético

Tipo de material	Características	Comportamiento	Ejemplos
Ferromagnéticos	Son atraídos por un imán	Reordenamiento y alineación de los momentos magnéticos de los átomos	Hierro y sus aleaciones con Cobalto, Níquel
Paramagnéticos	Son atraídos débilmente por un imán	La alineación de los momentos magnéticos es mínima	Platino, Aluminio, Calcio Sodio, Tungsteno
Diamagnéticos	No son atraídos por un imán natural, y pueden ser repelidos por él	Alineación de los momentos es nula a la dirección del momento del material magnético	Mercurio, Plata, Oro, Cobre, Plomo y Silicio

Elaborado por: (Hector Barco Rios; Edilberto Rojas Calderón; Elisabeth Restrepo Parra, 2012)

Como resultados de los estudios realizados por Coulomb y Joule, se hizo posible establecer el principio básico de todos los fenómenos magnéticos:

Según (Serway, 2010) “Cuando dos o más cargas se encuentran en movimiento, entre ellas surge una fuerza que se denomina fuerza magnética.”.

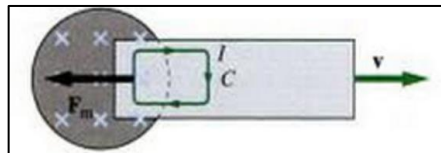
Se sabe que cuando dos cargas eléctricas se encuentran en reposo, entre ellas existe una fuerza denominada electrostática, (ley de Coulomb).

El calentamiento por inducción es una aplicación directa de la combinación entre la ley de Joule y de la Ley de Foucault o “Eddy current” que en español significa: corrientes remolino, o más conocidas como corrientes parasitas.

Corrientes turbillonarias o de Foucault

(Paul Allen Tipler, 2003, pág. 845) Foucault menciona: “Si el campo magnético a través de un metal varía, se induce una fem en cualquier trayectoria cerrada en el interior del metal como la curva C de la figura 3. Las fem inducidas producen corrientes llamadas turbillonarias”.

Figura 3: Demostración de las corrientes turbillonarias.



Fuente: (Paul Allen Tipler, 2003)

(Paul Allen Tipler, 2003, pág. 845) También menciona que cuando un bloque metálico se empuja hacia el campo, existe una fuerza magnética opuesta, en dirección a la que se empujó el bloque, sobre la corriente inducida que se opone al movimiento.

En algunos casos estas corrientes resultan negativas y se desean evitar. Por ejemplo, provocan pérdidas por efecto Joule en transformadores o motores. Sin embargo, en otros casos dan lugar a aplicaciones prácticas de interés, como por ejemplo los detectores de metales o los frenos magnéticos usados en varios vehículos, en sistemas de estabilización o en cocinas de inducción.

Ley de Joule

Según (Francisco Antonio Aguirre; Hernan Diógenes Alarcon, 2015) Todos los aparatos eléctricos y electrónicos generan calor al entrar en funcionamiento debido a la circulación de corriente a través de ellos. La energía cinética de los electrones, al circular, se transforman en calor y eleva la temperatura del conductor dando origen al efecto Joule.

(Francisco Antonio Aguirre; Hernan Diógenes Alarcon, 2015) indica que, la ley de Joule sostiene que: el calor es producido por una corriente eléctrica que al circular por un conductor

es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad de la corriente, a la resistencia y al tiempo que dura en circular dicha corriente, matemáticamente sería lo presentado en la Ecuación 1

$$Q = 0.24I^2Rt$$

Ecuación 1

Dónde:

Q = cantidad de calor (cal)

0.24cal= 1Joule de trabajo

I = Intensidad de corriente (A)

R = resistencia del aparato (Ω)

t = Tiempo que dura funcionando (s)

Efecto Joule:

Según (Francisco Antonio Aguirre; Hernan Diógenes Alarcon, 2015) la propiedad física del metal da una mayor o menor resistencia al flujo de electrones, en el caso del aluminio la resistencia genera el calor, y actúa como una impedancia. El descubrimiento que hizo James Prescott Joule en 1841 fue el punto de partida, al multiplicar el tiempo, la resistencia y la corriente al cuadrado, obtenía la cantidad de calor. Dedujo que, a más resistencia, más calor.

La disipación de calor por efecto Joule se realiza en el interior mismo del material donde han sido creadas las corrientes inducidas por lo que el calentamiento por inducción se convierte en un calentamiento de materiales conductores en el que no hay transferencia de calor de una fuente externa de modo que no hay pérdidas de energía por este proceso de transmisión. Es decir, desde el inductor se transfiere energía electromagnética que se convierte en energía calorífica directamente en el material a calentar.

En el calentamiento del material no hay piezas de la fuente de energía en contacto con la pieza a tratar térmicamente, ni gases en combustión, ni cualquier otro elemento que limite la posición o forma del material a calentar, que puede estar en un entorno aislado de la fuente, sumergido en un líquido, cubierto por sustancias aislantes, en atmósferas gaseosas o incluso en el vacío.

En las dos leyes anteriormente mencionadas, se observa que el campo magnético es variable en el tiempo y que el conductor que genera el campo magnético permanece en el mismo lugar, y que si se acerca un metal este tiende a elevar su temperatura, dando lugar el efecto de la inducción. En el caso del proyecto de investigación ocurre exactamente lo mismo; el campo magnético se encuentra en movimiento en la rueda de aluminio representando así el

movimiento en el tiempo del caso anterior, como movimiento circular, y el metal que se utiliza en nuestro prototipo es el aluminio.

(Sotomayor, 2014, pág. 9) Menciona que para las aplicaciones de calentamiento por inducción, existen dos características importantes que definen la eficacia térmica y energética del proceso:

- 1) El efecto piel que caracteriza la distribución de las corrientes inducidas en la pieza. La intensidad del campo magnético alterno que penetra en el material decrece rápidamente al aumentar su penetración y por lo tanto también las corrientes inducidas.
- 2) La potencia disipada en la pieza que caracteriza el rendimiento del fenómeno eléctrico.

Efecto piel

(Sotomayor, 2014, pág. 9) Afirma que la profundidad de penetración determina el anteriormente citado efecto piel, cuyo enunciado se puede resumir de la siguiente manera:

“Cuanto más grande sea la frecuencia de las corrientes en un conductor más se concentrarán estas en su superficie”

Esto es consecuencia del efecto de difusión del campo magnético y se puede decir que es la noción fundamental que rige el calentamiento por inducción.

Se puede determinar también que la profundidad de penetración depende de la frecuencia, la dependencia de esta es una posibilidad para poder controlar la profundidad de penetración.

La profundidad de penetración disminuye cuando la frecuencia aumenta o cuando la permeabilidad magnética del material es mayor, mientras que aumenta cuando lo hace la resistividad del cuerpo conductor a calentar, como se aprecia en la ecuación 2.

$$\delta_{\text{mm}} = \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot f \cdot \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \sigma}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

δ : Penetrabilidad en mm

f : Frecuencia en Hz

μ_r : Permeabilidad magnética relativa

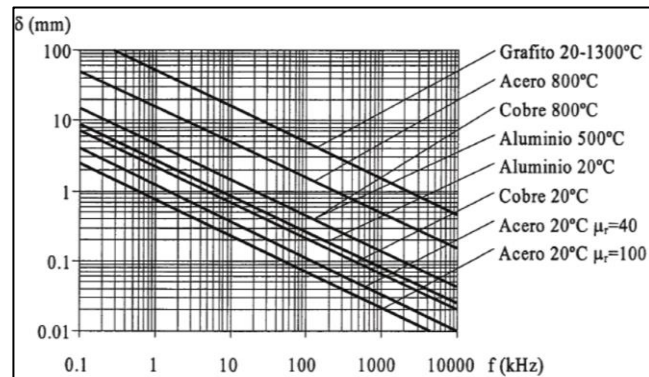
μ_0 : Permeabilidad magnética al vacío = $4 \pi * 10^{-7}$ (T * m / A = Wb / A * m = H / m).

σ : Conductividad eléctrica (Siemens/m)

La permeabilidad magnética del aire y del vacío es aproximadamente igual, y dependerá del tipo material para tener como referencia la permeabilidad relativa. En la figura 4 se pueden

ver la evolución de la profundidad de penetración en función de la frecuencia de algunos materiales.

Figura 4: Curva de profundidad de penetración.



Fuente: (Sotomayor, 2014)

Por lo tanto, la elección de la frecuencia de funcionamiento es uno de los parámetros más importantes que se han de tener en cuenta en el diseño de una aplicación de calentamiento por magnetismo. En la tabla 3 se especifica magnitudes aproximadas de la profundidad de penetración de algunos materiales expuestos a distintas frecuencias de trabajo.

Tabla 3: Profundidad de penetración.

	acero	Acero	cobre	cobre	grafito
	20°C	900°C	20°C	900°C	20°C
ρ [$\mu\Omega\cdot m$]	0,16	0,16	0,017	0,086	10
μ_r [-]	40	100	1	1	1
Frecuencia	δ mm	δ mm	δ mm	δ mm	δ mm
50 Hz	4,50	2,85	9,31	20,87	225,08
100 Hz	3,18	2,01	6,58	14,76	159,15
1 KHz	1,01	0,64	2,08	4,67	50,33
10 KHz	0,32	0,2	0,66	1,48	15,92
100 KHz	0,1	0,06	0,21	0,47	5,03
1 MHz	0,03	0,02	0,07	0,15	1,59

Elaborado por: (Sotomayor, 2014)

Permeabilidad magnética.

Según (Mayorga, 2014) La permeabilidad magnética nos indica con qué facilidad atraviesa el campo magnético la materia, o sea si esta es buena conductora o no del campo magnético.

La permeabilidad es una característica magnética de la materia (por ejemplo del aire, cartón, aluminio, hierro). La permeabilidad es baja en el vacío y es elevada en materiales como el hierro, la tabla 4 indica la permeabilidad de los materiales más comunes

Tabla 4: Permeabilidad relativa de cada material

Materiales	Permeabilidad P_r
Paramagnéticos	
Aluminio	1.000021
Magnesio	1.000012
Paladio	1.00082
Titanio	1.00018
Diamagnéticos	
Bismuto	0.99983
Oro	0.99996
Plata	0.99998
Cobre	0.99999
Ferromagnéticos	
Níquel	250
Cobalto	600
Hierro (puro)	4000
Mu metal	100000

Elaborado por: (Cengel, 2007)

Frecuencia del campo magnético:

Según las leyes de Faraday, Ampere, y el efecto Joule, el calentamiento por inducción consiste básicamente en alternar la dirección de los campos magnéticos en un material ferromagnético, produciendo así corrientes parasitas que calientan al material. Se puede determinar que la frecuencia en la que los campos magnéticos varían su sentido es de mucha importancia al momento de querer calentar un material, determinando que la velocidad de la frecuencia debe ser relativamente alta, para tener un resultado favorable.

Otro aspecto a tener en consideración es la distancia entre el generador de campo magnético con y el material a calentar, es decir que mientras más pequeña sea esta distancia mayor será la corriente inducida sobre dicho material, y por esta razón la cantidad de calor es mayor.

El tipo de imanes y sus características geométricas

La intensidad de campo magnético nos permite elegir el imán a usarse en el prototipo y su fuerza de atracción, debido a que en la diagramación del prototipo, si no se contara con la

fuerza necesaria, tendríamos un mayor consumo energético, así mismo si se tuviera un elevado índice de fuerza afectaría directamente al motor ocasionando su desgaste más rápido.

Campo Magnético Generado:

El campo magnético de la rueda de imanes, actúa como un generador de corrientes parasitas, las mismas que se acumulan en la superficie de aluminio a calentar.

La intensidad del campo magnético del imán

(Supermagnete, 2015) En su página web nos explica que: Los campos magnéticos generados por las corrientes se calculan por la ley de Ampere o la ley de Biot-Savart, y se caracterizan por el campo magnético B medido en Teslas. Pero cuando los campos generados pasan a través de materiales magnéticos, que por sí mismo contribuyen con sus campos magnéticos internos, surgen ambigüedades sobre que parte del campo proviene de las corrientes externas, y que parte la proporciona el material en sí. Como práctica común se ha definido otra cantidad de campo magnético, llamada usualmente "intensidad de campo magnético", designada por la letra H. en las Ecuaciones 3 y 4. Se define la relación:

$$H = \frac{B_0}{\mu_0} = \frac{B}{\mu_0} - M \quad \text{Ecuación 3}$$

$$B = \mu_0(H + M) \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

H = Intensidad de Campo Magnético (A/m)

M = Magnetización del material (A/m)

B = Campo Magnético (T)

B_0 = campo magnético relativo del material (T)

μ_0 = Permeabilidad magnética del vacío ($4\pi * 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$)

Para distinguir aún más B de H, a veces se le llama a B densidad de flujo magnético o inducción magnética. A la cantidad M en estas fórmulas, se le llama magnetización del material.

Es importante mencionar que existe una estrecha diferencia entre Campo Magnético (B) e Intensidad de campo magnético (H), puesto que esta diferencia es importante al entender cómo se producen las corrientes parasitas en el prototipo.

Energía transferida cálculo simplificado:

La carga de una instalación de inducción es calentada debido al efecto Joule como resultado de las corrientes de Eddy Foucault inducidas.

La Formula simple de $P = R * I^2$ no puede usarse por que la distribución de las corrientes sobre el conductor no es uniforme por lo cual según (Sotomayor, 2014) se menciona la Ecuación 5:

$$P = \pi * d * h * H^2 * \sqrt{\pi * \rho * \mu_0 * \mu_r * f * C * F} \quad \text{Ecuación 5}$$

Dónde:

d = Diámetro del cilindro (m)

h = Altura del cilindro (m)

H = Intensidad de campo magnético (A/m)

ρ = Resistividad ($\Omega * m$)

μ_0 = Permeabilidad magnética del vacío ($4\pi * 10^{-7} H/m$)

μ_r = Permeabilidad relativa

f = Frecuencia (Hz)

C = *Factor de acoplamiento*

F = *Factor de transmisión de potencia.*

Los dos últimos términos de la fórmula son factores de corrección.

Como se puede observar en la ecuación 5 la frecuencia es inversamente proporcional a la intensidad de campo magnético, esta proporcionalidad da una enorme ventaja al prototipo, puesto que si se aumenta la intensidad de campo magnético, la frecuencia que normalmente se usa, puede disminuirse al momento de diseñar el calentador.

Energía calorífica

En general conociendo la masa de la sustancia, m , la variación de la temperatura que experimenta ΔT , y su capacidad calorífica específica se puede calcular la energía calorífica intercambiada o transferida de calor, Q según la Ecuación 6 (Cengel, 2007):

$$Q = m * c * \Delta t \quad \text{Ecuación 6}$$

Dónde:

m = masa de la sustancia (Kg)

c = capacidad calorífica específica (Kcal)

Δt = temperatura final menos temperatura inicial ($^{\circ}C$)

Para el presente trabajo se usa la siguiente Ecuación 7, siendo el cálculo la cantidad de calor que necesita el recipiente para calentar, y las masas de los elementos que interviene (Cengel, 2007).

$$Q = (c1 * m1 + c2 * m2) * \Delta T \quad \text{Ecuación 7}$$

Dónde:

$c1$ = calor específico del recipiente (Kcal)

$m1$ = masa en Kg del recipiente

$c2$ = calor específico del agua (°C)

$m2$ = masa en Kg del agua

ΔT = tiempo en el que se demora en llegar a la temperatura necesaria (s)

Potencia de consumo

Para poder determinar la potencia de consumo primero debemos transformar las Calorías en Joules considerando que 1 caloría equivale a 4,184 Joules

Una vez obtenido el valor de la transferencia de calor en Joules se procede a calcular la potencia que consume la máquina, la Ecuación 8 tomado de (Cengel, 2007) es:

$$p = \frac{Q}{t} \quad \text{Ecuación 8}$$

Dónde:

Q = transferencia de calor en Joules

t = tiempo estimado de uso. (s)

El resultado de la ecuación en unidades es Wattios por segundo (W.s). Para determinar el consumo transformamos a KWh.

Diseño del prototipo

Según (Budynas, 2013) El diseño mecánico es una tarea compleja que requiere muchas habilidades. Es necesario subdividir grandes relaciones en una serie de tareas simples. La complejidad del tema requiere una secuencia en la que las ideas se presentan y se revisan.

Eje o Flecha

Según (Budynas, 2013) Una flecha es un elemento rotatorio, por lo general de sección transversal circular, que se emplea para transmitir potencia o movimiento. Los ejes deben mantenerse cortos para minimizar los momentos flexionantes y las deflexiones. Es deseable cierto espacio axial entre los componentes para permitir el flujo de lubricante y proporcionar espacio de acceso para el desensamble de componentes con un jalador. Los componentes de

carga deben colocarse cerca de los cojinetes, para minimizar el momento flexionante en las ubicaciones que probablemente tendrán concentraciones de esfuerzo, y para minimizar la deflexión en los componentes sometidos a carga.

Velocidades críticas de ejes

Cuando un eje gira, la excentricidad ocasiona una deflexión debida a la fuerza centrífuga que se resiste por la rigidez a flexión del eje. Siempre y cuando las deflexiones sean pequeñas, no se ocasiona ningún daño. Sin embargo, otro problema potencial se llama velocidades críticas: a ciertas velocidades el eje es inestable, y las deflexiones se incrementan sin un límite superior.

Fuerzas sobre el eje

En las poleas se ejercerá una fuerza tangencial debido al sistema de transmisión y esa fuerza se puede determinar con la Ecuación 9.

$$F_t = \frac{T}{D/2} \quad \text{Ecuación 9}$$

Dónde:

F_t = Fuerza tangencial

T = torque

D = Diámetro de la polea

Cojinetes

Según (Budynas, 2013) Los términos cojinete de contacto rodante, cojinete antifricción y cojinete de rodamiento se emplean para describir la clase de cojinete en la cual se transfiere la carga principal mediante elementos que experimentan contacto rodante en vez de contacto deslizante.

Bandas

Según (Shigley, 2013) Los elementos de máquinas elásticos o flexibles como bandas, cables, cadenas y otros similares se emplean en los sistemas de transporte y para transmitir potencia a distancias comparativamente largas. Con frecuencia estos elementos se usan como reemplazos de engranes, ejes, cojinetes y otros dispositivos de transmisión de potencia relativamente rígidos. La Ecuación 10 permite determinar la longitud de la banda considerando los diámetros de las poleas.

$$L_p = 2C + 1,57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4 * C} \quad \text{Ecuación 10}$$

Dónde:

C = Distancia entre centros.

D = Diámetro de la polea mayor.

d = Diámetro de la polea menor.

Sistema de transmisión.

En virtud de conseguir una mayor velocidad y transmitirla a través de poleas tomamos como referencia la Ecuación 11 donde se hace relación entre diámetros y número de revoluciones para aumentar la velocidad de giro.

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{N_2}{N_1} \quad \text{Ecuación 11}$$

Dónde:

D_1 = Diámetro de la polea conductora (en pulgadas)

D_2 = Diámetro de la polea conducida (en pulgadas)

N_1 = Número de revoluciones de la polea conductora (RPM)

N_2 = Número de revoluciones de la polea conducida (RPM)

Motor Eléctrico

El motor eléctrico es una máquina que transforma energía eléctrica recibida de la red en energía mecánica rotacional en el eje; de esta forma se puede accionar cualquier tipo de carga mecánica, siempre y cuando esté disponible de una red eléctrica, el motor de inducción es el más común y prácticamente todas las aplicaciones industriales pueden realizarse con este motor.

En la Ecuación 12 se demuestra como calcular la fuerza necesaria según la potencia que tendrá que operar el motor.

$$F = \frac{Hp * 63000}{r * n} \quad \text{Ecuación 12}$$

Dónde:

Hp = Caballos de fuerza

r = radio de la polea conductora

n = número de revoluciones del motor

F = Fuerza en el eje

Se procede a calcular el torque del motor para poder determinar el consumo del mismo a plena carga. (Ecuación 13).

$$Hp = \frac{T * n}{63000} \quad \text{Ecuación 13}$$

Dónde:

Hp = caballos fuerza del motor en este caso 2Hp

n = número de revoluciones del motor (RPM)

T = torque del motor (Nm)

Para calcular el consumo del motor tomamos como dato los caballos fuerza del motor en este caso 2 y consideramos la relación en la Ecuación 14:

$$1\text{Hp} = 736 \text{ Watt} \quad \text{Ecuación 14}$$

Eficiencia Energética

Para el cálculo de la energía consumida se utiliza la ecuación siguiente para obtener la energía en KW/h, así mismo haciendo un comparativo en la Ecuación 15.

$$Q = P * t \quad \text{Ecuación 15}$$

Dónde:

Q = energía consumida

P = potencia en KW

t = tiempo de consumo

Eficiencia del prototipo para hervir un litro de agua.

Para el cálculo de la eficiencia del calentador de agua se utilizó la Ecuación 16 y se obtiene la eficiencia en porcentaje, en función de le calentamiento de un litro de agua que equivale a 1 Kcal/Kg °C. (Cengel, 2007)

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{calor requerido}}{\text{calor suministrado}} \times 100 \quad \text{Ecuación 16}$$

Dispositivos electrónicos de control

Pantalla Nextion

Nextion es una interfaz de control y visualización entre un humano, máquina y un proceso, Es la mejor solución para reemplazar la pantalla LCD tradicional. Esta solución incluye hardware en parte de una serie de placas de TFT y otra de software que es el editor de Nextion. Es fácil de adaptar la familia Nextion HMI, sólo tiene que proporcionar un protocolo UART.

Características:

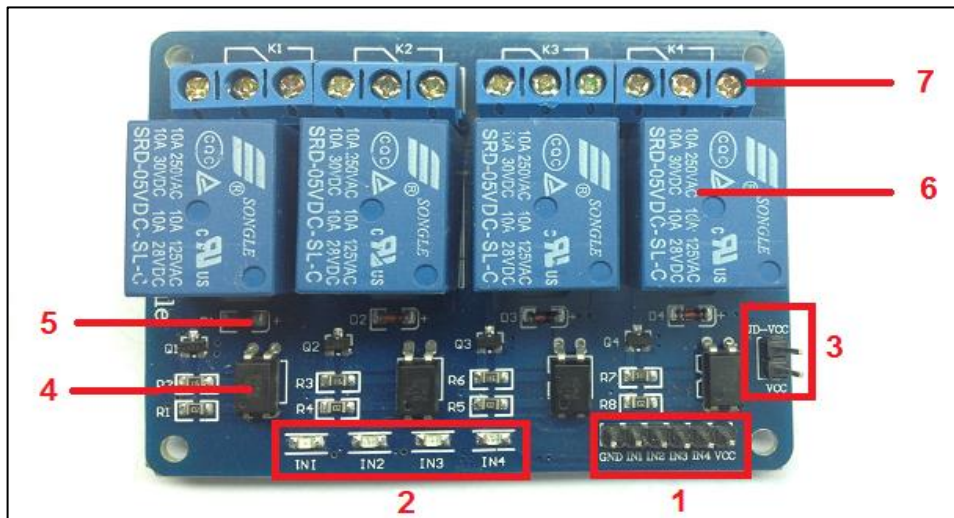
- Resolución 320 x 240 pixeles.
- Pantalla TFT panel resistivo táctil
- Fácil interfaz de 4 pines a cualquier TTL Host Serial
- Memoria Flash 4M para Código de usuario, aplicaciones y datos
- Ranura para tarjeta micro-SD para actualización de firmware

- Área Visual: 57.6mm x 43.2mm
- Brillo ajustable: 0 ~ 180 nit, el intervalo de ajuste es de 1%
- Consumo de energía 5V65mA

Módulo de 4 relés para Arduino

Las salidas de las placas Arduino son perfectamente útiles para controlar cargas que no consuman demasiada corriente, como un Led, pero son insuficientes para cargas mayores. Se trata de un módulo de 4 relés que funcionan a 5 Voltios, capaces de manejar cargas de hasta 10 Amperes en 250 Voltios, convenientemente aislados mediante opto acopladores de las entradas, las que cuentan con leds individuales que sirven como indicadores de estado. Los distintos componentes del módulo pueden verse en la Figura 5:

Figura 5: Relés con opto acopladores.



Fuente: (Tolocka, 2015)

Como se puede apreciar, la placa tiene un conector de entradas (IN1 a IN4) y alimentación (GND es masa o negativo y Vcc es el positivo) [1].

Cuatro leds que indican el estado de la entrada [2].

Un jumper selector para la alimentación de los relés [3]

Cuatro opto acopladores del tipo FL817C [4].

Cuatro diodos de protección [5].

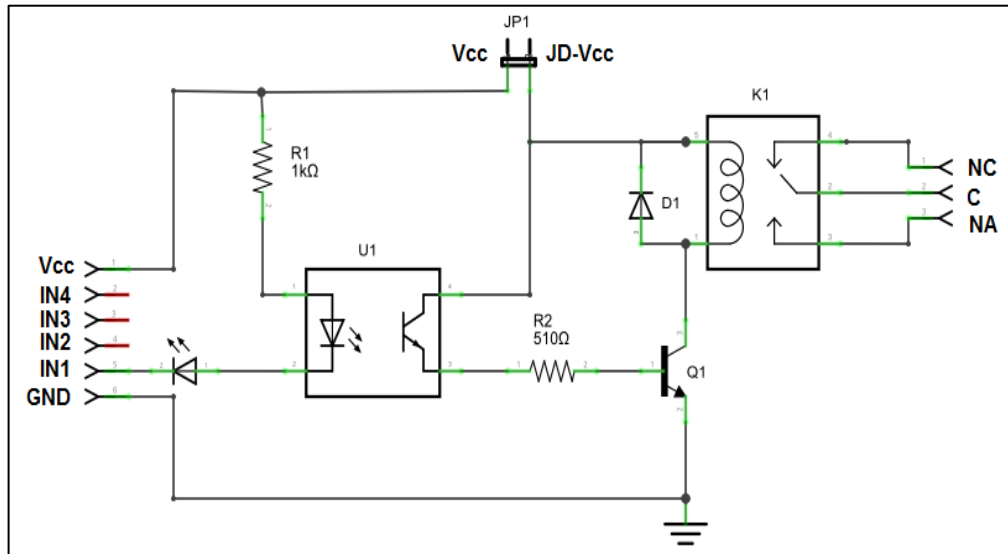
Cuatro relés marcan SONGLE con bobinas de 5V y contactos capaces de controlar hasta 10 Amperes en una tensión de 250V [6].

Cuatro borneras, con tres contactos cada una (Común, Normal abierto y Normal cerrado).

Esquemático

En la figura 6 se puede apreciar el circuito esquemático de un canal, el resto de los canales repite la misma configuración.

Figura 6: Circuito esquemático.



Fuente: (Tolocka, 2015)

A partir del circuito de la Fig. 4 analicemos el funcionamiento del circuito: la entrada IN1 está conectada al cátodo del diodo del opto acoplador a través del led indicador. El ánodo del diodo del opto acoplador se conecta a Vcc (positivo) por intermedio de R1, una resistencia de 1000 ohm. Estos tres componentes, el diodo indicador, el diodo del opto y la R1 forman un circuito serie por el cual circula la corriente cuando la entrada está a un nivel BAJO (conectada a GND) y no circula si la entrada está a un nivel ALTO (conectada a Vcc).

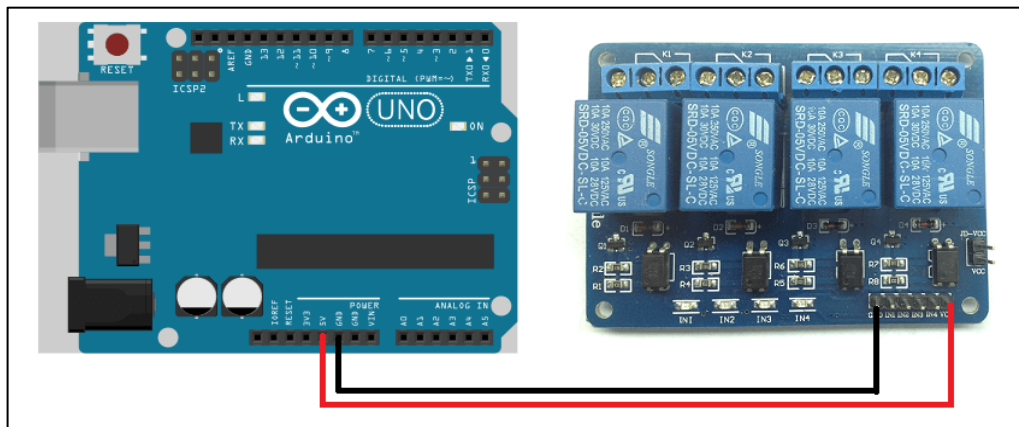
El transistor del opto tiene su colector a JD-Vcc y su emisor conectado a Q1 a través de una resistencia de 510 ohm. Este es otro circuito serie por el cual circula corriente cuando el transistor del opto conduce al ser “iluminado” por su diodo, con lo que se introduce corriente en la base de Q1 a través de R2. Q1 está conectado en una típica configuración emisor común, con su emisor a masa (GND) y la bobina del relé como carga en el colector. Cuando circula corriente por la base desde el opto, Q1 se satura permitiendo el paso de la corriente a través de la bobina del relé, lo que produce que se cierren los contactos del mismo (común con normal abierto). El diodo D1 protege al transistor de la tensión que aparece en la bobina del relé cuando deja de circular corriente por la misma.

Alimentación y consumo

La forma más sencilla de alimentar este módulo es desde Vcc y GND de la placa Arduino, manteniendo el Jumper en su lugar, como se muestra en la Figura 7, con lo que $JD-Vcc = Vcc$. Esta conexión tiene dos limitaciones importantes:

- Se pierde la aislación eléctrica que brindan los opto acopladores, lo que aumenta la posibilidad de daño al Arduino si hay algún problema con las cargas de los relés.
- La corriente consumida por las bobinas de los relés debe ser provista por la placa Arduino. Cada bobina consume unos 90 mA y las cuatro juntas suman 360 mA. Si a esto le sumamos los consumos que pueden tener otras salidas, estamos muy cerca de los 500 mA que puede suministrar un puerto USB. En este caso se debería alimentar al Arduino con una fuente externa, lo que aumenta el límite de corriente a 1 A.

Figura 7: Conexión del módulo



Fuente: (Tolocka, 2015)

La entrada a la placa puede conectarse directamente a las salidas digitales de la placa Arduino. La única precaución a tener en cuenta es que cuando Arduino arranca al ser alimentado, los pines se configuran como entradas automáticamente y puede ocurrir que, por un brevísimo lapso de tiempo entre el arranque y la correcta configuración de estos pines como salidas, las entradas de control al módulo de relé queden en un estado indeterminado. Esto se puede evitar conectando en cada entrada un pull-up con una resistencia de $10K\Omega$ a Vcc, lo que asegura un estado alto durante el arranque.

9. HIPOTESIS

Con un calentador de agua mediante el aprovechamiento del potencial magnético de los imanes de neodimio se disminuirá el consumo de energía eléctrica, gas licuado de petróleo y el costo mensual de la energía consumida.

10. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES:

Variable Independiente:

Diseño de un calentador de agua magnético.

Tabla 5: Variable independiente

VARIABLE	CATEGORIAS	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
El prototipo en su proceso de calentar agua, busca disminuir el consumo de la energía eléctrica	Calentador de agua mediante el aprovechamiento del potencial magnético de los imanes de neodimio	Temperatura	°C	Medición	Termómetro
		Potencial magnético	W	Calculo	Ecuaciones

Elaborado por: Investigadores.

Variable Dependiente:

Reducción del consumo eléctrico y Gas licuado de petróleo (GLP).

Tabla 6: Variable dependiente

VARIABLE	CATEGORIAS	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
El proceso de calentar agua se lo realiza utilizando Gas licuado de petróleo (GLP) o con calefones eléctricos	Consumo energético	Corriente	A	Medición	Amperímetro
	Consumo de Gas licuado de petróleo (GLP)	Volumen	m^3	Cálculo	Ecuaciones

Elaborado por: Investigadores

11. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Ya se han mencionado que los campos magnéticos variables en el tiempo de una bobina o un conductor producen una fuerza electromotriz en un bloque de metal, y que esta genera calor en dicho bloque.

En este trabajo se utiliza el mismo concepto de las corrientes de Foucault para tener una equivalente mecánica de este fenómeno, es decir, que se aprovecha el campo magnético de los imanes de neodimio, para representar la intensidad del campo magnético de una bobina, y al hacerlos girar a una velocidad relativamente alta, se produce el mismo efecto que en el calentamiento por inducción.

“Cuanto más grande sea la frecuencia de las corrientes en un conductor, más se concentrarán estas en su superficie” Esto es consecuencia del efecto de difusión del campo magnético y se puede decir que es la noción fundamental que rige el calentamiento por inducción.

Existe una estrecha relación entre la frecuencia de operación de la corriente que genera el campo magnético y la profundidad de penetración sobre la pieza o material. La corriente inducida que fluye sobre la pieza es más intensa en la superficie y decae rápidamente bajo ella, por ello, el exterior se calienta más rápido que el interior. El 80% del calor producido en la pieza se concentra en la parte exterior.

El dispositivo posee una rueda con imanes que al girar con una velocidad alta genera las llamadas corrientes parasitas que calientan al recipiente contenedor.

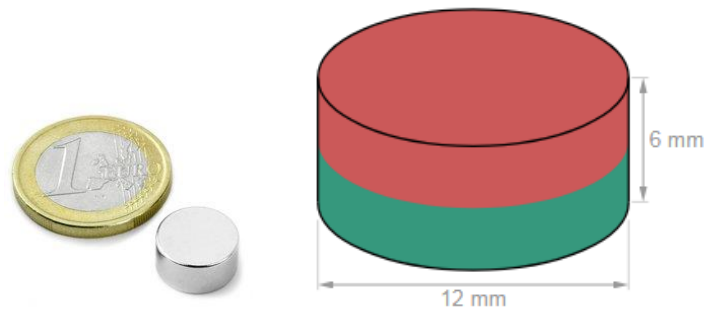
Los aspectos más importantes en el proceso del calentamiento por medio de magnetismo son:

- La Frecuencia del campo magnético
- La naturaleza del material a calentar y su estado
- La intensidad del campo magnético
- El acoplamiento entre los imanes y la pieza a calentar
- El tipo de imanes y sus características geométricas y técnicas

Anteriormente se menciona que la dependencia de la frecuencia en el calentamiento por inducción es de mucha importancia, pero que la proporcionalidad con el campo magnético hace que esta pueda disminuir al aumentar la intensidad de campo magnético del sistema.

A modo de experimentación se utilizaron imanes de neodimio con un alto grado de magnetización (N45) y de tamaño pequeño, como se indica en la figura para poder tener el mayor número de imanes en una vuelta y poder reducir la frecuencia de trabajo.

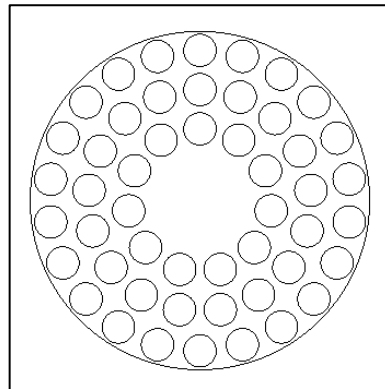
Figura 8: Imanes de neodimio.



Fuente: (Supermagnete, 2015)

Es así como se diseñó la rueda de imanes, con el fin de tener tres filas de imanes en una rueda, disponiendo de 22 imanes en la fila exterior, 16 imanes en la fila del medio y 10 imanes en la fila que está más cerca del centro de la rueda (Figura 9).

Figura 9: Distribución de los imanes.

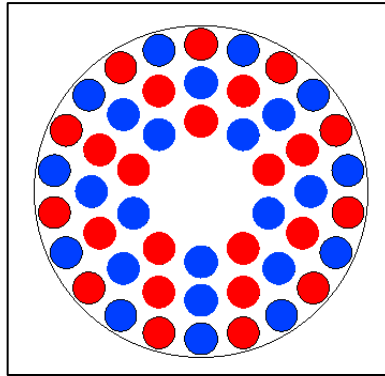


Elaborado por: Investigadores.

La rueda de imanes es construida en aluminio, un material paramagnético de 3 centímetros de alto y 12 centímetros de diámetro en la que van montados en su cara superior de manera radial los 50 imanes de grado N45 con un radio de 12 milímetros y 6 milímetros de espesor alternados en sentido de sus polos tanto en sentido norte como en sentido sur.

El número de imanes en cada una de las filas es par, con el fin de poder tener una distribución ordenada al momento de alternar los campos magnéticos en sentido norte y sur, como se puede observar en la Figura 10.

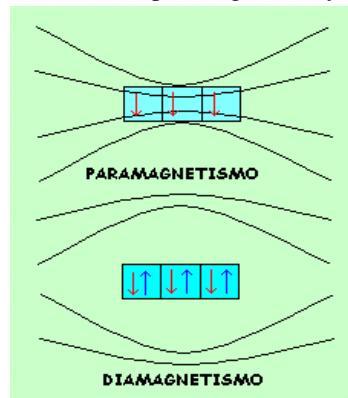
Figura 10: Distribución de imanes alternados polo norte y sur.



Elaborado por: Investigadores.

El material que se determinó para fabricar la rueda es el aluminio, al ser este un material paramagnético (Figura 11), se aprovecha que la distribución de los campos magnéticos tiende a concentrarse más cerca a los imanes, y así disminuir su profundidad de penetración.

Figura 11: Comportamiento de las líneas de campo magnético en los materiales paramagnéticos y diamagnéticos



Fuente: (Tolocka, 2015)

La Figura 12 indica cómo terminó el proceso de maquinado de la rueda de aluminio.

Figura 12: Rueda con los orificios terminada



Elaborado por: Investigadores.

Las cocinas de inducción utilizan una frecuencia de 24 KHz reglamentaria y considerada para evitar la frecuencia de audio que esta provoca, y parten de este valor para calcular cada uno de los elementos que en esta intervienen (tanque resonante).

En el proceso de investigación, se considera que la velocidad angular del motor debe incrementarse para poder alcanzar una frecuencia relativamente alta y así poder compensar un poco a la normalizada por la cocina de inducción, y al contar con imanes con un campo magnético mayor que el de las cocinas de inducción anteriormente mencionadas.

El eje de la rueda de imanes sobresale de cualquier superficie 2 centímetros y se une a un bocín de bronce (Figura 13) el que hace un efecto de concentrador de calor, ayudando así a que los imanes no se recalienten y pierdan sus propiedades magnéticas.

Figura 13: Bocín de Bronce

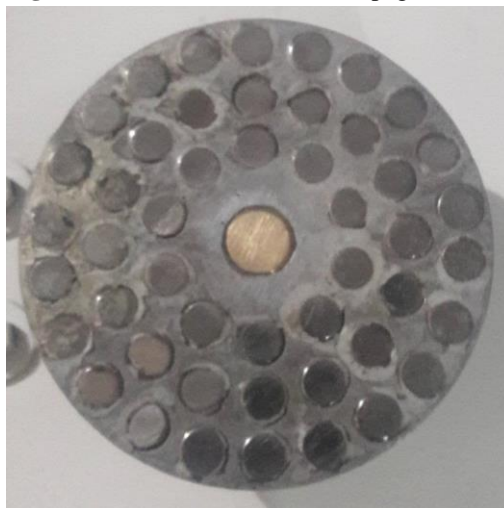


Elaborado por: Investigadores.

Para adecuar los imanes en la rueda se utilizó “Pegatanke” debido a que la fuerza de atracción de los mismos causa que tiendan a desprenderse siendo esta pega la más idónea gracias a su característica de coesionamiento, al estar los imanes en contraposición se produce una fuerza mayor que tiende a despegarlos de la base y en el giro a velocidades altas es necesario que mantengan su nivel y así impedir que se den mayores fluctuaciones en el campo generado (Figura 14).

Otro aspecto a considerar es que se trató en todo lo posible de alejar a los imanes de materiales magnéticos para así aprovechar al máximo su intensidad de campo, por lo que se usó este tipo de pegamento, que no posee dichas características.

Figura 14: Rueda con los imanes pegados.



Elaborado por: Investigadores

Experimentando en el taller, se acopló la rueda de imanes a un torno, para poder determinar la distancia adecuada entre el material a calentar y la rueda de imanes, aparte de definir la velocidad exacta a la que el material eleva su temperatura.

Se utilizaron las distintas velocidades que ofrecía la máquina, y utilizando distintos materiales (tomando en cuenta que solo se utilizaron aquellos que no presentan atracción magnética para no frenar el giro del motor, entre ellos el acero 304 cobre y aluminio) se pudo evidenciar que la velocidad a la que los materiales (aluminio y cobre) se calentaban rápidamente, era de 5000 RPM, es así que se consideró que el mejor material a calentar era el aluminio, por ser fácil de conseguir, y tener un precio relativamente bajo a comparación del cobre.

También se pudo observar que al acercar el material demasiado a los imanes este producía un freno considerable en el torno, por las fem inducidas en el material, y se estableció una distancia conveniente entre los imanes y el material a calentar conveniente de 4mm.

Con esta velocidad se selecciona el motor adecuado, el cual presente la potencia necesaria para poder mover la rueda de imanes y que no se genere freno magnético.

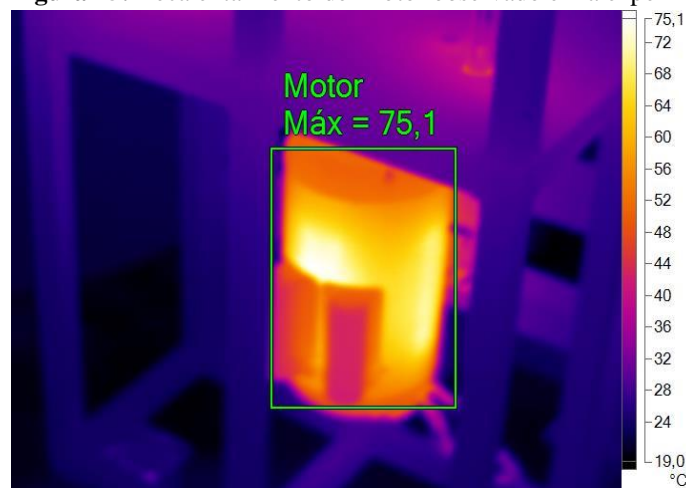
El prototipo se centra más en la velocidad que, en la potencia del motor, es decir, a mayor velocidad mayor temperatura; pero existe un factor que se pudo determinar a través de la experimentación, que consiste en la relación entre el número de imanes y la potencia necesaria para poder superar la fuerza magnética de estos que se manifiesta como un freno magnético al motor.

En primera instancia el prototipo fue diseñado para que contenga tres ruedas de imanes las cuales dirigirían el campo hacia tres recipientes acoplados, pero el fenómeno de freno mecánico ocasiono problemas con el motor y su potencia.

Como resultado de esta experimentación, se evidenció un sobre calentamiento del motor, provocando así daños en el mismo.

En la figura 15 se muestra una imagen termo gráfica en la que se puede observar el sobrecalentamiento del motor.

Figura 15: Recalentamiento del motor observado en la experimentación.



Elaborado por: Investigadores.

Debido a esto se consideró un motor de 2 hp con una velocidad de 1720 RPM, teniendo un equilibrio entre potencia, velocidad, número de imanes y la intensidad de campo magnético generado, considerando que mientras más imanes y más fuertes sean estos, se deberá usar un motor de mayor potencia.

Determinación del Eje o Flecha

Con la ecuación 9 determinamos las fuerzas que se producirán en los eje

$$F_{t_{\text{polea conductora}}} = \frac{72}{6/2}$$

$$F_{t_{\text{polea conductora}}} = 24\text{N}$$

$$F_{t_{\text{polea conducida}}} = \frac{72}{2/2}$$

$$F_{t_{\text{polea conducida}}} = 72\text{N}$$

Una fuerza tangencial máxima de 24 N en la polea conductora y de 72 N en la conducida.

Por esta razón se determina al acero AISI 4340 como el más apropiado para los ejes de transmisión, a continuación, se muestran las características técnicas del mismo, en la Figura 16 se puede evidenciar el eje con sus rodamientos respectivos:

Cedencia: 70 Kg/mm^2

Elongación: mínimo	12%
Reducción del área Z:	Mínimo 45%
Resistencia al impacto:	20 J
Dureza:	270-330 HB
Su:	8577Kgf/cm ² y 122 ksi
Sy:	7381 Kgf/cm ² y 105ksi

Figura 16: Eje dimensionado acoplado a los rodamientos y polea conducida



Elaborado por: Investigadores.

Rodamientos

En la Figura 17 se observara de mejor manera el cojinete adecuado al prototipo, especificando su hoja técnica en la parte correspondiente a anexos.

Figura 17: Rodamiento acoplado a su brida.



Elaborado por: Investigadores.

Bandas

La velocidad del motor al eje se transmitirá por medio de una banda la que conectara al eje del motor con el eje de la polea conducida, con la ecuación 10 determinamos la longitud de la banda que necesitamos para nuestro prototipo

$$L_p = 2C + 1,57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4 * C}$$

$$L_p = 2 * 5,9 + 1,57(6 + 2) * \frac{(6 - 2)^2}{4 * 5,9}$$

$$L_p = 432\text{mm}$$

Dándonos una distancia total de 432 mm lo que equivale a una banda numero 24 (Figura 18)

Figura 18: Banda Interna del prototipo.

Elaborado por: Investigadores

Selección del motor

En el eje principal del motor se tendrá 1720 RPM por lo que determinamos que los rodamientos, en virtud a la posición en la que estará el motor y los ejes, deben ser de rodillo de carga axial para que puedan soportar la carga tanto en el eje x como en el eje, y los datos de los mismos estarán en los anexos en las respectivas hojas de datos técnicos.

Lo que se requiere es triplicar la velocidad de giro del motor lo que se debe ubicar una patea de 2 pulgadas como patea conducida, y conociendo que la velocidad de giro de la patea conductora es 1720 RPM, la velocidad de giro de la patea conducida será (ecuación 10):

$$N_2 = \frac{D_1 * N_1}{D_2}$$

$$N_2 = \frac{6 * 1720}{2}$$

$$N_2 = 5160 \text{ RPM}$$

Obteniendo un valor de 5160 RPM, lo que nos ayuda a incrementar la frecuencia de trabajo.

$$F = \frac{Hp * 63000}{r * n}$$

$$F = \frac{2 * 63000}{3 * 1750}$$

$$F = 24 \text{ Lbf}$$

Obteniendo una fuerza de 24 Lbf, que será la fuerza que se necesitará para el giro respectivo del sistema. Se procede a calcular el torque del motor para poder determinar el consumo del mismo a plena carga con la ecuación 13.

$$Hp = \frac{T * n}{63000}$$

Despejando el Torque tendríamos

$$T = \frac{Hp * 63000}{n}$$

$$T = \frac{2 * 63000}{1720}$$

$$T = 72 \text{ Nm}$$

Dando como resultado un torque de 72 Nm viendo que el torque es el necesario para determinar como el motor idóneo para el presente prototipo calculamos el consumo que tendría a plena carga

Para calcular el consumo del motor tomamos como dato los caballos fuerza del motor en este caso 2 y consideramos la relación la ecuación 14:

$$1Hp = 736 \text{ Watt}$$

Entonces se tiene:

$$2x 736 = 1472 \text{ Watts.}$$

Lo que equivale a 1,472 Kilo Watts, queriendo decir que el motor en una hora consumiría El promedio de 1,5 Kilo Watts, más adelante se verá en función del tiempo de funcionamiento cuanto será el consumo real del motor.

Con esto se determina, de manera experimental, que el motor para el proyecto es el adecuado puesto que el campo magnético tratara de frenar el giro del motor por el efecto de las corrientes de Foucault, pero cuenta con la potencia suficiente para seguir en funcionamiento, considerando que lo importante para nuestro proyecto es la velocidad.

Frecuencia del campo magnético.

Teniendo la velocidad deseada se procede a calcular la frecuencia a la que el campo magnético será sometido.

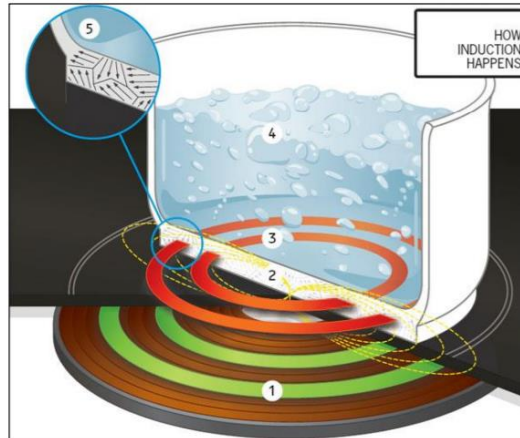
Primero se transforman las revoluciones por minuto a revoluciones por segundo:

$$\frac{5160}{\text{min.}} * \frac{1 \text{ min.}}{60 \text{ seg.}}$$

86 revoluciones por minuto

La frecuencia se denomina como un suceso o fenómeno repetido por un segundo. Las bobinas de cobre en las cocinas de inducción crean un campo magnético fluctuante que cambia constantemente de dirección como se puede observar en la Figura 19.

Figura 19: Como funciona la inducción.



Fuente: (Francisco Antonio Aguirre; Hernan Diógenes Alarcon, 2015)

Esto quiere decir que cada uno de los cambios del campo magnético representa un ciclo, y en un segundo el campo magnético cambia de sentido 24000 veces.

Teniendo esto en cuenta, se utiliza el mismo concepto y se considera que cada uno de los imanes representa un ciclo, y si la rueda de aluminio tiene una velocidad angular de 86 RPS se entiende que en la primera fila se cuenta con 22 imanes lo que representa 22 ciclos, multiplicados por las 86 veces por segundo que estos 22 imanes giran, se tiene:

$$f_{\text{primera fila}} = 1892 \text{ ciclos por segundo}$$

Lo que se interpreta como 1.892 KHz.

Y así con las otras dos filas de imanes:

$$f_{\text{segunda fila}} = 16 * 86\text{RPS}$$

$$f_{\text{segunda fila}} = 1376 \text{ ciclos por segundo}$$

Lo que se interpreta como 1.376 KHz.

$$f_{\text{tercera fila}} = 10 * 86\text{RPS}$$

$$f_{\text{segunda fila}} = 860 \text{ ciclos por segundo}$$

Lo que se interpreta como 0.860 KHz.

Entonces, se puede decir que la rueda de imanes tiene una frecuencia promedio de:

$$f_{\text{promedio}} = \frac{1892 + 1376 + 860}{3}$$

$$f_{\text{promedio}} = 1376 \text{ ciclos por segundo}$$

$$f_{\text{promedio}} = 1.376 \text{ KHz}$$

Recipiente contenedor:

Calculamos la penetrabilidad de dos materiales que en la experimentación demostraron ser los idóneos para la realización del prototipo usando la ecuación 2.

Se intentó usar acero inoxidable 304, que es un material que no presenta atracción magnética y no hubiera frenado al giro del motor, ya que si se usa materiales magnéticos, estos hacen parar por completo al motor, por lo que se consideró como un posible material para usarse en el proyecto, pero se evidenció que no era un buen conductor térmico, y no llegaba a la temperatura deseada, a continuación la penetrabilidad de cada material.

$$\delta_{\text{mm}} = \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot f \cdot \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \sigma}}$$

COBRE:

$$\delta_{\text{mm}} = \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot (1376)(4 * \pi 10^{-7})(1)(5.96 * 10^7)}}$$

$$\delta_{\text{mm}} = 1.757 \text{ mm}$$

ALUMINIO

$$\delta_{\text{mm}} = \frac{1}{\sqrt{\pi(1376)(4 * \pi 10^{-7})(1)(3.78 * 10^7)}}$$

$$\delta_{\text{mm}} = 2.206 \text{ mm}$$

Se determinó al aluminio como el mejor material, por su bajo costo y su penetrabilidad magnética. Con las corrientes de Eddy anteriormente mencionadas se pudo comprobar que la diferencia en penetrabilidad del aluminio con el cobre, es aproximadamente un milímetro, por lo que se construyó el recipiente de este material en un espesor de 3 milímetros, con una medida de 13 centímetros de diámetro y una altura de 7 centímetros para que pueda acumular el líquido, transferido por lapsos de tiempos mínimos con la finalidad de tener un flujo semi constante de agua.

El recipiente consta de 2 tuberías, una de entrada por la que ingresa el agua y una de salida por la que el agua se direcciona hacia un recipiente térmico que nos sirve como colector, en

cada una de ellas se han colocado unas electroválvulas (Figura 21), las mismas que son las generadoras del flujo interno de agua de acuerdo a los tiempos determinados.

En este recipiente se colocó un manómetro de presión, con el fin de controlar y obtener datos reales de la presión que se acumula en su interior, dando como resultado que la presión en este recipiente no tiene un índice significativo que pueda afectar a su rendimiento.

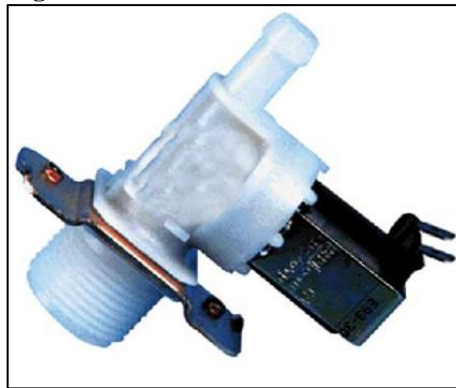
Para poder concentrar de mejor manera el calor, el recipiente es pintado de color negro mate como se indica en la figura 20.

Figura 20: Recipiente contenedor de aluminio.



Elaborado por: Investigadores

Figura 21: Electroválvula.



Elaborado por: Investigadores

Intensidad de campo magnético

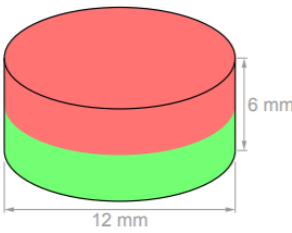
Para poder determinar la energía que se transfiere en el proceso del calentamiento por magnetismo, es necesario calcular la intensidad de campo magnético que cada uno de los imanes genera.

El campo magnético (B) de los imanes que se utilizan en la investigación, se lo encuentra en las características técnicas del fabricante (Figura 22).

Figura 22: Datos técnicos de los imanes.

Cód. artículo	S-12-06-N
Material	NdFeB
Forma	Disco
Diámetro	12 mm
Alto	6 mm
Tolerancia	+/- 0,1 mm
Sentido de magnetización	axial (paralelo al alto)
Revestimiento	niquelado (Ni-Cu-Ni)
Tipo de fabricación	sinterizado
Magnetización	N45
fza. sujec.	aprox. 3,9 kg (aprox. 38,2 N)
Temperatura de servicio máx.	80°C
Peso	5,1572 g
Temperatura de Curie	310 °C
Remanencia Br	13200-13700 G, 1.32-1.37 T
Coercitividad bHc	10.8-12.5 kOe, 860-995 kA/m
Coercitividad iHc	≥12 kOe, ≥955 kA/m
Producto energético (BxH)max	43-45 MGOe, 342-358 kJ/m ³

Sin sustancias nocivas conforme a la directiva RoHS 2011/65/UE.



Fuente: (Supermagnete, 2015)

Se observa que la Remanencia Br de los imanes es de 13200-13700 G (Gauss) o 1.32-1.37 T (Teslas)

Es decir que su campo magnético puede ser representado tanto en gauss como en teslas.

Para la investigación, se toma como referencia para el valor de B el valor intermedio entre los intervalos de 1.32-1.37 T que es: 1.324 y se utiliza en la Ecuación 3:

$$H = \frac{B_0}{\mu_0}$$

$$H = \frac{1.324 \text{ T}}{4\pi * 10^{-7} \frac{\text{T} * \text{m}}{\text{A}}}$$

$$H = 1053.605723 \frac{\text{KA}}{\text{m}}$$

Energía transferida

Utilizamos la ecuación 5 para calcular la energía transferida por los imanes hacia el material a calentar, que es el aluminio.

$$P = \pi * d * h * H^2 * \sqrt{\pi * \rho * \mu_0 * \mu_r * f * C * F}$$

El diámetro del cilindro de la Ecuación se considera al diámetro de la olla de aluminio que es de 12 cm y su altura que sería el espesor de la misma, que es de 3 mm.

La resistividad del material, se toma la del aluminio: $2.82 * 10^{-8}$.

La permeabilidad relativa del material se encuentra en la tabla 4, la cual es aproximadamente 1.

La frecuencia a la que están expuestos los imanes es de 1.376 KHz.

Entonces:

$$P = \pi * 0.12 * 0.003 * (1053605.723)^2 * \sqrt{\pi * (2.82 * 10^{-8}) * (4\pi * 10^{-7}) * 1 * 1376}$$

$$P = 15442.36 \text{ W}$$

Energía calorífica

Se estipula la energía calorífica que interactuara en el prototipo, considerando una temperatura inicial de 15 °C y una final de 100 °C y las masas de los recipientes contenedores en el caso del aluminio 0,5 Kg y del agua 1Kg.

Con la ecuación 7 se determina la energía

$$Q = (c1 * m1 + c2 * m2) * \Delta T$$

$$Q = (0,219 * 0,5 + 1 * 1) * (100 - 15)$$

$$Q = 94,30 \text{ KcalKg}^\circ\text{C}$$

Lo que quiere decir que se necesitarán 94,30 KcalKg°C para elevar un °C de temperatura en el sistema.

Potencia necesaria

Una vez obtenido el valor de la transferencia de calor se procede a calcular la potencia que requiere el prototipo para generar los 94,30 KcalKg°C en su funcionamiento, esto lo hacemos con la ecuación 4, convirtiendo primero las calorías en Joules, y considerando el tiempo de 5 min que es el promedio de calentamiento en segundos teniendo:

$$Q = 94,30 \text{ KcalKg}^\circ\text{C} * 4,184$$

$$Q = 394,55 \text{ J}$$

$$P = \frac{Q}{t}$$

$$P = \frac{394,55 \text{ J}}{300 \text{ seg}}$$

$$P = 1,31 \text{ W.s}$$

Para saber los Joules necesarios multiplicamos por 4,184 lo que nos da y considerando que joule es 1 Watts/seg se determina que la potencia necesaria será de 1,134 Watt/seg. Para poder calentar el agua en el tiempo estimado de 5 minutos.

Esto es lo que el campo magnético disipa en forma de calor, lo que desde un inicio ya muestra un grado de eficiencia, transformando a Kilovatios hora tendríamos $3,15 \times 10^{-7}$ KWh.

El motor, así como los ejes y las ruedas de imanes irán montados sobre una estructura metálica soldada con tubo cuadrado de una pulgada por lado y de espesor de 1.5 milímetros, las medidas serán:

- Alto: 70 centímetros
- Ancho: 50 centímetros
- Largo: 50 centímetros

Diseño y construcción de la estructura metálica

Diseñada en función de estabilizar al prototipo y evitar las excesivas vibraciones, consta de tres espacios en el espacio inferior se posicionará el motor, para esto la estructura consta de ángulos de una pulgada que sirva de soporte (Figura 23).

Figura 23: Estructura metálica.



Elaborado por: Investigadores.

La estructura cuenta con una parte de separación entre el área del motor y la de la rueda de imanes para que los campos magnéticos generados no se puedan chocar puesto que esto generaría una sobrecarga en el motor disminuyendo así la vida útil del mismo. Para facilitar su montaje y desmontaje la placa superior se acopla a través de pernos lo que nos permite un fácil manejo (Figura 24), y para su fácil traslado cuenta con llantas de goma de 4 centímetros de diámetro con frenos estabilizadores.

Figura 24: Perspectiva de la estructura con placa superior.



Elaborado por: Investigadores

El recipiente contenedor final, es un contenedor térmico (Figura 25), el cual posee un sensor de nivel que finaliza el proceso, además cuenta con una tubería de entrada en la que esta acoplada una electroválvula, y a la salida una válvula manual para su uso.

Figura 25: Recipiente térmico.



Elaborado por: Investigadores

En el proceso de investigación se buscó la distancia correcta entre el recipiente y la rueda de imanes probando así que si más se separa el recipiente contenedor menor es el calor obtenido y hay un punto en el que el material comienza a electro magnetizarse lo que sería muy complicado así se deduce y se demuestra de una manera práctica que la distancia adecuada es de 3 milímetros.

Diseño del sistema de control.

En el transcurso de la investigación se evaluaron diferentes tipos de control, tratando de elegir el más adecuado para el prototipo.

En virtud con el experimento realizado con la rueda de imanes se pudo determinar que, al variar directamente la frecuencia de operación del motor, se obtendría un mayor consumo energético del mismo, al momento de disminuir la velocidad de giro del motor, estamos

disminuyendo la potencia, dando como resultado un mayor esfuerzo del motor para poder trabajar.

También se pudo evidenciar mediante pruebas en un torno que la velocidad ideal para tener un calentamiento del aluminio de manera instantánea, es a partir de las 5000 revoluciones por minuto, por eso al inicio del diseño mecánico se multiplica la velocidad del motor, para poder tener esta eficiencia, por lo tanto, tomando en consideración esta velocidad, se vio innecesario variar la velocidad de giro del motor, y se decidió, variar el caudal de agua que pasará por el recipiente de aluminio, siendo necesario manipular tiempos de flujos en las electroválvulas. Considerando todo lo anteriormente dicho, el sistema de control no se lo adecuó a un nivel industrial, eliminando así la opción de utilizar un Controlador Lógico Programable (PLC) o un frecuencímetro.

En lugar de los dispositivos anteriormente mencionados, se ocupó una tarjeta de adquisición de datos tipo Arduino NANO, y componentes, tales como son:

- Módulo de 4 relés.
- Módulo bluetooth.
- Regulador de voltaje LM 2596.

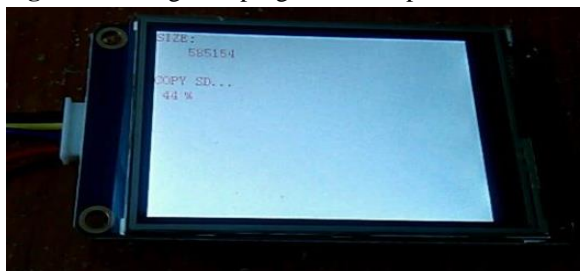
Para que el manejo e interacción entre el usuario y el prototipo se usó una pantalla Nextion touch en la que se configuró un manual de usuario y el controlador de temperatura.

Todo el circuito de control consta con dispositivos de protección como:

- Contactor de 32 Amperios
- Interruptores termo magnéticos de 50 Amperios

La operación del prototipo se realiza de manera remota a través de la pantalla Nextion (Figura 26). Las programaciones se especifican en los anexos del presente proyecto de investigación.

Figura 26: Cargando programa en la pantalla Nextion.

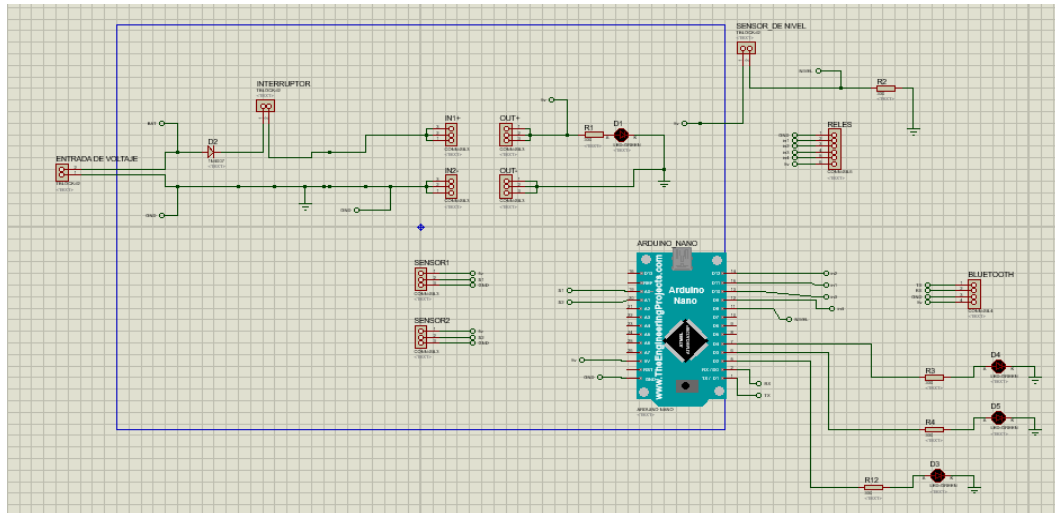


Elaborado por: Investigadores.

Programación del circuito eléctrico y electrónico

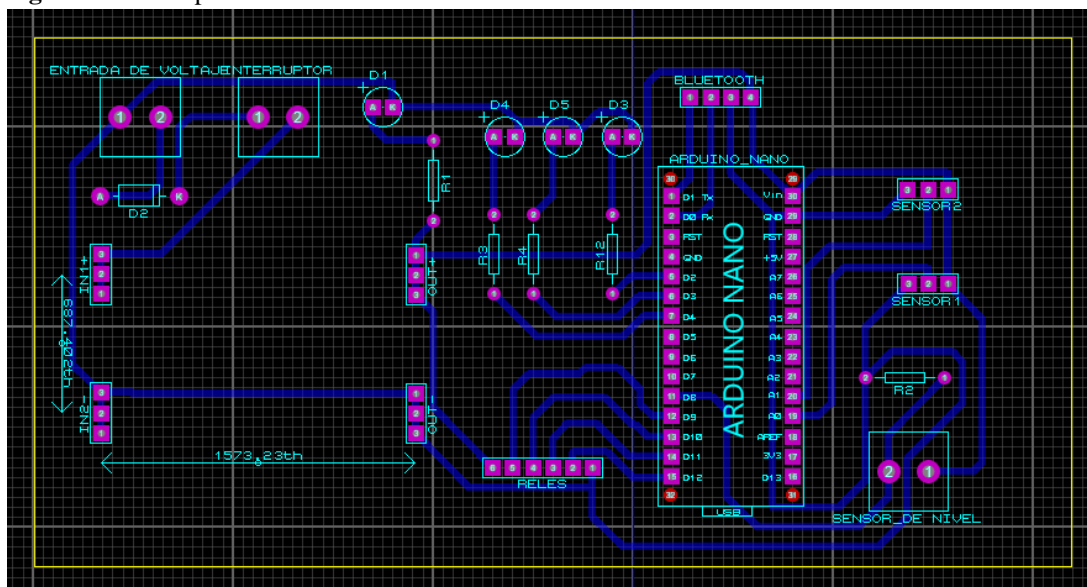
Usando Proteus que es un software de simulación electrónica, se observará cómo estará constituido el circuito de control del dispositivo (Figura 27), y sus conexiones hacia los distintos elementos del mismo (Figura 28).

Figura 27: Simulación del circuito en Proteus.



Elaborado por: Investigadores.

Figura 28: Placa para conexión de circuitos.



Elaborado por: Investigadores.

Configuración de la pantalla Nextion

Imágenes de interacción:

A continuación podremos ver cada una de las pestañas de interfaz gráfica con las que podemos interactuar con el prototipo, a manera de manual de usuario.

Tabla 7: Descripción de interfaz gráfica

Nombre	Pestaña.	Descripción.
<p>1. Pestaña inicial.</p>		<p>En esta pestaña se encuentran 4 opciones, cada una dirige al usuario a diferentes opciones.</p>
<p>2. Créditos.</p>		<p>Se muestran las personas que formaron parte del proyecto de investigación.</p>
<p>3. Instrucciones.</p>		<p>Detalla las instrucciones necesarias para el correcto funcionamiento del equipo.</p>
<p>4. Probar equipo.</p>		<p>Contiene botones para probar cada una las partes del prototipo, como son: el motor y las válvulas, para comprobar que estén funcionando correctamente.</p>

<p>5. Selector de temperatura.</p>		<p>En esta parte se puede seleccionar la temperatura deseada, que va desde los 20 a 80 ° C, así como también el botón de inicio el sistema.</p>
<p>6. Proceso.</p>		<p>Al alcanzar la temperatura deseada, esta pestaña, indica el fin del proceso, a su vez cuenta con un paro de emergencia.</p>

Elaborado por: Investigadores.

Una vez elaborado el prototipo se realizó las mediciones del campo generado, en primer lugar, con el uso de una cámara termo gráfica detectamos la temperatura máxima que alcanza el motor con una sola rueda con el sistema de poleas ya adecuado. En la Figura 29 se observa dicho efecto.

Figura 29: Medición térmica del motor a plena carga



Elaborado por: Investigadores

Probando varios materiales como el cobre, el acero inoxidable 304, y el aluminio tenemos una temperatura final de la rueda de imanes de 86,5 lo que es contraproducente para la investigación, puesto que los imanes pierden sus propiedades magnéticas a partir de los 80 grados centígrados. Con lo cual es muy importante poder controlar esta temperatura en el sistema de control electrónico, utilizando tiempos adecuados del flujo de agua para poder aprovechar al máximo la temperatura generada y acelerar el proceso y no tener al motor en un periodo largo de tiempo encendido.

Teniendo en cuenta lo anterior, se comenzó a experimentar con el contenedor que mejores condiciones ofrezca para el prototipo, de manera que se realizó las comparaciones para determinar distancias entre la rueda de imanes y el contenedor, y observando la eficiencia de la transferencia de calor.

Al estabilizar la temperatura final del recipiente y considerando el sistema de control se puede observar que la temperatura final del motor disminuyó, como se observa en la figura 30 el motor no alcanza temperaturas críticas siendo esto un logro para continuar con el prototipo.

Figura 30: Imagen térmica del motor luego de 5 minutos de uso



Elaborado por: Investigadores

Para poder lograr la eficiencia térmica del prototipo se cuenta con el sistema acoplado que se muestra en la figura 31, el mismo que permite regular el flujo en función de la temperatura útil del agua con una llave de regulación para el sistema de liberación colocando el recipiente a una altura de 3 milímetros medidos desde la cara superior de la rueda de imanes y considerando la penetrabilidad del aluminio lograremos el calentamiento adecuado.

Figura 31: Sistema de transferencia de agua



Elaborado por: Investigadores

En la investigación se tuvo que considerar la densidad de los elementos que intervienen en la interacción calorífica, las que son:

- Densidad del agua: 1g/cm^3
- Densidad del Aluminio: $2,7\text{ g/cm}^3$

La temperatura del recipiente varía en vacío y con agua, en vacío se alcanza la temperatura deseada en menor tiempo, en cambio con agua este tiempo aumenta en un porcentaje comprendido entre un 10 a un 20 por ciento. Hay que considerar que debido al efecto electromagnético se crean unas corrientes que son mínimas las que se desprenden por los soportes del recipiente, estos actúan como una conexión a tierra. El flujo de agua en cada ciudad u hogar es distinto por lo cual no se puede determinar de manera exacta, es por esto que en el recipiente final contamos con un medidor de nivel (Figura 32), el que nos determina un volumen de consumo en el tiempo dependiendo del flujo de la red principal.

Figura 32: Sensor de nivel interno.



Elaborado por: Investigadores

Prueba de funcionamiento del prototipo

Las pruebas realizadas en el prototipo arrojaron los resultados que se describen detalladamente a continuación:

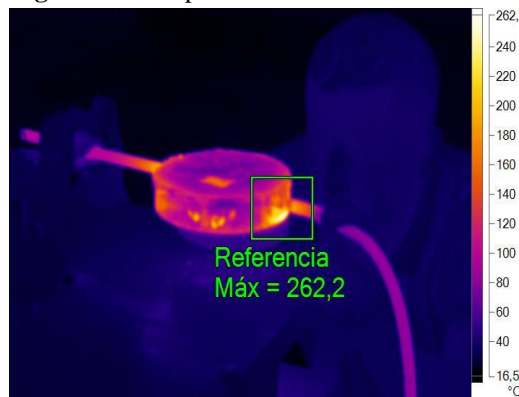
Determinación de parámetros eléctricos

Se realizaron pruebas de funcionamiento del prototipo del calentador de agua para determinar los parámetros eléctricos de funcionamiento para los diferentes niveles de potencia, para lo cual se utilizó un multímetro.

Pruebas de funcionamiento continuo

Otra de las pruebas que se realizaron en el prototipo fue la de temperatura máxima, en la Figura 33 podemos observar que el recipiente adquirió una temperatura de 262,2 °C en un tiempo de 3 minutos, en esta prueba el agua fue encapsulada en el recipiente de forma que el vapor de agua ocasionó deformaciones en el mismo, si el agua se encontrara en circulación el prototipo no podría llegar a esta temperatura que afectaría al mismo debido que el agua actúa como refrigerante del sistema.

Figura 33: Temperatura más alta en 3 minutos



Elaborado por Investigadores

Prueba de eficiencia del prototipo de calentador de agua.

Para realizar esta prueba se pretende hervir un litro (1000cm^3) de agua desde la temperatura ambiente hasta una temperatura igual a 100 °C, pudiendo determinar el tiempo y comparándolo con los dispositivos del mercado, se utiliza la ecuación 6.

Para determinar la energía requerida en KWh que se necesita para hervir un litro de agua se utiliza la siguiente equivalencia: 1Kwh =860 Kcal.

$$Q = m * c * \Delta t$$

$$Q = 1\text{Kg} * 1 \frac{\text{kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (100 - 15)^\circ\text{C}$$

$$Q = 85 \text{ Kcal} * \frac{1 \text{ Kwh}}{860 \text{ Kcal}} = 0,098 \text{ KWh}$$

Cálculo para conocer la potencia consumida por cada dispositivo

Para calcular cual es la cantidad de calor que consume cada dispositivo en función del tiempo que se demora en calentar un litro de agua ocupamos la ecuación 15 transformándola en KWh:

$$\text{Potencia consumida} = \frac{\text{KW} * \text{t}}{\text{h}}$$

Potencia consumida por la ducha eléctrica.

$$\text{Potencia consumida} = \frac{1,8 * 8}{60}$$

La ducha consume 0,24 KWh.

Potencia consumida por el calefón eléctrico.

$$\text{Potencia consumida} = \frac{8,4 * 5}{60}$$

El calefón eléctrico consume 0,7 KWh.

Potencia consumida por el calefón a gas

$$\text{Potencia consumida} = \frac{13,3 * 6}{60}$$

El calefón a gas consume 1.33 KWh

Potencia consumida por el termotanque

$$\text{Potencia consumida} = \frac{2 * 14}{60}$$

El termo tanque consume 0,46 KWh

Potencia consumida por el calentador magnético

$$\text{Potencia consumida} = \frac{4,7 * 2}{60}$$

El calentador magnético consume 0.15 KWh

Potencia consumida por la cocina de inducción.

$$\text{Potencia consumida} = \frac{4*6}{60}$$

La cocina de inducción consume 0.4 KWh

Cálculo de la eficiencia del para hervir un litro de agua.

Para el cálculo de la eficiencia del calentador de agua se utilizó la ecuación 16 y se obtiene la eficiencia en porcentaje:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{potencia requerida}}{\text{potencia consumida}} \times 100$$

Eficiencia de la ducha

$$\text{Eficiencia} = \frac{0,098}{0,24} \times 100$$

$$\text{Eficiencia} = 40,83\%$$

Eficiencia del calefón eléctrico

$$\text{Eficiencia} = \frac{0,098}{0,24} \times 100$$

$$\text{Eficiencia} = 14\%$$

Eficiencia del calefón a gas

$$\text{Eficiencia} = \frac{0,098}{1,33} \times 100$$

$$\text{Eficiencia} = 7,36\%$$

A pesar que su eficiencia sea muy baja es el dispositivo más usado debido a que es subsidiado por el gobierno, sin embargo, el costo real del mismo ocasiona gastos mayores al estado lo que hace que a la larga sea un dispositivo deficiente.

Eficiencia del Termo tanque

$$\text{Eficiencia} = \frac{0,098}{0,46} \times 100$$

$$\text{Eficiencia} = 21,3\%$$

Eficiencia del calentador magnético

$$Eficiencia = \frac{0,098}{0,15} \times 100$$

$$Eficiencia = 65.33\%$$

Eficiencia de la cocina de inducción

$$Eficiencia = \frac{0,098}{0,4} \times 100$$

$$Eficiencia = 24,5\%$$

En la siguiente tabla se compara de los valores anteriormente calculados, así también considerando un costo de 0,12 ctvs. De dólar por Kilovatio sacamos en la columna 6 el costo económico que genera cada artefacto.

Tabla 8: Tabla comparativa de consumos

Tabla comparativa de consumo en un hogar de 6 personas							
	Potencia (en Watts)	Estimación de horas de uso diario	Consumo diario (en KW/h)	Estimación de horas mensuales	Costo de consumo en dólares	Tiempo que hierbe un litro de agua	% eficiencia
ducha eléctrica	1800	2h	3,6	50	21,6	8 min	40,83%
calefón eléctrico	8400	2h	16,8	50	100,8	5 min	14%
calefón a gas	133000	2h	532	50	12*	6 min	7,36%
termo tanque	2000	3h	4	50	24	14 min	21,3%
calentador magnético	4750	2h	3	50	18	5 min	65.33%
cocina de inducción	4000	5h	20	50	120	9 min.	24,5%

* calcular el consumo con gas es distinto debido al precio de mercado del mismo no el real.

Elaborado por: Investigadores

Comprobación de Hipótesis

El prototipo de calentador de agua bordea una eficiencia térmica del 65.33 % lo que comparativamente con otros dispositivos genera un ahorro en el gasto económico y en la reducción del tiempo de calentamiento, comprobando de esta manera la hipótesis planteada.

12. IMPACTOS DE LA INVESTIGACIÓN

Impactos técnicos

- Debido a la alta densidad de potencia una instalación de calentamiento puede ser compacta y entregar calor de manera rápida.
- La inducción magnética ofrece la posibilidad de alcanzar altas temperaturas.
- Ausencia de pérdidas en transferencias caloríficas.
- El calentamiento magnético puede ser aplicado de manera muy localizada.
- Fácil automatización y control del ciclo de trabajo.
- Los sistemas de calentamiento inductivo tienen una buena eficiencia.
- La eficiencia energética también depende de las características del material a calentar.
- Una cantidad importante de las pérdidas de calor pueden ser recuperadas.

Impactos ambientales

- Pureza extrema es posible trabajando en vacío o en atmósferas inertes.
- El lugar a calentar puede determinarse con precisión.
- El calentamiento puede ser regulado con precisión.
- Ninguna producción de gases contaminantes.

Impactos económicos

- Una instalación de calentamiento inductivo normalmente implica una inversión grande que debe ser considerada y debe compararse a las técnicas de calefacción alternativas.
- El calentamiento inductivo se usa preferentemente para calentar formas relativamente simples.
- Es un sistema que en largos periodos de uso permite disminuir los costos de consumo.

13. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.

Recursos Necesarios

Humanos

- Tutor del ante proyecto Ing. Edwin Moreano
- Investigadores – Carlos Maldonado, Andrés Nogales

Materiales

Tabla 9: Recursos materiales

MATERIALES				
NUM	ITEM	CANTIDA D	VALOR U.	VALOR T.
1	POLEAS PEQUEÑAS	1	\$ 2,75	\$ 2,75
2	POLEA GRANDE	1	\$ 35	\$ 35
3	ARMAZON METALICO	1	\$ 35	\$ 35
4	PLANCHAS DE METAL	2	\$ 5	\$ 10
5	RODAMIENTOS COMPLETOS	2	\$ 9	\$ 18
6	LLAVE DE PASO	2	\$ 3	\$ 6
7	MANGUERAS	1	\$ 3	\$ 3
8	EJES DE 22 MM	1	\$ 2	\$ 2
9	EJE DE BRONCE	1	\$ 17,5	\$ 17,5
10	PLANCHA DE ALUMINIO	1	\$ 9,5	\$ 9,5
11	MORTADELAS DE ALUMINIO	1	\$ 3,5	\$ 3,5
12	ELECTROVALVULAS	2	\$ 4	\$ 8
13	PEGATANKE	1	\$ 5,5	\$ 5,5
14	IMANES DE NEODIMIO	50	\$ 0,67	\$ 33,5
15	MOTOR 2HP	1	\$ 177,13	\$ 177,13
16	CONTACTOR DE 30AMP.	1	\$ 34,5	\$ 34,5
17	TOMACORRIENTE 3F	1	\$ 3,5	\$ 3,5
18	TERMO	1	\$ 5	\$ 5
19	PANTALLA NEXTION 3,2 "	1	\$ 32,14	\$ 32,14
20	MODULO RELE ARDUINO	1	\$ 7	\$ 7
21	MODULO BLUETHOOT	2	\$ 8,99	\$ 17,98
22	ARDUINO NANO	1	\$ 9,9	\$ 9,9
23	REGULADOR LM2596	2	\$ 2,3	\$ 4,6
24	BATERIA DE 9V	1	\$ 6,5	\$ 6,5
25	MATERIALES ELECTRONICOS	1	\$ 10	\$ 10
26	PLANCHA DE MADERA	1	\$ 11	\$ 11
27	RUEDAS	4	\$ 5	\$ 20
28	FUENTE DE ALIMENTACION	1	\$ 6,5	\$ 6,5
29	BANDA	1	\$ 4,5	\$ 4,5
30	MANOMETRO	1	\$ 3	\$ 3
31	MATERIALES DE OFICINA	1	\$ 100	\$ 100
			TOTAL:	\$ 642,5

Elaborado por: Investigadores

Técnicos

Tabla 10: Recursos Técnicos

ASESORIA TÉCNICOS				
NUM	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR U.	VALOR T.
1	MANO DE OBRA ESTRUCTURA	1	\$ 60	\$ 60
2	MANO DE OBRA RUEDA	1	\$ 25	\$ 25
3	MANO DE OBRA ACABADOS	1	\$ 100	\$ 100
4	SISTEMA DE CONTROL	1	\$ 60	\$ 60
5	MANO DE OBRA FINAL	1	\$ 30	\$ 30
			TOTAL	\$ 275

Elaborado por: Investigadores

Costos Directos

Tabla 11: Costos directos

COSTOS DIRECTOS				
NUM	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR U.	VALOR T.
1	MATERIALES	1	\$ 642,5	\$ 642,5
2	ASESORIA TÉCNICA	1	\$ 275	\$ 275
			TOTAL	\$ 917,5

Elaborado por: Investigadores

Costos Indirectos

Tabla 12: Costos Indirectos

COSTOS INDIRECTOS				
NUM	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR U.	VALOR T.
1	TRANSPORTE	1	\$ 200	\$ 200
2	ALIMENTACIÓN	1	\$ 100	\$ 100
			TOTAL	\$ 300

Elaborado por: Investigadores

Cálculo total de los gastos

Tabla 13: Cálculo de gastos

CÁLCULO DE GASTOS				
NUM	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR U.	VALOR T.
1	COSTOS DIRECTOS	1	\$ 917,5	\$ 917,5
2	COSTOS INDIRECTOS	1	\$ 300	\$ 300
3	IMPREVISTOS	1	\$ 121,75	\$ 121,75
			TOTAL	\$ 1217,5

Elaborado por: Investigadores

NOTA ACLARATORIA. El costo total del proyecto correrá por cuenta de los investigadores.

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones

- La información referente al tema propuesto es representativa en lo que respecta a campos electromagnéticos, teniendo aun un área referente al magnetismo que no ha sido observada en su totalidad.
- Realizado diferentes pruebas al prototipo se puede concluir que este cumple con los principales parámetros de diseño como: eficiencia térmica, control de caudal de agua, que puede calentar materiales exclusivamente diamagnéticos y paramagnéticos (cobre, aluminio).
- Al considerar que el Gas licuado de petróleo (GLP) es un producto subsidiado, resulta más económico el uso del calefón a gas, pero teniendo en cuenta el precio real del GLP, puede considerarse el calentador de agua como la opción más económica, debido que el prototipo tiene una eficiencia del 65.33% en comparación a los demás dispositivos de calentamiento de agua, en especial del calefón a gas, que tiene un porcentaje de 7.36% y al realizar el estudio comparativo de eficiencia entre los cuatro calentadores quedó demostrado que el calentador más eficiente es el actual, en relación a la ducha eléctrica que tiene un porcentaje de 40,83 %, lo que quiere decir que utiliza menos energía que las demás.
- En función de adecuar un sistema de control que sea eficiente térmica y económicamente, se optó por que el prototipo sea controlado en base a la tarjeta Arduino, y un módulo a distancia Nextion

Recomendaciones

- A pesar que las pruebas realizadas en el prototipo se hicieron de manera continua y se pudo adecuar todos los inconvenientes en su funcionamiento, se recomienda el diseño del mueble y la ubicación de los elementos de transmisión de potencia de manera que menor en el consumo eléctrico y evitar daños en estos elementos por sobre temperatura.
- Para que el sistema sea más eficiente se recomienda utilizar en fuentes naturales de energía como en un pico central eléctrica, con la potencia de empuje que estas centrales ofrecen sería más fácil aumentar la velocidad del dispositivo y de esta manera producir más calor para la transferencia así mismo no se estaría gestando un gasto energético.

- Con el propósito de que este prototipo se pueda construirse en el país, se recomienda que la mayor parte de los elementos sean los más económicos posible, sin descuidar la calidad de los mismos, esto implica que el país pueda producir los mismos. De manera que se promueva la industria principalmente de lo que respecta a la parte electrónica que es un campo poco explotado.
- Para determinar definitivamente si el proyecto es o no viable, se recomienda realizar un estudio en el cual se determine el número de calentadores necesarios por familia, también si se requiere o no cambiar las instalaciones de las residencias, además si los dimensionamientos de los transformadores en la red eléctrica son adecuados cuando los calentadores estén en funcionamiento al mismo tiempo.

15. BIBLIOGRAFÍA

Area tecnología. (s.f.). Obtenido de <http://www.areatecnologia.com/tecnologia/calderas-de-gas.html>

Budynas, R. G. (2013). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. Mexico: McGrawHill.

Cengel, Y. A. (2007). *Transferencia de calor y masa*. Mexico: McGraw hill.

DAvid Rodrigues; David Ribas; Andrés Lara. (15 de Febreo de 2005). Electromagnetismo. *Estudio del electromagnetismo*. Terrasa, Terrasa, España: Gilba Sl.

Francisco Antonio Aguirre; Hernan Diógenes Alarcon. (Marzo de 2015). Diseño y construcción de una cocina de inducción electromagnética de una zona de calentamiento basado en un inversor monofásico de alta frecuencia y un microcontrolador. Guayaquil, Guayas, Ecuador: UPS.

Garcia, A. F. (5 de Enero de 2013). *Curso interactivo de física en internet*. Obtenido de Curso interactivo de física en internet: http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica_/index.html

Hector Barco Rios; Edilberto Rojas Calderón; Elisabeth Restrepo Parra. (2012). *Física, Principio de Electricidad y Magnetismo*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.

Mayorga, G. (2014). *full mecanica*. Obtenido de full mecanica: <http://www.fullmecanica.com/minue>. (Octubre de 2010). *DECOESFERA*. Obtenido de proyecta al total de clientes residenciales de la E.E.R.C.S que utilizan ducha eléctrica para calentamiento de agua, que como se ve en la pregunta 1 es de <http://decoracion.tendencias.com/electrodomesticos/calentador-a-gas-o-termo-electrico-con-cual-me-q>

- Paul Allen Tipler, G. M. (2003). *Física para la ciencia y la tecnología TIPLER MOSCA*. Barcelona: REVERTÉ.
- Serway, R. A. (2010). *Electricidad y Magnetismo*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Sotomayor, N. (2 de septiembre de 2014). Diseño y construcción de un prototipo de una cocina de inducción electromagnética. Quito, pichincha, Ecuador: ResearchGate.
- Supermagnete. (Junio de 2015). *Supermagnete*. Obtenido de <https://www.supermagnete.es/ger/magnetismus>
- Tolocka. (09 de 05 de 2015). *Profetolocka*. Obtenido de <http://www.profetolocka.com.ar/2015/05/09/modulo-de4-reles-para-arduino>

ANEXOS

Hojas de vida de los investigadores

CURRÍCULUM VITAE



1.- DATOS PERSONALES

NOMBRES Y APELLIDOS:	Edwin Homero Moreano Martínez
FECHA DE NACIMIENTO:	1980-09-08
CEDULA DE CIUDADANÍA:	0502607500
ESTADO CIVIL:	Divorciado
NÚMERO TELEFÓNICOS:	032297100
NÚMERO CELULAR:	0984568934
E-MAIL:	moreanoed@hotmail.com / edwin.moreano@utc.edu.ec

2.- ESTUDIOS REALIZADOS

POST GRADO “CUARTO NIVEL”: Universidad Técnica de Cotopaxi

POST GRADO “CUARTO NIVEL”: Universidad Técnica de Cotopaxi

POST GRADO “CUARTO NIVEL”: Universidad Técnica de Cotopaxi

PREGRADO “TERCER NIVEL”: Escuela Superior Politécnica del Ejército sede Latacunga

SUFICIENCIA EN IDIOMA EXTRANJERO: Universidad Técnica de Cotopaxi

SUFICIENCIA EN IDIOMA EXTRANJERO: Escuela Superior Politécnica del Ejército sede Latacunga

NIVEL SECUNDARIO: “Instituto Tecnológico Superior Vicente león”

NIVEL PRIMARIO: Escuela “Simón Bolívar”

HOJA DE VIDA
DATOS PERSONALES



NOMBRE	Carlos Rodolfo Maldonado Chávez
CEDULA DE IDENTIDAD	180396974-8
FECHA DE NACIMIENTO	13 de octubre de 1984
LUGAR DE NACIMIENTO	Pichincha, Quito
ESTADO CIVIL	Soltero
DIRECCIÓN	San Felipe, Mayorista (Latacunga)
TELÉFONO	0987646040
E-MAIL	maldonado_c84@hotmail.com

FORMACION ACADEMICA

Estudios Secundarios:	Instituto Superior Tecnológico Guayaquil Bachiller técnico en Mecánica Industrial Ambato 2004
Estudios Primarios:	Escuela Jorge Carrera Andrade Ambato 1999
Idioma Extranjero:	Inglés Dominio del idioma hablado (Bueno) Español Dominio del idioma escrito (Bueno)

HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES

NOMBRES	NÉSTOR ANDRÉS
APELLIDOS	NOGALES GALLO
CEDULA	050288529-6
FECHA DE NACIMIENTO	08 DE AGOSTO DE 1992
ESTADO CIVIL	SOLTERO
TELEFONOS	032818035/0987941462
DIRECCION	Latacunga-Las Bethlemitas
NACIONALIDAD	ECUATORIANO
EMAIL	anestor1248@yahoo.com



FORMACIÓN ACADÉMICA

PRIMARIA : Unidad Educativa FAE Nro. 5
SECUNDARIA : Instituto Tecnológico Superior Ramón Barba Naranjo
BACHILLER TECNICO INDUSTRIAL ESPECIALIZACION EN ELECTRÓNICA
DE CONSUMO.

Programación del dispositivo

```
int nivel;
int ni=8;
int re1=12;//MOTOR
int re2=11;//VALVULA 1
int re3=10;//VALVULA 2
int re4=9;
const int s1T=A0;
int s2=A0;
char estado;
int f=0;
int mot=0;
int temp;
int motor=2;
int val1=3;
int val2=4;
int ta=40;
int i=0 ,j=0;
int h=0;

float celsius ;

void setup()
{
digitalWrite(re1,HIGH);
digitalWrite(re2,HIGH);
digitalWrite(re3,HIGH);

pinMode(ni,INPUT);
pinMode(re1,OUTPUT);
pinMode(re2,OUTPUT);
pinMode(re3,OUTPUT);
pinMode(re4,OUTPUT);
pinMode(motor,OUTPUT);
pinMode(val1,OUTPUT);
pinMode(val2,OUTPUT);

Serial.begin(9600);

ta=40;
}

void loop()
{
temp=celsius;

if(Serial.available(> 0)
{
estado=Serial.read();
}

nivel=digitalRead(ni);

int value = analogRead(s1T);
float millivolts = (value / 1023.0) * 5000;
float celsius = millivolts / 10;
temp=celsius;
//Serial.print("n1.val=");
```