

CALENTADOR DE AGUA DE PASO POR INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

**DUBER ARMANDO ACEVEDO PATIÑO
JULIAN CAMILO ALVAREZ MONCADA
CARLOS ALBERTO HERNANDEZ MONTOYA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA ELÉCTRICA
MEDELLIN
2018**

CALENTADOR DE AGUA DE PASO POR INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

**DUBER ARMANDO ACEVEDO PATIÑO
JULIAN CAMILO ALVAREZ MONCADA
CARLOS ALBERTO HERNANDEZ MONTOYA**

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero electricista

Asesor técnico

Carlos Mario Moreno Paniagua

Ingeniero eléctrico

Asesor metodológico

John James Murillo Duque

Ingeniero en instrumentación y control

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERIA ELÉCTRICA

MEDELLIN

2018

Contenido

Lista de figuras	7
Lista de tablas	9
Lista de anexos	10
Resumen.....	11
Abstract	12
Glosario	13
Introducción	14
1. Planteamiento del problema	17
1.1 Descripción.....	17
1.2 Formulación.....	17
2. Justificación.....	18
3. Objetivo	20
3.1 Objetivo General	20
3.2 Objetivos Específicos.	20
4. Marco teórico	21
4.1. Flujo y presión.....	21
4.1.1 Velocidad en Tuberías.	21
4.1.2 Efecto de la velocidad.....	22
4.1.3 Efectos de la temperatura	22
4.1.3 Determinación del Diámetro de Tubería.....	23
4.1.4 Denominación de Tuberías.	23
4.2. Caudal.....	24
4.3. Principio de Bernoulli.....	25
4.4. Principio de Pascal.	29

4.4.1. Presión	29
4.4.2. Presión absoluta y relativa	30
4.4.3. Presión hidrostática e hidrodinámica.	30
4.5. Sensores de control de flujo y presión	31
4.5.1. De pistón.	31
4.5.2 De paleta (compuerta).	32
4.5.3 De elevación (tapón).	32
4.5.4 Como escoger los dispositivos	33
4.6 Tuberías metálicas	34
4.6.1 Uso industrial.	34
4.6.1.1 Energía.	34
4.6.2 Tuberías de acero (galvanizado).	34
4.6.3 Tuberías de acero inoxidable.	35
4.6.4 Tuberías de cobre.	35
4.6.5 La ley de Raoult.	35
4.7 Transferencia de calor	37
4.8. Diseño	40
4.8.1 Etapas de un proyecto	40
4.8.2 Definición y selección de la estrategia.....	41
4.8.3 Actividades de un Proyecto	41
4.8.4 Recursos de un Proyecto.	41
4.8.4 Factores Externos de un Proyecto.	41
4.8.5 Diseño de la Evaluación del Proyecto	42
4.9 Diámetro para tuberías	42
4.10. Resistividad	43

4.10.1 La resistividad eléctrica.	43
4.10.2 Medición de la resistividad eléctrica.....	45
4.10.3 Ley de ohm Conductividad y Resistividad	45
4.10.4 Conductancia.....	45
4.10.5 Resistencia	46
4.10.6 Carga eléctrica.....	46
4.10.7 Corriente eléctrica	47
4.10.8 Potencial eléctrico.....	47
4.11 Campo eléctrico	48
4.11.1 Ley de Coulomb.....	49
4.12. Campo magnético	50
4.13. Temperatura.....	52
4.13.1. Calor.....	54
4.13.2. Calor específico.....	54
4.13.3 Transmisión de calor	55
4.13.4. Conductividad térmica	56
4.14. Potencia eléctrica	56
4.14.1 Unidad potencia eléctrica (vatio).	58
4.15 Diagrama de bloques.	58
4.15.1 Punto de suma.	60
4.15.2 Diagrama de bloques de un sistema de lazo cerrado	60
4.15.3 Reglas del algebra de bloques.....	62
4.16 Inducción electromagnética (principios electromagnéticos)	63
4.16.1 Ley de Ampere.....	63
4.16.2 Flujo Magnético.	63

4.16.3 Ley de Faraday – Lenz.....	64
4.16.4 Inductancia.	64
4.16.5 Energía Magnética	65
4.17 Principio de calentamiento por inducción	65
5. Metodología	68
5.1 Tipo de proyecto	68
5.2 Método.....	68
6. Resultados	71
7. Conclusiones	86
8. Recomendaciones	88
9. Referencias bibliográficas.....	90
10. Bibliografías	93
11. Anexo	94

Lista de figuras

Figura 1. Velocidad de la corrosión.....	23
Figura 2. Física termodinámica (caudal).....	26
Figura 3. Principio de Bernoulli # 1.....	27
Figura 4. Principio de Bernoulli # 2.....	28
Figura 5. Principio de Bernoulli # 3.....	28
Figura 6. Esquema del efecto Venturi.....	28
Figura 7. Principio de Pascal.....	29
Figura 8. Sensor de flujo tipo Pistón.....	32
Figura 9. Sensor de flujo Tipo Paleta.....	32
Figura 10. Sensor de Flujo Tipo Tapón.....	33
Figura 11. Reacción de corrosión.....	37
Figura 12. Convención térmica.....	39
Figura 13. Diámetro.....	43
Figura 14. Resistividad eléctrica.....	44
Figura 15. Campo eléctrico.....	48
Figura 16. Ley de Coulomb.....	50
Figura 17. Campo magnético alrededor de un alambre.....	50
Figura 18. Unidades de temperatura.....	53
Figura 19. Transmisión de calor.....	55
Figura 20. Ilustración potencia eléctrica.....	57
Figura 21. Elementos de un diagrama de bloques.....	59
Figura 22. Punto de suma.....	60
Figura 23. Diagrama de bloques de un sistema en lazo cerrado.....	61
Figura 24. Sistema en lazo cerrado.....	61
Figura 25. Diagrama de bloques matemáticos.....	62
Figura 26. Principio de calentamiento por inducción.....	66
Figura 27. Diseño estructura bobina.....	73
Figura 28. Diseño tubería.....	74
Figura 29. Diagrama de bloques.....	80

Figura 30. Diseño bobina	82
Figura 31. Tabla de convenciones	83
Figura 32. Sistema de control	84

Lista de tablas

Tabla 1. Mediciones de presión y caudal. Mediciones de presión y caudal.	72
Tabla 2. Porcentaje de eficiencia de sensor de flujo y caudal.....	72
Tabla 3. Paso de agua Paso de agua.....	75
Tabla 4. Mediciones de temperatura, calentador en vacío	76
Tabla 5. Características de corrosión e inducción electromagnética de algunos metales	76
Tabla 6. Pruebas de temperatura inducción	77
Tabla 7. Comparación de consumo para el calentamiento respecto al flujo	78
Tabla 8. Saturación del agua.	79
Tabla 9. Temperatura máxima de funcionamiento	81
Tabla 10. Características de la bobina	82

Lista de anexos

Anexo 1. Tubería conductora.....	94
Anexo 2. Tablero control de temperatura	94
Anexo 3. Estructura base bobinas	95
Anexo 4. Bobina	95
Anexo 5. Circuito inductor.....	96
Anexo 6. Módulo de placa de calefacción de inducción de bajo voltaje Yosoo 1000W	97
Anexo 7. Medidor de flujo	97
Anexo 8. Tabla de convenciones control temperatura	98
Anexo 9. Circuito de potencia.....	99
Anexo 10. Circuito de control.....	100
Anexo 11. Soporte de bobinas	101
Anexo 12. Medidas de la bobina.....	102
Anexo 13. Tipos de conductores.....	103
Anexo 14. Diagrama de bloques- lazo cerrado	104

Resumen

CALENTADOR DE AGUA DE PASO POR INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

DUBER ARMANDO ACEVEDO PATIÑO

JULIAN CAMILO ALVAREZ MONCADA

CARLOS ALBERTO HERNANDEZ MONTOYA

La tecnología del calentador de agua por inducción electromagnética cuenta con sistemas mucho más eficientes y amigables con el medio ambiente gracias al desarrollo de nuevos diseños, los cuales reflejan una notable disminución en su consumo de energía vs la rapidez con que se obtiene el agua caliente. El objetivo de este proyecto es el diseño y construcción de una bobina para un calentador de agua por inducción electromagnética. La finalidad de esta bobina, es ser una alternativa muy eficiente para el calentamiento de agua en el sector industrial. Su funcionamiento está basado principalmente en tres procesos: 1) Un controlador de flujo, encargado del paso de agua que permitirá un sistema continuo y efectivo de un 97%, el cual se obtuvo mediante el teorema de Bernoulli y Pascal; 2) El sistema de conducción de agua, encargado de disipar el calor y mantener el flujo magnético, donde se evaluaron diferentes tipos de materiales, a lo cual se determinó que el acero inoxidable por un excelente conductor de campo magnético con una efectividad del 45% en comparación a otros materiales. Igualmente se realizaron dos prototipos, uno en forma de serpentín y el otro en forma ovalada; por ultimo, 3) El sistema de inducción electromagnética con control de temperatura, encargado de calentar y evaporar el agua mediante el principio de calentamiento por inducción. Llegando a un alcance de 120° grados Celsius en 3 minutos, controlado mediante un sensor de temperatura de resistencia variable y un termostato. Este proyecto fue simulado en el programa Autodesk Inventor y eléctrica 2017, generando una reducción del 25% en los costos de fabricación. Luego de la fabricación de este calentador, se pudo realizar un comparativo con calentadores eléctricos, dando como resultados una eficiencia energética mayor al 22,35% y consumo energético de 45,71%. Lo que genera una reducción del 54,29% con relación a los encontrados en el mercado.

Palabras claves: bobinas, control, inducción electromagnética, sistema

Abstract

CALENTADOR DE AGUA DE PASO POR INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

DUBER ARMANDO ACEVEDO PATIÑO

JULIAN CAMILO ALVAREZ MONCADA

CARLOS ALBERTO HERNANDEZ MONTOYA

The electromagnetic induction water heater technology is much more efficient and friendly system with the environment, thanks to the development of new designs, which reflect a remarkable decrease in its energy consumption vs the speed with which hot water is obtained. This project aim is to design and construct a coil for a water heater by electromagnetic induction. The purpose of this coil is to be a very efficient alternative for water heating in the industrial sector. Its operation is based mainly on three processes: 1) A flow controller, responsible for the passage of water that will allow a continuous and effective system of 97%, which was obtained by the Bernoulli and Pascal theorem; 2) The water *conduction system*, in charge of dissipating the heat and maintaining the magnetic flow, where different types of materials were evaluated, to which stainless steel was determined by an excellent magnetic field conductor with an effectiveness of 45% in comparison to other materials. Likewise, two prototypes were made, one in the form of a coil and the other in an oval shape; finally, 3) The electromagnetic induction system with *temperature control*, responsible for heating and evaporating the water by the principle of induction heating. Reaching a range of 153 degrees Celsius in 3 minutes, controlled by a variable resistance temperature sensor and a thermostat. This project was simulated in the Autodesk Inventor and electric 2017 program, generating a 25% reduction in manufacturing costs. After the manufacture of this heater, it was possible to make a comparison with electric heaters, resulting in an energy efficiency greater than 22.35% and energy consumption of 45.71%. What generates a reduction of 54.29% compared to those found in the market.

Keywords: coils, control, electromagnetic induction, system

Glosario

Campo magnético: Es una descripción matemática de la influencia magnética de las corrientes eléctricas y de los materiales magnéticos. El campo magnético en cualquier punto está especificado por dos valores, la dirección y la magnitud.

Corriente eléctrica: Es un conjunto de cargas en movimiento. También es una magnitud física que indica la cantidad de electricidad que recorre un conductor, durante una unidad de tiempo determinada.

Inducción electromagnética: Es el fenómeno que origina la producción de una fuerza electromotriz (f.e.m. o voltaje) en un medio o cuerpo expuesto a un campo magnético variable, o bien en un medio móvil respecto a un campo magnético estático. Es así que, cuando dicho cuerpo es un conductor, se produce una corriente inducida.

Sistema: Es un conjunto de funciones que operan en armonía o con un mismo propósito, y que puede ser ideal o real.

Sistema de control: Es un conjunto de dispositivos encargados de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados teóricamente verdaderos.

Temperatura: Es una magnitud física que refleja la cantidad de calor, ya sea de un cuerpo, de un objeto o del ambiente. Dicha magnitud está vinculada a la noción de frío (menor temperatura) y caliente (mayor temperatura).

Introducción

Según las proyecciones energéticas durante el período 2000-2030, la demanda mundial de energía aumentará a un ritmo aproximado del 1,8% anual. El impacto del crecimiento económico y del crecimiento demográfico (que se situarán, respectivamente, en una media anual del 3,1% y el 1%) se verá equilibrado por una disminución anual de la intensidad energética del 1,2%, como consecuencia del efecto combinado de los cambios estructurales en la economía, los avances tecnológicos y el incremento del coste de la energía. El consumo energético predominado por el petróleo 38%, carbón 26%, gas 23%, eléctrico 12% y geotérmico 1%. (Counci, 2014)

El consumo energético eléctrico a nivel mundial es de 21,772 kW/h (miles de millones) anual, con una tendencia de crecimiento del 3% anual. El consumo en Colombia es de 57.6 kW/h, de los cuales en Antioquia es de 8.6 kW/h. El alto costo de la energía ha obligado a las empresas a controlar hoy, más que nunca, cómo y dónde la emplean y la consumen. La producción y consumo de vapor se ha convertido, en muchos procesos industriales, en un aspecto crítico que es necesario analizar y optimizar para llegar ser competitivo. En Antioquia la utilización de calentadores en procesos industriales es en promedio del 50%, el cual está determinado por el uso de duchas eléctricas, calentadores eléctricos, calentadores a gas, tanques con calentador a gas – paso. Se busca analizar todos los aspectos relacionados con la producción y utilización del vapor en procesos industriales con el objetivo de optimizar su producción y reducir su consumo al necesario. (ENERGÍA, 2007)

El proceso de calentamiento por inducción electromagnética es altamente eficiente desde el punto de vista energético. Convierte la energía consumida en calor útil hasta en un 90%. (Gonzalez, Aller, László, & Horvart, 2013)

Este proyecto va dirigido a la Institución Universitaria Pascual Bravo, en la cual, se adelantan proyectos de formación de estudiantes en la modalidad investigativa, que buscan reducir los costos y mantenimiento en la generación de vapor de agua. El propósito es desarrollar un calentador de agua por inducción electromagnética teniendo en cuenta las necesidades actuales en el campo eléctrico, lo cual lleva a buscar una disminución entre un 20-30% de su consumo

energético y mantenimiento lo que permitirá mayor eficiencia al momento del calentamiento según las necesidades. (Alvarez Moncada, Acevedo Patiño, & Hernandez Montoya, 2018)

En la industria se encuentra varios métodos de calentadores de agua como calentadores a gas, eléctricos, solares y por microondas. En el diseño de Jacobo Cáceres, Byron Montero, del departamento de Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, Ecuador en 2016, presenta un diseño y construcción de un calentador de agua en base al análisis de un sistema eficiente de inducción electromagnética; donde presentan una investigación de análisis y discernimiento de una cocina de inducción, con la finalidad de aprovechar las aproximaciones de funcionamiento desarrollados en estos equipos, de fácil acceso comercial. El diseño electrónico propuesto se contempla una etapa de potencia, una etapa de realimentación, una etapa de sincronización de pulsos y una etapa de protección del elemento de conmutación sobre temperatura. Donde compararon la eficiencia energética y un calentador eléctrico convencional que se basa en El calentamiento resistivo, se puede determinar valores porcentuales de 95.31% y 82.95% respectivamente, se muestra una clara diferencia, entre los dos sistemas de calentamiento, al comparar el consumo energético se tiene 0.95 kW en el calentador de inducción electromagnética y 4.31 kW en la ducha eléctrica, se determina una amplia diferencia en cuanto al consumo. (Cáceres Rodríguez & Montero Llundo, 2016)

Por otra parte el trabajo de Quevedo Avila Luis Felipe y Mancheno Mancheno César Gonzalo de la universidad politécnica salesiana de la carrera de ingeniería eléctrica donde realizaron un diseño y pruebas de una bobina para un calentador de agua por inducción donde realizaron un comparativo entre un caudal de 1 L/min y 0,5 L/min y un tiempo de 60 segundos obtuvieron una temperatura de 32° - 50° y una eficiencia de 90.16 y 92,81 respectivamente se evidencia que a menor caudal mayor es su eficiencia. (Quevedo Avila & Mancheno Mancheno , 2016)

En este trabajo se realizó una revisión bibliográfica de los controles de flujo, presión y temperatura, tipos de tuberías conductoras de flujo magnético y transferidor de calor, circuitos de potencia, diagrama de bloques, campo magnético, eléctrico y principios de inducción electromagnética. Se investigó y se analizaron 5 trabajos sobre es el tema principal y los tipos de calentadores que hay en el mercado y cómo funcionan, su consumo y eficiencia energética. Con

base a esto se diseñó un sistema de control de flujo y presión, sistema de conducción de agua. Diseños y prototipos de inductores electromagnéticos con un control de temperatura llegando al objetivo general del diseño de un calentador de inducción electromagnética. Evaluando la eficiencia de diferentes tipos de bobinas inductoras. (Alvarez Moncada, Acevedo Patiño, & Hernandez Montoya, 2018)

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción

La Institución Universitaria Pascual Bravo, adscrita al municipio de Medellín, con un gran reconocimiento en formar técnicos, tecnólogos y actualmente está formando profesionales en el área eléctrica, con altos niveles académicos en sus programas técnicos, educando profesionales competentes para el mundo laboral. Este proyecto va dirigido a la Institución Universitaria Pascual Bravo, y a la comunidad en general ya sea el comercio, industria y afines. Enfocados en las disposiciones de la institución y sus políticas, buscaremos desarrollar un calentador de agua por inducción electromagnética teniendo en cuenta las necesidades actuales en el campo eléctrico, el alto costo de la energía ha obligado a las empresas a controlar hoy más que nunca cómo, dónde la emplean y consumen. La producción y consumo de vapor se ha convertido en muchos procesos industriales en un aspecto crítico que es necesario analizar y optimizar para ser competitivo. Lo cual ha llevado a buscar una mayor eficiencia en su funcionamiento lo que permitirá menor consumo energético al momento del calentamiento según las necesidades.

1.2 Formulación.

¿Cómo optimizar la eficiencia energética y disminuir los costos de mantenimiento en la generación de vapor y agua caliente?

2. Justificación

El propósito de este desarrollo es generar alternativas eficientes en el consumo energético, disminuyendo los costos en la generación de agua caliente, del vapor y en sus diferentes usos, los cuales estarán basados en tres propósitos principales:

Poder controlar el paso de agua el cual permita un sistema continuo y efectivo en el cual no hallan pérdidas. Evaluar y analizar los tipos de materiales más eficientes conductores de calor. Obtener diferentes diseños de bobinas electromagnéticas para comparar sus eficiencias.

Con el desarrollo del calentador de agua de paso por inducción electromagnética proporcionará datos el cual permitirá evaluar su eficiencia energética, ayudando a comparar con los calentadores actuales y así resolver la problemática actual del consumo de energía desmedido. Esta problemática no reside únicamente en la obtención de esta, sino en los efectos colaterales asociados a los procedimientos empleados y así poder contribuir al desarrollo eléctrico sostenible con responsabilidad ambiental. Por lo consiguiente se tendrá tres aspectos importantes en su utilidad metodológica: el control de flujo y presión, el sistema de conducción de agua, el sistema de inducción electromagnética con control de temperatura.

El consumo energético eléctrico a nivel mundial es de 21,772 kW/h (miles de millones) anual. Con una tendencia del 3% anual. El consumo en Colombia es de 57.6 kW/h, en Antioquia es de 8.6 kW/h. El alto costo de la energía ha obligado a las empresas a controlar hoy más que nunca cómo y dónde la emplean y consumen. La producción y consumo de vapor se ha convertido en muchos procesos industriales en un aspecto crítico que es necesario analizar y optimizar para ser competitivo. En Antioquia la utilización de calentadores en sus procesos industriales su promedio es de 50% el cual está determinado por ducha eléctrica, calentador eléctrico, calentador a gas, tanque calentador a gas – paso. El cual se busca analizar los calentadores eléctricos, todos sus aspectos relacionados con la producción y utilización del vapor en procesos industriales. El objetivo principal es ¿cómo optimizar su producción, reducir su consumo energético y de mantenimiento? (ENERGÍA, 2007)

Con esta problemática será centrada en evaluar sus principales partes y así identificar sus problemas que pueden radicar fundamentalmente en:

Controladores de flujo y presión no son los adecuados o no se tienen con llevan a datos erróneos en determinar cuánta agua está circulando, generando así poca utilidad eficiente del caudal de agua. (Alvarez Moncada, Acevedo Patiño, & Hernandez Montoya, 2018)

Un canal adecuado para conducir agua lo que trae como consecuencia no tener un buen conductor de agua, no hay forma que se aproveche al máximo el calentamiento por inducción electromagnética. (Alvarez Moncada, Acevedo Patiño, & Hernandez Montoya, 2018)

No tener el medio alternativo para de calentamiento de agua y mal diseñado, lo que produce, no obtener información para determinar, comparar y calcular la eficiencia energética. (Alvarez Moncada, Acevedo Patiño, & Hernandez Montoya, 2018)

3. Objetivo

3.1 Objetivo General

Desarrollar un calentador de paso por inducción electromagnética evaluando su eficiencia energética para disponer de una nueva alternativa en generación de vapor.

3.2 Objetivos Específicos.

Implementar un sistema de control de flujo y presión mediante el teorema de Bernoulli y pascal para la obtención del adecuado caudal del agua.

Construir el sistema de conducción de agua mediante cálculos de transferencia de calor y resistividad, que sea eficiente conductor de campo magnético y disipador de calor.

Elaborar diferentes prototipos de inductores electromagnéticos con control de temperatura mediante el principio de calentamiento por inducción para la obtención de agua caliente y vapor.

4. Marco teórico

4.1. Flujo y presión

4.1.1 Velocidad en Tuberías. La velocidad de un fluido a través de una tubería es algo que se debe analizar pues si esta es demasiado alta se presentan problemas de desgaste de las paredes por fricción la cual puede destruir la película de inhibidor que en algunos casos protege la pared de la tubería dejándola expuesta a la corrosión o si la fricción es muy alta se puede presentar desgaste de la tubería por abrasión ; por otra parte si la velocidad es demasiado baja se pueden presentar problemas de depósito de sólidos y esto reduce el tamaño de la tubería . En estas redes se trata de conseguir que las tuberías sean capaces de llevar un cierto caudal, a una velocidad limitada (generalmente para evitar ruidos por las turbulencias) lo que exige aplicar una cierta energía, en forma de presión, en el sistema, presión que depende de las condiciones de circulación y de la red. (Fernandez, 1984)

Para que el agua circule entre dos puntos, desde un punto inicial a un punto final, debe existir entre estos dos puntos una diferencia de presión. Esta diferencia de presiones debe igualarse a la energía necesaria para, vencer el rozamiento debido a la rugosidad de la tubería (pérdida de carga lineal) y las pérdidas en los accidentes del recorrido (pérdidas de carga localizadas). Para evaluar la energía necesaria han de conocerse las propiedades físicas intrínsecas del fluido en cuestión, así como una serie de características que han de aplicarse a su circulación por la red o circuito, tales como: Régimen de funcionamiento (régimen laminar, régimen transicional o régimen turbulento), Caudal circulante, volumen de agua por unidad de tiempo (energía por velocidad dinámica), Presión interna (energía de presión), Velocidad de circulación (energía cinética), Energía por posición (energía potencial) (Fernandez, 1984)

Experimentalmente se ha encontrado que la máxima velocidad permisible de un gas en una tubería para que no haya erosión se puede calcular de.

$$Vc = \frac{C}{\rho^{0,5}}$$

Donde:

V_c : Velocidad erosional

P : Densidad del fluido

C : Constante cuyo valor esta entre 75 y 150, Y 366.3 Y 732.6 cuando se usan unidades absolutas de los sistemas inglés y SI de unidades respectivamente; normalmente se toma 100 Y488. (Fernandez, 1984)

Teniendo en cuenta que $v = q/A$ la ecuación (1) se convierte en.

$$V_c = \frac{Qc}{A} = \frac{C}{\rho^{0,5}}$$

4.1.2 Efecto de la velocidad. Al aumentar la velocidad de la circulación del agua se incrementa no solo el aporte de oxígeno, sino también la facilidad de llegada a la superficie de la superficie metálica, lo que favorece al desarrollo de la reacción catódica, y con ello el proceso de corrosión de los materiales normalmente utilizados en tuberías de agua. Si la velocidad es lo suficientemente elevada el agua es capaz de remover las capas protectoras de corrosión, por lo que parece recomendable utilizar velocidades bajas y entendiendo que las aguas estancadas deben de evitarse en lo posible. Para tuberías de conducción de agua caliente o fría se recomiendan las siguientes velocidades de circulación: Tuberías bajo suelo 2 m/s, columnas montantes 1.5 m/s, ramificaciones para diferentes plantas y aparatos 1 m/s. (Fernandez, 1984)

4.1.3 Efectos de la temperatura. La velocidad de corrosión como otras reacciones aumenta con la temperatura. En el caso de los metales en contacto con el agua, el aumento del proceso de corrosión con la temperatura se debe, al aumento de la velocidad de la difusión del oxígeno hacia las áreas catódicas de la superficie metálica al aumento de la movilidad iónica (y con ello la conductividad) y la tendencia a formar películas no protectoras. (Fernandez, 1984)

La velocidad de corrosión para una concentración constante de oxígeno se duplica aproximadamente por cada 30° C que aumenta la temperatura, en un recipiente abierto que permite el escape del oxígeno disuelto hasta los 80° C. (Fernandez, 1984)

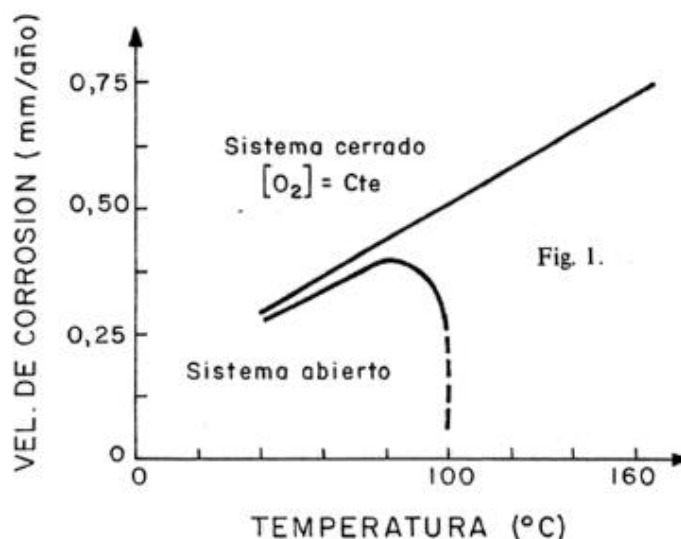


Figura 1. Velocidad de la corrosión.

Fuente. Extraído de www.books.google.com.co

Nota: Gráfica de efecto de la corrosión por el oxígeno en el agua según la temperatura.

4.1.3 Determinación del Diámetro de Tubería. Cuando se quiere transportar una cantidad dada de gas a través de una distancia dada y con una determinada caída de presión, el diámetro de la tubería requerida se calcula de la siguiente manera. Haciendo uso de las ecuaciones de flujo (Weymouth, Pan-Handle u otra) se determina d , diámetro interno de la tubería requerido para llevar el gas bajo la caída de presión establecida. (Fernandez, 1984)

4.1.4 Denominación de Tuberías. Para identificar adecuadamente la tubería que se requiere para trabajar en unas condiciones dadas se deben especificar una serie de características relacionadas con tamaño, espesor tipo de acero y condiciones de trabajo. En general los parámetros a especificar son: (Ver tabla 11, Norma ANSI -B313). Tamaño Nominal. Generalmente es un número entero, el más próximo al diámetro externo de la tubería cuando este es menor de 14 pulgadas (355 mm) a el mismo diámetro externo cuando este es mayor de 14 pulgadas (355 mm). Es el peso de la tubería en lbs/pie. (Kgs/m). (Fernandez, 1984)

4.2. Caudal

El cálculo del caudal de agua corresponde a la cantidad de agua que pasa por un lugar ya sea (tubería, canal, etc.) una cierta cantidad en un tiempo determinado el cual corresponde a un volumen de agua y viene expresado por la ecuación de continuidad: (www.academia.edu, 2018)

$$Q = V \times A$$

Donde:

Q: es el caudal (m³/s)

V: es la velocidad (m/s)

A: área de sección transversal de la tubería (m²)

El cálculo de caudales se basa en el Principio de Bernoulli que, para un líquido que fluye en un conducto sin rozamiento, se expresa como. (www.academia.edu, 2018)

$$z + \frac{v^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} = \textit{constante}$$

Donde:

Z: es el valor de posición del líquido (de su centroide), respecto a un sistema de coordenadas. Se le conoce también como altura de posición.

g: la gravedad.

p: densidad del líquido.

P: presión del líquido en la tubería.

Es importante tener en cuenta que esta ecuación es válida tanto para presiones absolutas (la presión en un punto del fluido, más la presión atmosférica), como para presiones relativas (solamente la presión en el punto del fluido sin considerar la presión atmosférica). Como en los

circuitos que se suelen estudiar, las diferencias de altura son relativamente reducidas, puede considerarse que la presión atmosférica es constante y generalmente se usa utilizando presiones relativas. (Instrumentacion y Control Avanzado de Procesos, 2013)

Se aprecia que los tres sumandos son, dimensionalmente, una longitud, por lo que el principio normalmente se expresa enunciando que, a lo largo de una línea de corriente, la suma de la altura geométrica (z) la altura de velocidad ($V^2/2g$) y la altura de presión (P/pg) se mantiene constante. (Instrumentacion y Control Avanzado de Procesos, 2013)

Considerando el rozamiento presente en las paredes de la tubería al desplazarse el líquido, la ecuación entre dos puntos 1 y 2 se puede expresar como:

$$z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{pg} = z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{pg} + (\mathbf{Perdidas\ 1,2}) \text{ o}$$

$$(z_1 - z_2) + \frac{(v_1^2 - v_2^2)}{2g} + \frac{(P_1 - P_2)}{pg} = (\mathbf{Perdidas\ 1,2})$$

Donde pérdidas (1,2) es la pérdida de energía (o de altura) que sufre el fluido por rozamiento al circular entre el punto 1 y el punto 2. Esta ecuación es aplicable por igual al flujo por tuberías como por canales y ríos. Si L es la distancia entre los puntos 1 y 2 (medidos a lo largo de la conducción), entonces el cociente (pérdidas (1,2)) / L representa la pérdida de altura por unidad de longitud de la conducción. A este valor se le llama pendiente de la línea de energía y se lo denomina J . (Instrumentacion y Control Avanzado de Procesos, 2013)

4.3. Principio de Bernoulli

El fluido hidráulico en un sistema contiene energía en dos formas: energía cinética en virtud del peso y de la velocidad y energía potencial en forma de presión. Daniel Bernoulli, un científico Suizo demostró que en un sistema con flujos constantes, la energía es transformada cada vez que se modifica el área transversal del tubo. (www.hernanleon1002.wordpress.com, 2018)

El principio de Bernoulli dice que la suma de energías potencial y cinética, en los varios puntos del sistema, es constante, si el flujo sea constante. Cuando el diámetro de un tubo se modifica, la velocidad también se modifica. El teorema de Bernoulli también se emplea en las toberas, donde se acelera el flujo reduciendo el diámetro del tubo, con la consiguiente caída de presión. Así mismo, se aplica en los medidores de caudal de orificio, también llamados Venturi, que miden la diferencia de presión entre el fluido a baja velocidad que pasa por un tubo de entrada y el fluido a alta velocidad que pasa por un orificio de menor diámetro, con lo que se determina la velocidad de flujo y, por tanto, el caudal. (www.hernanleon1002.wordpress.com, 2018)

La energía cinética aumenta o disminuye. En tanto, la energía no puede ser creada ni tampoco destruida. Enseguida, el cambio en la energía cinética necesita ser compensado por la reducción o aumento de la presión. (www.hernanleon1002.wordpress.com, 2018)

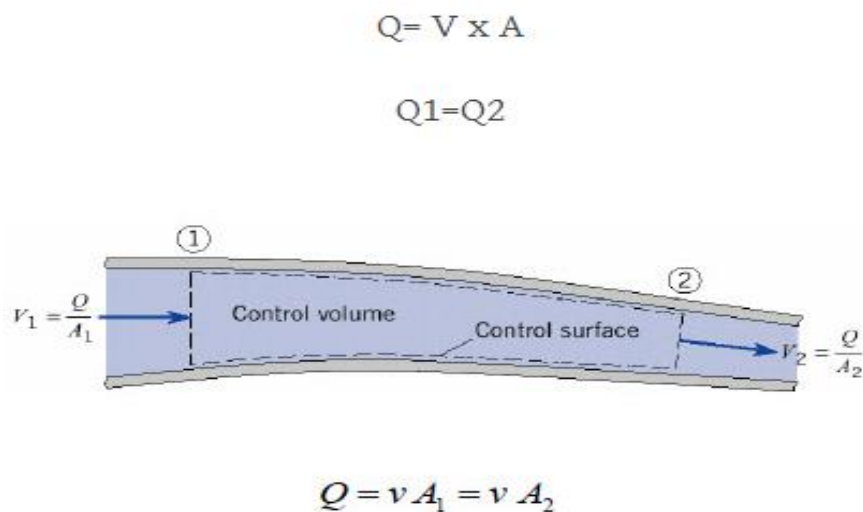


Figura 2. Física termodinámica (caudal).

Fuente. Extraído de www.hernanleon1002.wordpress.com

Nota: Caudal de un líquido en una tubería según su diámetro

La energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes:

Cinética: es la energía debida a la velocidad que posea el fluido.

Potencial o gravitacional: es la energía debido a la altitud que un fluido posea.

Energía de presión: es la energía que un fluido contiene debido a la presión que posee.

La siguiente ecuación conocida como "ecuación de Bernoulli" (trinomio de Bernoulli) consta de estos mismos términos. (Giancoli, 2006)

$$\text{constante} = \frac{V^2 \rho}{2} + p + \rho g z$$

V: velocidad del fluido en la sección considerada.

P: densidad del fluido.

P: presión.

g: aceleración gravitatoria.

z: altura en la dirección de la gravedad desde una cota de referencia.

Para aplicar la ecuación se deben realizar los siguientes supuestos: Viscosidad (fricción interna) = 0 Es decir, se considera que la línea de corriente sobre la cual se aplica se encuentra en una zona 'no viscosa' del fluido. Caudal constante, Flujo incompresible, donde ρ es constante, la ecuación se aplica a lo largo de una línea de corriente o en un flujo laminar. Aunque el nombre de la ecuación se debe a Bernoulli, la forma arriba expuesta fue presentada en primer lugar por Leonhard Euler, Un ejemplo de aplicación del principio se da en el flujo de agua en tubería. (Giancoli, 2006)

$$\underbrace{\frac{V^2}{2g}}_{\text{cabezal de velocidad}} + \underbrace{\frac{P}{\gamma} + z}_{\text{altura o carga piezométrica}} = \underbrace{H}_{\text{Cabezal o Altura hidráulica}}$$

cabezal de presión

Figura 3. Principio de Bernoulli # 1

Fuente: extraído de www.wikipedia.org

Nota: aplicación de principio de Bernoulli según características del fluido.

Se puede reescribir este principio en forma de suma de presiones multiplicando toda la ecuación por γ , de esta forma el término relativo a la velocidad se llamará presión dinámica, los términos de presión y altura se agrupan en la presión estática. (Giancoli, 2006)

$$\underbrace{\frac{\rho V^2}{2}}_{\text{presión dinámica}} + \underbrace{P + \gamma z}_{\text{presión estática}} = \text{constante}$$

Figura 4. Principio de Bernoulli # 2

Fuente: extraído de www.wikipedia.org

Nota: aplicación de principio de Bernoulli según características del fluido.

o escrita de otra manera más sencilla:

$$q + p = p_0$$

donde

- $q = \frac{\rho V^2}{2}$
- $p = P + \gamma z$
- p_0 es una constante-

Figura 5. Principio de Bernoulli # 3

Fuente: extraído de www.wikipedia.org

Nota: aplicación de principio de Bernoulli según características del fluido.

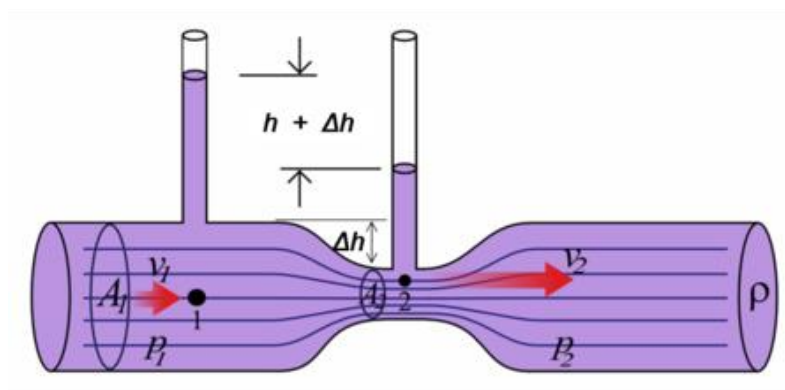


Figura 6. Esquema del efecto Venturi

Fuente: extraído de www.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Bernoulli

Nota: Teorema de Bernoulli cuando tenemos cambios de diámetro en la tubería.

La ecuación de Bernoulli y la ecuación de continuidad también dicen que, si reducimos el área transversal de una tubería para que aumente la velocidad del fluido que pasa por ella, se reducirá la presión. (Giancoli, 2006)

4.4. Principio de Pascal.

Es una ley enunciada por el físico y matemático francés Blaise Pascal (1623–1662) que se resume en la frase: La presión ejercida sobre un fluido poco compresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido. (www.hernanleon1002.wordpress.com, 2018)

El principio de Pascal puede comprobarse utilizando una esfera hueca, perforada en diferentes lugares y provista de un émbolo. Al llenar la esfera con agua y ejercer presión sobre ella mediante el émbolo, se observa que el agua sale por todos los agujeros con la misma velocidad y por lo tanto con la misma presión. (www.hernanleon1002.wordpress.com, 2018)

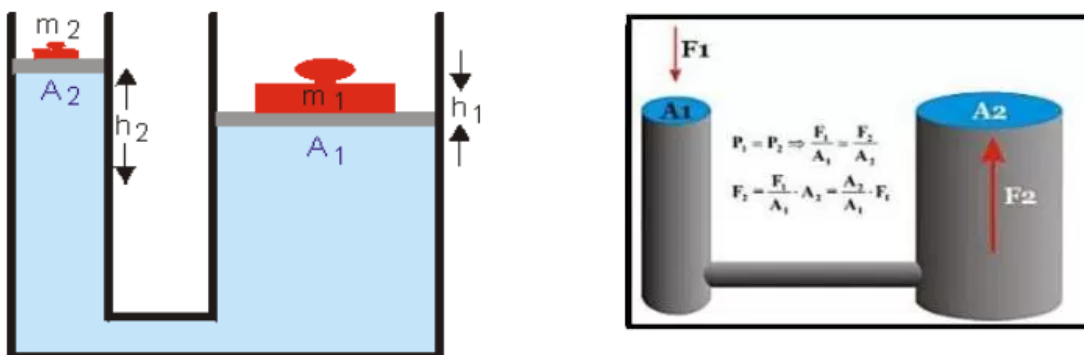


Figura 7. Principio de Pascal

Fuente: extraído de www.hernanleon1002.wordpress.com

Nota: Presión ejercida sobre un fluido según pascal.

4.4.1. Presión. La presión es la magnitud escalar que relaciona la fuerza con la superficie sobre la cual actúa, es decir, equivale a la fuerza que actúa sobre la superficie. Cuando sobre una

superficie plana de área A se aplica una fuerza normal F de manera uniforme, la presión P viene dada de la siguiente forma: (Giancoli, 2006)

$$p = \frac{F}{A}$$

En un caso general donde la fuerza puede tener cualquier dirección y no estar distribuida uniformemente en cada punto la presión se define como: (Giancoli, 2006)

$$\mathbf{p} = \frac{dF_A}{dA} \cdot \mathbf{n}$$

Donde \mathbf{n} es un vector unitario y normal a la superficie en el punto donde se pretende medir la presión. La definición anterior puede escribirse también como: (Giancoli, 2006)

$$\mathbf{p} = \frac{d}{dA} \int_S \mathbf{f} \cdot \mathbf{n} dS$$

4.4.2. Presión absoluta y relativa. En determinadas aplicaciones la presión se mide no como la presión absoluta sino como la presión por encima de la presión atmosférica, denominándose presión relativa, presión normal, presión de gauge o presión manométrica. Consecuentemente, la presión absoluta es la presión atmosférica (P_a) más la presión manométrica (P_m) (presión que se mide con el manómetro). (Giancoli, 2006)

$$P_{ab} = P_a + P_m$$

4.4.3. Presión hidrostática e hidrodinámica. En un fluido en movimiento la presión hidrostática puede diferir de la llamada presión hidrodinámica por lo que debe especificarse a cuál de las dos se está refiriendo una cierta medida de presión. (Giancoli, 2006)

4.5. Sensores de control de flujo y presión.

El sensor de flujo es un dispositivo que, instalado en línea con una tubería, permite determinar cuándo está circulando un líquido o un gas. Estos son del tipo apagado/encendido; determinan cuándo está o no circulando un fluido, pero no miden el caudal. Para medir el caudal se requiere un caudalímetro, a válvula inteligente, apareció gracias al desarrollo de los microprocesadores, contiene un controlador digital y sensores de medición de temperatura, caudal y presión montados en la propia válvula, y la temperatura o el caudal envían la señal de salida al módulo del posicionado electro neumático acoplado al actuador, lo que permite conocer y controlar el caudal que está pasando. El software permite seleccionar la característica deseada de la válvula: lineal, igual porcentaje, apertura rápida y la que pueda especificar el usuario. La válvula inteligente acepta la entrada del valor externo del punto de consigna y la comunicación digital a través de la interfaz RS-485 (u otra), con el protocolo de comunicaciones adecuado para comunicarse con los sistemas de control distribuido o integrado (HART, Fieldbus u otro). De este modo, accede a los valores de la variable de proceso, al punto de consigna y las alarmas. (Instrumentacion Industrial Octava Edicion, 2010)

4.5.1. De pistón. Es el más común de los sensores de flujo. Este tipo de sensor de flujo se recomienda cuando se requiere detectar caudales entre 0,5 LPM y 20 LPM. Consiste en un pistón que cambia de posición, empujado por el flujo circulante. El pistón puede regresar a su posición inicial por gravedad o por medio de un resorte. El pistón contiene en su interior un imán permanente. Cuando el pistón se mueve el imán se acerca y activa un reed switch que cierra o abre (según sea la configuración) el circuito eléctrico. El área entre el pistón y la pared del sensor determina su sensibilidad, y por ende a qué caudal se activará el sensor. (Instrumentacion Industrial Octava Edicion, 2010)

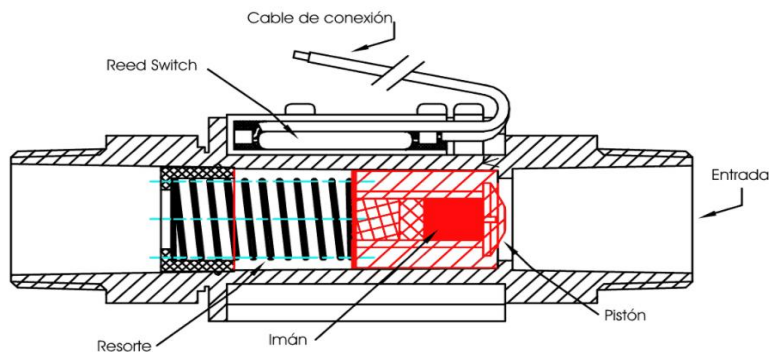


Figura 8. Sensor de flujo tipo Pistón

Fuente: extraído de www.wikipedia.org

Nota: Esquema y componentes del sensor tipo pistón.

4.5.2 De paleta (compuerta). Su mecanismo consiste en una paleta que se ubica transversalmente al flujo que se pretende detectar. El flujo empuja la paleta que está unida a un eje que atraviesa herméticamente la pared del sensor de flujo y apaga o enciende un interruptor en el exterior del sensor. Para ajustar la sensibilidad del sensor se recorta el largo de la paleta. (Instrumentación Industrial Octava Edición, 2010)

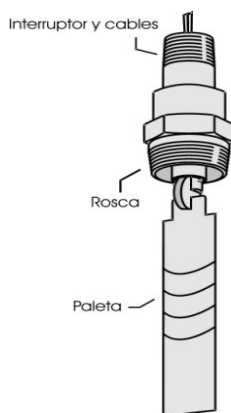


Figura 9. Sensor de flujo Tipo Paleta

Fuente: extraído de www.wikipedia.org

Nota: Esquema y componentes del sensor tipo paleta.

4.5.3 De elevación (tapón). Este modelo es de uso general. Es muy confiable y se puede ajustar para casi cualquier caudal. Su mecanismo consiste en un tapón que corta el flujo. Del centro del tapón surge un eje que atraviesa herméticamente la pared del sensor. Ese eje empuja un interruptor ubicado en el exterior del sensor. Para ajustar la sensibilidad del sensor se perforan orificios en el tapón. (Instrumentación Industrial Octava Edición, 2010)

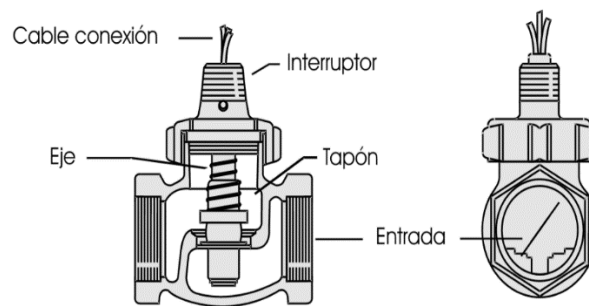


Figura 10. Sensor de Flujo Tipo Tapón

Fuente: extraído de www.wikipedia.org

Nota: Esquema y componentes del sensor tipo tapón.

4.5.4 Como escoger los dispositivos. Para determinar el tipo de sensor de flujo se deben tomar en cuenta los siguientes factores: Caudal de disparo: se debe seleccionar un sensor más sensible si se requiere detectar flujos muy bajos. Pérdida de presión: al colocar cualquier objeto en el paso de un fluido se está reduciendo en alguna medida su presión. La presión de salida siempre va a ser menor a la de entrada, siendo el sensor de tapón el que más reduce la presión y el sensor de paleta el menos intrusivo. (Instrumentación Industrial Octava Edición, 2010)

Impurezas en los fluidos: los sólidos en los fluidos pueden obstruir el sensor de pistón. En cambio, el sensor de paleta es el que menos se ve afectado por los sólidos. (Instrumentación Industrial Octava Edición, 2010)

Tipo de fluido: se debe seleccionar un sensor que esté fabricado con materiales que soporten el tipo de fluido que vamos a detectar. La temperatura, presión, acidez y densidad son factores que se deben tomar en cuenta para seleccionar los materiales. (Instrumentación Industrial Octava Edición, 2010)

Por último referenciaremos un trabajo donde aplican controladores de flujo y presión que proporcionara información detallada para desarrollar el nuestro. Es un calentador de agua por impacto. La presente invención se refiere a un dispositivo calentador de agua eléctrico que propone unos ahorros energéticos del orden del 60% para ello, el dispositivo se constituye a partir de una carcasa de naturaleza aislante y resistente a altas temperatura, a base de un cuerpo

central tubular y sendas tapas extremas, con sus correspondientes pasos para el agua a calentar. Uno de los objetos de la invención es que el dispositivo sea válido para distintos niveles de tensión que se le puedan aplicar. Tiene igualmente por objeto presentar un carácter recambiable, en orden a permitir su sustitución por las resistencias calefactoras existentes en termo calentadores eléctricos convencionales. Este dispositivo brinda la posibilidad de contar con una alternativa para el calentamiento de agua el cual generara un beneficio de bajo consumo energético a las personas tanto en el hogar como en el comercio. (Vigo España Patente nº WO2015/173459 A1, 2015)

4.6 Tuberías metálicas

Una tubería es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos. Se suele elaborar con materiales muy diversos. Tradicionalmente se ha usado el acero negro, el más adecuado para radiadores de ese material o de fundición. Actualmente se usa el cobre, material muy usado en las instalaciones nuevas, pero da problemas por contacto con otros metales en presencia de agua (corrosiones) especialmente con emisores de aluminio (muy corrosible), por lo que también se utilizan tuberías de material plástico. No deben emplearse tuberías galvanizadas porque el agua, a temperaturas superiores a 60 °C, destruye la protección de zinc (bueche, 1988)

4.6.1 Uso industrial.

4.6.1.1 Energía. En el transporte de vapor de alta energía se emplea acero aleado con cromo y molibdeno. Para grandes caudales de agua (refrigeración) se emplea poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV-hasta DN3200), hierro fundido dúctil (hasta 2m de diámetro) o acero al carbono. (cab, 1951)

4.6.2 Tuberías de acero (galvanizado). Estos tubos se hacen de acero dulce, de bajo contenido en carbono. Se conocen como tubería de acero negro. Este material es bastante maleable y soldable. El gran inconveniente del acero es su baja resistencia a la corrosión, pues al contacto con el aire y la humedad se oxida fácilmente y puede llegar a destruirse por completo. Así pues, las tuberías de acero necesitan una protección superficial, que suele ser el

galvanizado. Es muy utilizada en instalaciones de agua de consumo humano. Su recubrimiento tiene la misión de proteger la tubería contra oxidaciones y corrosiones, asegurando así las propiedades organolépticas del agua que recorre el circuito. (cab, 1951)

Propiedades. De todos los materiales empleados en conducciones de fluidos es el que tiene un punto de fusión más alto (1.540 °C) y muy superior al resto, esta característica lo hace insustituible en instalaciones contra incendios y en todas aquellas donde exista un riesgo potencial de incendio o explosión (aparcamientos, sótanos donde puedan almacenarse materiales combustibles, etc.). (cab, 1951)

4.6.3 Tuberías de acero inoxidable. Este tipo de tubería está constituida por una aleación de hierro con un porcentaje mínimo de cromo, aproximadamente del 10%. El cromo, que en cantidades mínimas no es letal, aporta a la aleación la cualidad de resistencia a la corrosión, ya que, al combinarse con el oxígeno ambiental, crea una fina película de óxido de cromo que protege la tubería. (cab, 1951)

Propiedades. Es uno de los materiales metálicos resistentes a la temperatura. (cab, 1951)

4.6.4 Tuberías de cobre. Es una de las tuberías más utilizadas para la conducción de fluidos. Se fabrica en formato de tiras rectas de 5 m de longitud para todos sus diámetros y también en rollos de 50 m hasta un diámetro exterior de 22 mm, mediante el recocido (tratamiento térmico) del tubo. Para su uso en instalaciones de refrigeración, se fabrica tubería de cobre deshidratada y limpia interiormente, la cual se nombra de manera diferente a la de fontanería. (cab, 1951)

Propiedades. Su utilización es apta en diferentes ámbitos profesionales: fontanería, climatización, transporte de gases combustibles y líquidos inflamables (cab, 1951)

4.6.5 La ley de Raoult. Establece que la relación entre la presión de vapor de cada componente en una solución ideal es dependiente de la presión de vapor de cada componente individual y de la fracción molar de cada componente en la solución. La ley fue enunciada en 1882 por el químico francés Francois Marie Raoult (1830-1901). (cab, 1951)

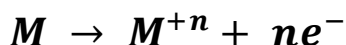
De esta forma la relación entre la presión de vapor de la solución y la presión de vapor del disolvente depende de la concentración del soluto en la disolución. Entonces, ΔP será igual al producto entre X_1 y P_1^0 (cab, 1951)

$$P_1 = X_1 \cdot P_1^0$$

Es decir que la presión de vapor del soluto crece linealmente con su fracción molar. En una solución que sólo contenga un soluto, se tiene que $X_1 = 1 - X_2$, donde X_2 es la fracción molar del soluto, pudiendo escribir la formulación de la ley como: (cab, 1951)

$$P_1 = (1 - X_2)P_1^0 ; P_1^0 - P_1 = \Delta P = X_2 P_1^0$$

Una reacción de corrosión puede expresarse parcialmente por la ionización de un metal, es decir, el proceso por el cual un átomo metálico pierde electrones y queda cargado con un exceso de cargas positivas (iguales a las cargas negativas de los electrones que se perdieron). Dicha entidad cargada constituye un ión positivo o catión. Así pues: (cab, 1951)



Siendo M un metal de valencia n , M^{+n} su forma iónica y el número de electrones cedidos (figura 11).

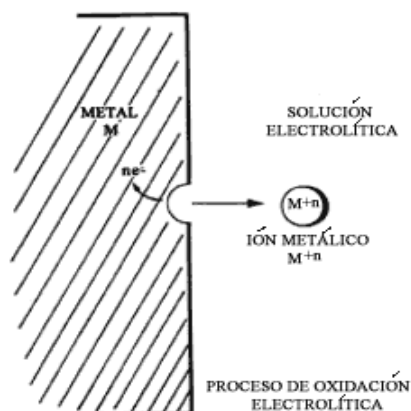


Figura 11. Reacción de corrosión

Fuente: extraído de www.cubaeduca.cu/medias/cienciatodos/Libros_1/ciencia2/09/htm/SEC_8.HTM

Nota: reacción de corrosión expresada parcialmente por la ionización de un metal.

4.7 Transferencia de calor

La transferencia de calor es el proceso de propagación del calor en distintos medios. La parte de la física que estudia estos procesos se llama a su vez Transferencia de calor o Transmisión de calor. La transferencia de calor se produce siempre que existe un gradiente térmico o cuando dos sistemas con diferentes temperaturas se ponen en contacto. El proceso persiste hasta alcanzar el equilibrio térmico, es decir, hasta que se igualan las temperaturas. Cuando existe una diferencia de temperatura entre dos objetos o regiones lo suficientemente próximas, la transferencia de calor no puede ser detenida, solo puede hacerse más lenta. (Franklyn, 1999)

La termodinámica es la ciencia que estudia la relación entre el calor y otras formas de energía. El calor es energía en tránsito. Siempre que existe un gradiente de temperatura en un sistema o se ponen en contacto dos sistemas a diferente temperatura, se transfiere energía entre ellos. Sabemos de esta transferencia, no porque la veamos, sino por los cambios que se producen en el o los sistemas. La Termodinámica, basándose en los estados de cada sistema desde un punto de vista macroscópico, es decir, en función de atributos tales como la presión, la temperatura y el volumen, que se pueden medir, determina si ha habido cambios en la energía interna de los mismos. En cumplimiento del Primer principio descartada la interacción de trabajo con el

exterior, la variación de energía interna solo puede ser debida a calor, es decir, a transferencia de energía de un sistema al otro. (Franklyn, 1999)

La termodinámica, por tanto, se ocupa de los estados de equilibrio y en función de sus diferencias determina la cantidad de energía transferida de un estado al otro, pero sin considerar el mecanismo de flujo de calor ni la velocidad a la que se ha realizado la transferencia. En un análisis termodinámico se sabe la cantidad de energía necesaria para pasar de un estado al otro, pero no se conoce cuánto tiempo ha requerido la transferencia, porque el tiempo no se incluye como variable en el análisis. Esto es objetivo de otra rama de la ciencia que se conoce como Transferencia de calor. (Franklyn, 1999)

En general, se reconocen tres modos distintos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación, aunque en rigor, solo la conducción y radiación debieran considerarse formas de transmisión de calor, porque solo ellas dependen exclusivamente de un desequilibrio térmico para producirse. Para que se produzca convección, tiene que haber un transporte mecánico de masa además de una diferencia de temperatura, sin embargo, teniendo en cuenta que la convección también transfiere energía de zonas con mayor temperatura a zonas con menor temperatura, normalmente se admite el modo transferencia de calor por convección. (Cambiaso, 1978)

Conducción: Es la transferencia de calor que se produce a través de un medio material por contacto directo entre sus partículas, cuando existe una diferencia de temperatura y en virtud del movimiento de sus macropartículas. El medio puede ser sólido, líquido o gaseoso. La cantidad de calor que se transfiere por conducción, viene dada por la ley de Fourier. Esta ley afirma que la velocidad de conducción de calor a través de un cuerpo por unidad de sección transversal, es proporcional al gradiente de temperatura que existe en el cuerpo. (Cambiaso, 1978)

Convección: La transmisión de calor por convección se compone de dos mecanismos simultáneos. El primero, es la transferencia de calor por conducción, debido al movimiento molecular, a la que se superpone la transferencia de energía por el movimiento de fracciones del fluido que se mueven accionadas por una fuerza externa, que puede ser un gradiente de densidad

(convección natural), o una diferencia de presión producida mecánicamente (convección forzada) o una combinación de ambas. La cantidad de calor transferido por convección, se rige por la ley de enfriamiento de Newton. (cambiaso, 1978)

Radiación: Se puede atribuir a cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas constitutivas. En ausencia de un medio, existe una transferencia neta de calor por radiación entre dos superficies a diferentes temperaturas, debido a que todas las superficies con temperatura finita emiten energía en forma de ondas electromagnéticas. El calor emitido por una superficie en la unidad de tiempo, viene dado por la ley de Stefan-Boltzmann. (cambiaso, 1978)

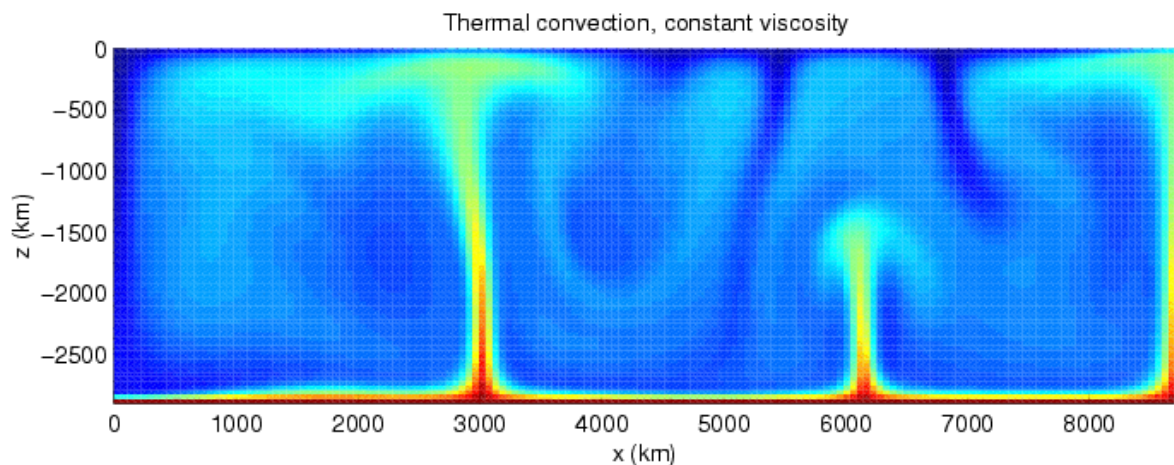


Figura 12. Convención térmica

Fuente: Extraído de www.wikipedia.org/wiki/Transferencia_de_calor#/media

Nota: transferencia neta de calor por radiación entre dos superficies a diferentes temperaturas

La conductividad de una sustancia depende de su estado y de la temperatura. Se expresa en el S.I. de unidades en $W/m \cdot K$. Según la ecuación de Fourier:

$$Q = \frac{S \cdot \lambda}{d} (t_1 - t_2) \rightarrow Q = \frac{1}{R} (t_2 - t_1) \rightarrow R = \frac{d}{S \cdot \lambda}$$

Se llama resistencia térmica por unidad de superficie y es un coeficiente característico de los materiales aislantes, inverso de la conductancia. (kreith, 1928)

La efectividad de una barrera de radiación está indicada por su grado de reflexión, la cual es una fracción de la radiación reflejada. Un material con una alta reflexión (en una longitud de onda) tiene una baja absorción, y por consiguiente una baja emisión. Un reflector ideal tiene un coeficiente de reflexión igual a 1, lo que significa que refleja el 100% de la radiación entrante. Por otro lado, en el caso de un cuerpo negro, el cual tiene una excelente absorción y emisión de radiación térmica, su coeficiente de reflexión es casi 0. Las barreras de radiación tiene una gran aplicación en ingeniería aeroespacial; la gran mayoría de los satélites usan varias capas aislantes a base de aluminio que reflejan la luz solar, lo que permite reducir la transferencia de calor y controlar la temperatura del satélite. (kreith, 1928)

4.8. Diseño

La estrategia para el cálculo y diseño de una conducción forzada por gravedad se enfoca en la determinación del diámetro, o la combinación de ellos, que la hagan hidráulicamente funcional, estructuralmente segura y se garantice una solución económica al proyecto. El primer paso para el diseño parte de la definición de los casos de carga más desfavorables. Algunos autores consideran crítico el caso del fluido en reposo porque se experimenta la máxima carga hidrostática y a partir de ella pueden estimarse preliminarmente los espesores de las tuberías, asegura que la primera atención del proyectista debe orientarse hacia el pronóstico de las presiones determinadas por la operación de la tubería en régimen permanente, o bien, a las relacionadas con una condición hidrostática del líquido (por ejemplo, una conducción por gravedad controlada aguas abajo). (jking, 1955)

4.8.1 Etapas de un proyecto. En todo proyecto se distinguen tres etapas: Diseño, implementación y Evaluación. En términos simples el diseño corresponde a la etapa previa a las primeras acciones o actividades del proyecto. Debe también explicitar los factores externos que garantizan su factibilidad y la definición de indicadores para realizar el seguimiento y verificación de los resultados que se obtienen, tanto durante el proceso como al término del mismo. La implementación se refiere a la ejecución o puesta en marcha de la propuesta del proyecto. En esta etapa se incluyen: la organización y estructura del equipo ejecutor del proyecto, la implementación del diseño y la asignación de tareas, plazos y responsables para cada

objetivo, productos o resultados y actividades comprometidas. Finalmente tenemos que la evaluación corresponde a la etapa de descripción y análisis de los resultados obtenidos de acuerdo a ciertos principios o marcos teóricos para dicho fin. (martinic, 1993)

4.8.2 Definición y selección de la estrategia. Una vez definidos los objetivos del proyecto, se procederá a seleccionar la mejor estrategia para alcanzarlos. Por estrategia se entenderá el conjunto de criterios y opciones que permiten ordenar e implementar las acciones necesarias para ejecutar los proyectos. La estrategia es siempre una gran hipótesis, que prioriza la importancia de ciertas variables y criterios sobre otros, de manera de asegurar el mejorar y cambiar la situación problema diagnosticada. La selección de la estrategia, deberá hacerse en base a los objetivos planteados, los recursos disponibles (humanos y materiales), el tiempo que dure el proyecto y la orientación o enfoque que el proyecto asume (cualitativo y/o cuantitativo). La definición de la estrategia implica necesariamente dar cuenta de la forma en que se espera captar la realidad estudiada o intervenida, esto es definir un enfoque epistemológico para dicho fin. (martinic, 1993)

4.8.3 Actividades de un Proyecto. Son las acciones o tareas que se deben hacer para alcanzar los resultados o productos comprometidos. De esta forma a cada producto y lo resultado le corresponderá una acción o un conjunto de acciones determinadas y lógicamente relacionadas. Sólo se deben incluir aquellas acciones que realiza el equipo del proyecto. Para establecer el calendario y duración de ellas, se deberá tomar en cuenta la, disponibilidad y realidad sociocultural de los beneficiarios del proyecto. (martinic, 1993)

4.8.4 Recursos de un Proyecto. Son las materias primas, los medios disponibles (humanos y materiales), con que cuenta el proyecto, para lograr los objetivos, resultados y actividades planificadas en él. (bid, 1997)

4.8.4 Factores Externos de un Proyecto. Frente a cada componente o elemento de un proyecto: Objetivo General; Objetivos Específicos; Resultados y Actividades se deberán definir aquellos factores o variables que no dependen directamente del proyecto, pero que influyen en el logro u obstaculización de cada uno de ellos. Se deberán identificar y analizar aquellos factores

externos, no relacionados directamente con el proyecto, pero que influyeron positiva o negativamente en el logro de objetivos, resultados y/o actividades planificadas dentro del proyecto. (bid, 1997)

4.8.5 Diseño de la Evaluación del Proyecto. Dentro del diseño de un proyecto, se recomienda incluir al final de éste, una propuesta de evaluación para el proyecto en cuestión. En un sentido amplio la evaluación es el juicio o apreciación que emite una persona o un equipo sobre las actividades y resultados de un proyecto; en este caso particular sobre un proyecto social (Martinic, 1996), o al decir del BID: "una herramienta de aprendizaje en todos los ciclos del proyectos, desde el diseño, hasta la ejecuciónl monitoreo y evaluación expos, con el objeto de establecer algunas normas y patrones para que los procesos y productos de la intervención sean eficaces " (BID, 19,97). (bid, 1997)

4.9 Diámetro para tuberías

En geometría, el diámetro es el segmento de recta que pasa por el centro y une dos puntos opuestos de una circunferencia. En 3D (esfera) se define como el segmento que pasa por el centro y tiene sus extremos en la superficie de esta. Esta noción puede extenderse sin variaciones a una hiper esfera de más dimensiones. Incluso puede extenderse una noción de diámetro a figuras que no son esferas, cuando son subconjuntos de un espacio métrico arbitrario. En muchas aplicaciones técnicas se emplea el símbolo \varnothing para la longitud del diámetro. (frank, 1949)

Se adelanta, o se recuerda, que el concepto de "clase" está relacionado únicamente con la sollicitación debida a la "presión interna" en régimen permanente o en reposo. Las sollicitaciones por "Golpe de Ariete" y por "Cargas externas", deberán también ser consideradas e implicarán la verificación de la "clase" seleccionada.

Para probar los conceptos y las definiciones de referencia, que constituyen el objetivo central, se utilizan conceptos de la Hidráulica Básica, que se reproducen con cierto grado de profundidad. (frank, 1949)

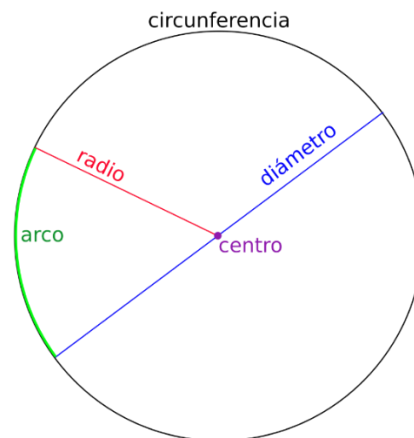


Figura 13. Diámetro

Fuente: Extraído de www.comofuncionaque.com/que-es-el-diametro

Nota: segmentos que pasa por el centro y tiene sus extremos en la superficie de esta

4.10. Resistividad

4.10.1 La resistividad eléctrica. (También conocida como resistividad, resistencia eléctrica específica o resistividad de volumen) cuantifica la fuerza con la que se opone un material dado al flujo de corriente eléctrica. Una resistividad baja indica un material que permite fácilmente el movimiento de carga eléctrica. Los metales de resistencia baja, por ej. El cobre, requieren mayores corrientes para producir la misma cantidad de calor. Los materiales de resistencia baja también exhiben una baja resistencia constante. (miyachi, 2016)

Es una característica propia de un material y tiene unidades de ohmios-metro. La resistividad indica que tanto se opone el material al paso de la corriente.

La resistividad $[\rho]$ (rho) se define como:

$$\rho = R \times A / L$$

Dónde:

ρ es la resistividad medida en ohmios-metro.

R es el valor de la resistencia eléctrica en Ohmios.

L es la longitud del material medida en metros.

A es el área transversal medida en metros.

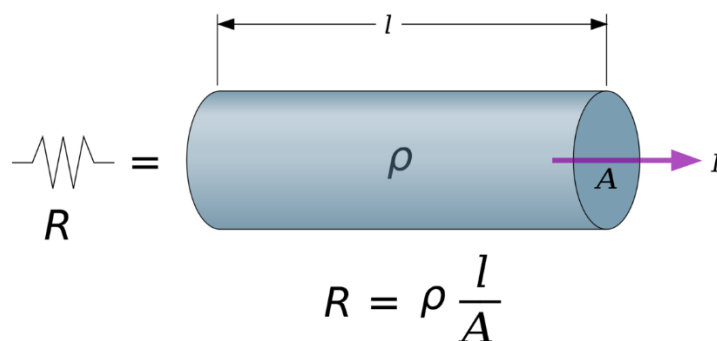


Figura 14. Resistividad eléctrica

Fuente: extraído de www.wikipedia.org/wiki/Archivo:Resistividad_electrica

Nota: Muestra como La resistividad se opone el material al paso de la corriente.

A mayor longitud y menor área transversal del elemento, más resistencia. A menor longitud y mayor área transversal del elemento, menos resistencia.

La resistividad depende de la temperatura. La resistividad de los metales aumenta al aumentar la temperatura al contrario de los semiconductores en donde este valor decrece. El inverso de la resistividad se llama conductividad. (agosto, 2011)

Resistividad eléctrica de suelos La resistividad eléctrica r de un material describe la dificultad que encuentra la corriente a su paso por él. De igual manera se puede definir la conductividad s como la facilidad que encuentra la corriente eléctrica al atravesar el material. La resistencia eléctrica que presenta un conductor homogéneo viene determinada por la resistividad del material que lo constituye y la geometría del conductor. Para un conductor rectilíneo y homogéneo de sección s y longitud l la resistencia eléctrica es $R = \rho l/s$ (alberto, 1997)

A partir de esta ecuación podemos despejar la resistividad $\rho = R \cdot s / l$. La unidad de resistividad en el Sistema Internacional es el ohm por metro ($\Omega \cdot m$). La conductividad se define como el inverso de la resistividad $s \cdot \rho = 1$

La unidad de conductividad en el Sistema Internacional es el siemens (S). La resistividad es una de las magnitudes físicas con mayor amplitud de variación para diversos materiales. Además, su valor depende de diversos factores como la temperatura, humedad o presión. (alberto, 1997)

4.10.2 Medición de la resistividad eléctrica. En el principio de medida de la resistividad del suelo: se inyecta una corriente I entre el par de electrodos AB y se mide la tensión DV entre el par de electrodos MN . Si el medio es homogéneo de resistividad r , la diferencia de tensión es (oreollana, 1982)

Donde AM , AN , BM , BN son las distancias entre electrodos. La resistividad viene dada por la expresión:

$$\rho = g \frac{\Delta V}{I}$$

$$g = 2\pi \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right)^{-1}$$

4.10.3 Ley de ohm Conductividad y Resistividad. Hablamos de materiales conductores, aislantes y semiconductores, y mucho antes hablamos de la estructura de la materia y sabemos que la materia se puede medir por lo tanto estos materiales no son la excepción. (luis beltran, 2013)

4.10.4 Conductancia. Si hablamos de conductores podemos hablar de conductancia que está directamente relacionada con la facilidad que ofrece un material cualquiera al paso de la corriente eléctrica. La conductancia es lo opuesto a la resistencia. A mayor conductancia la resistencia disminuye y viceversa, a mayor resistencia, menos conductancia, por lo que ambas son inversamente proporcionales. (luis beltran, 2013)

$$(S = \Omega^{-1}) \quad G = 1/R = I/V$$

4.10.5 Resistencia. Los aislantes en este caso podemos referir a la resistencia, pero no es una propiedad exclusiva de estos, se define como: la mayor o menor oposición que tienen los electrones para desplazarse a través de un conductor. Todos los materiales se oponen en mayor o menor medida al paso de la corriente de ahí que cada material tenga una resistencia determinada. La unidad de medida en el SI es el Ohm (Ω) (luis beltran, 2013)

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

Donde R es la resistencia, ρ la resistividad del material y l y s la longitud y sección transversal de un conductor respectivamente.

La resistividad es la resistencia eléctrica específica de cada material para oponerse al paso de una corriente eléctrica. Se designa por la letra griega Rho minúscula (ρ) y se mide en ohmios metro ($\Omega \cdot m$). (luis beltran, 2013)

4.10.6 Carga eléctrica. La carga eléctrica es una propiedad física intrínseca de algunas partículas subatómicas que se manifiesta mediante fuerzas de atracción y repulsión entre ellas. La materia cargada eléctricamente es influida por los campos electromagnéticos, siendo a su vez, generadora de ellos. La denominada interacción electromagnética entre carga y campo eléctrico es una de las cuatro interacciones fundamentales de la física. Desde el punto de vista del modelo estándar la carga eléctrica es una medida de la capacidad que posee una partícula para intercambiar electrones. (luis beltran, 2013)

En el Sistema Internacional de Unidades la unidad de carga eléctrica se denomina culombio (símbolo C). Se define como la cantidad de carga que pasa por la sección transversal de un conductor eléctrico en un segundo, cuando la corriente eléctrica es de un amperio, y se corresponde con la carga de $6,241\ 509 \times 10^{18}$ electrones aproximadamente. (luis beltran, 2013)

4.10.7 Corriente eléctrica. La corriente o intensidad eléctrica es el flujo de carga por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe al movimiento de los electrones en el interior del material. Sus unidades en el SI son. (luis beltran, 2013)

$$I = \frac{q}{t} = 1A = 1 \frac{C}{s}$$

Donde A = amperios, q = C= Coulomb, t en segundos

4.10.8 Potencial eléctrico. Es el trabajo que debe realizar un campo electrostático para mover una carga positiva q desde el punto de referencia, dividido por unidad de carga de prueba. Dicho de otra forma, es el trabajo que debe realizar una fuerza externa para traer una carga unitaria q desde la referencia hasta el punto considerado en contra de la fuerza eléctrica. Matemáticamente se expresa por. (luis beltran, 2013)

$$V = \frac{W}{q = \text{joules} / \text{coulomb}}$$

El voltaje en cambio es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. (luis beltran, 2013)

Por último referenciaremos un trabajo aplicable en tuberías que proporcionara información detallada para desarrollar el nuestro. Este diseño e implementación de un calefón a inducción electromagnética para proveer de agua caliente a viviendas unifamiliares. ‘En la actualidad existe un interés muy marcado por encontrar nuevas fuentes de energía que sean renovables y limpias y por ende beneficiosos para el planeta y la humanidad. Dentro de las alternativas aparece la inducción electromagnética como una buena opción, ya que proviene de la energía hidráulica que es renovable, es un sistema limpio y altamente eficiente. Dentro de las necesidades que la sociedad requiere satisfacer esta la utilización de agua caliente en los hogares, los calefones que para el efecto se utilizan en la actualidad, son costosos, desperdician energía y agua, contaminan el medio ambiente por emanación de gases, por esta razón se plantea la

utilización de un calefón a inducción que reemplace ya sea a los calefones a gas o a los calefones eléctricos convencionales” (Flores & Rivera, 2016).

4.11 Campo eléctrico

Es un campo físico que se representa por medio de un modelo que describe la interacción entre cuerpos y sistemas con propiedades de naturaleza eléctrica. Se describe como un campo vectorial en el cual una carga eléctrica puntual de valor q sufre los efectos de una fuerza eléctrica F dada por la siguiente ecuación: $F = qE$

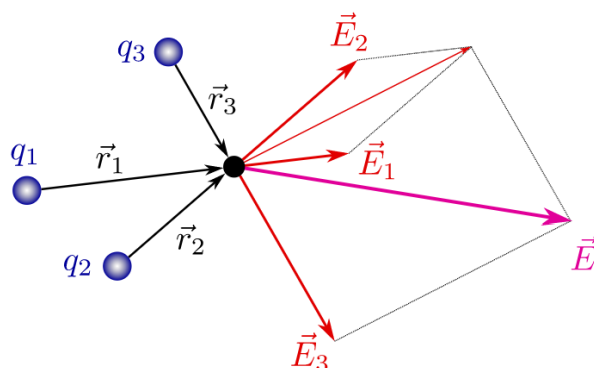


Figura 15. Campo eléctrico.

Fuente: extraído de www.es.wikipedia.org/wiki/Campo_el%C3%A9ctrico#/media/File:ElectricField3Charges.svg

Nota: campo eléctrico producido por un conjunto de cargas puntuales.

Los campos eléctricos pueden tener su origen tanto en cargas eléctricas como en campos magnéticos variables. La idea de campo eléctrico fue propuesta por Faraday al demostrar el principio de inducción electromagnética en el año 1832. La unidad del campo eléctrico en el SI es Newton por Culombio (N/C), Voltio por metro (V/m) o, en unidades básicas, $kg \cdot m \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$. (Landau, 2008)

La presencia de carga eléctrica en una región del espacio modifica las características de dicho espacio dando lugar a un campo eléctrico. Así pues, podemos considerar un campo eléctrico como una región del espacio cuyas propiedades han sido modificadas por la presencia de una carga eléctrica, de tal modo que al introducir en dicho campo eléctrico una nueva carga eléctrica,

ésta experimentará una fuerza. El campo eléctrico se representa matemáticamente mediante el vector campo eléctrico, definido como el cociente entre la fuerza eléctrica que experimenta una carga testigo y el valor de esa carga testigo (una carga testigo positiva). La definición más intuitiva del campo eléctrico se la puede dar mediante la ley de Coulomb. Esta ley, una vez generalizada, permite expresar el campo entre distribuciones de carga en reposo relativo. Sin embargo, para cargas en movimiento se requiere una definición más formal y completa, se requiere el uso de vectores y el principio de mínima acción. (Landau, 2008)

4.11.1 Ley de Coulomb. La fuerza entre dos cargas eléctricas puntuales q_1 y q_2 es directamente proporcional al producto de ellas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia r que las separa.

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

La Ley de Coulomb se expresa mejor con magnitudes vectoriales:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{u}_r = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)^3} (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)$$

Donde \vec{u}_r es un vector unitario que va en la dirección de la recta que une las cargas, siendo su sentido desde la carga que produce la fuerza hacia la carga que la experimenta. El exponente (de la distancia: r) de la Ley de Coulomb. Experimentalmente se sabe que, si el exponente fuera de la forma $(2 + \delta)$, entonces $|\delta| < 10^{-16}$. (Landau, 2008)

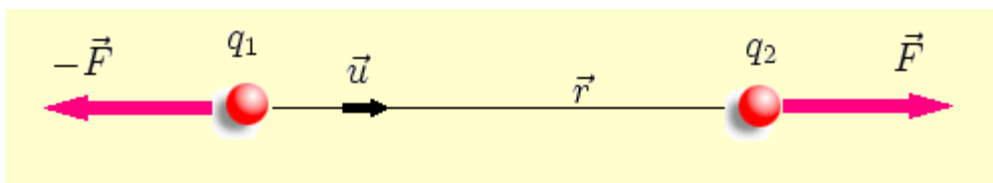


Figura 16. Ley de Coulomb

Fuente: extraído de www.es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Ley_de_Coulomb.PNG.

Nota: representación gráfica de la Ley de Coulomb para dos cargas del mismo signo.

4.12. Campo magnético

Es una descripción matemática de la influencia magnética de las corrientes eléctricas y de los materiales magnéticos. El campo magnético en cualquier punto está especificado por dos valores, la dirección y la magnitud; de tal forma que es un campo vectorial. Específicamente, el campo magnético es un vector axial, como lo son los momentos mecánicos y los campos rotacionales. El campo magnético es más comúnmente definido en términos de la fuerza de Lorentz ejercida en cargas eléctricas. Los campos magnéticos se producen por cualquier carga eléctrica producida por los electrones en movimiento y el momento magnético intrínseco de las partículas elementales asociadas con una propiedad cuántica fundamental, su espín. En la relatividad especial, campos eléctricos y magnéticos son dos aspectos interrelacionados de un objeto, llamado el tensor electromagnético. Las fuerzas magnéticas dan información sobre la carga que lleva un material a través del efecto Hall. La interacción de los campos magnéticos en dispositivos eléctricos tales como transformadores son estudiada en la disciplina de circuitos magnéticos. (Learning, 2014)

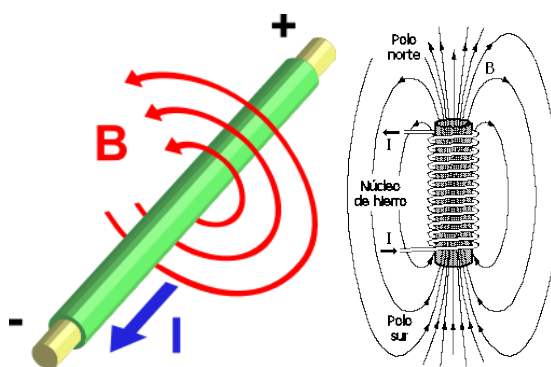


Figura 17. Campo magnético alrededor de un alambre

Fuente. Extraído de www.etitudela.com/Electrotecnia/images/solenoidcols2.gif

Nota: fenómeno de propagación del campo magnético en un conductor

Tomando como punto de partida el experimento de Oersted, el científico francés André-Marie Ampere en 1826 logró formular este importante descubrimiento en términos matemáticos sólidos. Ampere propuso formalmente que una corriente eléctrica produce un campo magnético, e incluso postuló que las sustancias como la magnetita poseen minúsculos circuitos cerrados de corrientes que les dan propiedades magnéticas. La ecuación matemática que describe la relación entre la corriente eléctrica y el campo magnético es conocida como la ley de Ampere. Entre las definiciones de campo magnético se encuentra la dada por la fuerza de Lorentz. Esto sería el efecto generado por una corriente eléctrica o un imán, sobre una región del espacio en la que una carga eléctrica puntual de valor (q), que se desplaza a una alimentación (v) experimenta los efectos de una fuerza que es secante y proporcional tanto a la velocidad (v) como al campo (B). Así, dicha carga percibirá una fuerza descrita con la siguiente ecuación. (Learning, 2014)

$$\mathbf{F} = q (\mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

Donde F es la fuerza magnética, v es la velocidad y B el campo magnético, también llamado inducción magnética y densidad de flujo magnético. (Nótese que tanto F como v y B son magnitudes vectoriales y el producto vectorial tiene como resultante un vector perpendicular tanto a v como a B). (Learning, 2014)

El módulo de la fuerza resultante será:

$$\mathbf{F} = q v B \text{ sen}\theta$$

Por último, referenciaremos un trabajo donde aplican campo magnético que proporcionara información detallada para desarrollar el nuestro. Es un Método y aparato para calentamiento por inducción magnética en el que se utiliza radio frecuencia para la identificación del objeto de calentar. Comprende un componente para generar un campo magnético con el fin de calentar un objeto, unos circuitos de control acoplados de modo operativo a dicho componente generador con vistas a un funcionamiento selectivo de este, unos circuitos de recepción para recibir informaciones almacenadas por un marcador RFID (identificación por radiofrecuencia) asociado

a dicho objeto. Inventado Clothier, Brian, L. Kansas, Estados Unidos con número de patente ES2269179T3. Su principal innovación es un objeto marcado como una vajilla es colocado en el calentador, la marca transmite información como por ejemplo la clase de alimento que debe calentarse, y el conjunto de circuitos de control del calentador utiliza la información para iniciar y llevar a cabo un ciclo de calentamiento para calentar y regular la temperatura. Este producto le sirve a las industrias que se encarga de todos los procesos relacionados con la cadena alimentaria beneficiándolos con un control adecuado de sus productos. (Clothier, 2007)

4.13. Temperatura

La temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio o frío que puede ser medida con un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como «energía cinética», que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones. A medida que sea mayor la energía cinética de un sistema, se observa que éste se encuentra más «caliente»; es decir, que su temperatura es mayor. (Calahorro, 1995)

La temperatura se mide con termómetros, los cuales pueden ser calibrados de acuerdo a una multitud de escalas que dan lugar a unidades de medición de la temperatura. En el Sistema Internacional de Unidades, la unidad de temperatura es el kelvin (K), y la escala correspondiente es la escala Kelvin o escala absoluta, que asocia el valor «cero kelvin» (0 K) al «cero absoluto», y se gradúa con un tamaño de grado igual al del grado Celsius. Sin embargo, fuera del ámbito científico el uso de otras escalas de temperatura es común. La escala más extendida es la escala Celsius, llamada «centígrada»; y, en mucha menor medida, y prácticamente solo en los Estados Unidos, la escala Fahrenheit. (Calahorro, 1995)

La temperatura es una propiedad física que se refiere a las nociones comunes de calor o ausencia de calor, sin embargo, su significado formal en termodinámica es más complejo. Termodinámicamente se habla de la velocidad promedio o la energía cinética (movimiento) de

las partículas de las moléculas, siendo de esta manera, a temperaturas altas, las velocidades de las partículas son alta, en el cero absoluto (0°K) las partículas no tienen movimiento. A menudo el calor o el frío percibido por las personas tiene más que ver con la sensación térmica (ver más abajo), que con la temperatura real. (Calahorro, 1995)

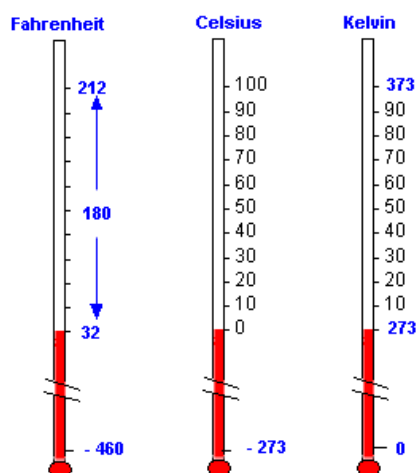


Figura 18. Unidades de temperatura

Fuente: extraído de www.athanieto.wordpress.com/tematicas/calor-y-temperatura

Nota: sistema internacional de mediciones de temperatura

Por último, referenciaremos un trabajo que proporcionara información detallada para el nuestro, que es un controlador de campo eléctrico que comprende un cuerpo curvado que conduce electricidad y está conectado de forma fija a las partes energizadas del aparato. La invención se basa en la idea de que, al producir el controlador de campo eléctrico de un material elástico, cuya conductividad eléctrica es preferiblemente conductora o semiconductor. Inventado por Autio, Rauno. Filadelfia, Estados Unidos con número de patente EP1020885A3. Su principal innovación es para ser utilizado con conexiones de partes energizadas en aparatos de alta y / o media tensión para controlar un campo eléctrico formado alrededor de las conexiones. Este producto le sirve a las industrias generadoras, transmisoras y distribuidoras de energía eléctrica beneficiándolos en conectar barras colectoras, cables, fusibles o similares y los componentes de conexión a usar tales como conectores, tornillos de conexión o bordes afilados similares se forman con los mismos en los puntos de extensión y conexión. (Autio, 2000)

4.13.1. Calor. Se define como la transferencia de energía térmica que se da entre diferentes cuerpos o diferentes zonas de un mismo cuerpo que se encuentran a distintas temperaturas, sin embargo, en termodinámica generalmente el término calor significa simplemente transferencia de energía. Este flujo de energía siempre ocurre desde el cuerpo de mayor temperatura hacia el cuerpo de menor temperatura, ocurriendo la transferencia hasta que ambos cuerpos se encuentren en equilibrio térmico. La energía calórica o térmica puede ser transferida por diferentes mecanismos de transferencia, estos son la radiación, la conducción y la convección, aunque en la mayoría de los procesos reales todos se encuentran presentes en mayor o menor grado. Cabe resaltar que los cuerpos no tienen calor, sino energía térmica. (Zemansky, 1985)

4.13.2. Calor específico. El calor específico es la energía necesaria para elevar 1 °C la temperatura de un gramo de materia. El concepto de capacidad calorífica es análogo al anterior, pero para una masa de un mol de sustancia (en este caso es necesario conocer la estructura química de la misma). El calor específico es un parámetro que depende del material y relaciona el calor que se proporciona a una masa determinada de una sustancia con el incremento de temperatura: (Zemansky, 1985)

$$Q = m \int_{T_i}^{T_f} c dT$$

Donde:

Q: es el calor aportado al sistema.

m: es la masa del sistema.

c: es el calor específico del sistema.

T_i y T_f son la temperatura inicial y final del sistema respectivamente.

dT es el diferencial de temperatura.

Las unidades más habituales de calor específico son J / (kg · K) y cal / (g · °C).

El calor específico de un material depende de su temperatura; no obstante, en muchos procesos termodinámicos su variación es tan pequeña que puede considerarse que el calor específico es constante. Asimismo, también se diferencia del proceso que se lleve a cabo,

distinguiéndose especialmente el “calor específico a presión constante” (en un proceso isobárico) y “calor específico a volumen constante (en un proceso isocórico). (Zemansky, 1985)

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

De esta forma, y recordando la definición de caloría, se tiene que el calor específico del agua es aproximadamente:

$$C_{H_2O} = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$$

4.13.3 Transmisión de calor

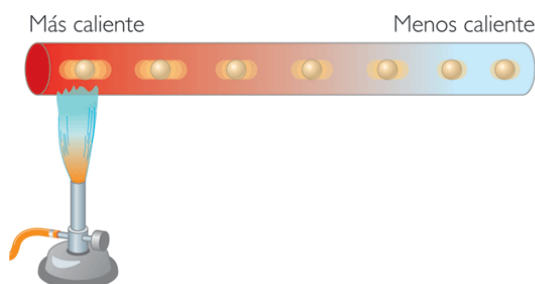


Figura 19. Transmisión de calor

Fuente: extraído de www.athanieto.files.wordpress.com/2014/09/conduccion.png.

Nota: fenómeno de propagación del calor en distintos medios

El calor puede ser transmitido de tres formas distintas: por conducción, por convección o por radiación.

Conducción térmica: es el proceso que se produce por contacto térmico entre dos ó más cuerpos, debido al contacto directo entre las partículas individuales de los cuerpos que están a diferentes temperaturas, lo que produce que las partículas lleguen al equilibrio térmico. Ej: cuchara metálica en la taza de té. (Zemansky, 1985)

Convección térmica: sólo se produce en fluidos (líquidos o gases), ya que implica movimiento de volúmenes de fluido de regiones que están a una temperatura, a regiones que están a otra temperatura. El transporte de calor está inseparablemente ligado al movimiento del propio medio. Ej.: los calefactores dentro de la casa. (Zemansky, 1985)

Radiación térmica: es el proceso por el cual se transmite a través de ondas electromagnéticas. Implica doble transformación de la energía para llegar al cuerpo al que se va a propagar: primero de energía térmica a radiante y luego viceversa. (Zemansky, 1985)

4.13.4. Conductividad térmica. La conductividad térmica de un cuerpo está dada por:

$$\frac{Q}{\Delta t} = \frac{\lambda A \cdot \Delta T}{L}$$

Donde:

Q es el calor entregado,

Δt es el intervalo de tiempo durante el cual se entregó calor,

λ es el coeficiente de conductividad térmica propio del material en cuestión,

A es la sección del cuerpo,

L es la longitud, y

ΔT es el incremento en la temperatura.

4.14. Potencia eléctrica

Es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo; es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado. La unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el vatio (watt). Cuando una corriente eléctrica fluye en un circuito, puede transferir energía al hacer un trabajo mecánico o termodinámico. Los dispositivos convierten la energía eléctrica de muchas maneras útiles como calor, luz (lámpara incandescente), movimiento (motor eléctrico), sonido (altavoz) o procesos químicos. Una definición más fácil de comprender es que la tensión entre dos puntos que no causa flujo de corriente es similar al resorte tenso que no se mueve y, por lo tanto, no produce trabajo. Siempre que la tensión provoca movimiento de electrones, se realiza un trabajo al desplazar a los electrones de un punto a otro. La rapidez con que este trabajo se realiza se denomina como potencia eléctrica. (Wildi, 2007)

La electricidad se puede producir mecánica o químicamente por la generación de energía eléctrica, o también por la transformación de la luz en las es el producto de la diferencia de potencial entre dichos terminales y la intensidad de corriente que pasa a través del dispositivo. Esto concuerda con la definición de la física, “la energía ni se crea ni se destruye, se transforma”. En el caso de la energía eléctrica esa transformación se manifiesta en la obtención de luz, calor, frío, movimiento (en un motor), o en otro trabajo útil que realice cualquier dispositivo conectado a un circuito eléctrico cerrado. Por esta razón la potencia es proporcional a la corriente y a la tensión. (Wildi, 2007)

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

I es el valor instantáneo de la corriente y V es el valor instantáneo del voltaje. Si I se expresa en amperios y V en voltios, P estará expresada en watts (vatios). Igual definición se aplica cuando se consideran valores promedio para I, V y P. (Wildi, 2007)

Cuando el dispositivo es una resistencia de valor R o se puede calcular la resistencia equivalente del dispositivo, la potencia también puede calcularse como:

$$P = V^2/R$$

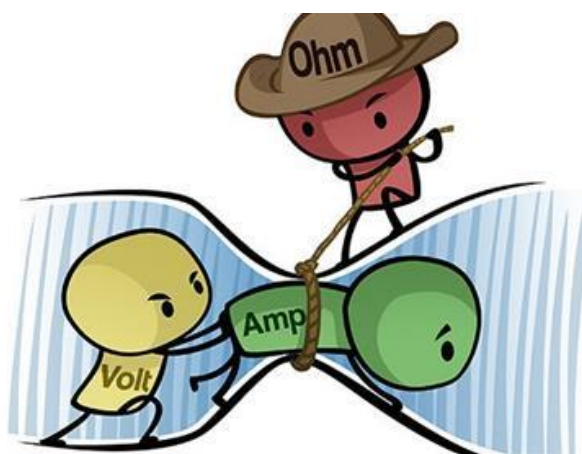


Figura 20. Ilustración potencia eléctrica
Fuente. Extraído de [www. icampus.ac.ae/search?tag=resistor](http://www.icampus.ac.ae/search?tag=resistor)
Nota: representación graficas del fenómeno electrico

4.14.1 Unidad potencia eléctrica (vatio). El vatio es la unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades. Su símbolo es W. Es el equivalente a 1 julio sobre segundo (1 J/s) y es una de las unidades derivadas. Expresado en unidades utilizadas en electricidad. La potencia eléctrica de los aparatos eléctricos se expresa en vatios, si son de poca potencia, pero si son de mediana o gran potencia se expresa en kilovatios (kW) que equivale a 1000 vatios. (Española, 2014)

La unidad de potencia recibe su nombre en honor al escocés James Watt, un ingeniero nacido en el siglo XVIII que, de una manera u otra –porque hay bastantes discusiones acerca de su mérito y el de otros inventores de la época– contribuyó de manera fundamental al desarrollo de la máquina de vapor y, con ella, a la llegada de la revolución industrial. Como ves, nada que ver con la electricidad. Aquí tienes su definición oficial, que probablemente te deje frío:

Un vatio o watt (W) es igual a un julio de energía cada segundo. Es la potencia generada, transportada o consumida cuando la intensidad de corriente es de un amperio y el voltaje es de un voltio. La potencia es proporcional a la tensión y la intensidad, la unidad de potencia eléctrica se da cuando tanto el voltaje como la intensidad de corriente tienen el valor unidad. (Española, 2014)

Las ecuaciones que relacionan dimensionalmente el vatio en términos electromagnéticos es:

$$W = V \cdot A = A^2 \Omega \frac{Kg \cdot m^2}{s^3}$$

4.15 Diagrama de bloques.

Un diagrama de bloques de un sistema es una representación gráfica de las funciones que lleva a cabo cada componente y el flujo de señales. Tales diagramas muestran las relaciones existentes entre los diversos componentes. A diferencia de una representación matemática

puramente abstracta, un diagrama de bloques tiene la ventaja de indicar de forma más realista el flujo de las señales del sistema real. En un diagrama de bloques todas las variables del sistema se enlazan unas con otras mediante bloques funcionales. El bloque funcional o simplemente bloque es un símbolo para representar la operación matemática que sobre la señal de entrada hace el bloque para producir la salida. Las funciones de transferencia de los componentes por lo general se introducen en los bloques correspondientes, que se conectan mediante flechas para indicar la dirección del flujo de señales. (Ogata, 2010)

Obsérvese que la señal sólo puede pasar en la dirección de las flechas. Por tanto, un diagrama de bloques de un sistema de control muestra explícitamente una propiedad unilateral. La Figura 7 muestra un elemento del diagrama de bloques. La punta de flecha que señala el bloque indica la entrada, y la punta de flecha que se aleja del bloque representa la salida. Tales flechas se conocen como señales.

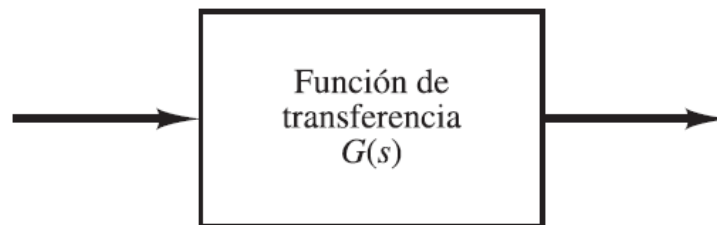


Figura 21. Elementos de un diagrama de bloques

Fuente: extraído de libro Ingeniería de control moderna Quinta edición Katsuhiko Ogata

Nota: partes esenciales para el funcionamiento de un diagrama de bloques

La función de transferencia, que es el contenido de un bloque funcional, es una representación de la descripción o modelo matemático acerca del comportamiento físico del elemento en forma de un cociente entre la transformada de Laplace de la salida y la transformada de Laplace de la entrada. (Ogata, 2010)

Las ventajas de la representación mediante diagramas de bloques de un sistema estriban en que es fácil formar el diagrama de bloques general de todo el sistema con sólo conectar los bloques de los componentes de acuerdo con el flujo de señales y en que es posible evaluar la contribución de cada componente al desempeño general del sistema. En general, la operación funcional del sistema se aprecia con más facilidad si se examina el diagrama de bloques que si se

revisa el sistema físico mismo. Un diagrama de bloques contiene información relacionada con el comportamiento dinámico, pero no incluye información de la construcción física del sistema. (Ogata, 2010)

4.15.1 Punto de suma. Remitiéndose a la Figura 8, un círculo con una cruz es el símbolo que indica una operación de suma. El signo más o el signo menos en cada punta de flecha indica si la señal debe sumarse o restarse. Es importante que las cantidades que se sumen o resten tengan las mismas dimensiones y las mismas unidades. (Ogata, 2010)

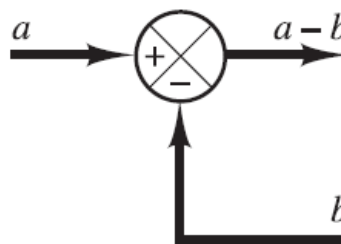


Figura 22. Punto de suma

Fuente: extraído de libro Ingeniería de control moderna Quinta edición Katsuhiko Ogata

Nota: Punto en el que las señales son sumadas algebraicamente

Punto de ramificación: un punto de ramificación es aquel a partir del cual la señal de un bloque va de modo concurrente a otros bloques o puntos suma.

4.15.2 Diagrama de bloques de un sistema de lazo cerrado. La Figura 23 muestra un ejemplo de un diagrama de bloques de un sistema en lazo cerrado. La salida $C(s)$ se realimenta al punto de suma, donde se compara con la entrada de referencia $R(s)$. La naturaleza en lazo cerrado del sistema se indica con claridad en la figura. La salida del bloque, $C(s)$ en este caso, se obtiene multiplicando la función de transferencia $G(s)$ por la entrada al bloque, $E(s)$. Cualquier sistema de control lineal puede representarse mediante un diagrama de bloques formado por puntos de suma, bloques y puntos de ramificación. (Ogata, 2010)

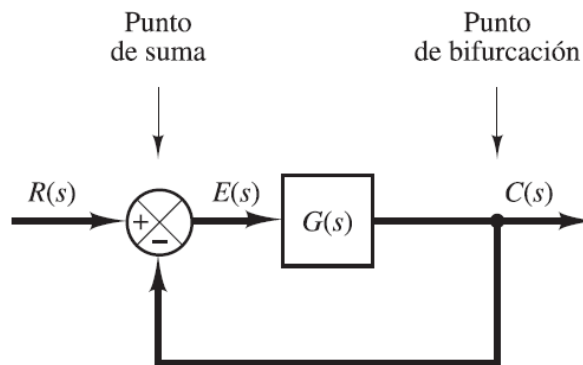


Figura 23. Diagrama de bloques de un sistema en lazo cerrado

Fuente: extraído de libro Ingeniería de control moderna Quinta edición Katsuhiko Ogata.

Nota: función del lazo cerrado

Cuando la salida se realimenta al punto de suma para compararse con la entrada, es necesario convertir la forma de la señal de salida en la de la señal de entrada. Por ejemplo, en un sistema de control de temperatura, por lo general la señal de salida es la temperatura controlada. La señal de salida, que tiene la dimensión de la temperatura, debe convertirse a una fuerza, posición o voltaje antes de que pueda compararse con la señal de entrada. Esta conversión se consigue mediante el elemento de realimentación, cuya función de transferencia es $H(s)$, como se aprecia en la Figura 24. La función del elemento de realimentación es modificar la salida antes de compararse con la entrada. (En la mayor parte de los casos, el elemento de realimentación es un sensor que mide la salida de la planta. La salida del sensor se compara con la entrada y se genera la señal de error.) En este ejemplo, la señal de realimentación que retorna al punto de suma para compararse con la entrada es $B(s) H(s) C(s)$. (Ogata, 2010)

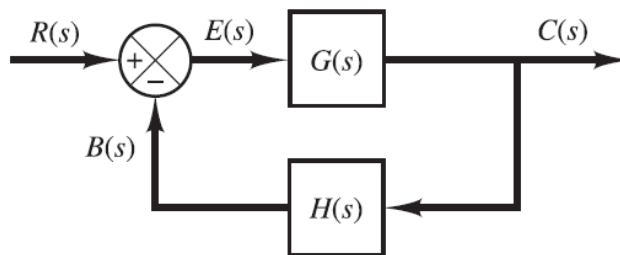


Figura 24. Sistema en lazo cerrado

Fuente. Extraído de libro Ingeniería de control moderna Quinta edición Katsuhiko Ogata

Nota: función del lazo cerrado con retroalimentación al sistema

4.15.3 Reglas del algebra de bloques.

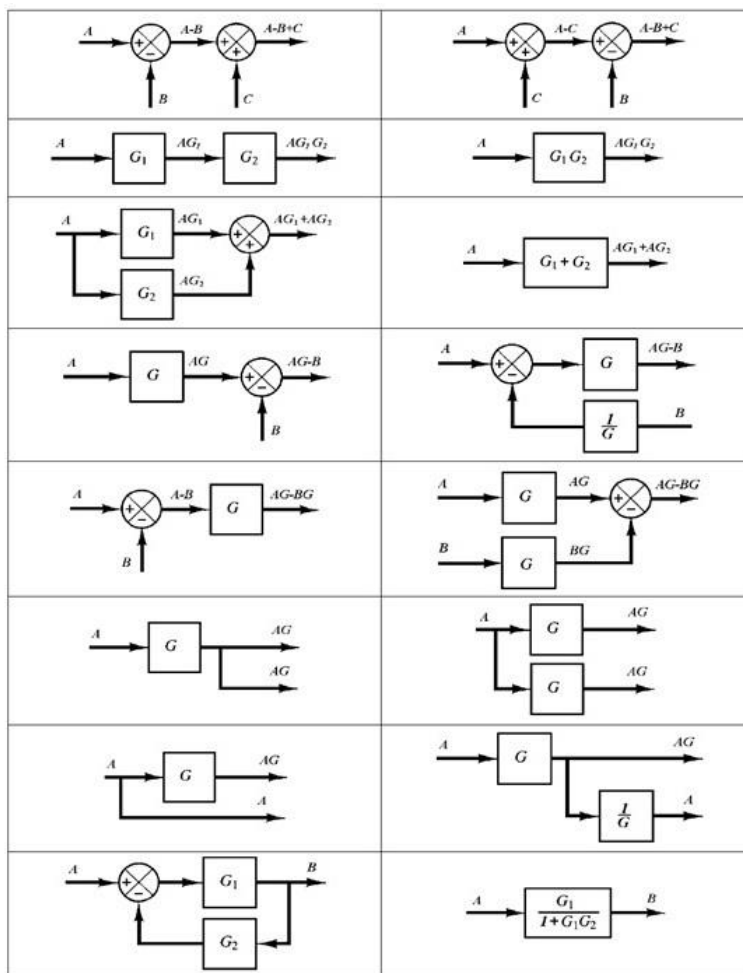


Figura 25. Diagrama de bloques matemáticos

Fuente. Extraído de www.simulaciondeprocesosudenar.wordpress.com/diagramas-de-bloque
 Nota: tipos de diagramas de bloques y sus funciones matemáticas

Por último, referenciaremos un trabajo donde aplican diagrama de bloques que proporcionara información detallada para nuestro desarrollo. Es un Simulador de diagrama de bloques que usa una computadora de generación automática de programas para la generación de una computadora (salida de 46 o 48) que representa un sistema funcional en una pantalla. Un sistema tiene una pluralidad de bloques de funcionalidad conectados interactivamente que forman un diagrama de bloques y típicamente, el diagrama de bloques tiene uno o más bucles de retroalimentación. Cada uno de los bloques tiene al menos una entrada (I1). Inventado por Newman, William Curtis - Titchener, Paul Frederick Powell y Douglas Baldwin de California, Estados Unidos. Con número de patente EP0296812A2, su principal innovación es en ser utilizado en procesamiento

de señales. Este producto le sirve a toda la industria en controlar y modificar sus procesos productivos. (Newman, 1988)

4.16 Inducción electromagnética (principios electromagnéticos)

4.16.1 Ley de Ampere. Un conductor que porta una corriente produce un campo magnético a su alrededor. (Quevedo, Morales, Quizhpi, Cabral, & Bretas, 2014)

$$\int H \cdot dl = I$$

Donde,

I , es la Corriente que circulara por la trayectoria,

H , es la Intensidad de campo Magnético,

dl , es el Diferencial de línea.

La intensidad de campo magnético H , es de alguna manera la medida del esfuerzo de una corriente por establecer un campo magnético. (Quevedo, Morales, Quizhpi, Cabral, & Bretas, 2014)

4.16.2 Flujo Magnético. La relación entre H y la densidad de flujo magnético resultante (B) producida dentro de un material, está dada por:

$$B = \mu_0 \cdot H$$

Donde, la permeabilidad del espacio libre es

$$\mu_0 = 4 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{H}{m}$$

(CONELEC, 2013)

4.16.3 Ley de Faraday – Lenz. Establece que si un flujo atraviesa una espira de alambre conductor, se inducirá en ésta un voltaje directamente proporcional a la tasa de cambio de flujo con respecto al tiempo, la cual se expresa mediante la ecuación. (Quevedo, Morales, Quizhpi, Cabral, & Bretas, 2014)

$$e_{ind} = -N \cdot \frac{d\phi}{dt}$$

Donde,

e_{ind} , es el voltaje inducido en la bobina.

N, es el número de vueltas de la bobina.

ϕ , es el flujo Magnético.

dt, es el diferencial del tiempo. (Ordoñez Flores, Reyes Castillo, Carreño Hernández, Morales Caporal, & Martínez Hernández, 2013)

El signo negativo afirma que la fmm inducida hará que fluya una corriente en el circuito cerrado, con dirección tal que se oponga al cambio del flujo magnético ligado. (William H & John A, 2010)

4.16.4 Inductancia. De una bobina es proporcional a la permeabilidad del medio cuando un flujo magnético variable con el tiempo fluye por un núcleo ferromagnético, se produce una fuerza electromotriz (f e m) inducida de acuerdo a la ley de Faraday, misma que producirá corrientes locales en el núcleo conductor, normales al flujo magnético. (Quevedo, Morales, Quizhpi, Cabral, & Bretas, 2014)

$$e_{ind} = -l \cdot \frac{dI}{dt}$$

El efecto de la ley de Lenz se emplea para predecir la polaridad de los voltajes inducidos en los devanados del transformador. (Resnick, David, & Kenneth S, 1999)

La corriente I que fluye en la bobina de N vueltas produce un flujo total Φ_M y un eslabonamiento de flujo $\Phi_M \cdot N$, donde se supone que el mismo flujo Φ_M eslabona cada vuelta. (William H & John A, 2010)

$$L = \frac{N \cdot \Phi_M}{I}$$

4.16.5 Energía Magnética. Los campos magnéticos almacenan energía (W), la cual es expresada de la siguiente manera:

$$W = \frac{1}{2} N \cdot I \cdot \Phi_M$$

Medida en Julios, donde el producto de $N \cdot I$ representa la fuerza magnetomotriz (fmm) necesaria para crear un flujo total Φ_M (Bresciani, 1966).

Por otra parte, la ecuación (W) es semejante a la energía almacenada en un campo eléctrico de un condensador. (Bresciani, 1966).

$$W = \frac{1}{2} V^2 \cdot C$$

4.17 Principio de calentamiento por inducción

El fenómeno de inducción electromagnética consiste en hacer pasar una determinada corriente I , en corriente alterna a través de los devanados de una bobina para generar un campo magnético (B) variable en el tiempo (ver Fig.26). (Quevedo, Morales, Quizhpi, Cabral, & Bretas, 2014)

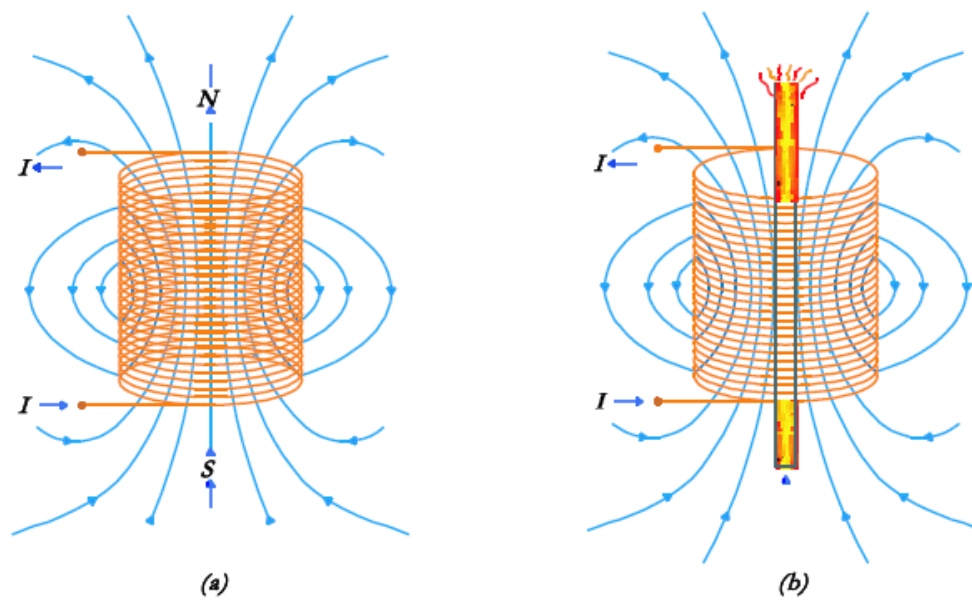


Figura 26. Principio de calentamiento por inducción

Fuente: extraído de www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12132/1/UPS-CT006054

Nota: generación de fuerza electromotriz y pérdidas resistivas

Al ser colocado un metal en este campo, se induce una fuerza electromotriz (f_{em}) y una corriente I_s , en el circuito secundario opuestas de acuerdo a la ley de Lenz las cuales cancelan dicho campo magnético, generando pérdidas resistivas debidas a la corriente eléctrica las cuales son inducidas en la superficie de la pieza metálica y generan calor, (ver Fig. 26b). (Quevedo, Morales, Quizhpi, Cabral, & Bretas, 2014)

Una característica importante de estas corrientes se denomina corrientes parásitas, las cuales producen pérdidas óhmicas de potencia y generan calor local, siendo esto el principio del calentamiento por inducción. (Quevedo, Morales, Quizhpi, Cabral, & Bretas, 2014)

Por último, se referencia dos trabajos que proporcionara información detallada para desarrollar el nuestro. Es un calentador de inducción electromagnética el cual consta de una bobina de inducción que se forma enrollando un cable eléctricamente conductor alrededor de un núcleo. Un tubo de un material eléctricamente conductor se enrolla al menos en una vuelta alrededor de la bobina de inducción, y se cortocircuita en otras posiciones que la parte de la herida con un miembro de cortocircuito, formando así un calentador de inducción electromagnético. Una fuente de alimentación de CA se conecta a través de la bobina de

inducción, y se suministra un fluido a través de la tubería. Como la tubería tiene una gran área de transferencia de calor, se puede obtener un intercambio de calor eficiente.

Inventado por Iguchi, Atsushi, Japón. Con número de patente EP0462544A1. Su principal innovación es calentar y evaporar agua. Este producto le sirve procesos de secado de hormigón, ladrillo, material vegetal, etc. procesamiento de alimentos (cocción, escaldado), lavado de plantas y equipos, lavado de equipos de ordeño, pasteurización, limpieza de botellas y equipos de procesamiento, calefacción de piscinas de cría de alevinos, calefacción y control ambiental de invernaderos, refrigeración, panaderías, hoteles y hospitales sus beneficios son: Es una opción más económica, su diseño evita el daño por la acumulación de sales. Esto hace que su vida útil sea. (Iguchi, Calentador de inducción electromagnético, 1991)

Calentamiento por inducción electromagnética: diseño y construcción de un prototipo es un método ampliamente utilizado en la industria -cuando se requiere el calentamiento o fundición de metales, en una atmósfera controlada y libre de oxígeno- es el calentamiento por inducción electromagnética. Este proceso se puede modelar mediante la utilización de las leyes de Faraday, Ampere y la aplicación del efecto Joule. Para aumentar la temperatura del metal que se desea fundir se requiere someter la muestra a un campo magnético variable en el tiempo, y de amplitud considerable. Bajo estas condiciones, en el interior de la muestra se inducen corrientes que producen disipación de potencia; la cual se manifiesta con un incremento en la temperatura, pudiendo llegar al valor correspondiente que permita la fundición (Acevedo, Barrero, & Gelvez, 2007).

5. Metodología

5.1 Tipo de proyecto

El calentador y todos los elementos que lo conforman, es un tipo de proyecto de investigación aplicada, que igualmente se implementa en un aula de estudio o en un lugar apropiado y adecuado para su uso, ya que el módulo será diseñado para fácil traslado. Se inicia fundamentalmente con la investigación de todo lo relacionado, desde como empieza hasta donde termina, sus aplicaciones, funcionamiento y dispositivos adicionales contiene para que el sistema funcione tal como es, y sea más fácil de aplicar a la hora de hacer investigaciones. Calentador y sus componentes se realiza paso a paso para entender el comportamiento, funcionamiento y organización del sistema de los componentes que éste necesita para su funcionamiento.

5.2 Método

Para la elaboración de calentador de paso por inducción electromagnética se deben de realizar una serie de actividades las cuales son las siguientes: para elaborar Control de flujo y presión, serán llevadas a cabo las siguientes sub actividades:

Se estudió la Normativa de calidad ISO 9000:2000 aplicada a la instrumentación y la ISO 9001 aplicada a su instalación y seguridad. Y con la asesoría de la empresa ABB se determinó los sensores del proyecto.

Se realizaron los cálculos de caudal del agua teniendo en cuenta los datos tomados de pruebas de velocidad del flujo de agua y área de la tubería utilizada de 5/8. Así se realizaron los análisis respectivos de los % de eficiencia energética en diferentes condiciones de caudal teniendo en cuenta además la disposición de los diferentes diseños de conducción del agua y bobinas que se implementó en la estructura y se entregaron al sistema de control.

Conociendo el estado teórico y práctico de cómo se está realizando dentro de las empresas el proceso de calentamiento y evaporación del agua se realizó un diagnóstico básico, es decir, como

se debe utilizar y aplicar los sensores en un sistema de control para la obtención del resultado requerido ya sea vapor o agua caliente.

Para el Sistema de conducción de agua se requieren las siguientes sub actividades: Se tomaron asesorías con las empresas TECNIFLUIDOS y CASAVAL S.A expertos en tuberías y accesorios.

Se evaluaron los tubos de cerámica, acero galvanizado, inoxidable y cobre. Que contiene a la bobina de inducción electromagnética con la finalidad de que disipe calor hacia el exterior y se analizaron estos materiales. El más idóneo con la finalidad de que no perturben al campo electromagnético en la bobina. Determinándose el acero de inoxidable el ideal material para cumplir estas características y además de tubo interno del diseño.

Se determinó por medio de los cálculos los diámetros de la tubería interior de paso de agua caliente de 5/8' y la externa de paso de vapor 1 1/4'.

Se realizaron 2 prototipos de los conductores de agua en el programa AutoCAD inventor, en forma lineal vertical y tipo vertical en paralelo. Para sus correctas fabricaciones.

El diseño de la carcasa se lo realizó en un software especializado de diseño llamado Solid Works, considerando las variables físicas a intervenir como por ejemplo el habitáculo que va a ocupar la bobina de inducción, su peso estimado y temperatura que alcanza, es importante tener en cuenta los materiales a utilizar ya que la bobina de inducción debe estar separada completamente del circuito electrónico.

Para poder realizar el Sistema de inducción electromagnética con control de temperatura se hace necesario ejecutar las siguientes actividades: se tomaron asesorías con la empresa ELECTRONICOS CALDAS expertos en bobinas y accesorios.

Como parte fundamental del diseño del algoritmo de control se formó describiendo en un diagrama de bloques donde se muestra el comportamiento que se desea realizar, en nuestro caso

del calentador de inducción electromagnética el sistema de control es el encargado de controlar el ancho de pulso, que posteriormente ingresa al dispositivo de conmutación con la finalidad de controlar los picos de corriente y proteger su vida útil, así como también funciones de control en periféricos de entrada, pulsadores y de salida como los display.

El desarrollo realizado en la aplicación del calentador de inducción electromagnética fue creado en base al microcontrolador IGBT, una vez realizado ensayos con otras tarjetas controladoras y debido a su correcto funcionamiento en pruebas se procedió a implementarlo; es el encargado de recibir e interpretar las señales eléctricas que provienen de los sensores, circuitos electrónicos lazos de realimentación en el control, para tomar acciones y presentar un correcto funcionamiento del sistema integral.

En la construcción y diseño del controlador se utilizaron herramientas manuales y cables eléctricos además el programa AutoCAD mechanical para la simulación.

6. Resultados

Formulación de la velocidad del agua en sistema con bobinas en paralelo y doble conducto de agua.

$$\delta_1 * V_1 * A_1 = \delta_2 + V_2 + A_2 + \delta_3 + V_3 + A_3$$

$$V_1 = 2V_{2,3}$$

Donde,

δ = Densidad

V= Velocidad

A= Área

Calculo del caudal del sistema de conducción de agua de 5/8.

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (14.66 \text{ mm})^2}{4} = 168,79 \text{ mm}^2$$

$$168,79 \text{ mm}^2 = 0,16879 \text{ m}^2$$

$$Q = V . A \quad Q = 0,033 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,16879 \text{ m}^2 = 0,0557 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Donde,

D: diámetro del tubo 14.66 mm

V: velocidad del agua 0,033 m/s

Q: caudal

Como se mencionó en la metodología donde se midió la presión y el caudal del agua para el control adecuado del paso de agua y poder determinar la cantidad de agua que pasa en un determinado tiempo. Sobre esto se realizaron los cálculos con respecto al teorema de Bernoulli y pascal. Los resultados obtenidos se evidencian en la tabla 1.

Tabla 1
Mediciones de presión y caudal.

Tubería (in)	Velocidad(m/s)	Caudal (m^3/s)	Temperatura de la bobina ($^{\circ}C$) en la tubería
5/8	0,033	0.00557	78
5/8	0,045	0,00759	68,5
5/8	0,05	0,00843	60
5/8	0,06	0,01012	53,5

Fuente: diseño de Duber Armando Acevedo Patiño

Se puede observar en la tabla que, a una mayor velocidad, mayor es su caudal en un, pero la temperatura externa de la tubería es lo contrario a mayor caudal menor es su temperatura disminuyendo en un 12%. En comparación con los calentadores eléctricos en el cual no tienen implementado un sistema de control adecuado se evidencia una mejoría en el desperdicio de agua en un 35%. Este paso solo se regula mediante un cierre de válvula de bola, donde no se puede calcular y determinar una eficiencia del consumo de agua. Con la implementación de este sistema se obtuvo lo esperado. En la eficiencia energética 22,35% y en consumo energético de 54,8% menor a los eléctricos.

Se realizó el cálculo de la eficiencia con respecto a diferentes caudales, el cual es necesario para poder optimizar la cantidad de líquido en este caso de agua que se requiere dejar circular en el sistema, y se recogen los siguientes datos necesarios para el estudio de la eficiencia.

Tabla 2
Porcentaje de eficiencia de sensor de flujo y caudal

Caudal en (LPM)	Porcentaje de Eficiencia Energética (%)
0,2	60,15
0,5	32,33
1	19,55
1,5	12,5
2	10,78

Fuente: diseño de Duber Armando Acevedo Patiño

Se puede observar en la tabla de resultados de la eficiencia con respecto al caudal circundante, a mayor caudal o flujo del líquido menor es la eficiencia obtenida al final del proceso, en la toma de resultados no muestra que es inversamente proporcional, es decir: a menos flujo mayor eficiencia energética, este sistema permitió al momento de la de la conformación del sistema de flujo del agua la mejor opción para la definición de entrada del agua. En comparación con los calentadores eléctricos del mercado, se evidencia el mejoramiento del control de gasto de agua hasta en un 90%, el cual cuenta con un sistema de control de flujo y caudal. Con la implementación del sistema de control de flujo y presión contribuyo hasta en un 60% al ahorro energético del sistema.

Para la construcción y diseño de la estructura del prototipo se tuvo en cuenta ser práctico a la hora de albergar y cambiar la bobina con la que se desee trabajar y para futuros diseños de bobinas y además proteger de cualquier exposición de corrientes, quedando 520X250X250mm y un calibre de 1.2 mm. Para el diseño de la estructura se utilizó el programa AutoCAD electrical 2017 donde se simulo y se obtuvo el plano de la figura 27:

:

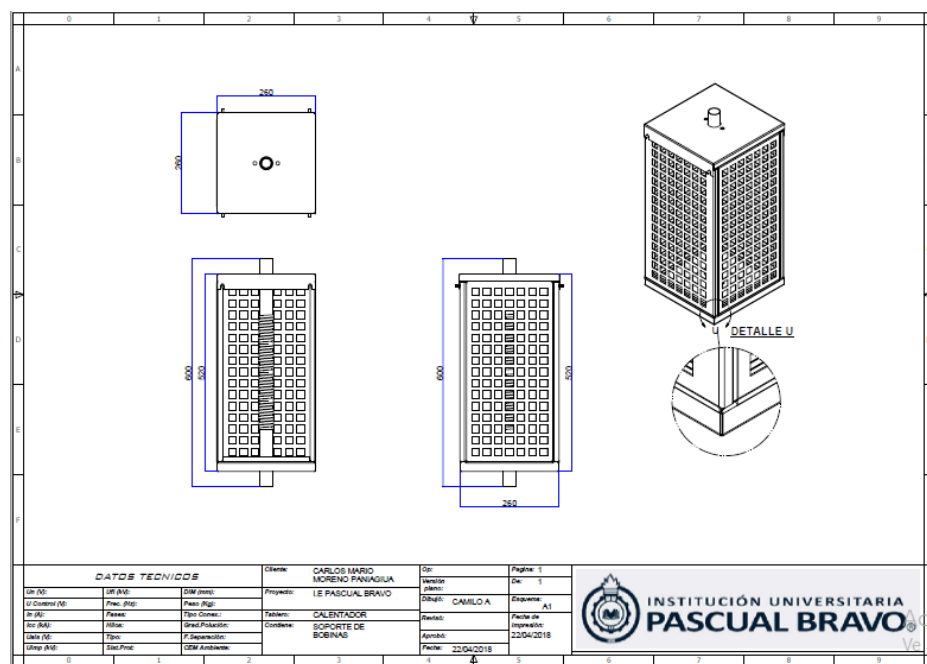


Figura 27. Diseño estructura bobina

Fuente: extraído de fuente propia

Nota: Diseño constructivo

Para la construcción y diseño de las tuberías conductoras del agua, se obtuvo dos diseños uno horizontal de un tubo y otro horizontal de dos tubos, en tuberías en acero inoxidable de 29.21X600X0.9mm para el conducto exterior donde circulara el vapor y otro de 15.87X600X1.2mm en su interior donde circulara el agua caliente. Para el diseño del conductor se utilizó el programa AutoCAD electrical 2017 donde se simulo y se obtuvo el plano de la figura 28:

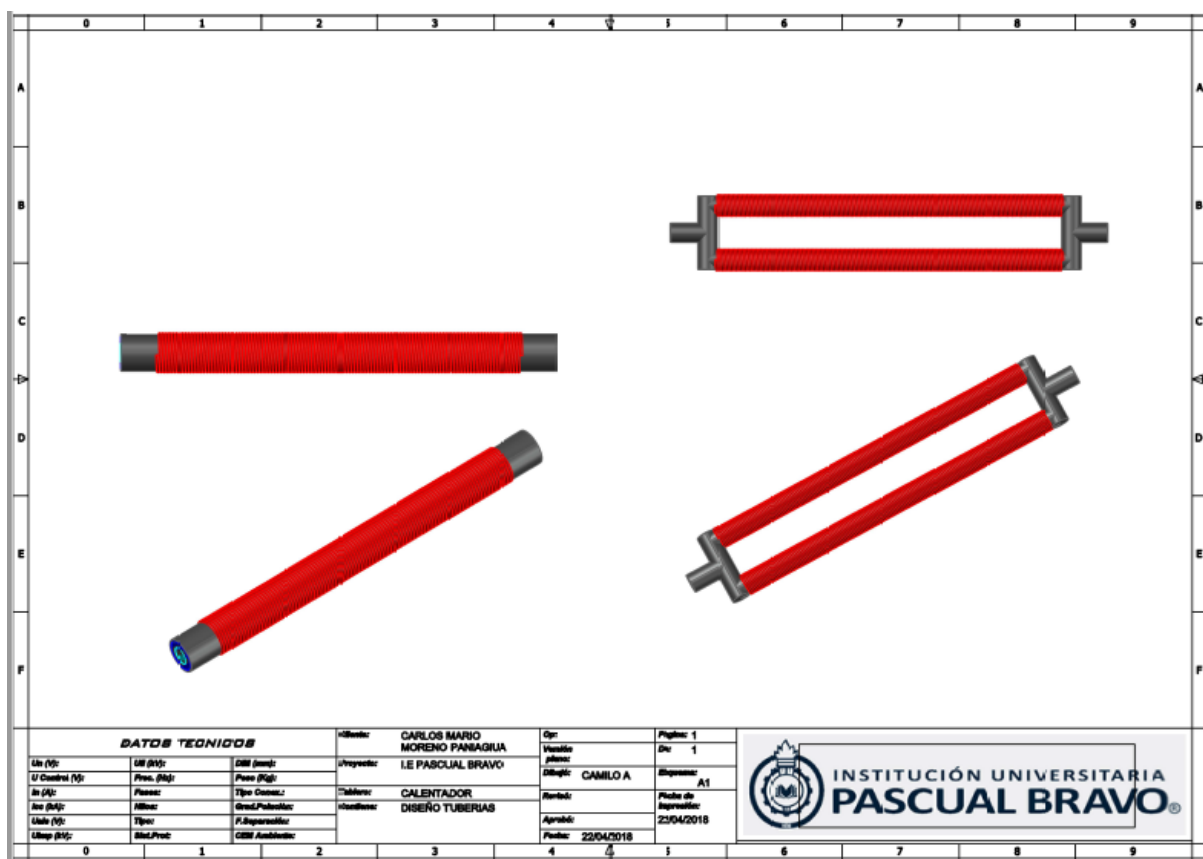


Figura 28. Diseño tubería

Fuente: extraído de fuente propia

Nota: Diseño constructivo

Se observan dos prototipos de conductores de agua y soportadores de bobinas diseñados para soportar temperaturas mayores a 400°C, donde están conectados al sistema de flujo por medio de niples.

Tabla 3
Paso de agua

DIAMETRO		CAUDAL	
(mm)	(pulgada)	(litros/seg)	(litros/día)
20	1/2	0-0,3	25920
25	3/4	0,3-0,5	43200
32	1	0,6-0,9	77760
40	1 1/4	1,0-1,4	120960
50	1 1/2	1,5-2,1	181440
62	2	2,2-3,5	264600
75	2 1/2	3,6-5	432000
90	3	5,1-7	604800

Fuente: Diseño de Carlos Alberto Hernández Montoya.

Se puede observar en los datos es necesario disponer de una caída de agua y solamente resulta indicado cuando hay corriente de agua cual no importa desperdiciar cierto volumen.

Es decir que el funcionamiento del paso de agua por nuestra tubería de 5/8". Pasará un caudal de 0,3 a 0,5 litros por se realiza un análisis de eficiencia que a menor caudal del agua mayor eficiencia y temperatura lo que con lleva a un análisis favorable que depende si necesitamos agua caliente o evaporada. Por lo tanto, otros métodos para el dimensionamiento o diseño conformes con las buenas prácticas de las normas de ingeniería son alternativas aceptables a las que aquí se presentan.

Como se mencionó en la metodología. Donde se midió la resistencia y la durabilidad de la tubería en acero inoxidable al vacío. Con el fin de probar la estructura encargada de contener la bobina y que no presente deformaciones físicas, alcance de la temperatura máxima y de su funcionamiento en el tiempo y así poder seleccionar la capacidad el sensor y el controlador. Sobre esto, se realizaron los cálculos con respecto al teorema de transferencia de calor como se indicó en el numeral 4.8. Los resultados obtenidos se evidencian en la tabla 4.

Tabla 4.
Mediciones de temperatura, calentador en vacío

Tiempo (Minutos)	Temperatura de la bobina °C	Temperatura en interior del tubo 1 1/4 in °C	Especificación
0	23	24.5	Temperatura ambiente
1	39,5	64	Aumenta considerablemente
3	60	105.5	Alcanza el 47.95% de la temperatura máxima
22	145	220	Temperatura máxima alcanzada

Fuente: diseño de Julian Camilo Alvarez moncada

Se puede observar en los datos de la tabla donde la temperatura del tubo y de la bobina, alcanza su valor máximo a los 22 minutos y no sufre daños físicos. Con la implementación de estas pruebas se determinó la capacidad del sensor y del controlador de temperatura no menor a 220 °C.

Como se indicó en el marco teórico. Dentro del análisis y pruebas realizadas a las diferentes tuberías metálicas como lo vemos en el capítulo correspondiente se realizan la siguiente toma de datos relevantes, los cuales son importantes para poder determinar en el tiempo el uso del sistema.

Tabla 5.
Características de corrosión e inducción electromagnética de algunos metales

Tipo de tubería	Porcentaje de durabilidad en el tiempo (Resistencia a la corrosión en años)	Permeabilidad a la inducción electromagnética (%)
Cobre	30	35
Acero inoxidable	20	75,8
Acero galvanizado	14	68,9
Hierro	5	86,5

Fuente: diseño de Duber Armando Acevedo Patiño.

En comparación con los calentadores eléctricos en el cual sus tuberías son en cobre y su temperatura máxima es de 180°C al vacío. Se puede evidenciar una capacidad mayor de calentador de inducción en un 18.18% con llevando a una reducción en tiempo de calentamiento de 3 minutos.

El análisis realizado con respecto a los resultados se evidencia respecto a las características requeridas en el sistema de conducción de agua, la alternativa escogida para el desarrollo de la estructura del calentador es el acero inoxidable, el cual, en comparación con respecto a las características de los otros materiales en conjunto, otorga mayores ventajas para las necesidades de durabilidad y propiedades al aprovechamiento del flujo electromagnético.

En comparación a los diferentes calentadores encontrados en el mercado se utiliza el cobre el cual representa ventajas con respecto a la corrosión, pero su eficiencia en la inducción eléctrica es baja hasta en un 45%. Esto representa una ventaja en el diseño realizado en su eficiencia energética de hasta un 95,5 %.

Las muestras recolectadas de la información de pruebas de inducción en la tubería, represento una base de datos necesarios e importantes la cual permitió un enfoque estructurado y necesario en la eficiencia del material respecto a diferentes condiciones.

Tabla 6.
Pruebas de temperatura inducción

Caudal (L/min)	Tiempo (seg)	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Eficiencia n (%)
0,25	60	15	100	94.125
0,5	60	15	77.32	84,81
0,75	60	15	54.66	74.18
1	60	15	32	64,12

Fuente: diseño de Julian Camilo Alvarez Moncada

Los cálculos de temperatura que se realizaron en el numeral 3.10 con los datos obtenidos en la tabla 2 se realiza un análisis de eficiencia que a menor caudal del agua mayor eficiencia y

temperatura lo que con lleva a un análisis favorable que depende si necesitamos agua caliente o evaporada.

Con respecto a la eficiencia que presentan los calentadores que actualmente se encuentran en el mercado, se encuentran ventajas de eficiencia debido al control de temperatura entre (32°C hasta 100°C) realizado. Se llegan a una eficiencia de hasta 94% en comparación.

Como se mencionó en la metodología. Se midió el consumo energético del diseño. Por medio de teorema de principio de inducción electromagnética con el fin de determinar la sustentabilidad del diseño en el mercado, calcular la capacidad de los equipos de potencia y de la bobina. Los resultados obtenidos se evidencian en la tabla 7:

Tabla 7.
Comparación de consumo para el calentamiento respecto al flujo

Velocidad del agua (m/s)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Consumo en (W)	Temperatura del agua en (°C)
0.033	110	2.6	570	45
0.050	110	2.6	570	39
0.033	110	5,5	1210	45
0.050	110	5.5	1210	60
0.033	110	6.81	1350	85
0.050	110	6.81	1350	65
0.033	110	8	1500	100
0.050	110	8	1500	92

Fuente: diseño de Duber armando Acevedo Patiño.

Se puede observar en los datos de la tabla para llegar a la temperatura de evaporación de agua se debe llegar a un consumo de 1500W y una velocidad de 0,05 (m/seg). También se analizó que a mayor velocidad menor es la temperatura por ende si requerimos temperaturas solo para calentar el agua aumentamos la velocidad del agua. En comparación con los calentadores eléctricos donde su consumo energético es de 3850W. Se analiza que su consumo energético es de 49.1 % menor. Con esta evaluación energética se deduce que el diseño es eficiente y competitivo.

Tabla 8.
Saturación del agua.

Temp /°C	Temp °F	Presión del vapor saturado	Densidad del vapor saturado	Presión del vapor saturado (gm/m)
-10	14	2,15	2,36	55,3
0	32	4,58	4,85	147,4
5	41	6,54	6,8	355,1
10	50	9,21	9,4	634
11	51,8	9,84	10,01	658
12	53,6	10,52	10,66	682
13	55,4	11,23	11,35	707
14	57,2	11,99	12,07	733
15	59	12,79	12,83	760

Fuente: Diseño de Carlos Alberto Hernández Montoya.

Debido a la sustancia el vapor se encuentra saturado, el volumen específico será directamente la temperatura dada que es a donde se llegó y represento una base de datos necesarios e importantes la cual permitió un enfoque estructurado y necesario en la eficiencia del material respecto a diferentes condiciones, el cual se necesitó una temperatura para poder llegar al punto de saturación del agua, el cual se transformó en vapor, en nuestro proyecto utilizamos el acero inoxidable el cual soporta a una temperatura entre 250°C y 400°C.

Entre los diseños realizados para el sistema de control se define un sistema de control de lazo cerrado, teniendo en cuenta que este nos permite tener un monitoreo constante de las variables y según los datos medidos permite que el sistema siga en funcionamiento o en su defecto que se suspenda el proceso si las variables no son las esperadas.

El funcionamiento del diagrama de bloque controla un sistema de potencia, circuito inductor, bobina y el controlador de temperatura, a través de sensores los cuales envían señales al controlador de temperatura, que según los parámetros programados determina el funcionamiento del circuito por medio de retroalimentación al sistema.

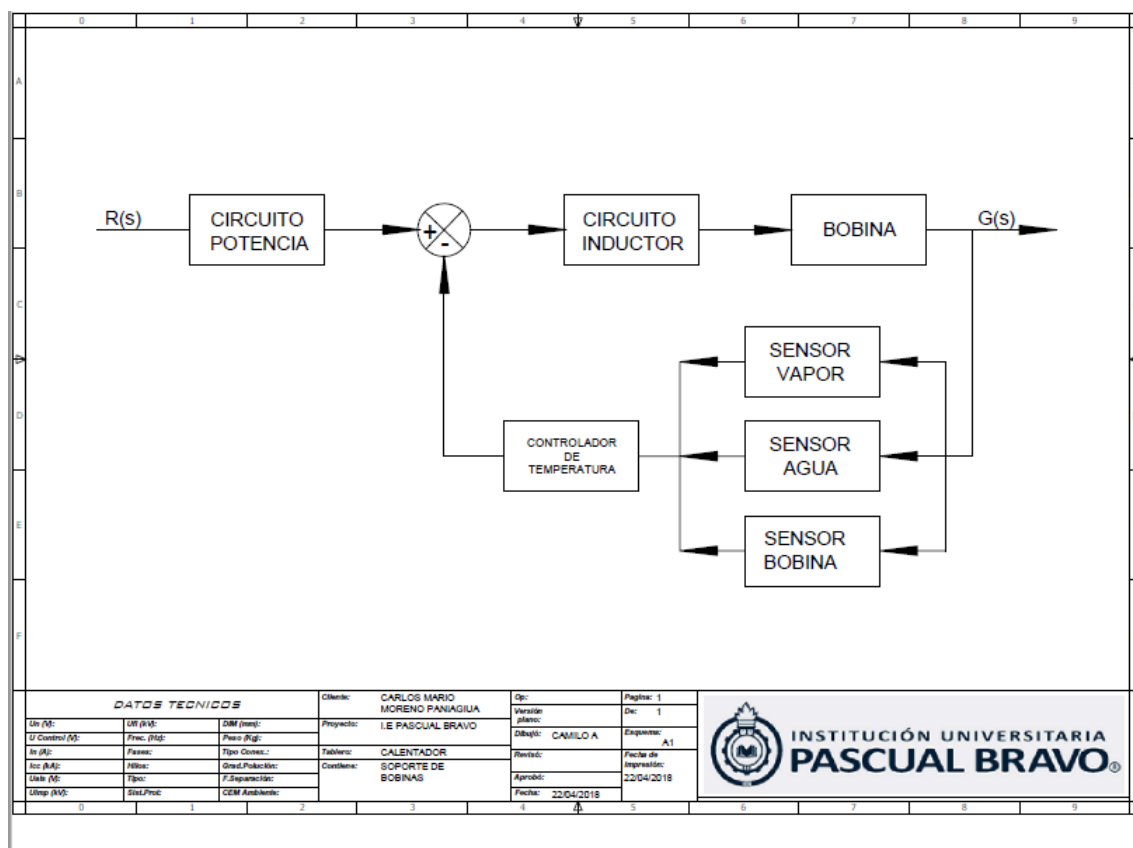


Figura 29. Diagrama de bloques

Fuente: extraído de fuente propia

Nota: lazo cerrado

Como se mencionó en la metodología, donde se fabricó y diseñó el control de temperatura para el control adecuado del agua caliente y el vapor, la durabilidad de las bobinas y de los aislamientos. El calentamiento es la parte esencial del proyecto para así poder determinar la temperatura a la que se desea trabajar. Sobre esto se realizaron los diagramas unifilares del control y la potencia del sistema en AutoCAD electrical 2017. Los resultados obtenidos se evidencian en la figura 29 y anexo 14.

Tabla 9.
Temperatura máxima de funcionamiento

posición selector	sensor 400°C	Temperatura °C máxima de su función	Temperatura °C máxima aislamiento
1	Agua vapor	100-120	
0	Bobina	190	200
2	Agua caliente	40-50	

Fuente: diseño de Julian Camilo Alvarez Moncada

Se puede observar en los datos de la tabla 9 para llegar a la temperatura deseada del agua o el vapor, los equipos y aislamientos están en óptimas condiciones para su funcionamiento donde se evidencia que la temperatura máxima del vapor que es de 120°C la resistencia de los aislamiento trabaja al 95% para evitar un sobre paso y conlleve a un daño en el prototipo, mediante un relé de temperatura y 3 sensores se vigila constantemente el circuito. En comparación con los calentadores eléctricos que no tiene implementado un sistema de control de temperatura con monitoreo se obtiene mejor ventaja en el cuidado de los materiales que lo conforman.

Para la construcción y diseño de la bobina del prototipo se tuvo en cuenta la capacidad del circuito inductor de 20A determinando un calibre de cable rígido # 10 que es de 35A. Se realizaron de manera manual y después de haber probado con diferentes geometrías de manera experimental se pudo realizar la fabricación de una bobina que se adapte a las necesidades del prototipo con un diámetro de 35mm, una longitud de 350 mm y una longitud total de 14m, para mantener una separación de 2.92 mm entre las espiras de la bobina de inducción se usó una resina que permite la unión entre espiras. Además, para aislarla del conductor de agua se utilizó un papel aislante de 200°C.

Para el diseño de la bobina se utilizó el programa AutoCAD electrical 2017 donde se simuló y se obtuvo el plano de la figura 30:

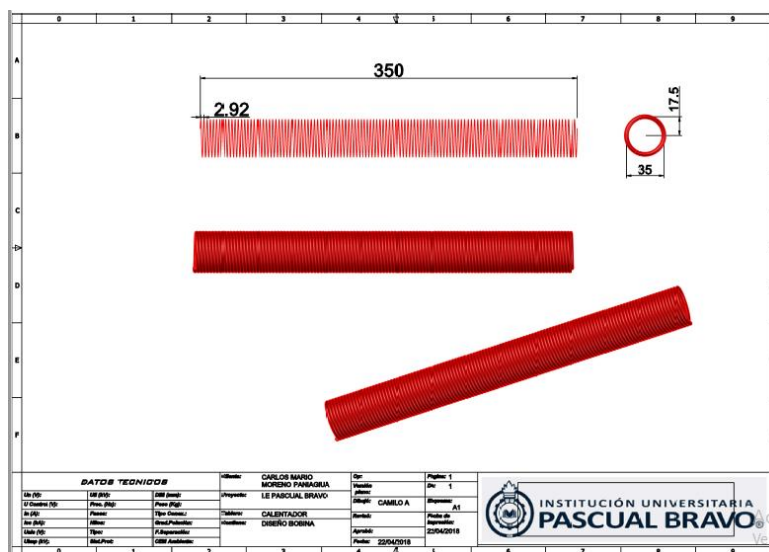


Figura 30. Diseño bobina

Fuente: extraído de fuente propia

Nota: Diseño constructivo

Como se mencionó en la metodología, donde se fabricó y diseñó la bobina dispositivo generador de calentamiento del metal, la durabilidad de las bobinas y de los aislamientos. El calentamiento es la parte esencial del proyecto para así poder determinar la temperatura a la que se desea trabajar. Sobre esto se realizaron los diagramas unifilares del control y la potencia del sistema en AutoCAD electrical 2017. Los resultados obtenidos se evidencian en la tabla 10.

Tabla 10.

Características de la bobina

Corriente máxima de trabajo (a)	Material bobina	Dimensiones (mm)			# de espiras
		Longitud	Diámetro	Calibre	
20	Cobre esmaltado	350	35	3	120

Fuente: diseño de Julian Camilo Alvarez Moncada

Se puede observar en los datos de la tabla para llegar a la temperatura máxima de 120°C y una potencia de 1500W, el calibre utilizado para la bobina cumple con los requisitos para un óptimo funcionamiento donde la corriente máxima es de 20A.

Para la aplicación del control de temperatura en este proyecto se usó interruptor termo magnético de 1X6A, un contacto NC1-18-10 CHINT, un selector de dos posiciones, dos piloto verde y rojo, un relé TCM4-14R Autonics, un selector de tres posiciones y tres sensores de temperatura de resistencia variable. También conocido como termistor de coeficiente de temperatura negativo permite determinar en el funcionamiento del sistema de calentamiento si la temperatura es excesiva el termostato será encargado de proteger el sistema, se han colocado muy aproximado en la bobina, en el conductor del vapor y del agua caliente de tal manera que pueda detectar el calentamiento del dispositivo y enviar la señal al comparador para detener el circuito.

Para el diseño del diagrama eléctrico del controlador se utilizó el programa AutoCAD electrical 2017 donde se diseñó los planos eléctricos de las figuras 30, 31, anexos 8 y 10

CONVENCIONES					
	INTERRUPTOR DE PROTECCION		PILOTO VERDE		SENSORES DE TEMPERATURA
	CONTACTOR POTENCIA		PILOTO ROJO		CABLE DE CABLE
	BOBINA		BOBINA CONTACTOR		CONTROLADOR DE TEMPERATURA
	BORNERA DE CONEXION		SELECTOR DE 3 POSICIONES		
	INDUCTOR		CONTACTO ABIERTO		MARCACION CABLE
	SELECTOR DE DOS POSICIONES		CONTACTO CERRADO		ALIMENTACION CIRCUITO

DATOS TECNICOS			Cliete:	Op:	Página:
Un (M):	Un (M):	Dim (mm):	CARLOS MARIO MORENO PANAGUIA	Revision (Mm):	1
U Control (M):	Pres. (kg):	Peso (kg):	Proyecto: I.E PASCUAL BRAVO	Diseño:	CAMLO A
IP (M):	Pres.:	Tipo Conex.:	Tablero: CALENTADOR	Estado:	Fecha de Inyección: 22/04/2018
U Control (M):	Pres.:	Pres.:	Condens: DIAGRAMA UNIFILAR TABLA DE CONVENCIONES	Estado:	Fecha de Inyección: 22/04/2018
U Control (M):	Pres.:	Pres.:	Condens: DIAGRAMA UNIFILAR TABLA DE CONVENCIONES	Estado:	Fecha de Inyección: 22/04/2018
U Control (M):	Pres.:	Pres.:	Condens: DIAGRAMA UNIFILAR TABLA DE CONVENCIONES	Estado:	Fecha de Inyección: 22/04/2018

Figura 31. Tabla de convenciones

Fuente: extraído de fuente propia

Nota: convección de la simbología de los circuitos

En la figura 31 proporciona información del calibre, marcación del cableado, equipos eléctricos.

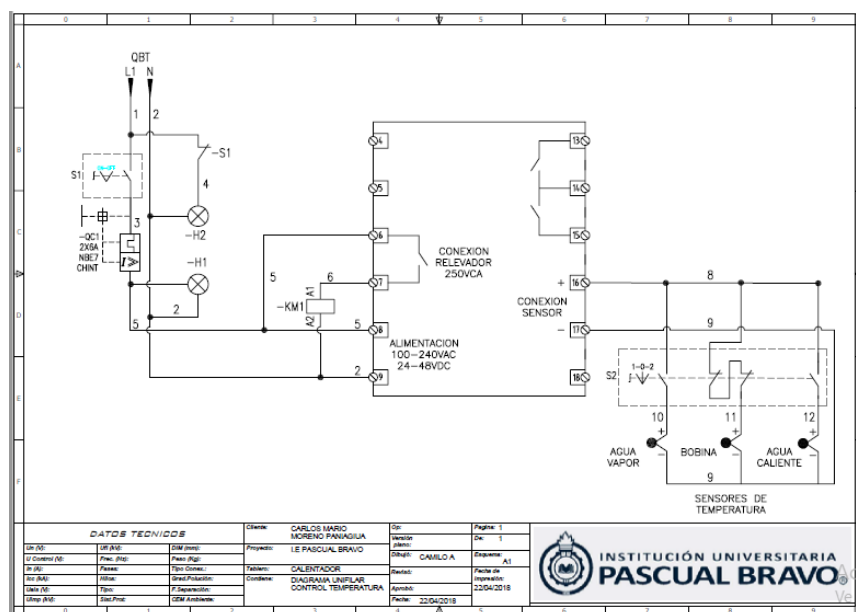


Figura 32. Sistema de control

Fuente: extraído de fuente propia

Nota: conexionado del circuito de temperatura

Esta sección de calentamiento por inducción utiliza fuente de alimentación CC de bajo voltaje 12-48V Corriente máxima 20A, potencia máxima 1000W. Probado con una fuente de alimentación de 53 V cuando funciona correctamente. Debido a su potencia moderada, puede usarse para piezas pequeñas. Los jugadores de bricolaje endurecen, recojan y otros tratamientos térmicos. También se pueden usar con un crisol de grafito fundiendo oro, plata, cobre, aluminio y otros metales, calentamiento uniforme rápido, muy conveniente.

Entrada de 24 V sin corriente de carga de 3 A, entrada de 48 V sin corriente de carga de 6 A

Cuanto mayor es la tensión, mayor es la corriente de calefacción cuando la misma cosa, el efecto es mejor, pero al mismo tiempo el calor también es grande, por lo que, para erradicar la situación real para seleccionar el voltaje de entrada, el uso general de las palabras 24V o La fuente de alimentación de 36V es suficiente. En la figura 33 y anexo 5 se puede apreciar el diagrama eléctrico en la figura 33 y anexo 5.

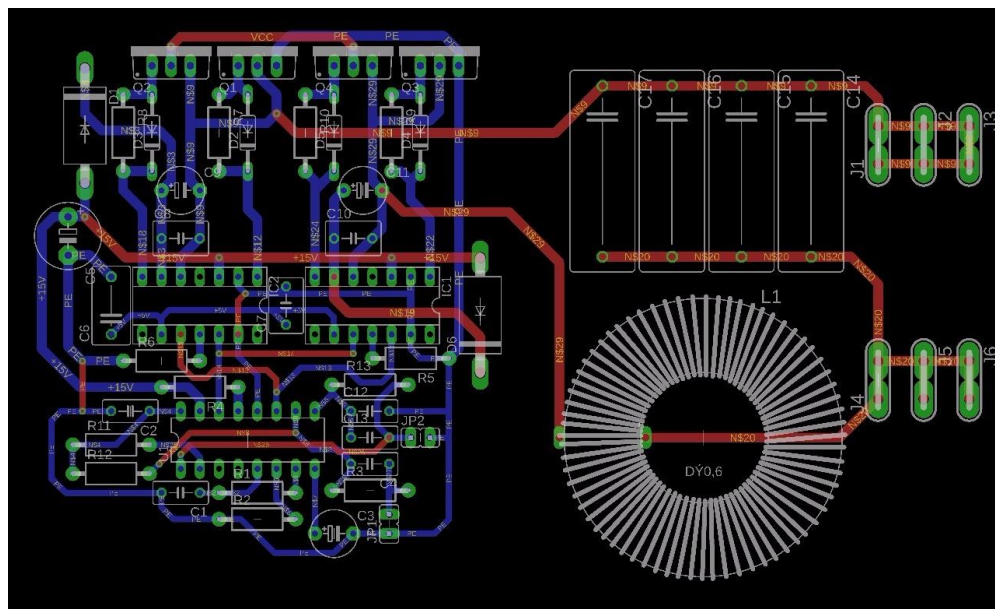


Figura 33. Circuito inductor

Fuente: extraído de fuente propia

Nota: conexasión del circuito de temperatura

7. Conclusiones

Se logró implementar un sistema de control de flujo el cual permite una disminución del líquido hasta en un 50% para el proceso establecido.

Se realizaron los cálculos con respecto a los teoremas, donde se evidenciaron los resultados $V = 0,33$ m/s con tubería de 1" representa un caudal de 1,26 L/s, estos confirmaron que la disminución de velocidad $V = 0,05$ m/s generaron un caudal de 0,5 L/s y representaron una mayor eficiencia hasta del 69% al momento del calentamiento del agua.

Los calentadores eléctricos que se encuentran en el mercado tienen un consumo mayor al 45% con relación al desarrollado, el cual cuenta con ahorros económicos, contribuyendo al desarrollo sostenible con responsabilidad ambiental.

Escoger un adecuado sistema de control de flujo y presión aumentara la eficiencia del calentador, esta se puede elevar hasta en un 62%.

Mediante el uso de los programas de AutoCAD se obtuvo una reducción del 25% en los costos y tiempo en la fabricación del proyecto.

Se realizaron pruebas de funcionamiento y de consumo energético de donde se obtuvo que al comparar la eficiencia energética del calentador de agua por inducción electromagnética y calentador eléctrico que se basa en el calentamiento resistivo, se puede determinar valores porcentuales de 97.9% y 85.595% respectivamente.

Se muestra una clara diferencia, entre los dos sistemas de calentamiento; al comparar el consumo energético se tiene 1.5 kW en el calentador de inducción electromagnética y 3.85 kW en la eléctrica, se determina una amplia diferencia en cuanto al consumo de 54%.

Las pruebas al acero inoxidable, que se realizaron mediante cálculos presentaron una ventaja de mayor durabilidad con respecto al resto del 53%, y una mayor captación de la inducción

electromagnética de hasta 42.5% y este se vio reflejado en aumentos considerables de temperatura que en la escala sería mayor a 30°C.

A los 3 minutos la bobina alcanzó una temperatura de 60 °C y el tubo en su interior alcanzó una temperatura de 105.5 °C, ahí alcanzaron el 47.95% de la temperatura máxima.

Los parámetros de diseño presentados, tienen un calentamiento eficiente en la zona superficial de la tubería, mostrando en los resultados una temperatura de 153 grados Celsius en tres minutos con un consumo de 1760.16 watts. Se puede concluir que no se tiene problemas con respecto a la temperatura para la generación de vapor de es de 100° Celsius

Se construyó el prototipo de calentamiento de inducción electromagnética, partiendo del sistema de control de caudal, presión y conducción de agua, del cual se fueron creando elementos como la bobina de inducción y el control de temperatura es uno de los más relevantes para su funcionamiento efectivo. Finalmente, el calentador por inducción es un dispositivo único que es producto de la innovación y el desarrollo sustentable, que tiene como objetivo resolver problemas ambientales y energéticos.

En conclusión entre un comparativo entre nuestros 2 prototipos se evidencia que el medio conductor es más efectivo en un 10.375% es el tipo ovalo ya que por tener sus bobinas en paralelo hay mejor aprovechamiento de su potencia que en la de serie.

8. Recomendaciones

Es importante que en las mejoras que se implementen para el sistema, se sugiere profundizar en los diferentes tipos de materiales de aleación metálica, cerámicas y fibras de carbono, ya que se pueden ir desarrollando diferentes de estos tipos de materiales, los cuales pueden mejorar ya sea la capacidad de transferencia de calor, mayor capacidad de protección contra la corrosión y permisibilidad a la inducción electromagnética.

Teniendo presente que el objetivo de la implementación de los diferentes sistemas de conducción de agua para la generación de vapor, están enfocados a la eficiencia energética el cómo se puede disminuir el consumo energético, la profundización en todos los diferentes materiales que permitan realizar desarrollos más eficientes son de vital importancia para su continuo mejoramiento.

Con los sensores de control de flujo y retro alimentación del sistema es de mucha relevancia, debido a que si se implementan sistemas de control de flujo y presión más eficientes lo que considerablemente ayudara a la reducción del consumo de agua para la generación de vapor.

Para complementar los mejoramientos del sistema de controles de flujo y presión es pertinente realizar mejora continua en el sistema de control ya que este controlara diferentes variables como lo son retroalimentación del sistema, control de temperatura, consumo energético de las bobinas de inducción y teniendo en cuenta que se estarían monitoreando y controlando diferentes variables por ende la contribución al mejoramiento general sería muy relevante.

Es fundamental profundizar en la investigación en la electrónica de potencia en sistemas resonantes para el aumento de frecuencia a muy bajos voltajes, debido a que estos n permiten una mayor eficiencia del sistema.

Cuando se requiera utilizar vapor por inducción, ya sea para la generación de energía eléctrica o para movimiento rotatorio, es necesario suministrarlo a su máxima potencia, tomando en

cuenta algunos otros niveles que se necesiten en instalaciones de proceso. Dicha acción permitirá no utilizar válvulas reductoras de presión, lo que origina se eleve la eficiencia del ciclo.

9. Referencias bibliográficas.

- Abalde, R. (2015). *Vigo España Patente n° WO2015/173459 A1*.
- Acevedo, A., Barrero, J., & Gelvez, J. (2007). Calentamiento por inducción electromagnética, diseño y construcción de un prototipo. *Revista UIS Ingenierías*, 69-76.
- alberto. (1997). *medida de la resistividad del subsuelo*. MADRID: petrus.upc .
- Alvarez Moncada, J. C., Acevedo Patiño, D. A., & Elver Orozco, J. (2018). Medellín: Fuente propia.
- Alvarez Moncada, J. C., Acevedo Patiño, D. A., & Hernandez Montoya, C. A. (2018). Medellín: Fuente propia.
- augusto, I. (2011). *física 2b*. españa: blog spot.
- Autio, R. (2000). Controlador de campo eléctrico. *European patent application*, 1-7.
- bid. (1997). proyecto live. *interconomisa*.
- Bresciani, F. (1966). *Magnetismo y Electromagnetismo*. Cuenca: Don Bosco.
- bueche, j. (1988). *corrosiones*. medellin: editorial.
- cab. (1951). secciones de tuberías. En moody. españa: comité europeo de normalizan.
- Cáceres Rodríguez, J., & Montero Llundo, B. (19 de Diciembre de 2016). *Repositorio Dspace*.
Obtenido de Diseño y construcción de un calentador de agua en base al análisis de un sistema eficiente de inducción electromagnética para hogares pertenecientes al sector socio económico medio.: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/11904>
- Calahorro, C. V. (1995). *Química general. Introducción a la Química Teórica*. Salamanca: Ediciones Universidad Salamanca.
- cambiaso. (1978). calor por conveccion. En cambiaso, *calor por conveccion*. palermo: binamic.
- Clothier, B. L. (2007). Método y aparato para calentamiento por inducción magnética en el que se utiliza radio frecuencia. *OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS*, 1-35.
- conductividad. (1928). En m. kreith, *conductividad*. españa: liab.
- CONELEC, R. d. (2013). *Estudio y Gestión de la Demanda Eléctrica*. Ecuador: CONELEC.
- Counci, W. E. (2014). Perspectivas de la evolución mundial hasta 2030 en los ámbitos de la energía, la tecnología y la política climática. *Consejo Mundial de energia*, 1-16.
- ENERGÍA, M. D. (2007). CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA. *UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA*, 1-135.

- Española, R. A. (2014). *Diccionario de la lengua española (23.ª edición)*. Madrid: Espasa.
- Fernandez, J. A. (1984). *Teoria y Practica de la lucha contra la corrosion*. Madrid, España: GRAFIMAD S.A.
- Flores, L., & Rivera, A. (2016). Diseño e implementación de un calefón a inducción electromagnética para proveer de agua caliente a viviendas unifamiliares. (*Tesis - Carrera de Ingeniería Electrónica e Instrumentación (ESPEL)*). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10592>
- frank. (1949). *diametro*. usa.
- franklyn. (1999). transferencia de calor. En franklyn. italy: bensa.
- Giancoli, D. C. (2006). *Fisica Principios con Aplicaciones sexta edicion*. Mexico: Pearson Educacion de Mexico S.A.
- Gonzalez, W., Aller, J., Lászlo, S., & Horvart, J. (2013). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE BOBINAS DE CALENTAMIENTO PARA HORNOS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA. *UNIVERSIDAD, CIENCIA y TECNOLOGÍA*, 1-10.
- Iguchi, A. (1991). Calentador de inducción electromagnético. *European patent application*, 1-13.
- Iguchi, A. (1991). Electromagnetic induction heater. *European patent application*, 1-13.
- Instrumentacion Industrial Octava Edicion*. (2010). Mexico: Alfaomega Grupo Editor S.A.
- Instrumentacion y Control Avanzado de Procesos*. (2013). Madrid, España: Ediciones Dias de Santos S.A.
- Kennedy, K. A. (2009). Termostato. *E.E.UU Patent application publication*, 1-17.
- Landau, L. D. (2008). *Teoría Clásica De Los Campos (Física teórica de Landau)*. Barcelona-bogota-buenos aires-caracas-mexico: REVERENTE S.A .
- Learning, B. D. (2014). *Gran Atlas de la Ciencia (Energía, 1st Edition)*. chicago: Inc Encyclopaedia Britannica.
- luis beltran, m. m. (2013). *semiconductores*. bogota.
- martinic. (1993). verificacion de resultados. En martinic, martinic. españa: vives.
- miyachi, a. (2016). resistividad electrica. *mada*.
- Newman, W. C. (1988). Simulador de diagrama de bloques. *European patent application*, 1-150.
- Ogata, K. (2010). Ingeniería de control moderna (5ta edicion). En K. Ogata, *Ingeniería de control moderna* (págs. 17-19). Madrid: Pearson educacion S.A.

- Ordoñez Flores, R., Reyes Castillo, F., Carreño Hernández, C., Morales Caporal, R., & Martínez Hernández, H. (2013). Water Heater by Magnetic Induction. *IEEE*.
- oreollana, p. (1982). *medicion de la resistividad*. madrid.
- Paniagua, A. (2017). *Ciudad de Mexico Patente n° WO2017/179966 A1*.
- presiones preliminares. (1955). En jking, *presiones preliminares*. suecia: brith.
- Quevedo Avila, L., & Mancheno Mancheno, C. (2016). Diseño y pruebas de una bobina para un calentador de agua por inducción. *Universidad politécnica salesiana*, 1-69.
- Quevedo, L., Morales, J., Quizhpi, F., Cabral, R., & Bretas, A. (2014). Initial Results from a Prototype Corresponding to an Induction Water Heater. *Ingeniería Eléctrica Universidad Politécnica Salesiana*.
- Resnick, R., David, H., & Kenneth S, K. (1999). *Física, Volumen 2, Cuarta Edición*. Mexico: Compañía editorial continental.
- Wildi, T. (2007). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia 6ta edición*. Mexico: Pearson, educacion.
- William H, H., & John A, B. (2010). *Teoría Electromagnética, Séptima Edición*. MC GRAW HILL .
- www.academia.edu*. (25 de Marzo de 2018). Obtenido de https://www.academia.edu/4617542/Calculo_de_caudal_de_agua_en_Tuberias
- www.hernanleon1002.wordpress.com*. (26 de Marzo de 2018). Obtenido de <https://hernanleon1002.wordpress.com/fisica-de-fluidos-y-termodinamica/segundo-corte/marco-teorico/principio-bernoulli/>
- www.hernanleon1002.wordpress.com*. (26 de Marzo de 2018). Obtenido de <https://hernanleon1002.wordpress.com/fisica-de-fluidos-y-termodinamica/primer-corte/marco-teorico/principio-de-pascal/>
- Zemansky, M. W. (1985). *Calor y termodinámica (SEXTA EDICION)*. Madrid: McGraw-Hill.

10. Bibliografías

valvias. (22 de 4 de 2018). *web publico*. Obtenido de <http://www.valvias.com/sobre-valvias.php>

Alvarez Moncada, J. C., Acevedo Patiño, D. A., & Hernandez Montoya, C. A. (2018). Medellín: Fuente propia.

ENERGÍA, M. D. (2007). CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA. *UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA*, 1-135.

garcia, a. f. (12 de 4 de 2018). *web flujo magnetico producido por un solenoide*. Obtenido de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/magnetico/solenoide/solenoide.html>

garcia, a. f. (14 de 4 de 2018). *web publica fundamentos fisicos*. Obtenido de http://www.sc.ehu.es/sbweb/ocw-fisica/intro/guia_docente/inducccion.xhtml

gutierrez, l. g. (1 de 5 de 2018). *web teoria de la medicion de caudales*. Obtenido de http://www.igme.es/igme/publica/libros2_TH/art2/pdf/teoria.pdf

H2O TEK. (12 de 4 de 2018). *web comercial*. Obtenido de <https://h2otek.com/tienda/content/13-funcion-calentadoragua>

tubinox. (16 de 4 de 2018). *web comercial*. Obtenido de <http://www.tubosinoxidables.com/pdf/1.Tuberia.pdf>

VACUUBRAND. (20 de 4 de 2018). *Web corporativo*. Obtenido de <https://www.vacuubrand.com/es/page1228.html>

web fuerza electromotriz. (23 de 3 de 2018). Obtenido de https://www.nebrija.es/~cmalagon/Fisica_II/transparencias/02-Magnetismo/09-Fuerza-electromotriz.pdf

11. Anexo



Anexo 1. Tubería conductora
Fuente: diseño propio



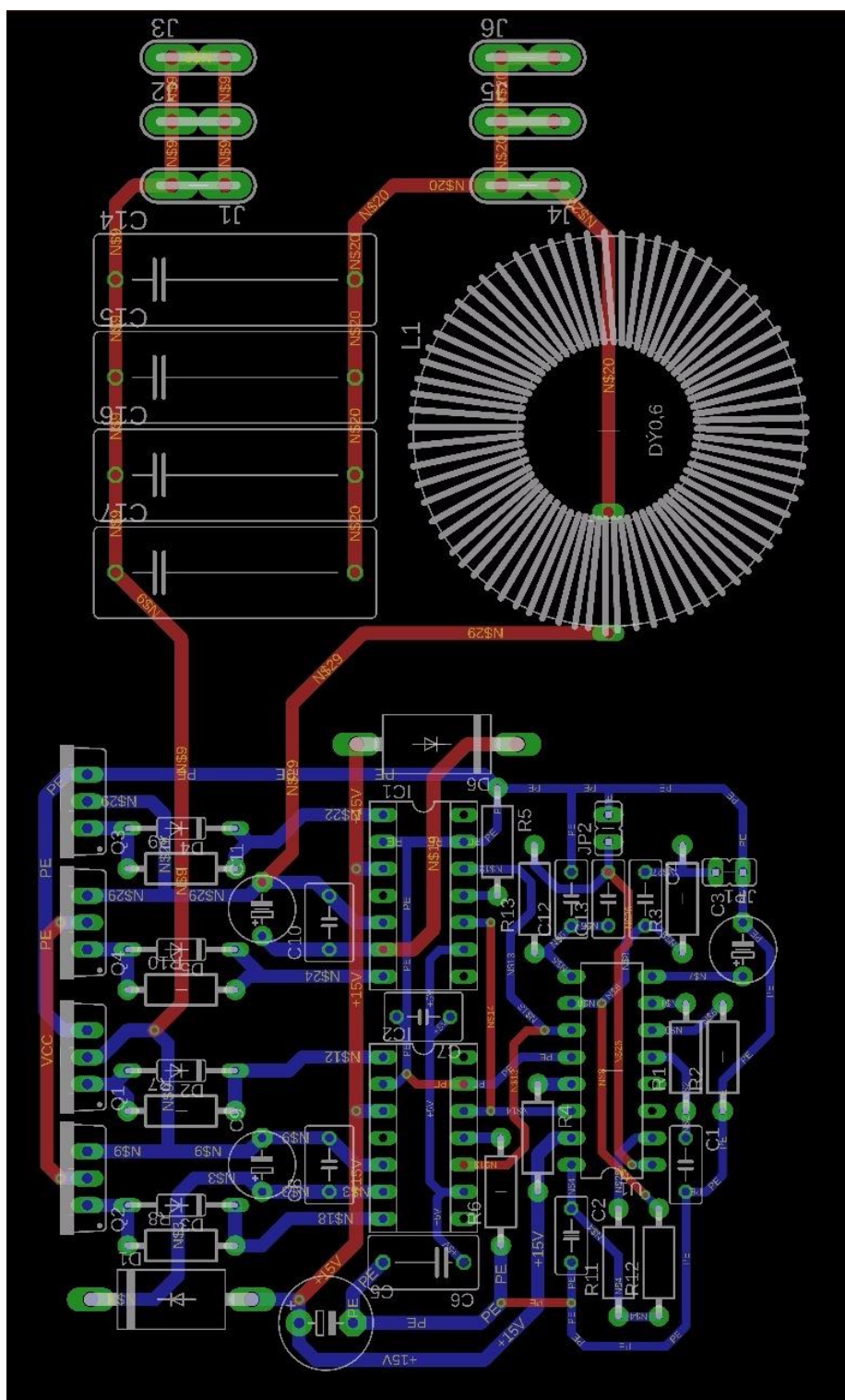
Anexo 2. Tablero control de temperatura
Fuente: diseño propio



Anexo 3. Estructura base bobinas
Fuente: diseño propio



Anexo 4. Bobina
Fuente: diseño propio

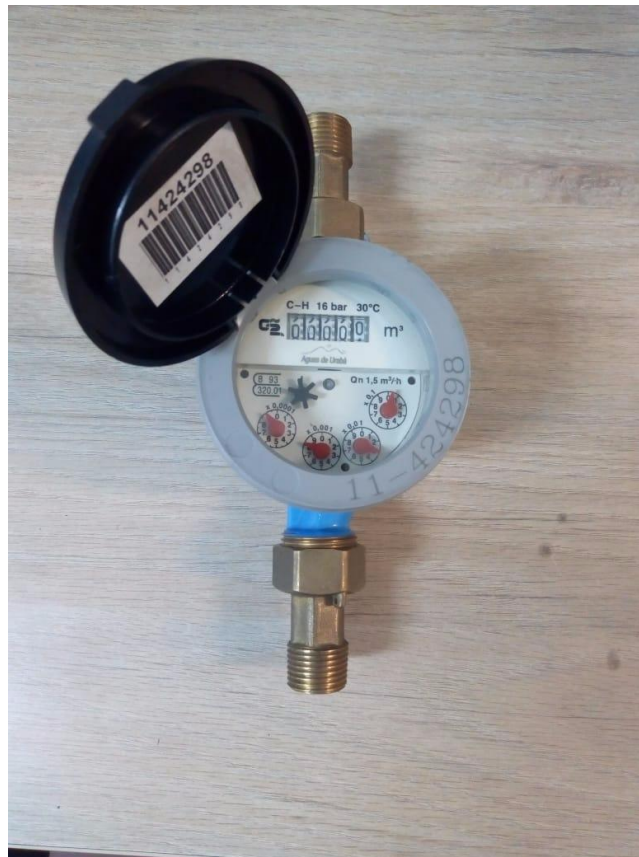


Anexo 5. Circuito inductor

Fuente: diseño propio



Anexo 6. Módulo de placa de calefacción de inducción de bajo voltaje Yosoo 1000W
Fuente: diseño de Yosoo



Anexo 7. Medidor de flujo
Fuente: diseño propio

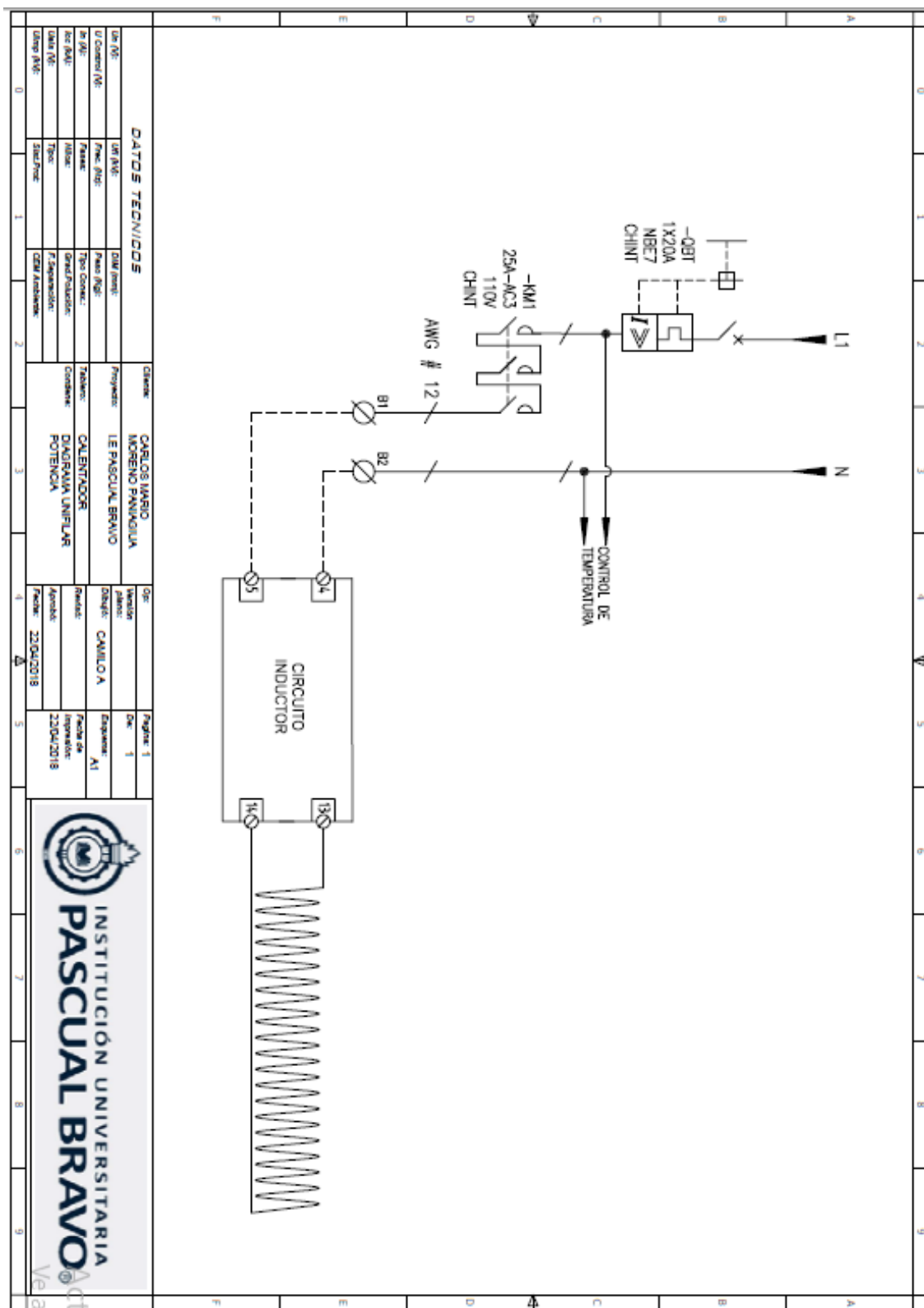
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	CONVENCIONES										
B		INTERRUPTOR DE PROTECCION		PILOTO VERDE		SENSORES DE TEMPERATURA					
C		CONTACTOR POTENCIA		PILOTO ROJO		CAMBRE DE CABLE					
D		BOBINA		BOBINA CONTACTOR		CONTROLADOR DE TEMPERATURA					
E		BORNERA DE CONEXION		SELECTOR DE 3 POSICIONES		MARCACION CABLE					
F		INDUCTOR		CONTACTO ABIERTO		ALIMENTACION CIRCUITO					
		SELECTOR DE DOS POSICIONES		CONTACTO CERRADO							

DATOS TECNICOS		DISEÑO		PAGINA	
Dir. GC:	Dir. PAB:	DISEÑADOR:	PROYECTOR:	OPERA:	FECHA:
Dir. Control. NE:	Dir. PAB:	Dir. PAB:	Dir. PAB:	OPERA:	FECHA:
Dir. PAB:	Dir. PAB:	Dir. PAB:	Dir. PAB:	OPERA:	FECHA:
Dir. PAB:	Dir. PAB:	Dir. PAB:	Dir. PAB:	OPERA:	FECHA:
Dir. PAB:	Dir. PAB:	Dir. PAB:	Dir. PAB:	OPERA:	FECHA:

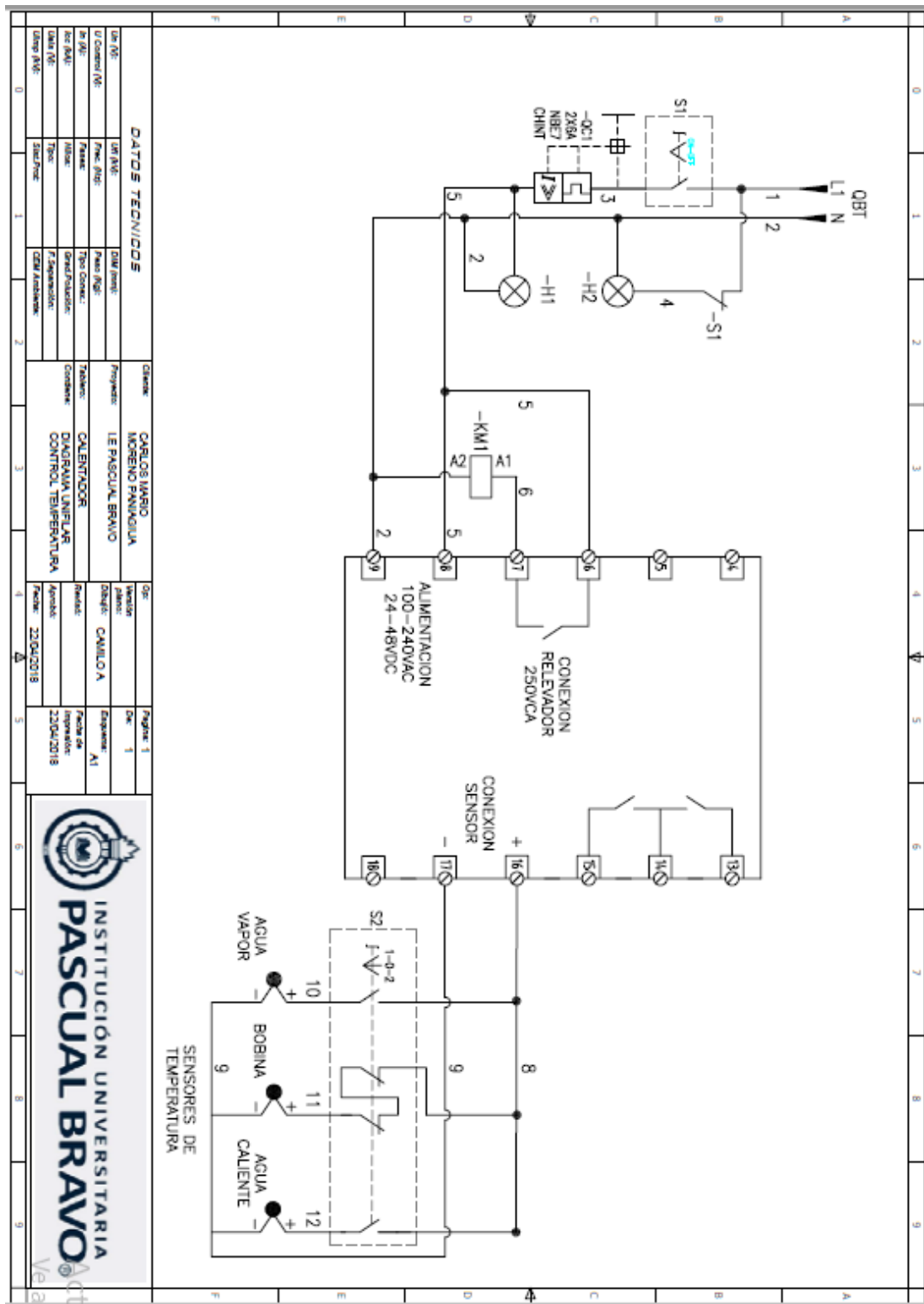
DATOS TECNICOS		DISEÑO		PAGINA	
Dir. GC:	Dir. PAB:	DISEÑADOR:	PROYECTOR:	OPERA:	FECHA:
Dir. Control. NE:	Dir. PAB:	Dir. PAB:	Dir. PAB:	OPERA:	FECHA:
Dir. PAB:	Dir. PAB:	Dir. PAB:	Dir. PAB:	OPERA:	FECHA:
Dir. PAB:	Dir. PAB:	Dir. PAB:	Dir. PAB:	OPERA:	FECHA:
Dir. PAB:	Dir. PAB:	Dir. PAB:	Dir. PAB:	OPERA:	FECHA:

	INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
--	---

Anexo 8. Tabla de convenciones control temperatura
Fuente: diseño propio

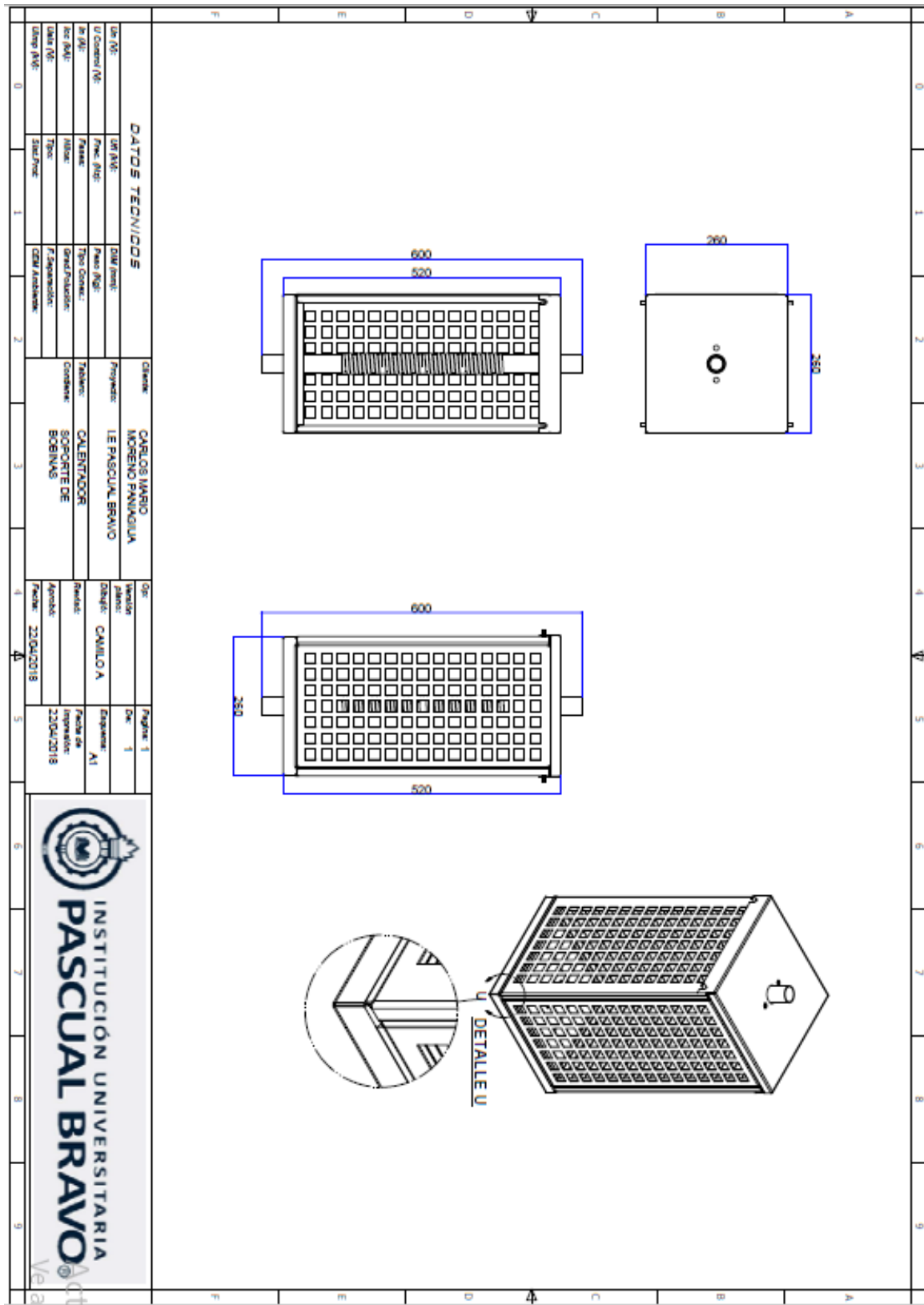


Anexo 9. Circuito de potencia
Fuente: diseño propio

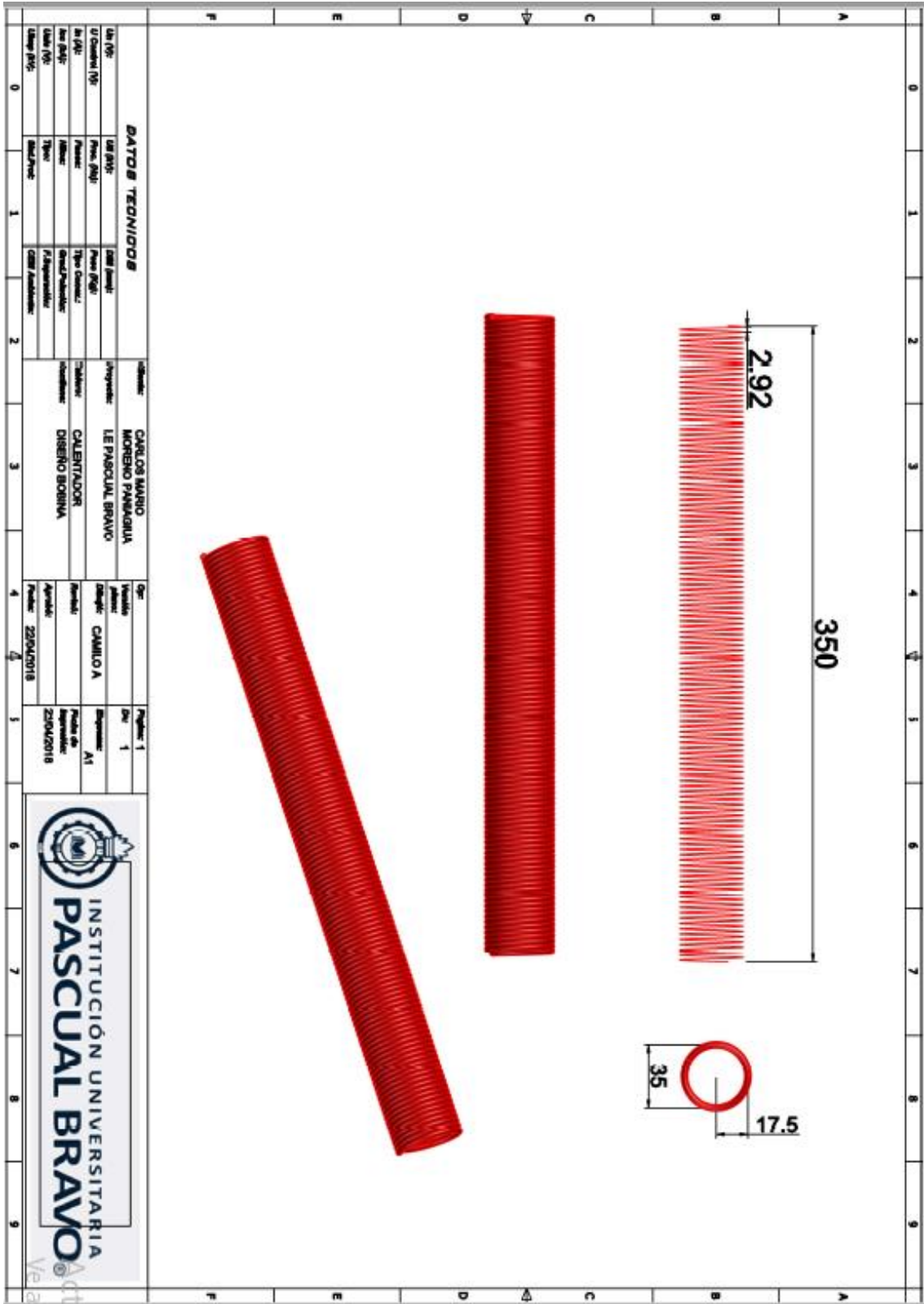


Anexo 10. Circuito de control

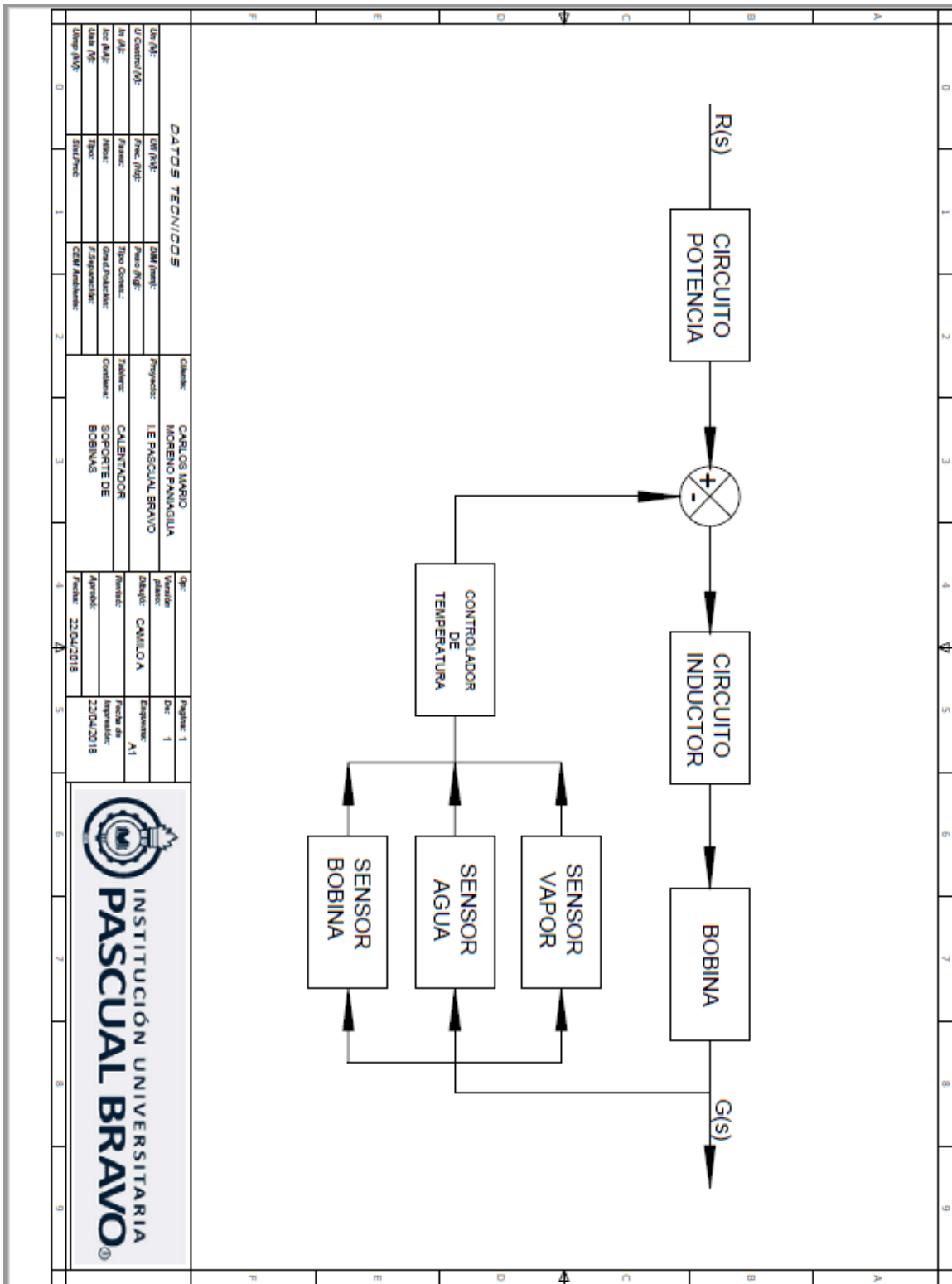
Fuente: diseño propio



Anexo II. Soporte de bobinas
Fuente: diseño propio



Anexo 12. Medidas de la bobina
Fuente: diseño propio



Anexo 14. Diagrama de bloques- lazo cerrado

Fuente: diseño propio