UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Facultad de Ingeniería Automotriz

TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE

INGENIERO EN MECANICA AUTOMOTRIZ

Diseño y construcción de un banco de pruebas termodinámicos para un proceso isobárico, para el laboratorio de termodinámica de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz de la UIDE.

Efrén Vladimir Revelo Albuja

Director: Roberto Gutiérrez

2011

Quito, Ecuador

CERTIFICACIÓN

Yo Efrén Vladimir Revelo Albuja declaro que soy el autor exclusivo de las presente investigación y que esta es original, autentica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación, serán de mi exclusiva responsabilidad.

_____

Firma del graduado

Yo Roberto Gutiérrez, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, el señor Vladimir Revelo Albuja, es un autor exclusivo de la presente investigación y que esta es original autentica y personal suya.

_____

Firma del Director Técnico de Trabajo de Grado

Director

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos a mi madre querida por darme todo el apoyo requerido, a mi esposa por estar en todo los momentos más gratificantes de mi vida.

También quiero agradecer infinitamente a un amigo y director de tesis al Ing. Roberto Gutiérrez, que me supo ayudar incondicionalmente, y dar buenos consejos.

También ha habido muchas personas que me supieron ayudar incondicionalmente, también les debo este agradecimiento.

DEDICATORIA

A Dios, que es mi guía, quien me ha llenado de alegría y que me seguirá enseñando en el camino de la vida, a tropezarme muchas veces y también a levantarme, que eres la única esperanza que siempre acudimos en donde más lo necesitamos y siempre has estado allí, y sin importar lo que somos y de dónde venimos.

A mi familia, mi esposa querida Ana Karen Sierra y mi hija adorada, Dayanita Revelo, que ha sido mi motivación diaria, que día a día es mi motivación para ser un gran hombre, lleno de valores, y también ser un buen padre, y un buen esposo.

A ti madre mía Consuelo Albuja que me has dado principalmente la vida, que lo has dado todo por ser mejores, ese apoyo incondicional, y que tus enseñanzas que a diario nos dejas, este título es tuyo.

Vladimir Revelo Albuja.

SINTESIS

El banco de pruebas para procesos isobáricos, es un equipo de ensayos para la cátedra de termodinámica. Es así que las pruebas que se realiza en dicho banco son a presión constante, por el cual mediante un sistema cilindro-embolo hermético con desplazamiento variable de pistón y calentamiento de agua a través de resistencia eléctrica se pueden verificar los diagramas de MOODY en los cuales la presión precede como función tanto de volumen como de temperatura

Esto hará que el agua se vaya saturando hasta que se evapore, en el transcurso de este proceso el pistón va subiendo por el trabajo realizado hasta que llegue al punto muerto superior. Con un reóstato que se incorporo, se puede variar la potencia de la resistencia, con lo que se podrá hacer otras pruebas a diferentes temperaturas

Con la instrumentación que tiene el equipo se podrá tomar los datos y hacer los cálculos correspondientes, que haya sido el caso de la práctica.

Para las pruebas del banco se necesita saber algunos principios como son la primera ley y segunda ley de la termodinámica, sus conceptos fundamentales, integral cíclica trabajo-Calor, etc. los cuales se detallan en los primeros capítulos.

En el marco teórico se ha planteado los conceptos fundamentales de la termodinámica como, son los procesos, tipos de sistemas, leyes de la termodinámica, y sus aplicaciones.

Para el diseño térmico se ha realizado cálculos para establecer la potencia requerida para el equipo, y en el diseño mecánico se escoge por medio de una matriz los tipos de camisas que hay en el mercado local con los que el banco está elaborado.

Ya en el montaje se explica todo el proceso de elaboración y acoplamiento del equipo, de cada uno de sus piezas e instrumentos.

También se elaboró una guía de práctica en el cual se detalla cómo hacer la práctica en el equipo, y las precauciones que se deben tomar en cuenta antes, durante y después de la práctica.

Este proyecto es un aporte académico fundamental para el estudiante de la universidad internacional, y para la universidad en sí, para brindar una educación de calidad como reza eslogan de la Universidad Internacional.

Se sugiere para las futuras generaciones el mejoramiento del equipo equipándolo y reforzándolo para la materia de termodinámica, que es base fundamental para los estudiantes.

ABSTRACT

The test isobaric process is a test computer to the chair of thermodynamics, despite the redundancy. Thus, the tests performed on the team are at constant pressure, by which means a closed system with variable, this means a system (piston cylinder), and through a steam water heater.

This will be saturating the water to evaporate in the course of this process the piston goes up for work performed until it reaches the top dead center. With a rheostat that is incorporated can be varied with a rheostat resistance, it may do other tests to different positions of the resistor.

With instrumentation that has the team may take the data and make calculations, it has been the case in practice.

For testing the bank needs to know the principles of thermodynamics such as the first law of thermodynamics, second law of thermodynamics and its basic concepts.

The theoretical framework has been detailed fundamental concepts of thermodynamics as are the processes, types of systems, laws of thermodynamics and its applications.

For the thermal design calculations have been made to establish that power is needed for equipment, and mechanical design is chosen through an array of types of shirts that are in the local market are those that serve for the project.

And explains the entire assembly process and attachment of equipment, each of its parts and tools.

Also prepared a practical guide which details how to practice on the computer, and the precautions to be taken into account before, during and after practice.

This project is an essential contribution to the international college student, and college, which has an intellectual contribution of knowledge and practice in a team isobaric thermal process.

It is suggested for future generations to improve the team by equipping and strengthening it for the subject of thermodynamics, which is an important foundation for students.

INDICE GENERAL

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1. Antecedentes. 1

1.2. Definición del problema. 1

1.3. Objetivos Generales y Específicos. 2

1.3.1. General. 2

1.3.2. Específicos. 2

1.4. Justificación. 2

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Conceptos fundamentales. 4

2.1.1. Propiedades. 4

2.1.2. Estado. 5

2.1.3. Equilibrio**.** 5

2.1.4. Procesos. 5

2.1.5. Tipos de procesos. 6

2.1.5.1. Proceso Isobárico. 6

2.1.5.2. Proceso Isocórico. 7

2.1.5.3. Proceso isotérmico. 8

2.1.5.4. Proceso adiabático. 8

2.2. Sistemas termodinámicos. 9

2.2.1. Sistema abierto. 10

2.2.2. Sistema cerrado. 10

2.2.3. Sistema aislado. 11

2.3. Primera ley de la termodinámica. 11

2.3.1. Balance de energía. 11

2.3.2. Primera ley de la termodinámica para un sistema cerrado. 12

2.3.3. Primera ley de la termodinámica para un sistema aislado. 13

2.3.4. Mecanismos de Transferencia de Energía. 13

2.4. Segunda ley de la termodinámica. 14

2.4.1. Segunda ley de la termodinámica enunciado de Kelvin Planck. 15

2.4.2. Segunda ley de la termodinámica enunciado de Clausius. 16

2.5. Aplicaciones prácticas de la primera ley y segunda ley. 16

CAPITULO III DISEÑO DEL SISTEMA

3.1. Diseño térmico. 18

3.1.1. Selección de resistencias. 21

3.1.2. Instrumentación térmica. 24

3.1.3. Calculo del coeficiente Convectivo (h) de transferencia de Calor. 27

3.2. Diseño mecánico. 29

3.2.1. Diseño del cilindro y embolo. 29

3.2.2. Diseño de la estructura soporte y accesorios. 33

3.2.3. Instrumentación mecánicos (manómetro). 34

3.2.4. Hojas de proceso y planos. 34

3.2.4.1. Hoja de procesos. 34

3.2.4.2. Planos. 35

CAPITULO IV MONTAJE DEL SISTEMA

4.1. Montaje. 36

4.1.1. Montaje sistema cilindro embolo. 36

4.1.2. Montaje instrumentación térmico y mecánico. 38

4.1.3. Montaje completo de estructura. 39

4.1.4. Puesta en marcha. 39

CAPITULO 5

Pruebas, guías de práctica y manual de operaciones y mantenimiento

5.1. Pruebas. 40

5.1.1. Toma de datos. 40

5.1.2. Análisis de datos. 59

5.2. Guías de práctica. 70

5.3. Validación de datos. 72

5.4. Manual de operación y mantenimiento. 72

5.4.1. Manual de operaciones. 72

5.4.2. Mantenimiento. 72

CAPITULO VI ANALISIS FINANCIERO

6.1. Análisis económico. 75

6.2. Análisis financiero.

CAPITULO VII CONCLUCIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones. 81

7.2. Recomendaciones. 82

Bibliografía. 84

Anexos 85

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 Trayectoria del proceso termodinámico. 6

Fig. 2.2 Diagrama p-v para el proceso isobárico. 7

Fig. 2.3 Diagrama p-v para el proceso isocorico. 7

Fig. 2.4 Diagrama p-v para el proceso isotermo. 8

Fig. 2.5 Diagrama p-v para el proceso adiabático. 9

Fig. 2.6 Proceso adiabático, un sistema no intercambia calor con sus alrededores. 9

Figura 2.7 Frontera del sistema. 10

Fig. 2.8 Diagrama de enunciado de kelvin Planck. 15

Fig. 2.9 Diagrama de enunciado de Clausius. 16

Fig. 3.1 Tipos de resistencias calefactoras. 24

Fig. 3.2 Resistencia eléctrica tubular. 24

Fig. 3.3 Termocupla tipo J 25

Fig. 3.4 Comprobación de la termocupla. 25

Fig. 3.5 Soporte del equipo. 33

Fig. 3.6	Manómetro de baja presión.	34
Fig. 4.1	Recipiente a presión.	37
Fig. 4.2	Pistón con vástago.	37
Fig. 4.3	Resistencia tubular instalada.	38
Fig.5.1	Diagrama temperatura vs distancia (reóstato a ¼).	42
Fig. 5.2	Diagrama temperatura vs tiempo.	42
Fig. 5.3	Diagrama Distancia vs Tiempo.	43
Fig. 5.4	Diagrama temperatura Vs tiempo (reóstato a ½ vuelta).	47
Fig. 5.5	Diagrama temperatura vs distancia (reóstato a ½).	47
Fig. 5.6	Diagrama Distancia vs Tiempo (reóstato a ½).	48
Fig. 5.7	Diagrama temperatura vs tiempo (reóstato a ¾).	51
Fig. 5.8	Diagrama Temperatura vs distancia (reóstato a ¾).	52
Fig. 5.9	Diagrama distancia vs Tiempo (reóstato a ¾ de vuelta).	52
Fig. 5.10	Diagrama temperatura vs Tiempo (reóstato a 1 vuelta).	56
Fig. 5.11	Diagrama temperatura vs distancia (reóstato a 1 vuelta).	56
Fig. 5.12	Diagrama distancia vs tiempo (reóstato a 1 vuelta).	57

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Aplicaciones de la primera y segunda ley de termodinámica.	17
Tabla 3.1	Matriz de tipos de resistencias eléctricas.	23
Tabla 3.2	Tipos de termocuplas.	26
Tabla. 3.3	Matriz de tipos de camisas secas.	32
Tabla 3.4	Hojas de proceso.	35
Tabla 5.1	Toma de datos a ¼ de vuelta.	41
Tabla 5.2	Toma de datos reóstato a ½ de vuelta.	46
Tabla 5.3	Toma de datos a 3/4 de vuelta.	51
Tabla 5.4	Toma de datos a 1 de vuelta.	55
Tabla 5.5	Pruebas con el reóstato a ¼ de vuelta.	61
Tabla 5.6	Pruebas con el reóstato a 1/2 vuelta.	63
Tabla 5.7	Pruebas con el reóstato a ¾ de vuelta.	65
Tabla 5.8	Pruebas con el reóstato a 1 vuelta.	67
Tabla 5.9	Cuadro de mantenimiento.	74
Tabla 6.1	Descripción misceláneos.	76

Tabla 6.2 Pago de honorarios. 76

Tabla 6.3 Costo de diseño. 76

Tabla 6.4 Tesis rubros. 77

Tabla 6.5 Descripción de adquisición de materiales. 77

Tabla 6.6 Descripción de mano de obra. 78

Tabla 6.7 Descripción total general. 78

Tabla 6.8 Costo de práctica por semestre. 79

Tabla 6.9 Gastos operativos. 79

Tabla 6.10 Depreciación del equipo. 79

Tabla 6.11 Benéfico semestral. 80

Tabla 6.12 Costos proyectados a 10 semestres. 80

Tabla 6.13 TIR, VAN del cálculo realizado. 80

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.5. ANTECEDENTES.

En la FIMA UIDE, se dicta la cátedra de Termodinámica como base para el área de energía y que el estudiante de ingeniería mecánica , en su proceso de formación, debe conocer los procesos termodinámicos y principalmente los procesos isobáricos para poder demostrarlo, es así que por ese motivo se contribuye con un banco de pruebas de procesos termodinámico y aportar más al laboratorio de termodinámica, que será de mucha utilidad para los estudiantes de la facultad de mecánica automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador.

El aporte que se va hacer sobre el banco de pruebas será muy satisfactorio sabiendo que los proceso isobárico es uno de los pilares en lo que respecta a la materia de termodinámica.

1.6. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Se tiene la materia, pero por otra parte se debe poder demostrar la teoría, y en una cátedra como la de termodinámica que es muy amplia, demanda de muchos equipos. Es así que se pretende aportar con un banco de pruebas ya que se

realizaran prácticas para demostraciones de propiedades intensivas, como son volumen, presión y temperatura.

1.7. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.

1.7.1. General.

Diseñar y construir un banco de pruebas termodinámico a presión constante para el laboratorio de termodinámica, de la Facultad de Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador.

1.7.2. Específicos.

- Diseñar el sistema mecánico y térmico.
- Construir el banco de pruebas.
- Realizar un análisis técnico y económico de la construcción del banco de pruebas.

1.8. JUSTIFICACIÓN.

Con el diseño y construcción de un banco de pruebas termodinámico para procesos a presión constante, se hace un aporte para la Universidad Internacional del Ecuador y más aun para los alumnos de la facultad de mecánica automotriz. Con este banco de pruebas se podrá obtener datos como volumen inicial, volumen final,

temperaturas inicial y final de líquido saturado y vapor saturado, datos que permitirán hacer diagramas experimentales y comparar con la teoría, además realizar cálculos de balance de energía, potencia, entre otros.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES.

2.1.1. Propiedades.

La propiedad sirve para describir y analizar un sistema. Se Tiene algunas cantidades, características o propiedades que son: volumen, masa, peso, presión, temperatura, densidad, forma, posición en el espacio, velocidad, energía, calor especifico, color, sabor y olor.

Las propiedades se dividen en dos clases generales, en propiedades intensivas y propiedades extensivas.

Las propiedades Intensivas son independientes de la masa como por ejemplo: color, sabor, olor, viscosidad, densidad, temperatura y presión.

Las propiedades extensivas, son todas las que dependen de la cantidad total del sistema, como por ejemplo: masa, peso, energía y volumen.

2.1.2. Estado.

Un estado es el que describe su condición a las propiedades que están en el sistema, como medir o calcular, pero si sus propiedades cambian también cambia el estado.

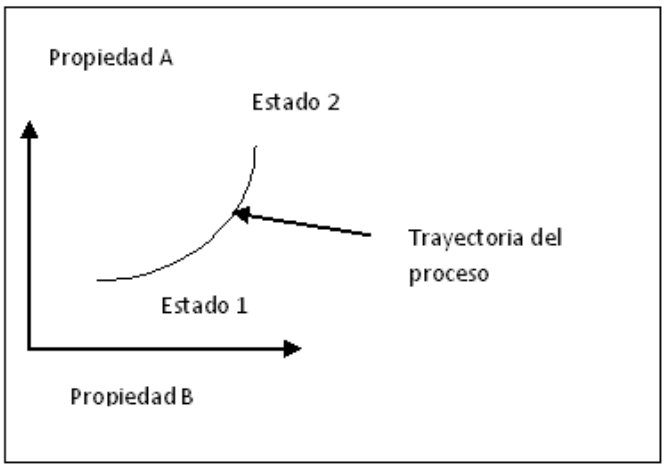
2.1.3. Equilibrio.

Hace referencia al estado de un cuerpo, que lo hace estado de equilibrio en el cual no hay potenciales desbalanceados dentro del sistema, esto es que las fuerzas encontradas se compensan y se destruyan mutuamente.

Hay algunos tipos de equilibrio como son: equilibrio térmico, mecánico, químico, etc.

2.1.4. Procesos.

Definimos proceso a cualquier cambio que se esté experimentando un sistema de un estado a otro. La serie de estados que pasa por un proceso se llama trayectoria del proceso.



[1]Figura 2.1. Trayectoria del proceso termodinámico

2.1.5. Tipos de Procesos.

2.1.5.1. Proceso Isobárico.

Es un proceso termodinámico que da a lugar una presión constante, y que sus variables en la que cambian son el volumen y la energía interna.

$$\Delta Q = \Delta U + P\Delta V \qquad \textbf{Ecuación 2.1}$$

[1] Fuente: Yanus A, Cengel, Termodinámica cuarta edición, Mc Graw-Hill, pag. 13

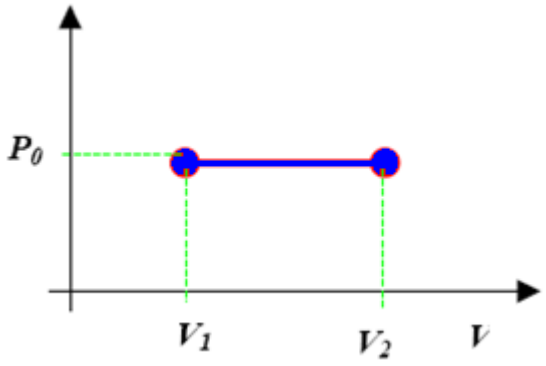


Fig. 2.2 Diagrama p-v para el proceso isobárico.

2.1.5.2. Proceso Isocórico.

Este proceso es a volumen constante, el cual su trabajo es igual a cero, ya que su volumen no tiene movimiento, pero la presión y temperatura si varían.

W = 0

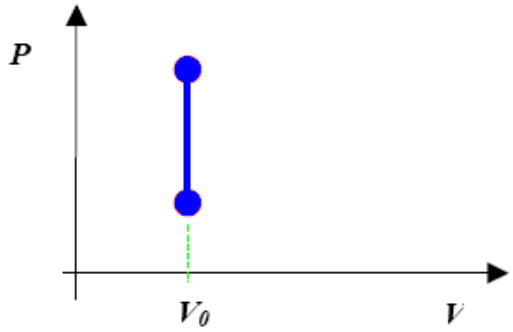


Fig. 2.3 Diagrama p-v para el proceso Isocórico.

2.1.5.3. Proceso Isotérmico

Este proceso es cuando la temperatura permanece constante (T= Cte.), como la energía interna de un gas ideal va función a la temperatura, la variación de la energía interna es cero (ΔU = 0)

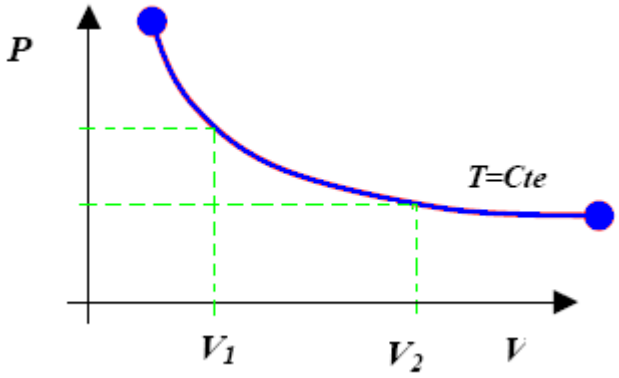


Fig. 2.4 Diagrama p-v para el proceso isotermo

2.1.5.4. Proceso Adiabático.

[2]"El término adiabático proviene de la palabra griega adiabatos, que significa ´´no pasar´´ Hay dos maneras en que un proceso puede ser adiabático: el sistema está bien aislado de modo que solo una cantidad insignificante de calor cruza la frontera, o bien, tanto el sistema como los alrededores están a la misma temperatura y por lo tanto no hay fuerza impulsora (diferencia de temperatura) para la transferencia de calor. Hay que distinguir entre un proceso adiabático, otros medios como el trabajo

[2] Fuente: Yunus A. Cengel. Michaela Boles, Termodinámica, Sexta Edición, McGraw – Hill. Pág. 61

pueden cambiar el contenido de energía y, en consecuencia, la temperatura de un sistema".

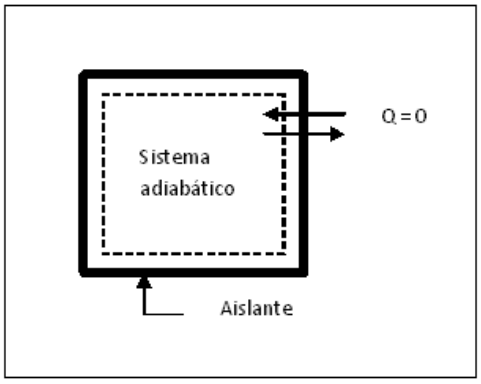


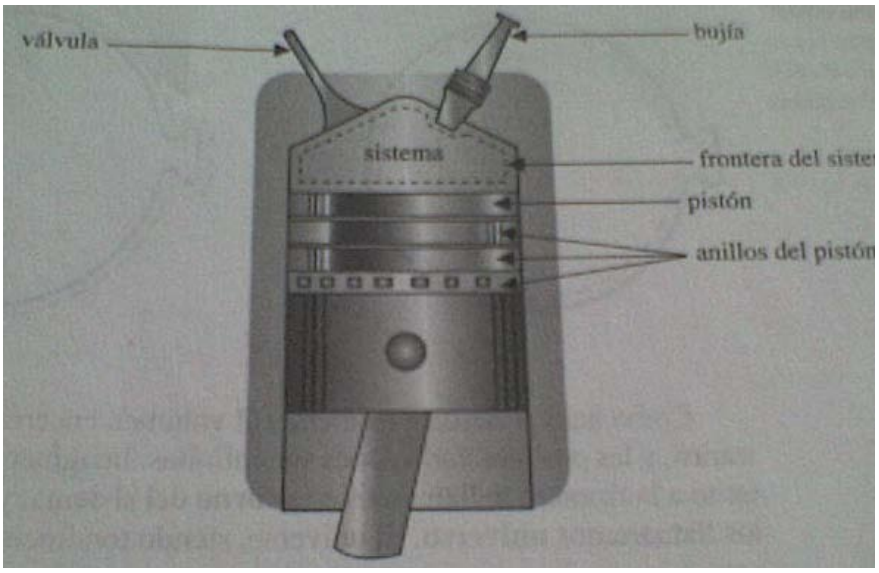
Fig. 2.5. Durante un proceso adiabático, un sistema no intercambia calor con sus alrededores.

2.2. SISTEMAS TERMODINÁMICOS.

El sistema termodinámico es toda una cantidad de materia o región que ocupa un volumen en el espacio y tiene una frontera real o imaginaria.

Su masa o región, toma el nombre de alrededores, y la superficie real o imaginaria, toma el nombre de frontera.

En la práctica para resolver un problema, lo primero que debemos hacer es identificar al sistema y su frontera. Como por ejemplo seria un motor alternativo de combustión interna de un automóvil. El sistema del motor solo sería la cámara de combustión, como se muestra en la figura, lo que está en líneas entrecortadas, es el sistema y lo que está a sus alrededores es la frontera del sistema.



[3]Figura 2.7 Frontera del sistema.

En los sistemas termodinámicos se tiene 3 tipos de sistemas que son:

2.2.1. Sistema Abierto.

Un sistema cuyas fronteras permitan transferencia de masa, transferencia de calor y trabajo, la cantidad de masa y energía en un sistema abierto, puede cambiar.

2.2.2. Sistema Cerrado.

Son los que su masa no cambia en el transcurso de tiempo pero su volumen en unos casos varia, como por ejemplo de un pistón-cilindro que el pistón pasa de posición 1 a la 2.

[3] Fuente: Fuente: Kurt C. Rolle, Termodinámica, Pearson Educación, México, 2006.

2.2.3. Sistema Aislado.

Un sistema cuyas fronteras evitan la transferencia de masa, transferencia de calor y trabajo, esto es, la cantidad de masa y energía en un sistema aislado permanece igual.

2.3. PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA.

La primera ley de la termodinámica se trata del principio de la conservación de la energía, que interviene en un proceso las propiedades que son trabajo (W), calor (Q), y la energía total (E). Decimos también en la primera ley que la energía no se crea ni se destruye en un proceso solo cambia de forma.

Si una roca que esta desde lo alto posee una cierta cantidad de energía potencial, y que de esta energía potencial se convierte en energía cinética, si la roca cae hay un decrecimiento de energía potencial y que a su vez se convierte en energía cinética. Pero como la resistencia del aire es despreciable, confirmando así el principio de conservación de la energía.

2.3.1. Balance de Energía.

Es el cambio neto de la energía total del sistema es igual a la diferencia entre la energía total que entra y la energía total que sale.

$$E_{entra} - E_{sale} = \Delta E_{sistema}$$ **Ecuación 2.3**

2.3.2. Primera ley de la termodinámica para un sistema cerrado.

Si el principio de la primera ley de la termodinámica aplicamos a un sistema cerrado, podemos escribir el balance de energía en la siguiente ecuación.

$$\Delta E = Q - W \qquad \textbf{Ecuación 2.4}$$

Ya que podemos definir también como:

$$\Delta e = q - w \qquad \textbf{Ecuación 2.5}$$

Donde (q) y (w) son el calor y el trabajo en unidades de masa respectivamente.

También podemos decir que el tiempo es una variable y la ecuación se convierte en:

$$E = Q - W \qquad \textbf{Ecuación 2.6}$$

O también como:

$$e = q - w \qquad \textbf{Ecuación 2.7}$$

Donde e es la relación de cambio de la energía del sistema, q es la transferencia de calor, y (w) es potencia, todas estas en unidades de masa.

2.3.3. Primera ley de la termodinámica para un sistema aislado.

Para un sistema aislado se elimina toda la transferencia de calor, trabajo o masa. Lo que podríamos decir para un sistema cerrado es que:

$\Delta E = 0$

Para un sistema que tenga masa y energía, lo que sucede es que la energía se convierte de una a otra de sus formas, y que no hay indicación fuera del sistema aislado, de lo que está ocurriendo dentro.

Sea considerado que nuestro universo es un sistema aislado, aunque no sea establecido como tal. Y podemos decir que no se han identificado sistemas aislados reales.

2.3.4. Mecanismos de Transferencia de Energía.

La energía se puede transferir a un sistema o desde un sistema, de diferentes formas por las cuales son: calor, trabajo y flujo másico. La única forma en la que se puede dar cuenta en la interacción de la energía es mediante cuando cruzan la frontera, y eso representa cuanto a perdido o a ganado la energía.

1. *Transferencia de calor (Q).* la transferencia de calor que va al sistema, es un incremento de energía de sus moléculas y del sistema, la transferencia de

calor desde un sistema, es perdida de calor ya que traspasa la frontera del sistema.

2. *Transferencia de trabajo (W).* la transferencia de trabajo realizado sobre el sistema, incrementa la energía, mientras que el trabajo realizado desde el sistema, pierde energía, como ejemplo tenemos los motores de los coches, y turbinas de vapor sean estas a vapor o a gas producen trabajo, mientras que los compresores, bombas, mezcladoras consumen trabajo.

3. *Flujo másico, m.* El flujo de masa que entra y sale del sistema es transferencia de energía. Cuando entra masa al sistema la energía aumenta mientras, cuando la masa sale del sistema la energía pierde. Ya que la masa es energía.

2.4. SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA.

En esta ley se dice que en los procesos van a cierta dirección y no en sentido contrario. También se indica que la energía tiene calidad como cantidad.

Tenemos otros enunciados de la segunda ley de la termodinámica el de Kelvin Planck y el enunciado de Clausius.

2.4.1. Segunda ley de la termodinámica enunciado de Kelvin Planck.

En este enunciado habla sobre maquinas térmicas, y que ninguna maquina térmica puede tener una eficiencia al 100 %, siempre habrá perdidas. Y se menciona que es imposible.

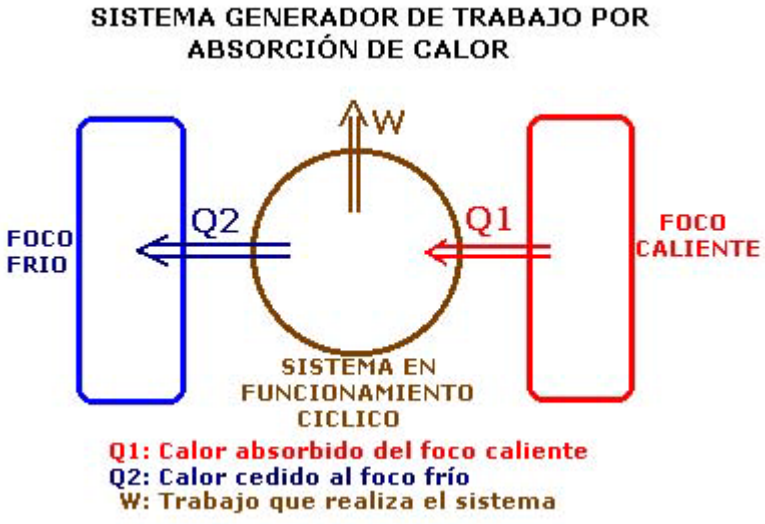


Fig. 2.8 Diagrama de enunciado de kelvin Planck

2.4.2. Segunda ley de la termodinámica enunciado de Clausius.

En este enunciado de Clausius se dice que es imposible construir una maquina que en un ciclo se produzca una transferencia de calor de un cuerpo de menor temperatura a otro de mayor temperatura.

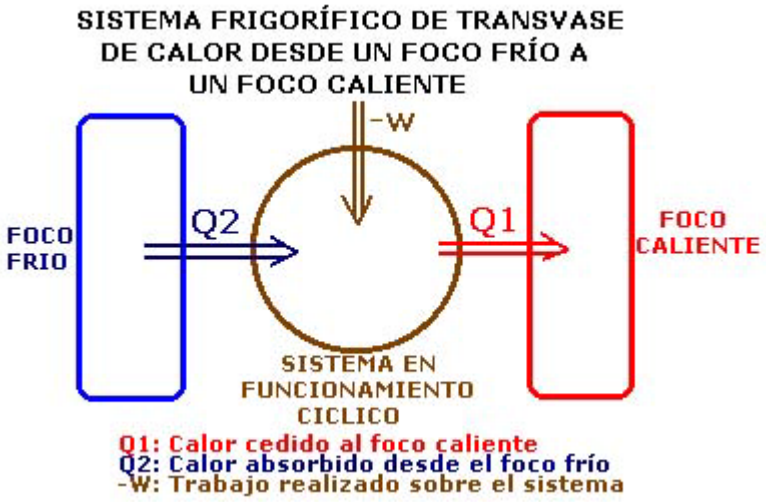


Fig. 2.9 Diagrama de enunciado de Clausius.

2.5. APLICACIONES PRÁCTICAS DE LA PRIMERA LEY Y SEGUNDA LEY.

Las aplicaciones de la primera ley y segunda ley de la termodinámica son para todos los tipos de sistemas y en cualquier tipo de proceso.

Industria	Hogar	Automotriz
Generadores	Calefones	Motores a combustión interna
Turbinas	Ventiladores eléctricos	Transmisiones automáticas
Plantas de energía eléctrica.	Olla de presión.	Radiador de automóvil

	Refrigeradoras	Calefacción vehicular
	Microondas	Aire acondicionado

Tabla 2.1 Aplicaciones de la primera y segunda ley de termodinámica.

CAPITULO III

DISEÑO DEL SISTEMA

3.1. DISEÑO TÉRMICO.

El diseño térmico se refiere a la cantidad de energía necesaria para el calentamiento sensible y latente del fluido caloportador, en el proceso de cambio de fase; es decir se dimensionó la fuente de poder en forma de resistencia eléctrica, con los siguientes criterios:

1. Se realiza un balance energético para encontrar el calor sensible como el calor latente en la zonas de liquito sub enfriado y de saturación respectivamente
2. En el aire frio suponemos el estado estable y condiciones estándar a la altura y presión de la ciudad de Quito.
3. Mediante un análisis termodinámico se encuentra la energía necesaria para activar las resistencias.

Datos:

Volumen crítico = 400 cm^3

Nota. Se toma este volumen por lo que debe estar sumergible la resistencia.

Masa Total = $MT = \rho \times V1$ **Ecuación 3.1**

$= 1\frac{g}{cm^3} \times \frac{1kg}{1000g} \times 400cm^3$

$$MT = o,4kg$$

Presión atmosférica a 2800m en la ciudad de Quito = 73 kPa → 548 mm Hg

uf_2 = 376.97 KJ/kg

ug = 2494 KJ/kg

Temperatura de saturación a 73 kPa es 91 °C

Temperatura ambiente promedio = 20°C

uf_1 = 83,913 KJ/kg

Calor sensible.

$Qsens = uf2 - uf1$ **Ecuación 3.2**

$$Qsens = 376.97\frac{\text{KJ}}{\text{kg}} - 83,913\frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

$$Qsens = 293.057\frac{KJ}{kg}$$

Calor latente.

$Qlat = ug - uf$ **Ecuación 3.3**

$$Qlat = 2494\frac{\text{KJ}}{\text{kg}} - 376.97\frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{Qlat} = 2117.03\frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

Calor Total.

$Qtotal = Qsens + Qlat$ **Ecuación 3.4**

$$\text{Qtotal} = 293.057\frac{KJ}{kg} + 2117.03\frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{Qtotal} = 2410.087\frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

Trabajo.

$$W = 2410.087\frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \times 0{,}4\text{kg}$$

$$W = 964.034\ KJ$$

Potencia.

$$= \frac{964.034KJ}{3600\ s}$$

$$= 0{,}267\frac{KJ}{s}$$

$$Potencia = 267\ W$$

Factor de seguridad = 2

$$Fc = 267W \times 2$$

$$Fc = 534\ W$$

Como en el mercado no se encuentra resistencias de 534W, se opta por una resistencia cercana a ese valor como la de 500 W.

3.1.1. Selección de resistencias.

En el mercado existen algunos tipos de resistencias eléctricas blindadas, y de diferentes características, para lo cual se ha escogido la resistencia tipo por sus características y es la que mejor se adapta para el equipo, como veremos a continuación en la matriz.

Matriz de selección de resistencias eléctricas							
		Resistencia tubular blindada		Resistencia de cartucho		Resistencia de banda	
No.	**Factibilidad Técnica y operacional.**	**Califi.**	**Consideraciones.**	**Califi.**	**Consideraciones.**	**Califi.**	**Consideraciones.**
1	Maleabilidad	9	Se adapta a cualquier tipo de formato a cual sea diseñado.	7	Este tipo de resistencias viene tubo el cual no se puede modificar, pero si se tiene de diferentes medidas	5	Este tipo de resistencia viene en forma de abrazadera. Lo cual no puede ser maleable, pero si viene en diferentes medidas
2	Desempeño	8	Su buen diseño hace que tenga un buen desempeño al trabajar, ya que se puede dar diferentes formas	7	Su buen diseño hace que este tipo de resistencia sea utilizada en muchos propósitos.	5	Su buen desempeño de esta resistencia en la fundición de plásticos, y otros propósitos que se la utilice. Hace de una buena opción en la fundición de materiales sólidos.
3	Aplicaciones	8	Son aplicadas principalmente para calentar líquidos, tanques, máquinas, estufas, cocinas industrializadas, etc.	7	Se utilizan en diferentes industrias, como: Automotriz, Alimenticia, Plástica, Petroquímica, entre otras. La utilización principal es para la calefacción de matrices y moldes.	6	Se utilizan en máquinas inyectoras, extrusoras, sopladoras, cañerías, etc.
4	Temperatura de operación	8	La resistencia tipo blindada tiene un forro de cobre lo cual su temperatura de operación está entre los 450 °C, y su inmersión es en agua, vapor.	7	Este tipo de resistencia se puede operar desde los (-20°C a los 700°C) ya que se puede variar a las necesidades que se requieran.	7	La resistencia de banda está aislada por dos tapas de mica de las mismas características, las cuales soportan temperaturas de hasta 700°C.

5	Conexionado eléctrico	8	Terminales de conexión: Bornes de conexión de acero niquelado prensado rosca 1/4”w con tuerca de bronce, bornes de bronce soldados rosca ¼”w, rosca 3/16 con tuerca inoxidable o cables para altas temperaturas.	6	Terminales de Conexión: Salida simple de chicotes, o con protección de malla metálica o caño flexible de Hierro Galvanizado. Los chicotes pueden ser de Níquel, Cobre, Siliconados o Bajo Vidrio. (Las conexiones salen de un mismo extremo rectas).	7	Tornillo y tuerca en Bronce ó Acero Inoxidable (según potencias). Pernos en Bronce Casquillo Unipolar/ Bipolar Caja puente con ficha bipolar Cables de diferentes tipos para altas temperaturas: protegidos con malla metálica en cobre estañado ó caño flexible de Hierro Galvanizado.
	Costos	8	60 dólares	6	80 dólares	7	75 dólares
	TOTAL	49		40		37	

Tabla 3.1 Matriz de tipos de resistencias eléctricas.

En la matriz de selección de resistencias se ha calificado a la mejor resistencia que tiene mayores prestaciones. Por tanto que la resistencia de tubular se ha escogido por su mejor calificación.

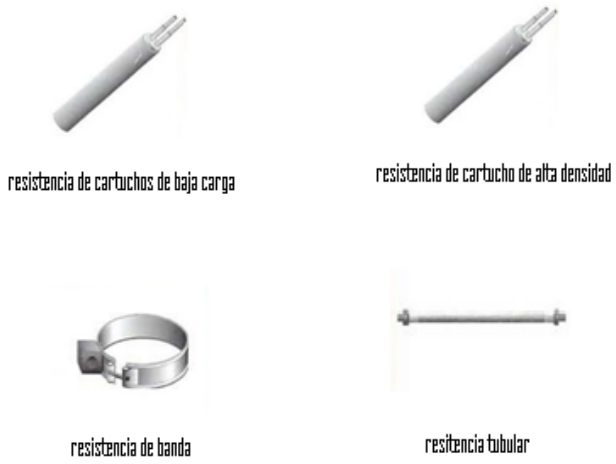


Fig. 3.1 Tipos de resistencias calefactoras

Fig. 3.2 Resistencia eléctrica tubular.

3.1.2. Instrumentación Térmica.

Se ha implementado una termocupla tipo J. En el interior del cilindro en la parte inferior de este. Se ha escogido esta opción por sus características que alcanza.

Fig. 3.3 Temocupla tipo J

El termopar es un dispositivo para medir altas temperaturas, son construidos con dos conductores eléctricos (termopar) soldados entre si, en un punto de conexión, cuando cambia de temperatura en la unión se crea una fuerza electromotriz (FEM) y ese voltaje lo podemos medir con un voltímetro.

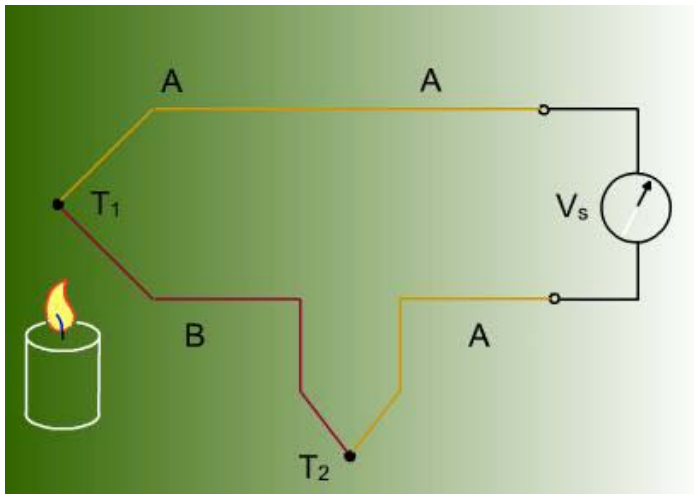


Fig. 3.4 Comprobación de la termocupla.

Se tiene algunas combinaciones de alambre de termopar como son: cobre constantan (aleación de cobre y níquel) (tipo T), hierro constantan (tipo J), y cromel-alumel (tipo K). Es necesario que las dos uniones se pongan en un baño de hielo a una temperatura de 0ºC como se muestra en la figura, y se pueden usar las tablas de conversiones de la tabla.

Temperatura		Cobre vs. Constantan	Hierro vs. Constantan	Cromel vs. Alumel
ºF	ºC	T	J	K
-300	-184,4	-5,341	-7,519	-5,623
-250		-4,745	-6,637	-5,005
-200	-128,9	-4,419	-5,76	-4,318
-150		-3,365	-4,623	-3,538
-100	-73,3	-2,581	-3,492	-2,699
-50		-1,626	-2,186	-1,693
0	-17,8	-0,674	-0,885	-0,692
50		0,422	0,526	0,412
100	37,8	1,518	1,942	1,52
150		2,743	3,423	2,667
200	93,3	3,967	4,906	3,819
250		5,307	6,425	4,952
300	148,9	6,647	7,947	6,092
350		8,085	9,483	7,2
400	204,4	9,523	11,023	8,314
450		11,046	12,564	9,435
500	260	12,572	14,108	10,56
600		15,834	17,178	12,865
700	371,1	19,095	20,253	15,178
800			23,338	17,532
1000	537,8		29,515	22,251
1200				26,911
1500	815,6			33,913
1700				38,287
2000	1093,3			44,856
2500	1371,3			54,845
3000	1648,9			

Tabla 3.2. Tipos de termocuplas

3.1.3. <u>Calculo del coeficiente Convectivo (h) de transferencia de Calor</u>.

El tipo de transferencia para el sistema del banco de pruebas es por convección, este tipo de transferencia de energía está entre una superficie solida y el fluido, mientras más rápido sea el movimiento del fluido mayor es la transferencia de calor esto quiere decir, si tuviera un mecanismo que moviese al fluido más rápido se calentara. A esto se lo llama convección forzada,

Ley de Newton del enfriamiento:

$$Qconv = hAs(Ts - T\infty)$$

En donde h es el coeficiente de transferencia de calor por convección, en $W/m^2 \cdot °C$ o $Btu/h \cdot ft^2 \cdot °F$.

As es el área superficial donde se dará la transferencia de calor en este caso será el área de la resistencia.

Ts es la temperatura de la superficie del sólido en este caso será la de la resistencia, y $T\infty$ es la temperatura del fluido.

El coeficiente de transferencia de calor por convección es:

Como datos las dimensiones de la resistencia tiene de diámetro es de 0,8 cm, y de largo 80 cm, y una potencia a 500 W

Temperatura ambiente 20°C

Temperatura máxima de calentamiento de la resistencia 300 °C

Área de superficie de la resistencia eléctrica

$$As = \pi(DL) = \pi(0{,}008m)(0{,}8m)$$

$$As = 0{,}0201\ \mathrm{m}^2$$

Aplicando la formula de la ley de Newton del enfriamiento para la transferencia de calor por convección.

$$Qconv = hAs(Ts - T\infty)$$

$$h = \frac{Qconv}{As(Ts - T\infty)} = \frac{500W}{(0{,}0201\mathrm{m}^2)(300 - 20)°C}$$

$$h = 88{,}8415\ W/m^2 \cdot °C$$

3.2. DISEÑO MECÁNICO.

3.2.1. Diseño del cilindro y embolo.

Presión interna del cilindro

- *Presión de operación*. La presión que opera en los distintos procesos, varia, así que se toma la presión máxima que es en el proceso isobárico a volumen constante el cual si varía la presión y la **presión de operación** con la que opera es a 30 psi.
- *Presión de diseño*. La presión de diseño para el cilindro esta a una presión mayor que la **presión de operación** a un 10 % más con la que trabaja.
- *Máxima presión permitida de operación*. Debido a otros componentes que están dentro del sistema, y por ende hay elementos débiles, en el sistema, como es el ring del embolo, que trabaja a una cierta temperatura.
- *Valores del esfuerzo máximo permitido*. Los valores de esfuerzo se sacan de las tablas de propiedades de los materiales, acero al carbono y de bajo contenido de aleación.

Para el sistema del embolo y cilindro, el cual se requiere para el banco de pruebas a presión constante, es elaborar principalmente el recipiente a presión para lo cual, se uso una camisa seca de 4” ½ de diámetro interno, y 8” de alto. Por lo cual en el mercado existe una inmensa variedad de camisas secas y húmedas.

Así que para efecto de este proyecto de tesis cualquier medida de camisa es aplicable para el propósito del banco de pruebas termodinámico a proceso isobárico, pero siempre y cuando se tomen ciertos criterios.

Se ha elaborado una matriz de selección el cual detallaremos todas las cualidades que más prestaciones nos ofrece.

Camisas secas							
		Camisa de 4”		Camisa de 4” ½		Camisa de 4” 3/4	
No	**Factibilidad Técnica y operacional.**	Califi.	Consideración.	Califi.	Consideración.	Califi.	Consideración.
1	Su composición	8	Estas camisas son de hierro fundido (Fe + C), lo cual está diseñado para soportar altas temperaturas de (1250°C) y presiones. De (45-80 kg/cm²)	8	Estas camisas son de hierro fundido (Fe + C), lo cual está diseñado para soportar altas temperaturas de (1250°C) y presiones. De (45-80 kg/cm²)	8	Estas camisas son de hierro fundido (Fe + C), lo cual está diseñado para soportar altas temperaturas de (1250°C) y presiones. De (45-80 kg/cm²).
2	Diseño	8	Estas camisas están diseñadas para que entre a presión en el block.	8	Estas camisas están diseñadas para que entre a presión en el block.	8	Estas camisas están diseñadas para que entre a presión en el block.
3	Diámetro y diseño	7	Su diámetro interno como su carrera son diseñados para motores súper cuadrados	8	Su diámetro interior como su carrera son diseñados para motores cuadrados	8	Su diámetro interior con su carrera son diseñados para motores cuadrados

4	Costo	7	50	8	60	6	80
.	TOTAL	30		36		34	

Tabla. 3.3. Matriz de tipos de camisas secas

En la matriz de camisas secas se ha escogido la camisa de 4” ½, por lo que ha presentado mejor calificación.

3.2.2. Diseño de la estructura soporte y accesorios.

Para el diseño de la estructura se utilizo planchas metálicas de (2mm de espesor) (600 x 600 mm), que se requería para formar el soporte, el cual se dio la forma de un cubo, pero en la parte frontal se dejo a una inclinación a 60° en donde se alojan los accesorios e instrumentación, en el centro del soporte se adecuo un agujero para los terminales de la resistencia y el sensor de temperatura.

Para sujetar el recipiente con la base, se implemento dos tuercas soldadas a la base y estas van empernadas al recipiente.

Es un diseño simple pero muy práctico ya que apoya al recipiente, sostiene a los accesorios, y fácil de instalar.

Fig.3.5 Soporte del equipo.

3.2.3. Instrumentación mecánicos (manómetro)

En la instrumentación para medir la presión se instalo un manómetro de baja presión, ya que no supera los 30 psi para las pruebas que son procesos a presión constante.

Fig. 3.6. Manómetro de baja presión.

3.2.4. Hojas de proceso y planos.

3.2.4.1 Hoja de procesos.

HOJAS DE PROCESO				
	Tarea número de piezas	Secuencia de operaciones	Maquina y herramientas	Tiempo aproximado /min
1	Cuerpo del cilindro	Medir, marcar, cortar, lijar.	Cinta métrica, marcador, cortadora metálica, torno.	40 min
2	Embonar el cilindro en el cuerpo del	Verificar medidas, cortar, rectificar,	Torno, rectificadora de cilindros.	180 min

	cilindro	embonar		
3	Tapa inferior del cilindro	Medir, marcar, cortar, refrendar, soldar.	Cinta métrica, cortadora de metal, torno, suelda	120 min
4	Acoples para desfogue del sistema	Perforar cilindro, soldar	Taladro, suelda	30 min
5	Acoples para manómetro de presión	Medir, cortar, ajustar	Cinta métrica, sierra, Llave 12mm	30 min
6	Colocación de la resistencia	Perforar, colocar, sellar, ajustar.	Taladro, dado 12mm	60 min
7	Colocación del sensor de temperatura	Perforar, colocar, sellar, ajustar	Taladro, sellador.	60 min
8	Colocación de accesorios	Colocar, ajustar	Llave mixta 14mm Llave mixtas 10mm	120 min
9	Tapa superior	Medir, cortar, refrendar.	Sierra, torno.	90 min
10	Seguros del banco de pruebas	Soldar,	Suelda	120 min

Tabla 3.4. Hojas de proceso.

3.2.4.2. Planos.

(Ver anexo 1)

CAPITULO IV

MONTAJE DEL SISTEMA

4.1. MONTAJE.

4.1.1. Montaje sistema cilindro embolo.

Para realizar el montaje del banco de pruebas que se va a realizar pruebas a procesos isotérmicas el cual es un sistema cerrado con variable, de su masa

Se hizo un análisis previo para adquirir el pistón y su cilindro, el cual se explica en el diseño mecánico.

Ya adquirido el pistón con su camisa seca, con sus medidas 4 ½ x 8 pulg. La pared de la camisa por su espesor delgado, el cual no tiene un soporte para hacer un recipiente, se adquirió un tubo cilíndrico de acero de transmisión mayor al de la camisa de (130mm x110mm). El tubo cilíndrico se rectifico a la medida de la camisa y se introdujo la camisa al tubo cilíndrico. Una vez insertado la camisa en el tubo se coloco una tapa en la parte inferior y se soldó. Para lo cual ya quedo como un recipiente a presión.

Fig. 4.1 Recipiente a presión

Para el pistón se corto la parte de la falda del pistón, ya que para las pruebas no se tiene importancia la falda y también por el espacio que ocupa. Sobre el pistón se coloco una placa metálica atornillada al pistón. Esta placa es para sostener el vástago que va empernado, este vástago sirve para guía en la regleta de medición.

Fig. 4.2 Pistón con vástago

4.1.2. Montaje instrumentación térmica y mecánica.

Para el montaje de La resistencia tubular, se perforo dos agujeros en la tapa del recipiente, y se monto con sellador empernado a la tapa del recipiente, para evitar futuras fugas.

Fig. 4.3 Resistencia tubular instalada

Para el montaje de la termocupla se perforo un perno para introducir el sensor de temperatura, ya instalado el sensor en el perno, Se perforo la tapa inferior del cilindro en el centro y se introdujo el perno ajustando a la tapa.

4.1.3. Montaje completo de estructura.

Con el diseño de la estructura se comenzó armar el soporte, ya con las medidas establecidas en el diseño, con lo cual la plancha metálica se corto las medidas exactas, y posteriormente a doblar para formar la base. Una vez hecha la base se coloco la tapa del soporte.

4.1.4. Puesta en marcha.

Luego del ensamblaje del banco de pruebas termodinámico a proceso isobárico, se procedió a probar el equipo, para lo cual se coloco agua destilada en el cilindro y se encendió el equipo, luego se espero unos minutos y se comprobó en unos instantes que se calentó el agua, y se observo que no hubo fugas de agua.

Luego de esta prueba se dejo enfriar y se introdujo el pistón dentro del cilindro, y con la tapa de seguridad ajustando, todos los pernos, y se encendió el equipo, luego de unos minutos se comprobó que el pistón subió al punto muerto superior y que toda su instrumentación funciono normalmente. Sin ningún inconveniente.

CAPITULO V

PRUEBAS, GUÍAS DE PRÁCTICA Y MANUAL DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO

5.1. PRUEBAS.

5.1.1. Toma de datos.

REOSTATO A 1/4 DE VUELTA

Datos.

To = 60°C

Vo (agua destilada) = 600 cm^3

Vf (agua destilada) = 590 cm^3

Carga de temp = 200

Tiempo (s)	Temperatura (°C)	Distancia (mm)
10	60	0
20	60	0
30	60	0
40	60	0

50	61	0
60	61	0
70	61	0
80	62	0
90	63	0
100	65	0
110	67	0
120	70	0
130	72	0
140	75	0
150	78	0
160	80	0
170	83	0
180	85	0
190	87	0
200	88	0
210	89	0
220	90	0
230	90	0
240	92	5
250	92	12
260	93	31
270	93	45
280	93	63
290	93	79
300	93	135
310	94	135
320	94	135
330	94	135
340	94	135

Tabla 5.1 Toma de datos a ¼ de vuelta.

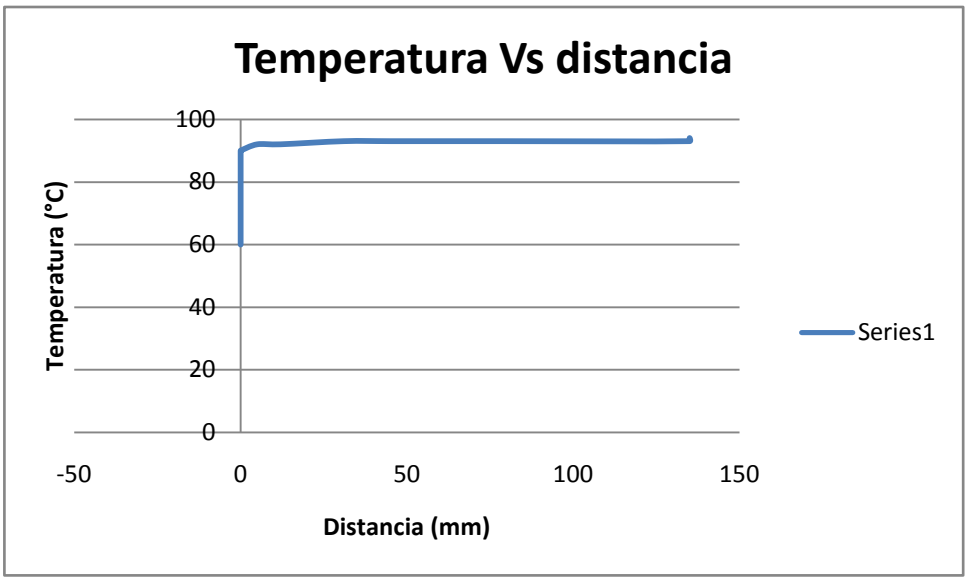


Fig.5.1 Diagrama temperatura vs distancia (reóstato a ¼).

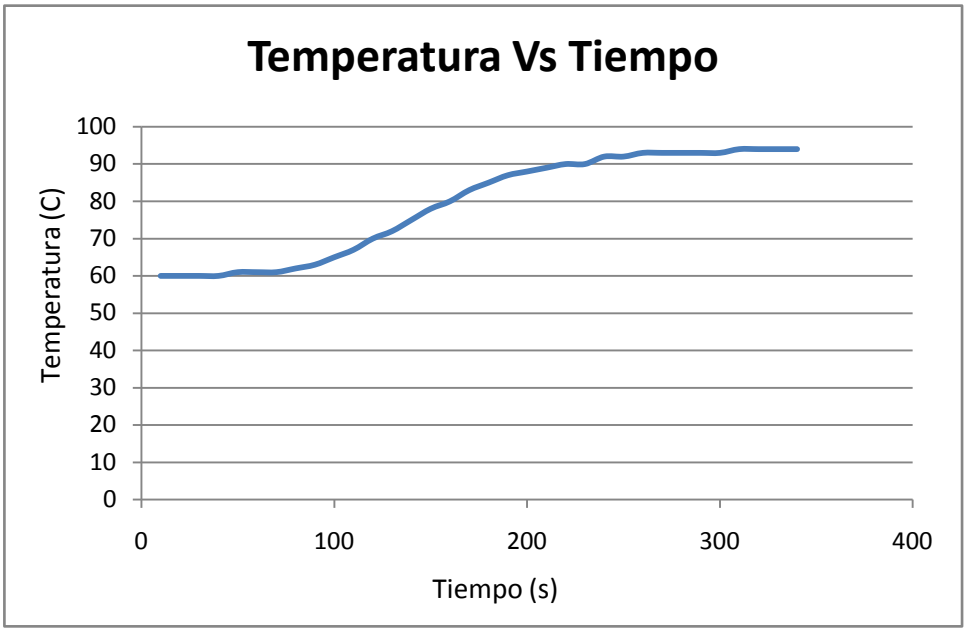


Fig. 5.2 Diagrama temperatura vs tiempo.

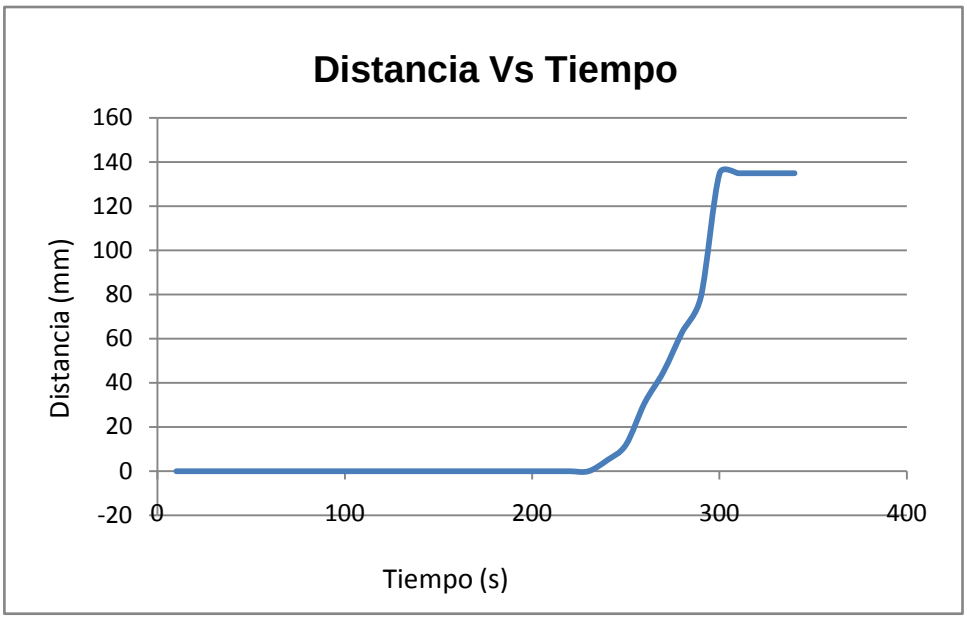


Fig. 5.3 Diagrama Distancia vs Tiempo

BALANCE ENERGETICO

1/4 VUELTA COMPLETA

T1 = 60°C

T2 = 92°C

V1 = 600 cm³

V2 = 590 cm³

ρagua = 1 g/cm³

Masa Total = Masa.Liquido $MT = \rho \times V1 = 1\frac{g}{cm^3} \times \frac{1kg}{1000g} \times 600cm^3 = 0{,}6kg$

Volumen Vapor

$Vv = V1 - V2$ **Ecuación 5.2**

$Vv = 600 - 590$

$Vv = 10\ cm^3$

Masa Vapor → $Mv = \rho \times Vv = 1\frac{g}{cm^3} \times \frac{1kg}{1000g} \times 10cm^3 = 0{,}01\ kg$

$X = \frac{Mv}{MT} = \frac{0{,}01}{0{,}6}$

$X = 0{,}016 = 1{,}6\%$

Temperatura inicial. $T1 = 60°C \rightarrow u1 = 251{,}16\frac{KJ}{kg}$

Temperatura final $T2 = 92℃ \rightarrow uf = 385{,}38\ KJ/kg$

$$ug = 2496{,}44\frac{KJ}{kg}$$

$u2 = X(ug - uf) + uf$ **Ecuación 5.1**

$u2 = 0{,}016(2496{,}44 - 385{,}38) + 385{,}38$

$u2 = 420{,}55\frac{KJ}{kg}$

$Q = m * cp * \Delta T$

$$Q = 0{,}6kg * \ 1{,}8723 \frac{KJ}{kg°K} * (305)°K$$

$$Q = 342{,}63\ KJ$$

$$-W = 0{,}6 * (420{,}55 - 251{,}16) - \ 342{,}63$$

$$W = 241\ KJ$$

REOSTATO A 1/2 DE VUELTA

Datos:

To = 60°C

Vo (agua destilada) = 600 cm^3

Vf (agua destilada) = 540 cm^3

Carga de temperatura = 200

Tiempo (s)	Temperatura (°C)	distancia (mm)
10	50	0
20	50	0
30	51	0
40	52	0
50	53	0
60	55	0
70	56	0
80	58	0
90	62	0
100	65	0
110	70	0

120	72	0
130	74	0
140	77	0
150	79	0
160	81	0
170	83	0
180	84	0
190	85	0
200	85	0
210	86	0
220	87	0
230	87	0
240	88	5
250	89	11
260	89	38
270	90	59
280	90	74
290	91	87
300	91	135
310	91	135
320	92	135
330	92	135
340	92	135
350	92	135
360	93	135

Tabla 5.2 Toma de datos reóstato a ½ de vuelta.

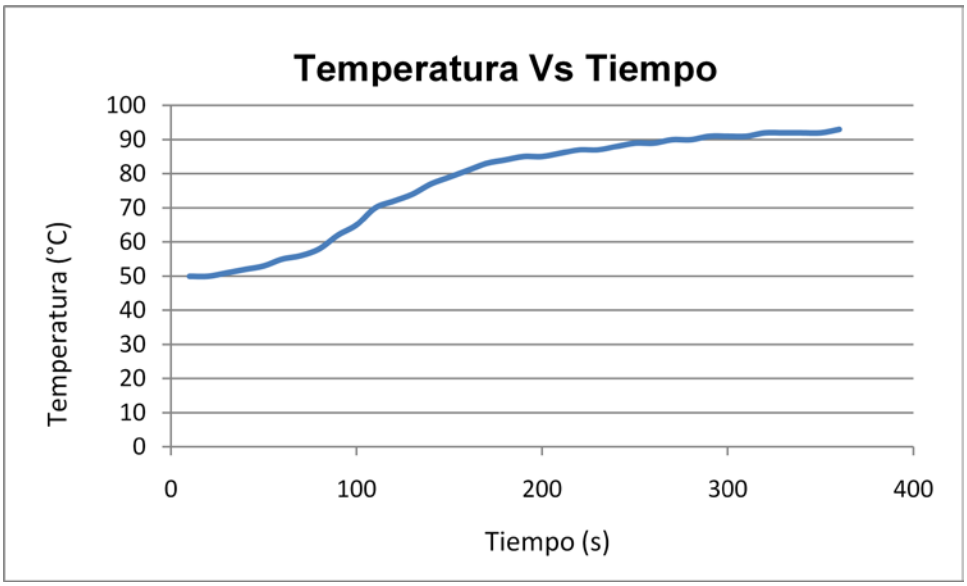


Fig. 5.4 Diagrama temperatura Vs tiempo (reóstato a ½ vuelta).

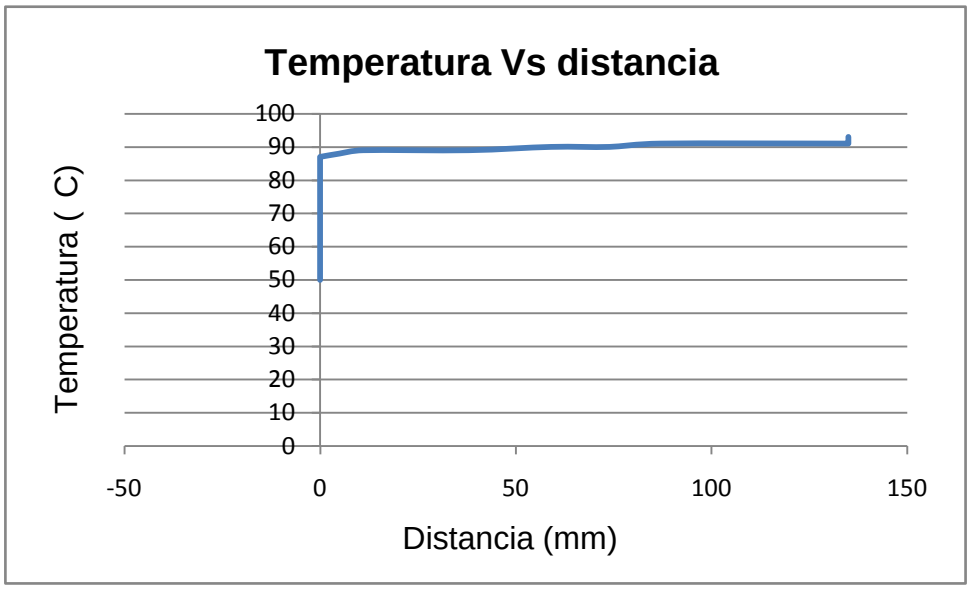


Fig. 5.5 Diagrama temperatura vs distancia (reóstato a ½)

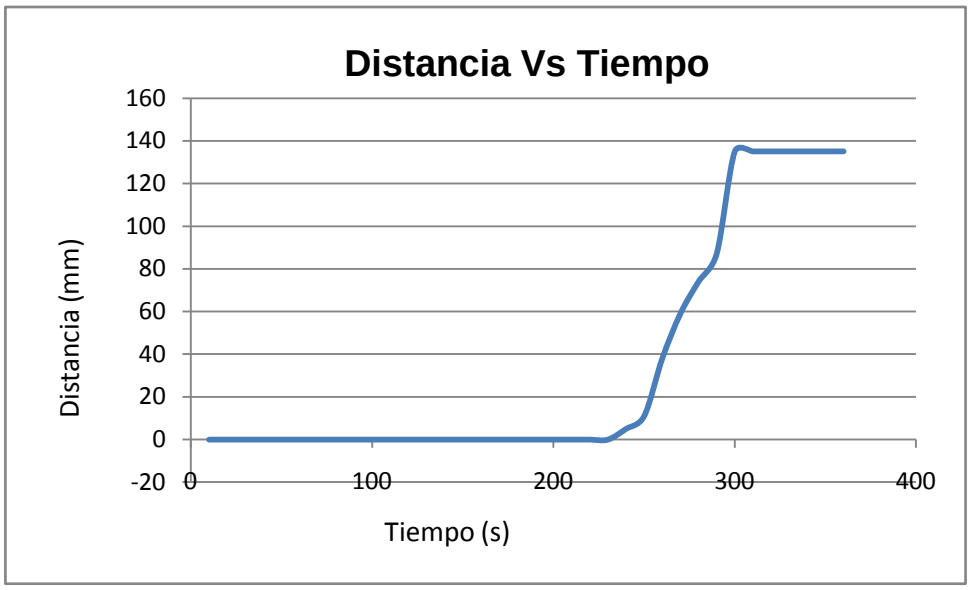


Fig. 5.6 Diagrama Distancia vs Tiempo (reóstato a ½)

BALANCE ENERGETICO

1/2 VUELTA COMPLETA

T1 = 50°C

T2 = 92°C

V1 = 600 cm³

V2 = 540 cm³

ρ_{agua} = 1 g/cm³

Masa Total = Masa.Liquido $MT = \rho \times V1 = 1\frac{g}{cm^3} \times \frac{1kg}{1000g} \times 600cm^3 = 0{,}6kg$

Volumen Vapor $Vv = V1 - V2$

$Vv = 600 - 540$

$Vv = 60\ cm^3$

Masa.Vapor → $Mv = \rho \times Vv = 1\frac{g}{cm^3} \times \frac{1kg}{1000g} \times 60cm^3 = 0{,}06\ kg$

$X = \frac{Mv}{MT} = \frac{0{,}06}{0{,}6}$

$X = 0{,}1 = 10\%$

Temperatura inicial. $T1 = 50°C \rightarrow u1 = 209{,}33\frac{KJ}{kg}$

Temperatura final $T2 = 92°C \rightarrow uf = 385{,}38\ KJ/kg$

$$ug = 2496{,}44\frac{KJ}{kg}$$

$u2 = X(ug - uf) + uf$

$u2 = 0{,}1(2496{,}44 - 385{,}38) + 385{,}38$

$u2 = 596{,}49\frac{KJ}{kg}$

$Q = m * cp * \Delta T$

$Q = 0{,}6kg * 1{,}8723\frac{KJ}{kg°K} * (315)°K$

$Q = 353{,}86\ KJ$

$$-W = 0{,}6 * (596{,}49 - 209{,}33) - 353{,}86$$

$$W = 121{,}56\ KJ$$

REOSTATO A 3/4 DE VUELTA

To = 60°C

Vo (agua destilada) = 600 cm^3

Vf (agua destilada) = 530 cm^3

Carga de temperatura = 200

Tiempo (s)	Temperatura (°C)	distancia (mm)
10	52	0
20	53	0
30	54	0
40	55	0
50	56	0
60	58	0
70	60	0
80	63	0
90	67	0
100	70	0
110	73	0
120	77	0
130	79	0
140	81	0
150	83	0
160	85	0
170	86	0
180	87	0
190	88	1

200	88	7
210	89	11
220	89	35
230	89	53
240	90	70
250	90	91
260	91	113
270	91	134
280	91	135
290	92	135
300	92	135

Tabla 5.3 Toma de datos a 3/4 de vuelta

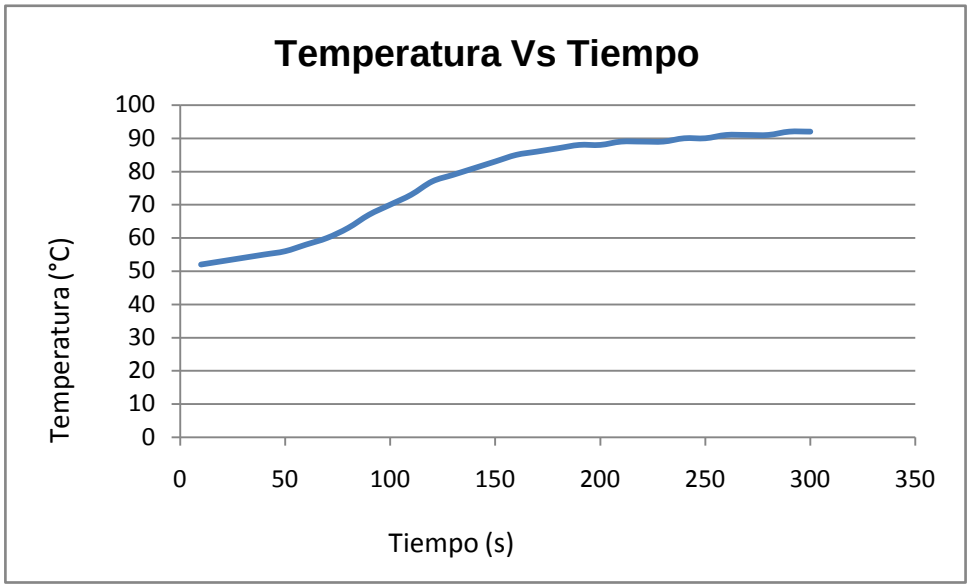


Fig. 5.7 Diagrama temperatura vs tiempo (reóstato a ¾)

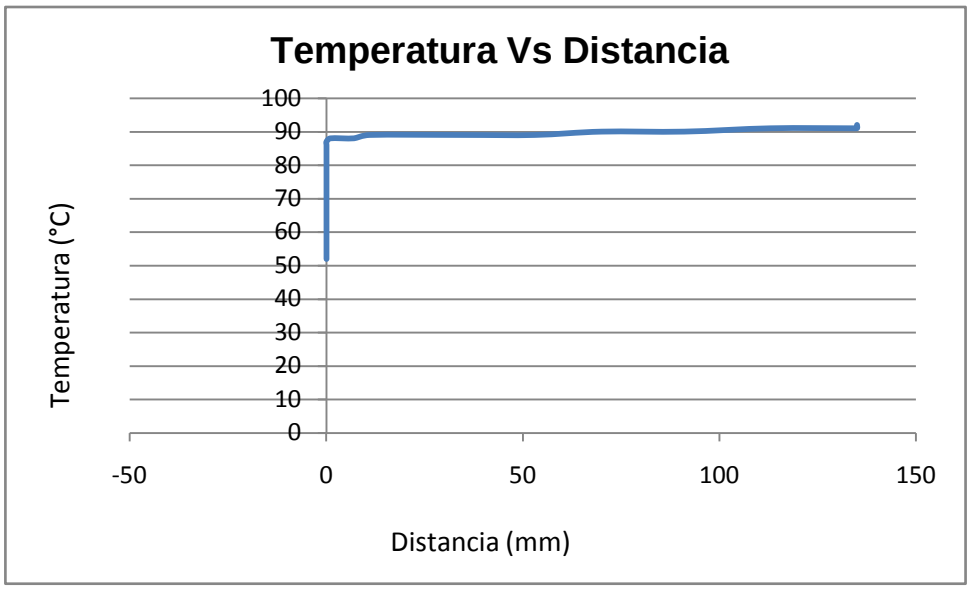


Fig. 5.8 Diagrama Temperatura vs distancia (reóstato a ¾)

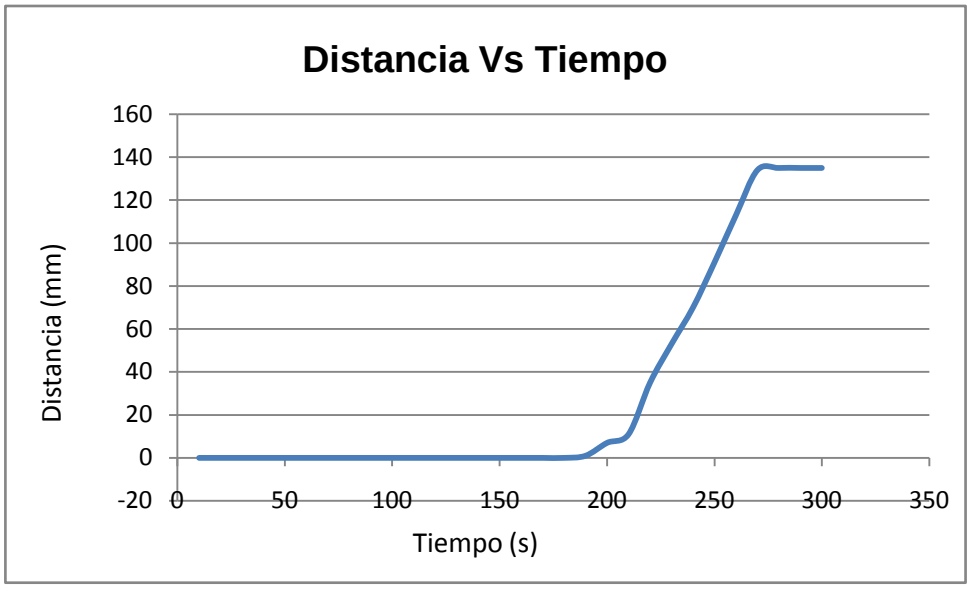


Fig. 5.9 Diagrama distancia vs Tiempo (reóstato a ¾ de vuelta)

BALANCE ENERGETICO

3/4 VUELTA COMPLETA

T1 = 52°C

T2 = 92°C

V1 = 600 cm³

V2 = 530 cm³

ρ agua = 1 g/cm³

Masa Total = Masa. Liquido $MT = \rho \times V1 = 1\frac{g}{cm^3} \times \frac{1kg}{1000g} \times 600cm^3 = 0{,}6kg$

Volumen Vapor $Vv = V1 - V2$

$Vv = 600 - 530$

$Vv = 70\ cm^3$

Masa. Vapor → $Mv = \rho \times Vv = 1\frac{g}{cm^3} \times \frac{1kg}{1000g} \times 70cm^3$

$Mv = 0{,}07\ kg$

$X = \frac{Mv}{MT} = \frac{0{,}07}{0{,}6}$

$X = 0{,}1167 = 11{,}67\%$

Temperatura inicial. $\mathrm{T1} = 52°\mathrm{C} \rightarrow \mathrm{u1} = 217{,}70\frac{\mathrm{KJ}}{\mathrm{kg}}$

Temperatura final $T2 = 92℃ \rightarrow uf = 385{,}38\ KJ/kg$

$$ug = 2496{,}44 \frac{KJ}{kg}$$

$u2 = X(ug - uf) + uf$

$u2 = 0{,}1167(2496{,}44 - 385{,}38) + 385{,}38$

$u2 = 631{,}67 \frac{KJ}{kg}$

$Q = m * cp * \Delta T$

$Q = 0{,}6kg * 1{,}8723 \frac{KJ}{kg°K} * (313)°K$

$Q = 351{,}62\ KJ$

$-W = 0{,}6 * (631{,}67 - 217{,}70) - 351{,}62$

$$W = 103{,}24\ KJ$$

REOSTATO A 1 DE VUELTA

Datos:

To = 60°C

Vo (agua destilada) = 600 cm^3

Vf (agua destilada) = 510cm^3

Carga de temperatura = 200

Densidad del agua = 1 g/cm^3

X = 0,15 15%

Tiempo (s)	Temperatura (°C)	distancia (mm)
10	60	0
20	61	0
30	61	0
40	62	0
50	63	0
60	65	0
70	70	0
80	73	0
90	76	0
100	79	0
110	81	0
120	83	0
130	85	0
140	86	0
150	87	5
160	87	10
170	88	13
180	89	37
190	89	55
200	89	74
210	90	100
220	91	141
230	91	141
240	92	141

Tabla 5.4 toma de datos a 1 de vuelta.

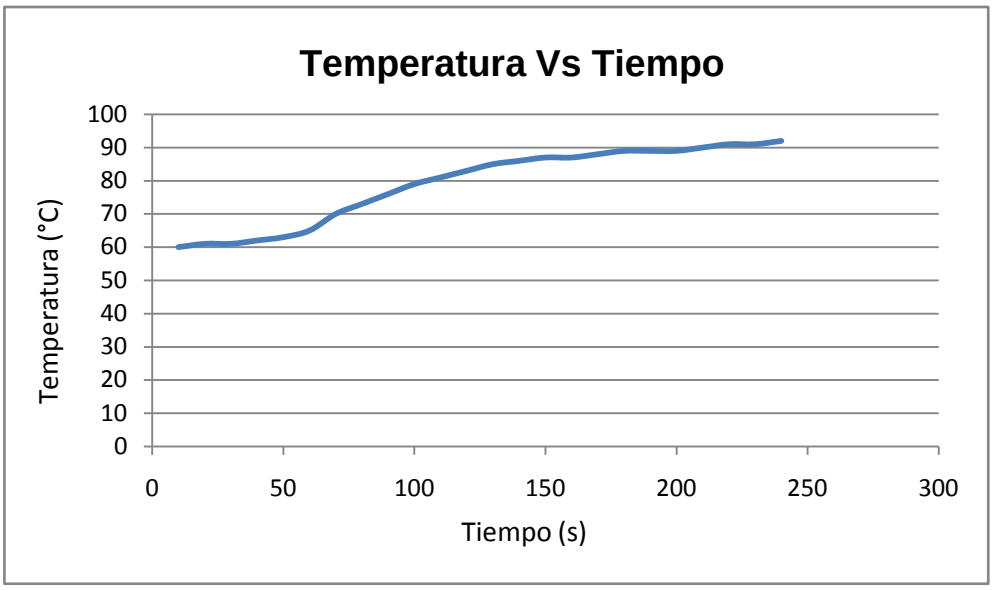


Fig. 5.10 Diagrama temperatura vs Tiempo (reóstato a 1 vuelta)

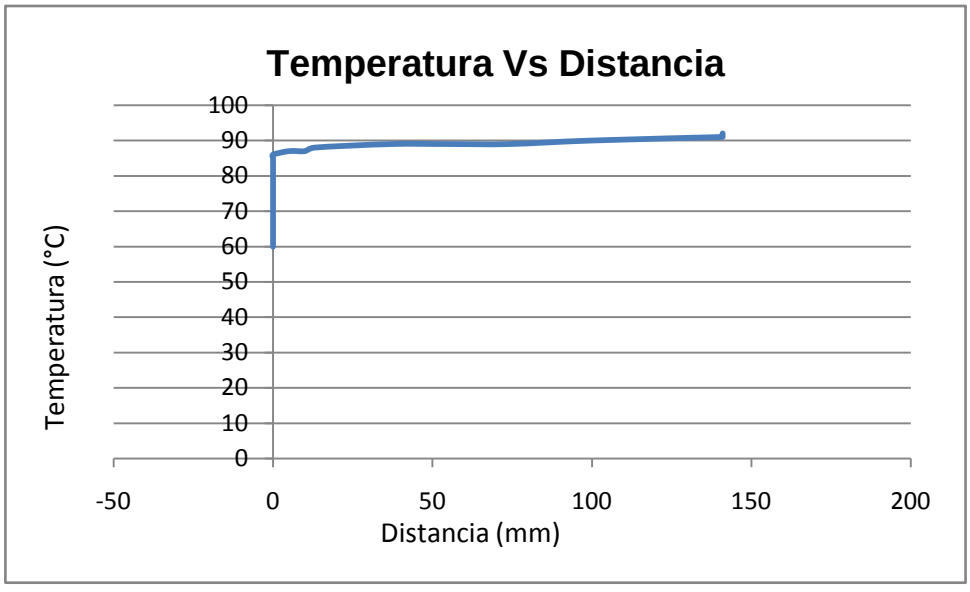


Fig. 5.11 diagrama temperatura vs distancia (reóstato a 1 vuelta)

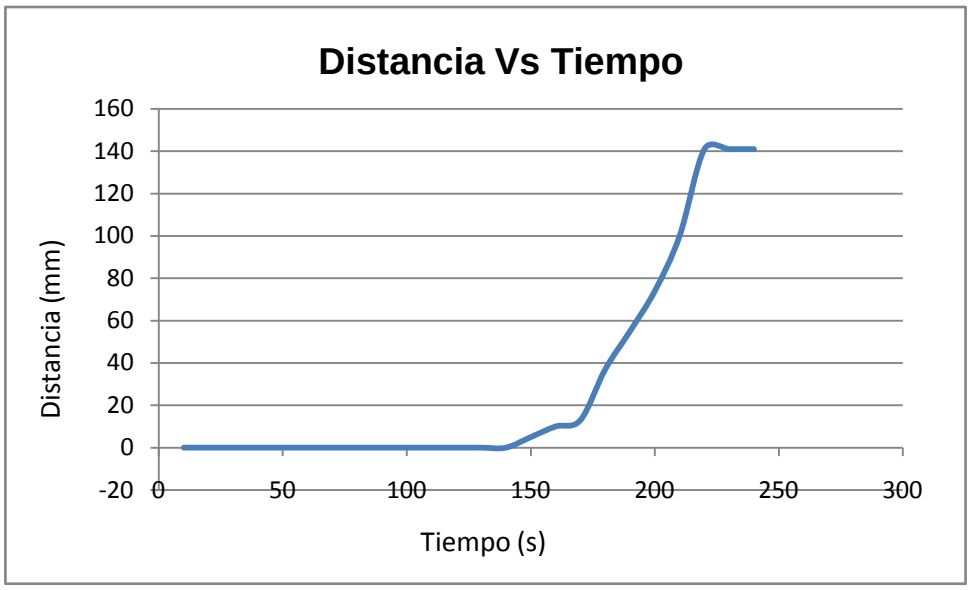


Fig. 5.12 Diagrama distancia vs tiempo (reóstato a 1 vuelta)

BALANCE ENERGETICO

1 VUELTA COMPLETA

T1 = 60°C

T2 = 92°C

V1 = 600 cm³

V2 = 510 cm³

ρagua = 1 g/cm³

Masa Total = (Masa. Líquido) $MT = \rho \times V1 = 1\frac{g}{cm^3} \times \frac{1kg}{100g} \times 90cm^3$

$MT = 0{,}6kg$

Volumen Vapor $Vv = V1 - V2$

$Vv = 600 - 510$

$Vv = 90\ cm^3$

Masa.Vapor → $Mv = \rho \times Vv = 1\frac{g}{cm^3} \times \frac{1kg}{1000g} \times 90cm^3$

$Mv = 0{,}09\ kg$

$X = \frac{Mv}{MT} = \frac{0{,}09}{0{,}6}$

$X = 0{,}15 = 15\%$

Temperatura inicial. $\mathrm{T1} = 60°\mathrm{C} \rightarrow \mathrm{u1} = 251{,}16\frac{\mathrm{KJ}}{\mathrm{kg}}$

Temperatura final $T2 = 92°\mathrm{C} \rightarrow uf = 385{,}38\ KJ/kg$

$$ug = 2496{,}44\frac{KJ}{kg}$$

$u2 = X(ug - uf) + uf$

$u2 = 0{,}15(2496{,}44 - 385{,}38) + 385{,}38$

$u2 = 702{,}04\frac{KJ}{kg}$

$$Q = m * cp * \Delta T$$

$$Q = 0{,}6kg * 1{,}8723 \frac{KJ}{kg°K} * (305)°K$$

$$Q = 342{,}63\ KJ$$

$$-W = 0{,}6 * (702{,}04 - 251{,}16) - 342{,}63$$

$$W = 72{,}102KJ$$

5.1.2. Análisis de datos.

REOSTATO A ¼ DE VUELTA

Datos:

To = 60°C

Vo (agua destilada) = 600 cm^3

Vf (agua destilada) = 590cm^3

Carga de temperatura = 200

Densidad del agua = 1 g/cm^3

X = 0,016 1,60%

				Energía interna KJ/kg		u2 = X(ug - uf)+uf	Q = u2 - u1
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	Distancia (mm)	Volumen (cm^3)	liq. Sat., (uf)	vap. Sat., (ug)	u2 (KJ/kg)	Q en c/d punto
10	60	0	0	251,16	2455,9	286,43584	0
20	60	0	0	251,16	2455,9	286,43584	0
30	60	0	0	251,16	2455,9	286,43584	0
40	60	0	0	251,16	2455,9	286,43584	4,139184
50	61	0	0	255,346	2457,16	290,575024	0
60	61	0	0	255,346	2457,16	290,575024	0
70	61	0	0	255,346	2457,16	290,575024	4,140464
80	62	0	0	259,532	2458,5	294,715488	4,139824
90	63	0	0	263,718	2459,8	298,855312	8,279648
100	65	0	0	272,09	2462,4	307,13496	8,28752
110	67	0	0	280,47	2465	315,42248	12,43128
120	70	0	0	293,04	2468,9	327,85376	8,28688
130	72	0	0	301,42	2471,46	336,14064	12,43032
140	75	0	0	313,99	2475,3	348,57096	12,447072
150	78	0	0	326,578	2479,08	361,018032	8,298048
160	80	0	0	334,97	2481,6	369,31608	12,39888
170	83	0	0	347,51	2485,32	381,71496	8,35448
180	85	0	0	355,96	2487,8	390,06944	8,309216
190	87	0	0	364,364	2490,28	398,378656	4,154608
200	88	0	0	368,566	2491,52	402,533264	4,154608
210	89	0	0	372,768	2492,76	406,687872	4,154608
220	90	0	0	376,97	2494	410,84248	0
230	90	0	0	376,97	2494	410,84248	8,31448
240	92	5	51,934575	385,38	2496,44	419,15696	0
250	92	12	124,64298	385,38	2496,44	419,15696	4,160192

260	93	31	321,994365	389,588	2497,66	423,317152	0
270	93	45	467,411175	389,588	2497,66	423,317152	0
280	93	63	654,375645	389,588	2497,66	423,317152	0
290	93	79	820,566285	389,588	2497,66	423,317152	0
300	93	135	1402,233525	389,588	2497,66	423,317152	4,158224
310	94	135	1402,233525	393,794	2498,88	427,475376	0
320	94	135	1402,233525	393,794	2498,88	427,475376	0
330	94	135	1402,233525	393,794	2498,88	427,475376	0
340	94	135	1402,233525	393,794	2498,88	427,475376	

Tabla 5.5 Pruebas con el reóstato a ¼ de vuelta.

Reóstato a ½ vuelta

To = 60°C

Vo (agua destilada) = 600 cm^3

Vf (agua destilada) = 540 cm^3

Carga de temperatura = 200

Densidad del agua = 1 g/cm^3

X = 0,1 10%

				Energía interna KJ/kg		u2 = X(ug - uf)+uf	
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	distancia (mm)	Volumen (cm^3)	liq. Sat., (uf)	vap. Sat., (ug)	u2 (KJ/kg)	Q en c/d punto
10	50	0	0	209,33	2442,7	432,667	0
20	50	0	0	209,33	2442,7	432,667	3,8958
30	51	0	0	213,512	2444,02	436,5628	3,8958
40	52	0	0	217,694	2445,34	440,4586	3,912
50	53	0	0	221,894	2446,66	444,3706	7,7754
60	55	0	0	230,24	2449,3	452,146	3,8976
70	56	0	0	234,424	2450,62	456,0436	7,7952
80	58	0	0	242,792	2453,26	463,8388	14,69
90	62	0	0	258,532	2458,5	478,5288	12,5922
100	65	0	0	272,09	2462,4	491,121	19,505
110	70	0	0	293,04	2468,9	510,626	7,798
120	72	0	0	301,42	2471,46	518,424	7,798
130	74	0	0	309,8	2474,02	526,222	11,8298
140	77	0	0	322,382	2479,08	538,0518	7,6788
150	79	0	0	330,774	2480,34	545,7306	7,8046
160	81	0	0	339,168	2482,84	553,5352	7,7558
170	83	0	0	347,51	2485,32	561,291	3,9508
180	84	0	0	351,762	2486,56	565,2418	3,9022
190	85	0	0	355,96	2487,8	569,144	0
200	85	0	0	355,96	2487,8	569,144	3,9058

210	86	0	0	360,162	2489,04	573,0498	3,9058
220	87	0	0	364,364	2490,28	576,9556	0
230	87	0	0	364,364	2490,28	576,9556	3,9058
240	88	5	51,934575	368,566	2491,52	580,8614	3,9058
250	89	11	114,256065	372,768	2492,76	584,7672	0
260	89	38	394,70277	372,768	2492,76	584,7672	3,9058
270	90	59	612,827985	376,97	2494	588,673	0
280	90	74	768,63171	376,97	2494	588,673	3,9074
290	91	87	903,661605	381,176	2495,22	592,5804	0
300	91	135	1402,233525	381,176	2495,22	592,5804	0
310	91	135	1402,233525	381,176	2495,22	592,5804	3,9056
320	92	135	1402,233525	385,38	2496,44	596,486	0
330	92	135	1402,233525	385,38	2496,44	596,486	0
340	92	135	1402,233525	385,38	2496,44	596,486	0
350	92	135	1402,233525	385,38	2496,44	596,486	3,9092
360	93	135	1402,233525	389,588	2497,66	600,3952	

Tabla 5.6. Pruebas con el reóstato a 1/2 vuelta

REOSTATO A 3/4 DE VUELTA

To = 60°C

Vo (agua destilada) = 600 cm^3

Vf (agua destilada) = 530 cm^3

Carga de temperatura = 200

Densidad del agua = 1 g/cm^3

X = 0,1167 (11,67%)

				Energía interna KJ/kg		u2 = X(ug - uf)+uf	Q = u2 - u1
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	distancia (mm)	Volumen (cm^3)	liq. Sat., (uf)	vap. Sat., (ug)	u2 (KJ/kg)	Q en c/d punto
10	52	0	0	217,694	2445,34	477,6602882	3,863904
20	53	0	0	221,894	2446,66	481,5241922	3,8321052
30	54	0	0	226,058	2447,98	485,3562974	3,8480046
40	55	0	0	230,24	2449,3	489,204302	3,8497712
50	56	0	0	234,424	2450,62	493,0540732	7,6995424
60	58	0	0	242,792	2453,26	500,7536156	7,6995424
70	60	0	0	251,16	2455,9	508,453158	11,5476114
80	63	0	0	263,718	2459,8	520,0007694	15,4038816
90	67	0	0	280,47	2465	535,404651	11,558211
100	70	0	0	293,04	2468,9	546,962862	11,551209
110	73	0	0	305,61	2472,74	558,514071	15,5545856
120	77	0	0	322,382	2479,08	574,0686566	7,5596956
130	79	0	0	330,774	2480,34	581,6283522	7,7061702
140	81	0	0	339,168	2482,84	589,3345224	7,6579046
150	83	0	0	347,51	2485,32	596,992427	7,753301
160	85	0	0	355,96	2487,8	604,745728	3,8563346
170	86	0	0	360,162	2489,04	608,6020626	3,8563346

180	87	0	0	364,364	2490,28	612,4583972	3,8563346
190	88	1	10,386915	368,566	2491,52	616,3147318	0
200	88	7	72,708405	368,566	2491,52	616,3147318	3,8563346
210	89	11	114,256065	372,768	2492,76	620,1710664	0
220	89	35	363,542025	372,768	2492,76	620,1710664	0
230	89	53	550,506495	372,768	2492,76	620,1710664	3,8563346
240	90	70	727,08405	376,97	2494	624,027401	0
250	90	91	945,209265	376,97	2494	624,027401	3,8575338
260	91	113	1173,721395	381,176	2495,22	627,8849348	0
270	91	134	1391,84661	381,176	2495,22	627,8849348	0
280	91	135	1402,233525	381,176	2495,22	627,8849348	3,8557672
290	92	135	1402,233525	385,38	2496,44	631,740702	0
300	92	135	1402,233525	385,38	2496,44	631,740702	-631,740702

Tabla 5.7. Pruebas con el reóstato a ¾ de vuelta

REOSTATO A 1 DE VUELTA

To = 60°C

Vo (agua destilada) = 600 cm^3

Vf (agua destilada) = 510cm^3

Carga de temperatura = 200

Densidad del agua = 1 g/cm^3

X = 0,15 (15%)

				Energía interna		u2 = X(ug - uf)+uf	Q = u2 - u1
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	distancia (mm)	Volumen (cm^3)	liq. Sat., (uf)	vap. Sat., (ug)	u2 (KJ/kg)	Q en c/d punto
10	60	0	0	251,16	2455,9	581,871	3,7471
20	61	0	0	255,346	2457,16	585,6181	0
30	61	0	0	255,346	2457,16	585,6181	3,7591
40	62	0	0	259,532	2458,5	589,3772	3,7531
50	63	0	0	263,718	2459,8	593,1303	7,5062
60	65	0	0	272,09	2462,4	600,6365	18,7825
70	70	0	0	293,04	2468,9	619,419	11,2605
80	73	0	0	305,61	2472,74	630,6795	11,2626
90	76	0	0	318,186	2476,56	641,9421	11,2668
100	79	0	0	330,774	2480,34	653,2089	7,5099
110	81	0	0	339,168	2482,84	660,7188	7,4627
120	83	0	0	347,51	2485,32	668,1815	7,5545
130	85	0	0	355,96	2487,8	675,736	3,7577
140	86	0	0	360,162	2489,04	679,4937	0,186
150	87	5	51,934575	360,162	2490,28	679,6797	0
160	87	10	103,86915	360,162	2490,28	679,6797	7,3294
170	88	13	135,029895	368,566	2491,52	687,0091	3,7577
180	89	37	384,315855	372,768	2492,76	690,7668	0
190	89	55	571,280325	372,768	2492,76	690,7668	0
200	89	74	768,63171	372,768	2492,76	690,7668	3,7577

210	90	100	1038,6915	376,97	2494	694,5245	3,7581
220	91	141	1464,555015	381,176	2495,22	698,2826	0
230	91	141	1464,555015	381,176	2495,22	698,2826	3,7564
240	92	141	1464,555015	385,38	2496,44	702,039	

Tabla 5.7. Pruebas con el reóstato a 1 vuelta

5.1.2. Ejemplo de cálculo.

Volumen

$$V = \pi \times r^2 \times l$$

Los datos se toman de la tabla 5.1 en el tiempo de (280s) y se tienen los siguientes datos:

l = 63 mm

r = 57.5mm

Se remplaza en la formula

$$V = \pi \times (57.5)^2 \times (63)$$

$V = 654375.65\ mm^3 \rightarrow 654.3756\ cm^3$

Energía interna

$$u = X\ (ug - uf) + ug$$

Los datos se toman de la tabla 5.1 en el tiempo de (300 s) y se tienen los siguientes datos:

X = 0,016

uf = 389,588 KJ/kg

ug = 2497.66 KJ/kg

Se Remplaza en la formula

$$u = 0.016(2497.66 - 389.588) + 2497.66$$

$$u = 423{,}317152 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

Calor en cada punto

$$Q = u2 - u1$$

Los datos se tomo de la tabla 5.1 en el tiempo de (130 s) y se tienen los siguientes datos:

U2 = 348,57096 KJ/kg

U1 =336,14064 KJ/kg

Se remplaza en la formula de calor

$$Q = 348.57096 - 336.14064$$

$$Q = 12{,}43032 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

5.2. GUÍAS DE PRÁCTICA.

1. Tema:

2. Objetivos general teórico.

- _____
- _____
- _____

3. Marco teórico.

4. El equipo utilizado.

5. Grafico del equipo.

6. Procedimiento.

7. Tabla de datos.

En esta tabla se irá anotando los datos.

To =
Vo (agua destilada) =
Vf (agua destilada) =
carga de temperatura =

Tiempo (s)	Temperatura (°C)	distancia (mm)
10		
20		
30		
40		
50		
60		
70		
80		
90		
100		
110		
120		
130		
140		
150		
160		
170		
180		
190		
200		

8. Tabla de resultados cálculo y gráficos.

   Datos:

   To = 60°C

   Vo (agua destilada) = 600 cm^3

   Vf (agua destilada) = 510cm^3

   Carga de temperatura = 200

Tiempo (s)	Temperatura (°C)	Distancia (mm)

10	60	0
20	61	0
30	61	0
40	62	0
50	63	0
60	65	0
70	70	0
80	73	0
90	76	0
100	79	0
110	81	0
120	83	0
130	85	0
140	86	0
150	87	5
160	87	10
170	88	13
180	89	37
190	89	55
200	89	74

5.3 VALIDACIÓN DE DATOS.

Los datos que nos da el banco de pruebas termodinámico, es útil pero también se tiene otros datos, que también se toma en cuenta como por ejemplo los datos de las tablas de propiedades de agua saturada, (temperatura, presión), también las formulas que se ha usado se ha recopilado de algunos libros.

5.4. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

5.4.1. Manual de operaciones.

Sabiendo que el principal capital es el humano, no se debe escatimar ni descuidar ninguna medida de seguridad, en función a aquello se expone el siguiente procedimiento.

1. Usar guantes, casco de protección, gafas.
2. Lubricar el cilindro, para poder ingresar el pistón.
3. Revisar la válvula de desfogue, si está cerrada.
4. Introducir el pistón en el cilindro, hasta que llegue al punto muerto inferior.
5. Poner la cantidad de agua que se vaya a operar por la válvula de ingreso, para la prueba efectuada.
6. Escoger la graduación de la perilla del potenciómetro sean estas a (1/4 de vuelta, ½ vuelta, ¾ de vuelta, y a 1 vuelta).
7. Poner la tapa de seguridad y ajustar los pernos, acuerdo a su posición.
8. Calibrar la temperatura de lo requerido para la práctica.
9. Conectar el enchufe a una fuente de 110 voltios.
10. Encender el equipo.
11. Manipular con cuidado el banco de pruebas, y usar todas las protecciones para cualquier mal uso del banco de pruebas.
12. Tomar datos que son: temperatura, volumen, presión.

13. Una vez terminada las pruebas, apagar el equipo, esperar unos minutos hasta que se enfrié el equipo y sacar la tapa del recipiente, y a lo posterior sacar el pistón.
14. Vaciar el agua del recipiente en un embudo y medir.
15. Limpiar el cilindro y todos los complementos del banco de pruebas.

5.4.2. Mantenimiento.

Cuadro de Mantenimiento preventivo.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Acción de mantenimiento.	Periodicidad
Lubricar y engrasar	1 día
Cambio de (O ring)	90 días
Limpieza exterior	15 días
Limpieza interior	30 días
Cambio de instrumentación.	360 días
Pintar el equipo.	360 días

Tabla 5.9 Cuadro de mantenimiento.

CAPITULO VI

ANALISIS FINANCIERO

6.1. ANÁLISIS ECONÓMICO

Haciendo este análisis se podrá analizar si es viable o rentable, la construcción de un banco de pruebas para procesos isobáricos.

Esta evaluación está proyectada, para que la universidad Internacional del ecuador este interesado en adquirir uno o más equipos, que tenga las mismas funciones, y características como el equipo.

Costos indirectos. [4]¨Son cotos complementarios para la producción del bien, pero no necesariamente forman parte del articulo terminado.¨

[4] Fuente: C.P.A. Jorge Flores Cisneros, Contabilidad de Costos, Edición año escolar 2002, Pág. 85

Misceláneos.

Descripción	Costo total
Material varios	35,00
Material de oficina	40,00
Fotocopias e impresiones	60,00
Uso del internet	75,00
Desplazamiento en vehículo	80,00
Servicios básicos (electricidad, agua potable, teléfono, otros)	30,00
Total 1	320,00

Tabla 6.1 Descripción misceláneos.

Pago de honorarios	
Servicios profesionales	300
Total 2	300

Tabla 6.2 Pago de honorarios

Diseño	
Diseño Sr. Vladimir Revelo	500
Total 3	500

Tabla 6.3 Costo de diseño

Tesis rubros	
Pago de tesis	1000
Solicitudes	40
Donación de libro	30
Total 4	1070

Tabla 6.4 Tesis rubros

Adquisición de materiales y equipos.

Unidad	**Descripción**	VALOR
1	Cilindro y embolo	67,20
1	Tubo de transmisión 130x 110	36,42
1	Manómetro de baja presión	15,97
1	Resistencia tubular	60,00
1	Plancha metálica	35.00
1	Regla metálica	8,00
1	Reóstato	25,00
2	Acoples	8,00
2	Válvulas de bola	3,00
1	Anillo de caucho	6,00
1	Switch	2,00
2	Adaptadores	6,90
1	Neplo	10,00
1	Termocupla	55,00
	Varios	100
Total 5		403,49

Tabla 6.5 Descripción de adquisición de materiales.

Mano de obra.

Descripción	VALOR
Encamisar cilindro	90,00
Pintado	50,00
Instalación de acoples, neplos, tapa del cilindro	40,00
Elaboración de tapa superior cilindro	30,00
Elaboración soporte del cilindro	45,00
Instalación de seguros a la tapa con el recipiente	35,00
Instalación de soporte del vástago con el cilindro	30,00
Instalación de reóstato	160
Instalación de sistema eléctrico	60,00
Total 6	540,00

Tabla 6.6 Descripción de mano de obra.

Total General.

Descripción	Costo Total
Total 1	320,00
Total 2	403,49
Total 3	540,00
Total 4	300
Total 5	500
Total 6	1070
SUBTOTAL	3133,49
IMPREVISTOS (10%)	313,349
TOTAL GENERAL	3446,84

Tabla 6.7 Descripción total general.

6.2. ANÁLISIS FINANCIERO.

Costo de práctica por semestre	
valor de crédito	69
Alumnos por materia	25
Laboratorio por materia	3
Numero de laboratorio por semestre	6
TOTAL	862

Tabla 6.8 Costo de práctica por semestre

GASTO OPERATIVO	30
Costo estimado de mantenimiento. (Semestre)	80
TOTAL	110

Tabla 6.9 Gastos operativos.

Depreciación	
costo del equipo	3446,84
años de uso del equipo	10
DEPRECIACION SEMESTRAL	172.34

Tabla 6.10 Depreciación del equipo.

Beneficios semestral	
Total 1	862,50
Total 2	110
Total 3	172,34
Total general	580,16

Tabla 6.11 Benéfico semestral.

Inversión inicial	-3446,84
Beneficio semestre 1	564,11
Beneficio semestre 2	564,11
Beneficio semestre 3	564,11
Beneficio semestre 4	564,11
Beneficio semestre 5	564,11
Beneficio semestre 6	564,11
Beneficio semestre 7	564,11
Beneficio semestre 8	564,11
Beneficio semestre 9	564,11
Beneficio semestre 10	564,11

Tabla 6.12 Costos proyectados a 10 semestres.

VAN	$ 446,07
TIR	10%
B/C	1,13

Tabla 6.13 TIR, VAN del cálculo realizado.

CAPITULO VII

CONCLUCIONES Y RECOMENDACIONES

7.3. CONCLUSIONES.

Después de las pruebas realizadas en el equipo se pudo identificar algunos desperfectos en el diseño y construcción.

Se opto por cambiar el ingreso del líquido, adecuando una T para ingreso y salida de fluidos.

Para disminuir la entropía se adecuo un aislamiento térmico alrededor del cilindro.

Una vez realizado las mejoras correspondientes en el banco de pruebas se concluye que.

- Para el diseño y construcción del banco de pruebas se aplicó lo aprendido en termodinámica.
- Se ha hecho aplicaciones de balance de energía y en función a aquello para determinar el tipo de resistencia con resultados muy satisfactorios.
- Con el análisis económico se concluye que la UIDE de la facultad de mecánica automotriz, recupera la inversión en 10 semestres, por lo cual el beneficio académico es tangible, este proyecto ahorra el 100% en costos en comparación con otros equipos similares.

7.4. RECOMENDACIONES.

Recomiendo a los futuros estudiantes de la facultad de ingeniería mecánica automotriz de hacer un mejoramiento al banco de pruebas, como las que se menciona:

1. Incrementar pruebas a procesos isométricos, e isotérmicos.
2. En el proceso a isobárico se recomienda poner diferentes pesos en el pistón y poder calcular a diferentes tipos de presiones.
3. Hacer pruebas a diferentes cantidades de líquido.
4. Para disminuir la entropía en el sistema, se podría separar el ingreso y desfogue de liquido, y añadiendo una válvula check en el ingreso a la cámara para disminuir la perdida de presión.
5. Implementar un software de procedimientos del banco de pruebas, para mejorar, la utilización del mismo.

Bibliografía.

CENGEL, Yunus. *Termodinámica*, Sexta edición, México, Editorial McGraw-Hill, 2009

ALBARENGA, Beatriz, Física General, Cuarta edición, México, Editorial Mexicana, 1998

ROLLE, Kurt C. Termodinámica, Cuarta edición, México, Editorial Pearson Educación, 2006

MEGYESY, Eugene. Manual de recipientes a presión diseño y calculo, México, Editorial Limusa, 1992.

ALONSO, J.M. Técnicas del automóvil motores, Decima edición, España, Editorial Thomson, 2004.

CENGEL, Yunus. *Transferencia de Calor*, Segunda edición, México, Editorial McGraw-Hill, 2004

Consultas electrónicas.

http://www.monografias.com

http://es.wikipedia.org

http://www.rincondelvago.com

Anexos.

Anexo 1

Plano de tesis.

Anexo 2

Misceláneos.

Danfoss

Danfoss