

UNIVERSIDAD DE SONORA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
Departamento de Ingeniería Industrial

**“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN DISPOSITIVO SEMIAUTOMÁTICO PARA
MEDICIÓN DE PROPIEDADES TÉRMICAS EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS”**



TESIS

Que para obtener el título de:

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTA:

ALDO PAUL ALAMEA LÓPEZ RAMOS

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

Resumen

A continuación presenta el diseño de un dispositivo semi-automático para la medición de las variables que calcula la resistencia térmica de los sistemas constructivos, con ello se pretende estudiar los materiales de construcción para determinar si las características térmicas del mismo son las adecuadas y cumplen los requerimientos para ser utilizados.

El dispositivo funciona básicamente utilizando la técnica de placa caliente. Se compone de dos partes principales. El primero es la parte caliente, la cual se compone de una serie de resistencias planas y flexibles las cuales suministran al calor al sistema, alimentado con fuentes de poder. La segunda parte es una serie de cuatro enfriadores alimentados con un fluido, en este caso agua la cual es enfriada por medio de un chiller para mantener el valor de la temperatura constante. El sistema dispone de unidades móviles controladas con pistones neumáticos que permiten manejar las muestras del sistema de construcción de hasta 700 kg de peso y con un máximo espesor de 30cm.

Las variables a medir son las temperaturas de la superficie del sistema en ambos lados, es decir, en la parte fría y en la parte caliente; y las variables controladas son la temperatura del fluido que pasa por las placas frías, el voltaje y la corriente. Usando esta información, se calcula la resistencia térmica del sistema del material que se está analizando.

Con este tipo de estudio se pretende mejorar las características de las viviendas y aumentar la calidad de vida de quienes habiten en ellas. Si es cierto que los materiales aislantes ya existen y día a día se construyen viviendas de este tipo, esta máquina nos permitirá el estudio de nuevos materiales fabricados con menor costos y con características similares a los existentes es decir fabricar materiales de alta eficiencia térmica pero a un menor costo, en ocasiones con elementos que nos rodean y no cuestan como material de reciclaje. El resultado de usar mejores materiales para la construcción se verá reflejado en el costo, de tener viviendas más agradables en cuanto a propiedades térmicas se refiere, pues se reduce el consumo de energía de aparatos de refrigeración y calefacción al ser necesarios para lograr un ambiente óptimo para el hombre.

ÍNDICE

1. Capítulo I. Descripción y planeación del proyecto.....	7
1.1 Introducción.....	7
1.2 Antecedentes.....	10
1.2.1 Universidad de Sonora.....	10
1.3 Objetivo.....	12
1.3.1 Objetivos específicos.....	12
1.4 Hipótesis.....	13
1.5 Alcances.....	13
1.6 Limitaciones.....	13
1.7 Justificaciones.....	14
1.8 Metodología.....	15
1.8.1 Estado del arte.....	15
1.8.2 Elementos para el diseño.....	16
1.8.3 Diseño.....	16
1.8.4 Puesta en marcha.....	16
1.8.5 Elaboración de manuales y planos.....	17
2. Capítulo II. Estado del arte.....	18
2.1 Dispositivos similares.....	19
3. Capítulo III. Estudios teóricos y experimentales de determinación de propiedades térmicas de materiales.....	22
3.1 Introducción.....	22
3.2 Transferencia de calor mediante conducción unidimensional en paredes planas.....	22

3.3 Estudio teórico de transferencia de calor en materiales constructivos...	24
3.4 Principio del método experimental.....	26
4. Capítulo IV. Principios del diseño del dispositivo.....	30
4.1 Introducción.....	30
4.2 Materiales en función de las características requeridas por el sistema.....	31
4.2.1 Requerimientos.....	31
4.2.2 Parte fría.....	32
4.2.3 Parte caliente.....	33
4.2.4 Sistema de cierre semiautomático y sellado.....	34
4.2.5 Monitoreo de temperatura y presentación de resultados.....	35
4.2.6 Sistema de enfriamiento.....	36
4.2.7 Sistema de calentamiento.....	37
4.3 Implementación de la automatización.....	37
5. Capítulo V. Diseño y fabricación del dispositivo de medición.....	38
5.1 Introducción.....	38
5.1.1 Descripción de la estructura, sus partes internas y externa.....	40
5.1.2 Diseño y descripción de los componentes generales.....	47
5.1.3 Funcionamiento.....	48
5.1.4 Diseño de la estructura.....	50
5.1.5 Diseño de la placa fría.....	51
5.1.6 Diseño de la placa caliente.....	52
5.1.7 Control de temperaturas y adquisición de datos.....	54
5.1.8 Dispositivo de apoyo para termopar.....	55
5.1.9 Automatización.....	56
5.2 Fabricación.....	56

5.2.1 Porta muestras.....	57
5.2.2 Porta muestras secundario.....	58
5.2.3 Estructura.....	62
5.2.4 Estructura interna.....	66
5.2.5 Pistones.....	70
6. Capítulo VI. Manejo técnico y mantenimiento.....	77
6.1 Manual de operaciones.....	77
6.1.1 Condiciones de uso.....	77
6.1.2 Puesta en marcha.....	82
6.1.3 LoggerNet.....	87
6.1.4 Paro de operaciones.....	89
6.1.5 Especificaciones de los equipos y manejo.....	90
6.2 Mantenimiento.....	94
6.2.1 Medidas de seguridad.....	94
6.2.2 Partes del TR-01.....	97
6.2.3 Mantenimiento preventivo.....	99
6.2.4 Mantenimiento correctivo.....	104
7. Capítulo VII. Resultados.....	111
7.1 Resultados generales.....	111
7.2 Mecanismos.....	113
7.3 Aislamiento.....	114
7.4 Automatización.....	115
7.5 Mediciones.....	117
Conclusiones.....	123
Anexo 1 Planos estructurales.....	125
Anexo 2 Diagramas eléctricos.....	138
Anexo 3 PLC.....	141
Anexo 4 Galeria del proceso.....	143

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.0 Medidor de conductividad térmica alemán EP500e.....	11
Figura 1.1 Diagrama 1.0 Cronograma de actividades.....	15
Figura 3.1 Transferencia de calor en n muro con caras planas.....	23
Figura 3.2 Esquema de flujo de calor en el sistema.....	27
Figura 5.1 Estructura o esqueleto de la maquina.....	40
Figura 5.2 Base de los rieles del móvil de la placa caliente.....	41
Figura 5.3 Móvil de la placa caliente.....	42
Figura 5.4 Base de la placa caliente.....	42
Figura 5.5 Base de los enfriadores.....	43
Figura 5.6 Soporte de los pistones superiores.....	44
Figura 5.7 Sello superior.....	44
Figura 5.8 Porta muestras base.....	45
Figura 5.9 Porta muestras externo.....	46
Figura 5.10 Porta muestras interno.....	46
Figura 5.11 Vista Frontal del Dispositivo.....	47
Figura 5.12 Isométrico del Dispositivo.....	48
Figura 5.13 Isométrico con Vista Interna.....	48
Figura 5.14 Direccionamiento de las Partes Móviles.....	49
Figura 5.15 Estructura del Dispositivo.....	50
Figura 5.16 Enfriador de Acero Inoxidable.....	51
Figura 5.17 Orden de los Enfriadores.....	51
Figura 5.18 Resistencia Eléctrica.....	52
Figura 5.19 Distribución de las Resistencias.....	52
Figura 5.20 Controles de Temperatura y Adquisición de Datos.....	54
Figura 5.21 Mecanismo de Amortiguamiento para Termopar.....	55
Figura 5.22 Porta muestras principal.....	58

Figura 5.23 Porta muestras externo en proceso de fabricación.....	60
Figura 5.24 Extensiones del porta muestras externo.....	60
Figura 5.25 Sistema de amortiguamiento de apoyo.....	61
Figura 5.26 Base de madera, aislante de la muestra.....	62
Figura 5.27 Esqueleto del dispositivo y porta muestras externo.....	63
Figura 5.28 Juntas de los perfiles de aluminio con Gussets.....	64
Figura 5.29 Esqueleto del dispositivo.....	64
Figura 5.30 Porta muestras interno.....	65
Figura 5.31 Vista externa del dispositivo y muestra en proceso de fabricación.	65
Figura 5.32 Soporte móvil de la placa caliente y la estructura que lo soporta....	66
Figura 5.33 Estructura móvil en la que se aprecia la armadura para evitar el pando.	67
Figura 5.34 Armaduras.....	68
Figura 5.35 Contra pesos para evitar la inclinación hacia enfrente de la palca caliente.....	68
Figura 5.36 Placas fría y caliente frente a frente.....	69
Figura 5.37 Llaves para el flujo y mantenimiento de agua en las placas frías..	70
Figura 5.38 Pistones neumáticos.....	70
Figura 5.39 Pistones.....	71
Figura 5.40 Luces de señalización.....	73
Figura 5.41 Caja de controles.....	73
Figura 5.42 Distribución de placas frías y orden de los termopares.....	74
Figura 5.43 Fabricación de termopares.....	74
Figura 5.44 Equipos de apoyo.....	75
Figura 5.45 TR-01 en una corrida.....	75
Figura 6.1 Clavija y contacto 110V-30A de tres hilos.....	82
Figura 6.2 Adquisidor de datos CR7 Campbell Scientific.....	83
Figura 6.3 Fuente de poder principal 110V-24A.	83
Figura 6.4 Válvula de aire con unidad de mantenimiento.....	84
Figura 6.5 Válvulas de paso, suministro de agua de las placas frías.....	94

Figura 6.6 Válvulas de paso de los chillers.....	84
Figura 6.7 Puerta lateral.....	85
Figura 6.8 Modulo On(verde)/Off(negro) con indicadores de dispositivos en funcionamiento.....	85
Figura 6.9 Botonera Start/Stop.....	86
Figura 6.10 Controles del chiller.....	86
Figura 6.11 Interruptor de encendido	91
Figura 6.12 Panel frontal de ajuste de voltaje y amperaje	91
Figura 6.13 Rieles y baleros de la parte móvil caliente.....	100
Figura 6.14 Rodamientos de los porta muestras.....	101
Figura 6.15 Llave de paso de los enfriadores.....	102
Figura 6.16 Unidad de mantenimiento del aire.....	103
Figura 7.1 Diseño CAD del dispositivo.....	111
Figura 7.2 Fabricación del dispositivo.....	112
Figura 7.3 Reporte de medición	112

Capítulo 1

DESCRIPCIÓN Y PLANEACIÓN DEL PROYECTO

1.1 Introducción

En la actualidad una de las áreas de la sustentabilidad está enfocada en la forma, modos y materiales que utilizamos para construir nuestras viviendas; el enfoque de este proyecto está orientado a la mejora de estos materiales para hacer más eficiente nuestros hogares, edificaciones y demás, utilizando materiales de mayor capacidad en cuanto a características térmicas se refiere, dado que uno de los mayores problemas que se presentan en estos sistemas es la ineficiencia en cuanto a transferencia de calor que tenemos en nuestros hogares, es decir, el calor o el frío que se transfiere del exterior al interior de un hogar, haciendo de nuestros casas lugares que no alcanzan a estar dentro de la zona de confort térmico humano, y por ende al intentar climatizar estas construcciones, se cae en el uso excesivo del recurso eléctrico para adecuar de manera artificial.

Los estudios térmicos en sistemas constructivos no es reciente, años atrás, diferentes centros de investigación han desarrollado métodos para hacer más eficiente los resultados y obtener mejores materiales con respecto a los sistemas de construcción. Uno de los métodos utilizados el llamado "Sistema de Medición de Placa Caliente", basado en ASTM C-177.

En la industria de la construcción, las desarrolladoras de vivienda están interesadas en

el estudio y conocimiento del comportamiento térmico de componentes y sistemas constructivos.

Debido a la poca capacidad que presentan los sistemas constructivos (muros) como materiales aislantes y las repercusiones que esto tiene en el comportamiento de las viviendas, esto es reflejado en el gasto de energía eléctrica gastado por el usuario para lograr una temperatura estable en el medio en el que habita. En si este estudio sirve para buscar hacer más eficientes los materiales con lo que están hechos nuestros hogares aunque el procedimiento no se limita a un tipo de materiales. Para ello se fabricó un dispositivo de prueba dentro de los Laboratorios de Ingeniería Civil en la Universidad de Sonora, los resultados fueron los esperados, con ello se logró comprobar que el estudio y el prototipo propuesto por el Departamento de Ingeniería civil en conjunto con Ingeniería Química, funcionaron y se decidió dar el siguiente paso, automatizarlo.

El departamento de ingeniería Civil presento un diseño de construcción de un sistema que sirve como apoyo para calcular la conductividad térmica de materiales de construcción, es decir, no la calcula por sí mismo, pero aporta la variable de temperatura específica de cada material para el cálculo de la conductividad térmica.

El diseño está basado en un modelo físico en el que se considera un flujo de calor unidireccional que pasa a través de una muestra del material que se va a medir, del cual las superficies principales del material están sometidas a un gradiente de temperatura que favorece el flujo térmico. A partir de esto se tomó la decisión de crear un dispositivo semiautomático basado en un sistema electroneumático controlado por un dispositivo de control lógico programable (PLC) el cual facilitara la medición de los materiales

En el mundo existen pocos sistemas de este tipo los cuales realicen el procedimiento por si solos o como dispositivos semiautomáticos, es decir, que la intervención del hombre sea mínima y que de manera automática presente datos en una computadora.

Cabe destacar que en México este tipo de máquinas no son aun desarrolladas, y aunque las universidades realicen estudios de los métodos para investigación aún no se lleva acabo el dispositivo físico que lo haga por si solo o de manera semiautomática.

El proyecto está dividido en siete capítulos en los cuales se describe el desarrollo de la investigación con el fin de diseñar y fabricar un medidor de conductividad térmica. En el primer capítulo se describe a grandes rasgos los requerimientos de un sistema de medición utilizado para calcular la conductividad térmica de sistemas constructivos y una descripción general del contenido de este trabajo.

En los capítulos dos y tres nos enfocamos a los antecedentes de este tipo de prototipos y los cálculos necesarios para llevar a cabo el estudio, apoyado en referencias bibliográficas y estudios realizados en proyectos similares a este dispositivo.

El capítulo cuatro describe las características esenciales del dispositivo y con ello da entrada a que el diseño este basado en los requerimientos del sistema y cumpla así con sus objetivos.

Una vez elaborado el diseño, el capítulo cinco muestra el desarrollo de la fabricación paso a paso del dispositivo, desde las partes más básicas como el porta muestras hasta lo más complejo que es la automatización.

Una parte muy importante de este documento son los manuales de operación y mantenimiento los cuales son descritos en el capítulo seis. La función de estos es que cualquier operador que tenga conocimientos básicos en computación y manejo de herramientas, sea capaz de operar el dispositivo y dar mantenimientos tanto preventivos como correctivos.

Por último, el capítulo siete está enfocado a los resultados de la máquina, tanto a los numéricos como a los operativos, es decir, describe el funcionamiento final de la misma y hace un balance de los resultados esperados y los obtenidos.

1.2 Antecedentes

Con antecedentes nos referiremos a todos aquellos prototipos o dispositivos fabricados con el fin de realizar funciones similares al TR-01. Dos de los más significativos fueron el TR-00 y el medidor de conductividad térmica EP500e.

Dentro de los laboratorios de Ingeniería Civil en la Universidad de Sonora se desarrolló el TR-00, un sistema de medición basado en el método de la placa caliente que obtuvo resultados satisfactorios, pero dado la complejidad del método de medición y el trabajo que este conlleva para hacer una sola corrida se optó por crear el TR-01 el cual tendría las mismas funciones, pero su manejo sería más sencillo para el personal.

1.2.1 Universidad de Sonora

Como antecedente tenemos un proyecto llevado a cabo por el departamento de Ingeniería Civil a cargo de la Dra. Ana Cecilia Borbón Almada en el 2010 hasta la fecha en el cual se fabricó un prototipo basado en la práctica de plato caliente para realizar mediciones de temperatura en un sistema constructivo con el objetivo de determinar la resistencia térmica del material.

La muestra en la que se realizó el estudio es un muro de block de 1.20m x 2.0m con un espesor de 15cm en el cual se colocaron 120 sensores termopares monitoreando las temperaturas tanto internas como externas del muro en ambos lados. La variación de temperatura esta proporcionada por dos paneles, los cuales tiene un fluido circulando por ellos. Uno de ellos maneja temperaturas bajas y la otra temperatura alta manejados por un controlador de temperatura de fluidos llamado Chillier. Para que la medición sea la adecuada se debe aislar completamente el muro, en este caso, fue forrado poliestireno expandido.

Los sensores termopares están conectados a un adquisidor de datos el cual es la interfaz entre los sensores termopar y la computadora.

El uso de tecnologías ancestrales para la construcción como el adobe, el bahareque y materiales como la piedra, la tierra, la madera y demás han sido utilizados por la humanidad por miles de años para construir sus viviendas, pero el avance en todos los ámbitos de la sociedad nos ha obligado a mejorar nuestros materiales de construcción. Con el paso de los años, nos hemos dedicado a mejorar nuestro estilo de vida enfocándonos en hacer más cómodas nuestras viviendas.

Mucho tiempo atrás los requerimientos para la construcción eran mínimos pero con los años la exigencia de las persona por hacer de nuestros hogares lugares de alta comodidad van en aumento, para ello se iniciaron los estudios en los materiales de construcción.

Existen varios dispositivo capaz de efectuar mediciones de conductividad térmica similares a este prototipo, es llamado "The ThermalConductivity Test Tool λ -Meter EP500e". Es una herramienta de acuerdo con el método de la placa caliente guardada para la operación de pruebas en los valores absolutos de la conductividad térmica, resistencia a la transferencia térmica, así como el valor de k y U-valor, respectivamente, de los materiales de aislamiento, materiales de construcción y otros productos. Las pruebas se llevan a cabo de conformidad con la norma ISO 8302, EN 12667, ASTM C177 y una alta precisión de medición requerida por las autoridades de prueba.



Figura 1.0 Medidor de conductividad térmica alemán EP500e

La diferencia entre The ThermalConductivity Test Tool λ -Meter EP500e y el dispositivo propuesto, son las dimensiones que se manejan en cuanto a la muestra se refiere.

Cabe mencionar que hasta el momento no se encontraron antecedentes de un prototipo semejantes en cuanto a las magnitudes de medición se refieren en México.

1.3 Objetivo

Diseñar y fabricar un prototipo de pruebas semiautomático de medición propiedades térmicas de sistemas constructivos, es decir que nos permita medir las variables necesarias y controlar otras, para calcular la conductividad térmica en sistemas constructivos.

1.3.1 Objetivos específicos

- Realizar un diseño asistido por computadora en base a los requerimientos del sistema
- Fabricación de un dispositivo semiautomático capaz de obtener propiedades térmicas de sistemas constructivos.
- Puesta en marcha.
- Comparación de resultados.

1.4 Hipótesis

Se espera que el dispositivo sea capaz de proporcionar temperaturas de manera uniforme en las superficies de la muestra y logre estabilizarlas con el fin de obtener un delta de temperatura necesario para el cálculo de la conductividad térmica.

Debido a es un sistema semiautomático se sabe que no será capaz de realizar todas las funciones en un solo paso, si no que se realizara por medio de un proceso.

Se pretende que sea capaz de manipular muestras de gran peso en las dimensiones especificadas por el proyecto.

1.5 Alcances

- El dispositivo será capaz de medir muestras en tamaño real con dimensiones de 1.20x2.00m y espesores que van desde 1/8" hasta 12"
- Debe ser capaz de simular temperaturas ambientales tanto frías como calientes.
- Manipular muestras de hasta 600kg.
- Obtener la variable del diferencial de temperatura que se necesita para calcular la conductividad térmica
- Debe ser un sistema semiautomático de fácil manejo.
- Contar con un manual de mantenimiento y operaciones
- La caja aislante debe ser capaz de amoldarse a la muestra para asegurar el contacto con las placas y los termopares.

1.6 Limitaciones

- La variación de espesores perjudicara el sellado de la muestra
- No se podrán medir aislantes con una conductividad menor a la del foamular utilizado como aislante en la maquina (0.025W/m°C)
- El sistema de medición es independiente de los controles de la maquina
- No se podrán medir materiales blandos, como al fibra de vidrio en rollo, espuma blanda, esponja, etc.
- El dispositivo no es móvil y tendrá que ser operado en un solo lugar dado que las condiciones estructurales no permiten su traslado.

1.7 Justificación

El propósito de este proyecto es hacer más rápido y eficientes los métodos de estudios térmicos de los sistemas constructivos por medio de un dispositivo semiautomático que es capaz de realizar las funciones por sí solo dando como resultado valores que ayudaran a la gente encargada del estudio a tomar decisiones sobre la eficiencia de los sistemas para utilizarlos en los lugares o ambientes requeridos.

La carencia de este tipo de dispositivos en México es uno de los puntos que nos ha llevado a realizar este proyecto. Un proyecto con futuro en pro del ambiente pues nos ayudara a mejorar las construcciones de los hogares haciendo más eficiente los métodos de enfriamiento o calentamiento utilizado por las personas, es decir, la utilización de refrigeración y calentones para adecuar nuestros hogares a ciertas condiciones de comodidad, con la intención de aproximarnos a edificaciones que requieran poco gasto de energía adecuarlas a nuestras necesidades.

El proyecto contribuye directamente con las empresas de construcción y todas aquellas personas interesadas en realizar investigación de este tipo y contribuye indirectamente en la sustentabilidad y el ambiente, como en la economía familiar, debido a que es más barato enfriar y mantener frío un cuarto con materiales de eficiencia térmica que aquellos que utilizamos comúnmente.

1.8 Metodología

Cronograma de actividades

Etapas (mes)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Búsqueda de Información	■									
Diseño del dispositivo		■	■							
Diseño del porta muestras			■							
Fabricación del porta muestras				■	■					
Fabricación del dispositivo				■	■	■	■	■	■	
Fabricación de la muestra						■				
Automatización							■	■	■	
Aislamiento								■		
Pruebas									■	■
Acabados										■

Figura 1.1 Diagrama 1.0 Cronograma de actividades

1.8.1 Estado del arte

Se realizara una revisión bibliográfica, en la cual se pretende buscar libros, artículos, publicaciones y documentos relacionados con el proyecto, para ello se deberán llevar acabo todas aquellas actividades relacionadas con la búsqueda de información escrita sobre un tema acotado previamente y sobre el cual, se reúne y discute toda la información recolectada.

Los resultados de la revisión bibliográfica servirán para explicar las razones que han conducido o motivado la elección del problema. Al final de la revisión se deben obtener los objetivos y las hipótesis que se quieren analizar a través de la investigación que se

inició para mejorar los materiales de construcción en cuanto a propiedades térmicas se refieren.

1.8.2 Elementos para el diseño

Se llevara a cabo una recopilación de los elementos necesarios que deberá llevar el diseño o que al menos habrá de tomarse en cuenta para su realización.

Los elementos para el diseño son todos aquellos puntos a tratar, es decir, son los componentes básicos del que necesita el dispositivo los cuales se deben tomar en cuenta para la toma de decisiones que nos ayudara a llevar a cabo el proyecto de manera correcta.

1.8.3 Diseño

Una vez llevado a cabo la revisión bibliográfica y haber definido los elementos para el diseño se comenzara a dar forma al proyecto en forma de imágenes y simulaciones, para ello, este proyecto será apoyado por un programa de diseño llamado SolidWorks en el cual hacer los cálculos de presiones y resistencia de materiales para determinar la fatiga de cada una de sus partes. Para la parte electro neumático usaremos un software de FESTO para hacer las simulaciones correspondientes a esta área.

1.8.4 Puesta en marcha

Cuando el diseño se haya definido entrara la etapa de puesta en marcha en la cual se pretende fabricar el prototipo para ello es de vital importancia tener definido bien el diseño puesto que los materiales necesarios se compraran con la información que se obtenga del mismo. Esta parte se divide básicamente en tres partes: la parte estructural, la cual comprende la fabricación de todas aquellas partes móviles y estáticas del proyecto. La segunda parte es la automatización, integración de los

pistones neumáticos, válvulas electro neumáticos y PLC y una tercera etapa de pruebas. Febrero – junio 2013

1.8.5 Elaboración de manuales y planos

Se elaborara un manual de operaciones, el cual explique paso a paso el método de para llevar a cabo una corrida. Aunado a este se hará un manual de mantenimiento el cual describirá como mantener la maquina en operación sin ningún problema y en caso de haberlo, como repararlo.

Por último se desarrollaran los planos de las partes más importantes del dispositivo los cuales incluirán las dimensiones de las mismas y sus diferentes vistas e isométricos.

Capítulo 2

ESTADO DEL ARTE

En la ingeniería de construcción, a menudo se requiere conocer las propiedades térmicas de sistemas constructivos, específicamente la conductividad térmica para evaluar el comportamiento de estos elementos y así complementar la información para la aplicación de la normatividad mexicana en la evaluación de la resistencia térmica de elementos constructivos, en base a la NMX-C-460, así como la aplicación de la NOM-020 para la evaluación de la eficiencia energética en edificaciones de tipo residencial.

Actualmente, existen diversos procesos y dispositivos que permiten evaluar la conductividad térmica de materiales utilizados en la construcción. El problema con estos dispositivos, es que no permiten la evaluación de muros de construcción a escala real, con lo que se pierde información importante que permite determinar con mayor precisión el comportamiento térmico del muro.

Existen soluciones comerciales que permiten determinar las características térmicas en materiales de construcción, como el del dispositivo EP500e de la empresa alemana Lambda Messtechnik, que mide la resistencia a la transferencia térmica de conformidad con la norma ISO 8302. La diferencia es que se limita el tamaño máximo de la muestra a 50 x 50cm, lo que imposibilita probar el comportamiento de un muro a escala real.

2.1 Dispositivos similares

Kosny y Christian (Kosny, J., Christian, J., 2001. Whole wall thermal performance. Oak Ridge National Laboratory, Febrero del 2014) propusieron un método para medir la eficiencia térmica en sistemas constructivos. La eficiencia del dispositivo desarrollado en esa investigación es que se utiliza una caja caliente o hot box sellada; lo que incrementa los costos y agrega complejidad al proceso.

En este artículo nos centraremos en un equipo medidor de flujo de calor simétrico de una única muestra con orientación horizontal. El equipo está equipado con dos placas, una móvil y otra fija que a la hora de realizar un ensayo deben estar en perfecto contacto con las caras principales del material a ensayar. Para ello se puede introducir en el equipo el espesor de la probeta de ensayo (productos blandos) o bien que la placa móvil se desplace hasta que ejerza una determinada presión sobre el material (productos rígidos). En la zona central de cada placa, la zona de medida, se encuentra embebido un medidor de flujo de calor, los cuales están provistos de miles de pequeños termopares. La señal media de cada medidor de flujo de calor es proporcional al flujo de calor a través de la probeta y esta señal es la que se emplea para determinar la conductividad térmica de la muestra. El ensayo en sí es un experimento físico muy sencillo y consiste en aplicar un gradiente de temperatura, programando las placas a diferentes temperaturas para que se produzca un flujo de calor a través de la muestra. La diferencia de temperatura se calcula como diferencia entre las temperaturas medidas en el centro de cada plato. (CEIS, 2007)

Se presentan los resultados parciales del diseño y construcción de un sistema para medir la conductividad térmica en materiales aislantes de uso común en edificaciones. El modelo físico que se ha considerado es el de un flujo de calor unidimensional que pasa a través de una lámina del material, cuyas caras se han sometido a un gradiente de temperatura que favorece el flujo térmico de acuerdo a la ley de Fourier. Con este trabajo, se pretendió mejorar un modelo de un medidor de conductividad térmica

existente en el laboratorio de física para poder ser usado en vacío y a presión normal, y se ha considerado la automatización total del dispositivo para controlar su mecanismo, controlar la temperatura de un calentador y la adquisición de datos. Para lo anterior se desarrolló un circuito electrónico basado en un microcontrolador PIC 16F873 que puede comunicarse con un PC a través del puerto serial.

Revista de la Sociedad Colombiana de Física, ISSN-e 0120-2650, Vol. 38, N° 3, 2006, págs. 1174-1177

An experimental investigation of heat transfer through a variable aspect ratio cavity wall has been conducted with the aid of a guarded hot box. A block and brick cavity wall measuring $1:2 \times 1:2$ m² was tested at cavity depths of 78, 60 and 40 mm. The influence of cavity flow upon the rate of heat transfer was established by correlation of convective flow rates, measured by means of laser Doppler anemometry and by measuring surface temperatures on the four cavity faces. The experimental results show that with increasing aspect ratio, flow magnitude falls, circulation intensity reduces and the thermal resistance of the air cavity is thereby increased. Computational predictions were also used for the purpose of gaining an insight into cavity heat transfer and extrapolating models for further configurations. (Aviram, 2000).

A testing program to investigate the thermal performance of concrete masonry wall assemblies has been developed and completed. The intent was to study the thermal contribution of both the air cells contained in concrete masonry blocks and the mortar joints holding the unit blocks together. This was accomplished by testing three individual walls. The first constituted a 6-in (0.15 m) conventional concrete masonry wall. This wall acted as the control specimen with which the other walls were compared. In the second wall, the mortar was eliminated and replaced by an adhesive. This allowed the measurement of the contribution of the mortar to the thermal resistance of the conventional prototype wall. In the third wall the air cells (along with the mortar joints)

were eliminated to study the effect of the air cells on the thermal resistance of the conventional wall assembly. A temperature-controlled test plate, calibrated with fibrous glass board material of known thermal conductivity was used with heat flow sensors to determine periodically the thermal resistances of the test walls. Results indicated that the R-value of the 6-in conventional concrete masonry wall (including mortar joints) measured 2.05 (hrft 2 °F)/Btu. However, in the absence of mortar joints, the thermal resistance of the concrete masonry wall assembly decreased by approximately 8%.

Thermal resistance of concrete masonry walls in which the air cells were eliminated was approximately 25% less than the conventional prototype wall, and 18% lower than the mortarless wall. This indicates that the air cells in the concrete blocks contribute significantly to the thermal resistance of masonry walls. Based on the testing conditions, it is concluded that both the containment of air cells and mortar joints in the masonry wall assembly represent an asset rather than a liability to the thermal integrity of masonry envelopes. Analysis and comparison of these results with published data are included.(Ossama, 1994).

The U-value of a dried wall made of vertically perforated porous clay bricks is determined by means of three different methods stated in EN 1745. These are the calibrated hot box measurement according to EN ISO 8990 and two numerical methods using for the thermal conductivity of the porous clay either a measured value or a tabulated value based on density. The results of these methods are compared and discussed leading to a proposal for the refinement of the model chosen for the numerical analysis.(Wakili, 2002).

Natural convection in an air layer contained in a rectangular cavity having side walls of different temperatures has been investigated experimentally for various aspect ratios ranging from 4.9 to 78.7. Measured temperature profiles are analyzed with the flow regimes. Two Nusselt-Grashof correlations are presented for the measured heat-transfer data, fitting the data with an average deviation of less than 7.8". (Yin, 1977)

Capítulo 3

ESTUDIOS TEÓRICOS Y EXPERIMENTALES DE DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES.

3.1 Introducción

El objetivo del dispositivo es determinar el diferencial de temperatura de cada material a medir con el fin de calcular la conductividad térmica de dichos materiales.

Es importante establecer las condiciones del sistema y definir los valores que se introducirán al dispositivo pues ellos serán necesarios para el cálculo de la conductividad térmica.

3.2 Transferencia de calor mediante conducción unidimensional en paredes planas

La transferencia de calor es un proceso en el cual se transporta energía debido a un gradiente de temperatura en un sistema o cuando dos sistemas con diferentes temperaturas se ponen en contacto. Existen tres modos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación.

Este estudio está enfocado a la transferencia de calor por conducción en muestras planas.

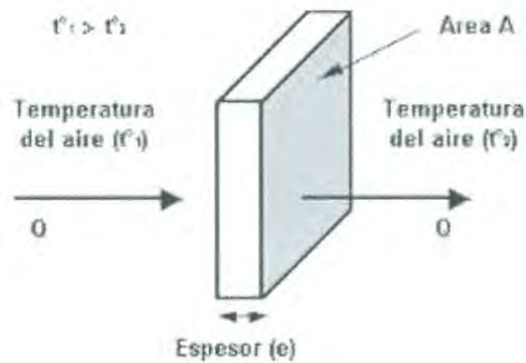


Figura 3.1 Transferencia de calor en un muro con caras planas

La forma de la energía se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia de temperatura. La transferencia de energía siempre se produce del medio que tiene la temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja y esa transferencia se detiene cuando ambos alcanzan la misma temperatura.

Se presenta el diseño y construcción de un dispositivo de pruebas para obtener la resistencia térmica de un muro de bloques de concreto hueco, cuyo funcionamiento se basa en el principio de la norma internacional denominada placa caliente protegida (guardedhotplate). Se describe el procedimiento constructivo y la puesta en marcha del dispositivo, reproduciendo las condiciones de operación para edificaciones ubicadas en clima cálido seco y se determina la resistencia térmica en forma experimental y numérica. Los resultados se obtienen aplicando diferencias de temperatura controlada en ambos lados de la pared, generando una zona de enfriamiento y otra de calentamiento, hasta alcanzar el estado estable. Tanto en los resultados experimentales como en los numéricos se observa, variaciones en el valor de la resistencia térmica que va desde 0.15 hasta 0.19

$^{\circ}\text{Cm}^2/\text{W}$. Los valores de la resistencia térmica fueron ajustados a una expresión

empírica en función de la diferencia de temperaturas entre las paredes y de la temperatura promedio del muro.

3.3 Estudio teórico de transferencia de calor en materiales constructivos

La medición y cálculos realizados en este trabajo están enfocados a aquellos sistemas que conducen el calor en estado estable, por ello la obtención de datos se realiza en el periodo de tiempo donde las temperaturas del sistema son estables e uniformes.

Uno de los puntos por los que esta investigación está enfocada a la conducción de calor en estado estable en paredes planas es porque el estudio es de materiales de construcción de viviendas.

La transferencia de calor en cierta dirección es impulsada por el gradiente de temperatura en esa dirección. La transferencia de calor depende de una diferencia de temperaturas entre dos sistemas, si no existiera este diferencial de temperaturas no existiría el flujo de calor entre los dos sistemas.

Las mediciones de la temperatura en varios lugares sobre las superficies interior o exterior confirman que la superficie de una pared es casi isotérmica. Es decir, las temperaturas de toda el área del sistema de construcción arriba, abajo y a ambos lados es casi la misma, por ello la dirección del calor será siempre la misma ya sea del interior al exterior o viceversa, dependiendo de las temperaturas existentes en el medio ambiente.

El espesor de la pared es un dato significativo para determinar si el gradiente de temperatura será alto o bajo. Si el espesor es pequeño el gradiente será grande en esa dirección.

Para que el sistema se considere como estable, las temperaturas en ambos lados del sistema deberán ser constantes, esto nos servirá para que el flujo de calor vaya solo en una dirección.

Para que el sistema logre una estabilidad debe existir un balance de calor es decir la velocidad de transferencia de calor hacia la pared menos la velocidad de transferencia de calor hacia fuera de la pared será igual a la velocidad del cambio de la energía de la pared, el cual se expresa como:

$$dQ_{ent} - dQ_{sal} = \frac{dE}{dt} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

Dado que no hay cambio de temperatura de la pared con el tiempo en ningún punto $dE / dt = 0$ en la operación estacionaria. Por lo tanto la velocidad de transferencia de calor que entra como la que sale son iguales tendremos una velocidad de flujo constante.

Si ponemos como ejemplo una pared plana con un espesor L y la conductividad térmica promedio k y hablemos de las temperaturas tanto interior como exterior con valores constantes a las cuales llamaremos T_1 y T_2 . Para la condición unidimensional el calor en estado estable a través de la pared, tenemos $T(x)$, se define una fórmula de la ley de Fourier de la conducción de calor para la pared se puede expresar como:

$$dQ = -kA \frac{dT}{dx} \quad \text{Ecuación 3.2}$$

Donde la velocidad de la transferencia de calor por conducción y el área de la pared son constantes, por lo tanto, se tiene que $dT/dx = constante$, lo cual significa que la temperatura a través de la pared varía linealmente con x . Es decir, la distribución de temperatura en la pared, en condiciones estables, es una línea recta.

Integrando la ecuación anterior se obtiene:

$$Q = kA \frac{T_1 - T_2}{L} \quad \text{Ecuación 3.3}$$

3.4 Principio del método experimental

El sistema está compuesto por de dos partes, una placa caliente y una placa fría ambas protegidas con aislante excepto en la superficie que tiene contacto con la muestra en ambas placas. En medio de estas dos unidades se encuentra el material a evaluar, es decir, la muestra. Esto nos permitirá obtener el valor de diferencial de temperatura una vez que el sistema se encuentre estable.

Los aislantes térmicos con los que cuenta el sistema tienen la función de direccionar el flujo de calor en un solo sentido y que fluya de manera uniforme. Esto no garantiza que no existan perdidas a través del aislante dado que no existe el aislante perfecto que cuente con una conductividad térmica de cero, es decir, que es posible que el flujo exista en ambas direcciones, pero con el aislante se intenta reducir lo más posible su flujo en direcciones equivocadas.

Las superficies de la muestra isométrica son planas y son paralelas a las superficies de contacto las cuales proporcionan el flujo de calor y el retiro de este.

Algunas de las afectaciones directas en la medición son causadas por la heterogeneidad de la muestra, es decir, la mezcla y des uniformidad de los materiales de construcción con que está fabricada la muestra. Otra afectación está dada por el aislamiento térmico y el valor de conductividad térmica con el que cuente, pues, si la muestra no está bien aislada existen fugas de temperatura ocasionando errores en la medición y si el valor de K es similar entre el aislante y la muestra, se pierde la dirección del flujo de calor en un sentido.

Otro aislante importante es el del marco de la muestra, si este no está correctamente colocado de igual manera que en el punto anterior se fuga la temperatura y con ellos la correcta medición y uniformidad del sistema. Un problema común en este punto puede ser la desnivelación o pandeo del muro o sistema a medir.



Figura 3.2 Esquema de flujo de calor en el sistema

Se hace proporcional el flujo de calor de la resistencia en base al área, es decir, los watts por metro cuadrado. El flujo total del sistema se calcula en watts es decir utilizando el voltaje y el amperaje como se muestra en los cálculos más adelante.

Los requerimientos obligados que requiere este método de medición son la medida del flujo del calor unidireccional en el área medida, el área medida, las temperaturas de las superficies de la muestra, caliente y fría, el espesor del sistema a medir y otras afectaciones indirectas que puedan afectar la medición. Al momento de terminar la medición, el sistema debe presentar condiciones estables e uniformes de temperaturas.

Algunos de los problemas que puede tener este sistema es la condensación en la placa fría, provocando humedad en la superficie de la muestra y aire dentro de la caja de medición lo cual sería un problema si los sensores de temperatura estén midiendo este y no la muestra.

Los sensores encargados de la medición deben ser calibrados para evitar las fallas de medición debido a irregularidades en los sensores.

La obtención de datos se lleva a cabo por un medidor de voltaje debido a que los sensores envían valores de este relacionados directamente con la temperatura a la que se encuentren. Para ello los valores de corriente directa producida por los sensores

termopar tipo k van conectados a un adquisidor de datos, el cual convierte los voltaje en datos para ser introducidos al equipo de cómputo y puedan así ser monitoreados.

A grandes rasgos la medición se lleva acabo con cuatro pasos principales: a) se selecciona la muestra a medir, b) se prepara la muestra, es decir, se introduce al sistema de medición y se aísla, c) se llega al sistema estable y uniforme requerido para la obtención de datos, y por ultimo d) la adquisición de datos.

Una vez obtenidos los datos se establece un diferencial de temperatura entre el promedio de las mediciones de la placa fría y el promedio de las mediciones de la placa caliente.

Diferencial de temperaturas

$$\Delta T = T_1 - T_2 \quad \text{Ecuación 3.4}$$

Determinación del flujo de calor por metro cuadrado

$$Q = \frac{(V \times \text{Amp})}{\text{Área}} \quad \text{Ecuación 3.5}$$

Conductividad térmica

$$k = Q \frac{L}{\Delta T} \quad \text{Ecuación 3.6}$$

Donde las variables son:

T1= Promedio de temperaturas de la placa caliente

T2= Promedio de temperaturas de la placa fría

ΔT = Diferencial de temperatura

V= Volts

Amp= Amperes

q= Flujo de calor

L= Espesor de la muestra

K= Conductividad térmica

Capítulo 4

PRINCIPIOS DEL DISEÑO DEL DISPOSITIVO

4.1 Introducción

Para llevar a cabo el proceso de diseño, es necesario llevar a cabo una formulación del problema, en la cual se define de manera amplia y sin detalles los requerimientos o problema a solucionar del sistema. Una vez definido esto, se procede a afinar los detalles, es decir, darle la forma que se pretende que sea la final al diseño con todo detalle haciendo un análisis completo del problema. Las soluciones a cada uno de los problemas que se nos presenten serán apoyadas mediante la indagación, invención e investigación. Una vez que se tengan todas las ideas propuestas se definirán a aquellas que presentes las soluciones más óptimas para nuestro sistema, para ello debemos tomar decisiones entorno a ellas y para ello se evalúan, se comparan y se van seleccionando según lo convenido.

Es importante que es diseño del prototipo este basado en los requerimientos del sistema, para ello se deben de tomar en cuenta que materiales serán utilizados y de qué manera atacaremos los problemas para obtener los mejores resultados posibles. Realizar pruebas es una acción que nos ayuda a definir qué materiales o acciones nos conviene utilizar dado que vamos definiendo a aquellos que cumplen con las características requeridas.

Una de los requerimientos del sistema es la dimensión y la capacidad de carga que se requiere para que los vehículos puedan mover y cargar el muro sin problema alguno.

4.2 Materiales en función de las características requeridas por el sistema

Diseño conceptual de la maquina semiautomática intercambiadora de calor para obtener el gradiente de temperatura de sistemas de construcción.

4.2.1 Requerimientos.

1. Dimensiones de la pared

- Alto 2.0m.
- Largo 1.20m.
- Ancho 10, 12, 15, 20, 30cm.

2. Temperaturas

- Pared fría, hasta 0°C.
- Pared caliente, hasta 70°C.

3. Minimizar tiempo de carga y descarga de la prueba.

- La carga, sellado de la pared y descarga deben ser auxiliados por elementos automáticos o semiautomáticos.

El módulo de la parte fría consiste en las siguientes partes.

- a) Placa de contacto con el sistema constructivo.
- b) Sistema de amortiguador para 60 termopares.
- c) Enfriador de aluminio.
- d) Placa de cierre.
- e) Aislante de lana mineral.
- f) Cubiertas.

4.2.3 Parte caliente.

Para la parte caliente se utilizan resistencias las cuales proporcionan calor al suministrarles voltaje. Para la correcta distribución de calor en la placa se utiliza una resistencia de silicona la cual nos proporcionan la característica de ser flexibles y adecuarse a nuestras necesidades.

Se utilizan cuatro arreglos de cuatro resistencias individuales para cubrir el área del sistema con características que sean aproximadas a un suministro de 250Watts/m² con un valor individual de cada resistencia de 26 ohm.

Para ello se cuenta con fuentes de poder capaces de suministrar 1200W. Si tenemos un área de 2.4m² entonces el suministro de potencia por metro cuadrado será de:

$$P = \frac{1200W}{2.4m^2} \quad \text{Ecuación 4.1}$$

$$P = 500w/m^2$$

Aportando el doble del mínimo requerido por el sistema

El módulo de la parte caliente consiste en las siguientes partes:

- a) Placa de contacto con el sistema constructivo.
- b) Resistencias de silicona
- c) Placa de cierre
- d) Aislante de lana mineral.
- e) Cubiertas.

4.2.4 Sistema de cierre semiautomático y sellado

El sellado del sistema, significa contar con un sistema que aisle las paredes del medio ambiente y permita la transferencia de temperatura entre los laterales del muro de manera interna.

Características

- El muro está en contacto con las placas fría y caliente.
- El contorno del muro se aislara en contacto con la lana mineral.

Para garantizar el buen sellado y contacto se lleva acabo presión en una de las placas, la cual será la placa caliente debido a que la placa fría maneja fluidos y tiene mayores probabilidades de error. La presión se llevara en 2 partes por placa y el sistema estará dividido en 4 partes, solo en la parte caliente.

- a) Presión en la parte superior.

Cuenta con cuatro planchas donde está montada la lana mineral y baja por

medio de 2 pistones por placa de 32mm.

b) Presión en la placa caliente.

Tiene la característica de cierre total, es decir, cierra completamente tocando la placa fría, esto significa que el dispositivo servirá para la medición de placas delgadas y un muro de un espesor máximo de 30cm.

c) Presión en la parte inferior.

En la parte inferior cuenta con una base sólida capaz de soportar el peso de la muestra y evitar las deformaciones en su base las cuales pueden provocar inestabilidad en el muro.

d) Presión en la parte frontal.

La parte frontal o puerta, es una placa abatible que se desliza manualmente y se ajusta con clamps de cierre rápido.

e) Funcionamiento.

Una vez que la persona coloque el muro hasta la pared posterior, accionara la presión del muro pared por pared, a través de switch dentro del gabinete de control. Los movimientos estarán protegidos por limitswitch para evitar errores y el avance del proceso en caso de una falla.

4.2.5 Monitoreo de temperatura y presentación de resultados

La lectura de las temperaturas se contempla utilizando un sistema de control propio. La información obtenida por los termopares es enviado a un adquisidor de datos conectado a una computadora. La información es enviada automáticamente con actualizaciones cada 5 min.

La información de la computadora se maneja dentro de un software llamado LOGERNET el cual hace los cálculos necesarios requeridos por el investigador o usuario en forma de gráficas, datos individuales y resultados de fórmulas las cuales se desarrollaran automáticamente.

Dentro del sistema como en todo dispositivo tenemos funciones que son indispensables para el correcto funcionamiento del mismo y otras que realizan funciones importantes pero que no vitales para el estudio, para ello se definieron prioridades las cuales tendrían que ser resueltas de mayor a menor para asegurar el éxito del prototipo.

Uno de los requerimientos principales es la utilización de un sistema que proporcione una capa fría la cual tenía que ser uniforme, es decir, tiene que proporcionar la misma cantidad de energía calorífica de manera uniforme en toda el área de contacto.

4.2.6 Sistema de enfriamiento

El sistema de enfriamiento está compuesto por un arreglo de cuatro placas, las cuales se les hace pasar agua a bajas temperaturas para lograr que se enfríe el muro, estas, están hechas de acero inoxidable y cada una de ellas cuenta con entrada y salida para el fluido.

Para una mejor distribución de la temperatura se colocó una placa de aluminio en contacto con las placas frías, la función de esta es, distribuir mejor la temperatura y evitar el menor aire posible posicionándose entre la muestra y los enfriadores. Este sistema está apoyado por dos chillers, los cuales son los encargados de proporcionar el agua fría que circula por las placas.

4.2.7 Sistema de calentamiento

El sistema encargado de proporcionar calor a la muestra, es un arreglo de doce resistencias conectadas en paralelo, con el fin de que el calor proporcionado sea uniforme.

4.3IMPLEMENTACION DE LA AUTOMATIZACIÓN

Controlador Lógico Programable

El sistema de automatización de este sistema está basado en autómatas programables, es decir, PLC (Controlador Lógico Programable) que cuentan con una unidad central constituida por circuitos integrados. El PLC es un aparato electrónico, programable por un usuario y destinado a gobernar, máquinas o procesos lógicos secuenciales.

El controlador regula caudales así como todas las funciones asociadas como todas las funciones asociadas de temporización, cadencia, conteo y lógica. El sistema es la combinación de componentes que interactúan para lograr un determinado objetivo. En este caso el sistema es el objeto a controlar.

Capítulo 5

DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL DISPOSITIVO DE MEDICIÓN

5.1 Introducción

Uno de los ámbitos más importantes no solo en la Mecatrónica, sino en la mayoría de las ingenierías es el diseño de los productos o proyectos que se realizan, ya que es una de las partes medulares de estos. Desde el tamaño, hasta las propiedades de los materiales a utilizar en cada sección del producto son una tarea muy importante a realizar, la razón principal es que ayudan a que el desempeño del producto final no se vea afectado por factores externos o inclusive ayuda a que factores propios de los componentes no interfieran en el funcionamiento.

El diseño abarca prácticamente todas las fases de desarrollo del producto, desde lo más básico hasta lo más complejo, comenzando con el acomodamiento de los componentes, hasta el funcionamiento de los componentes de salida.

El diseño consta básicamente de dos partes, las cuales realizan las principales funciones de esta máquina, la parte fría y la parte caliente. En conjunto con estas partes importantes del prototipo trabajan otros dispositivos que desarrollan otras funciones, los cuales no son básicos para el funcionamiento del mismo, pero ayudan a que el dispositivo sea más autónomo, es decir, aumenta el nivel de automatización, uno

de ellos es al carro transportador asistido por el hombre y la máquina para hacer que el mismo proporcione el sistema constructivo y sea proporcionado en el lugar correcto para realizar el estudio.

Esta sección está dividida en las siguientes partes.

1. Descripción de la estructura, sus partes internas y externas
2. Diseño y descripción de componentes generales
Descripción a grandes rasgos de las partes y funcionamiento del dispositivo
3. Partes del TR-01
Descripción grafica de las partes del dispositivo, numero de parte y partes adjuntas.
4. Funcionamiento
Explicación de las acciones que realiza el dispositivo y las partes encargadas de realizarlo.
5. Diseño de la estructura
Justificación de las partes de la estructura principal
6. Diseño de la placa fría
Descripción y acomodo de los enfriadores.
7. Diseño de la placa caliente
Arreglo de resistencias y distribución de temperatura.
8. Control de temperatura y adquisición de datos
Dispositivos encargados de proporcionar las temperaturas al sistema y medirlas.

9. Dispositivo de apoyo para termopar
Sistema de amortiguamiento para termopar.

5.1.1 Descripción de la estructura, sus partes internas y externas

Se diseñó una estructura con perfiles de aluminio lo suficientemente rígida para soportar el peso y movimiento interno de sus partes. Debido a que la mayoría de las partes internas están hechas de fierro fue necesario agregar soportes internos del mismo para reforzar la estructura. Este esqueleto cuenta con todos los apoyos necesarios para colocar puertas, gabinetes y los rieles internos.

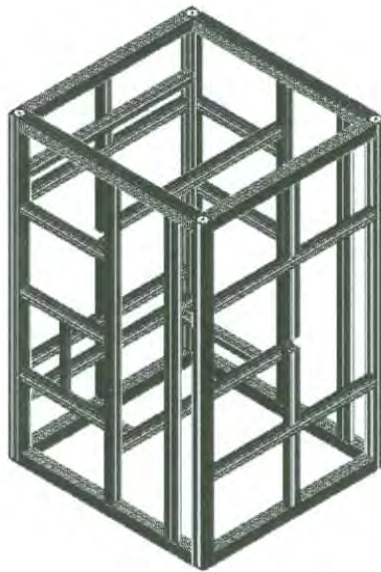


Figura 5.1 Estructura o esqueleto de la maquina

Dentro de la estructura principal podemos encontrar una de las bases principales del sistema la cual se encargara de soportar una estructura móvil de gran peso; a su vez la función de esta base e tener soporte tanto para los pistones como para algunos dispositivos auxiliares como las fuentes de poder y el distribuidor de corriente.

A causa de todo el material que carga, esta base tiene sus propios apoyos los cuales van directamente en el piso. Cabe destacar que los pistones que contendrá esta base son únicamente los encargados de mover la placa caliente, es decir, seis pistones que se mueven en forma horizontal y son los encargados de suministrar la presión necesaria para asegurar el contacto de la muestra tanto en la placa fría como en la placa caliente.

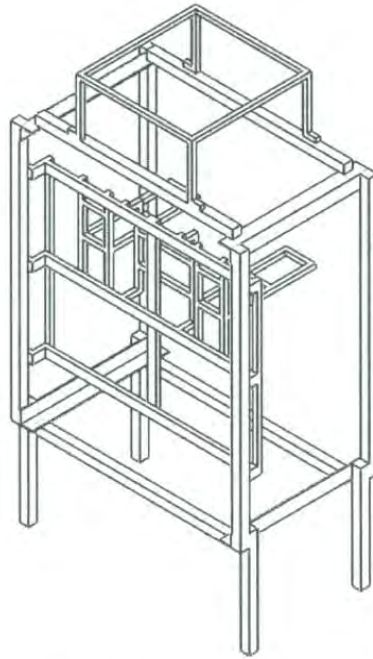


Figura 5.2 Base de los rieles del móvil de la placa caliente

Una vez asegurada la base de los rodamientos se diseñó el móvil de la placa caliente el cual es una estructura con rodamientos en la parte superior e inferior y a su vez en los laterales, esto nos asegura que el vehículo se moverá en un solo sentido hacia adelante y hacia atrás y no se desviara hacia los laterales. Cuenta con una superficie para colocar contrapesos debido a que existe una carga frontal que crea un momento e inclina la placa caliente el cual se debe evitar, si no se puede descentrar la muestra y fallar el sellado y como consecuencia tener una mala medición o en el peor de los casos dañar el equipo.

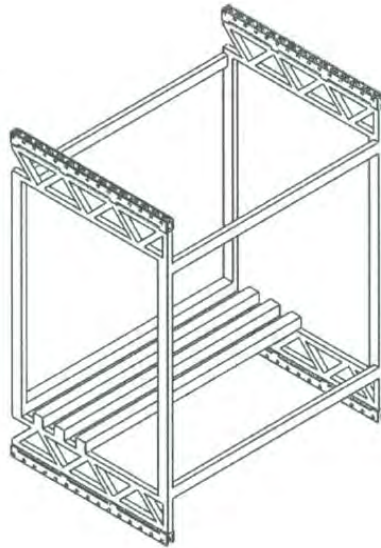


Figura 5.3 Móvil de la placa caliente

El móvil de la placa caliente se encarga a su vez de soportar un marco con una placa de aluminio que sirve como disipador de calor hacia la muestra, en ella están colocadas las doce resistencias que suministran el calor. Esta parte es crítica en la medición debido que se debe encontrar completamente aislado dado que será una de las que estará en contacto directo con la muestra y por tanto una de las causantes de las fugas de calor si no se encuentra bien aislada.

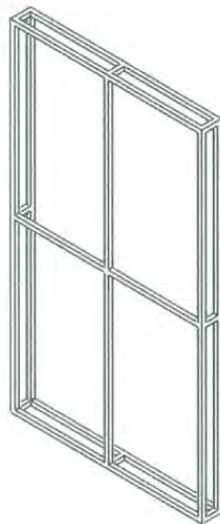


Figura 5.4 Base de la placa caliente

En contra parte de la base para la placa caliente existe una para las placas enfriadoras, esta cuenta con cuatro espacios para los cuatro enfriadores de acero inoxidable encargados del retiro de calor. Al igual que la placa caliente esta base cuenta con una lámina superficial para la uniformidad en el retiro de calor, pero esta vez de acero inoxidable.

un sistema de amortiguadores en sus extremos sirven como apoyo para el acomodo de la muestra y la garantía de que se encuentra en contacto con las placas fría y caliente, esto en el caso en el que la muestra se colocara desnivelada, con alguna inclinación o desvío.

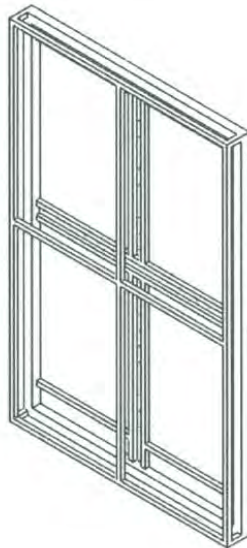


Figura 5.5 Base de los enfriadores

En la parte superior se diseñó una base especial para los cuatro pistones que se encargan del sellado de la parte de arriba de la muestra, cuenta con cuatro torres, cada una para cada pistón, que sirven para guiar a los pistones y evitar que desvíen su trayectoria evitando que los vástagos se pandeen por la fuerza que ejercen.

Esta base va montada sobre la parte superior de la estructura principal de aluminio y cubierta en su totalidad para evitar las corrientes de aire que puedan afectar las temperaturas dentro del sistema. Los pistones serán sujetos por ejes de acceso fácil

los cuales pueden ser removidos sin problema alguno en el caso de ser necesario.

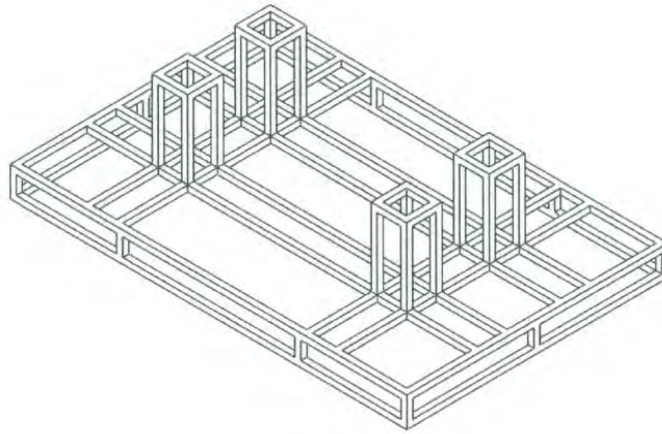


Figura 5.6 Soporte de los pistones superiores

En la parte inferior de la base para los pistones existe una cavidad en la cual embona un marco aislado el cual está sujeto por los cuatro pistones colocados en la parte superior y sirve como el sello o la parte aislante de la muestra, esta se mueve solamente hacia arriba y hacia abajo y su única función es la de aislar la parte superior de la muestra.

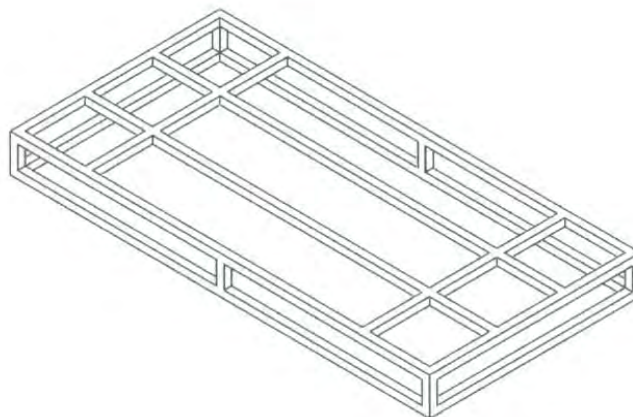


Figura 5.7 Sello superior

Se diseñaron porta muestras especialmente para hacer la manipulación del espécimen más sencilla en dado caso que la muestra fuera de mucho peso, para ello se diseñó un porta muestras principal, el cual estaría en contacto directo con la muestra, es decir, la muestra se colocaría o se fabricaría sobre ella cualquiera que fuera al caso. Para ello se cuenta con un marco de PTR con rodamientos en su base, los cuales nos facilitan el movimiento del transporte aun con carga pesada. Este vehículo no tiene la capacidad de girar, es decir, solamente se mueve en dos sentidos, hacia adelante y hacia atrás. Este transporte realiza sus funciones adentro y afuera del dispositivo.

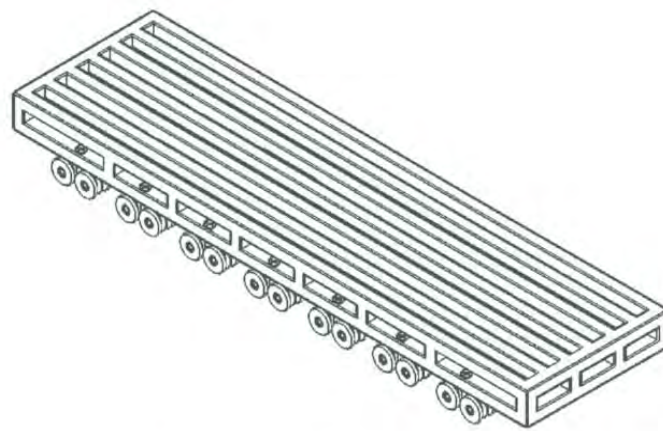


Figura 5.8 Porta muestras base

En la parte exterior se maneja otro porta muestras, un porta muestras secundario, el cual tiene como funciones apoyar al primer porta muestras. A diferencia del otro este porta muestras tiene sus movimientos libres un plano y su tarea es llevar sobre el al primer porta muestras durante la fabricación y transporte del espécimen, con esto nos evitamos la tarea de construir la muestra dentro de la máquina, para que se entienda mejor, el porta muestras principal va sobre el porta muestras secundario, una vez fabricado el sistema constructivos el porta muestras secundario lleva al porta muestras principal a la máquina y lo cede a un tercer porta muestras interno.

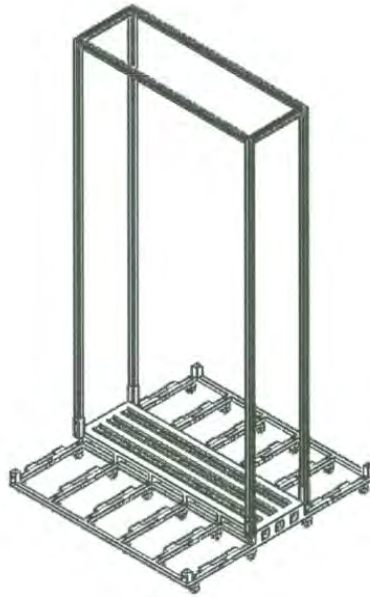


Figura 5.9 Porta muestras externo

El porta muestras interno como su nombre lo indica es aquel que va dentro del dispositivo y ahí es donde realiza su función, la cual, es la de recibir el porta muestras principal una vez que se alinea el porta muestras externo, para ello cuenta con unos rieles en la parte superior que sirven como guías a los rodamientos del vehículo que pasara por encima, esto nos evita que pierda su rumbo y caiga ocasionando una colisión interna. Como los porta muestras anteriores este también cuenta con una serie de rodamientos que al igual que el porta muestras solo se mueven hacia adelante y hacia atrás pero perpendicularmente al porta muestras principal.

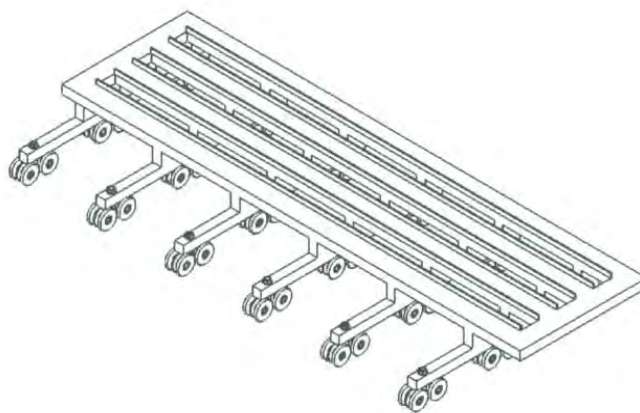


Figura 5.10 Porta muestras interno

5.1.2 Diseño y descripción de los componentes generales

El TR-01 es un dispositivo creado con el objetivo de obtener propiedades térmicas de sistemas para construcción. Es capaz de medir muestras de tamaño real, simulando situaciones reales de temperaturas ambientales.

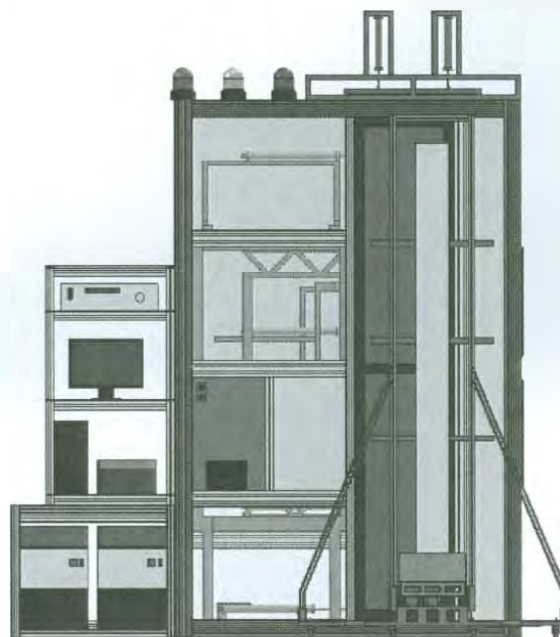


Figura 5.11 Vista Frontal del Dispositivo.

El dispositivo cuenta con algunas parte principales, que son las encargadas de que el estudio sea realizado de manera correcta, básicamente depende de una placa fría, una placa caliente, termopares y un adquisidor de datos conectado a un equipo de cómputo para el muestreo de la medición.

Para hacer más eficiente el dispositivo, se cuenta con un sistema de automatización integrado en el TR-01, el cual tiene la función de manipular la muestra dentro del sistema y aislarla. Está asistido por pistones dirigidos por medio de electroválvulas controladas por un PLC (Controlador Lógico Programable).

Cuenta con tres transportes porta muestras para facilitar el movimiento y manipulación

de la muestra en caso de que sea muy pesada para manejarla con las manos.

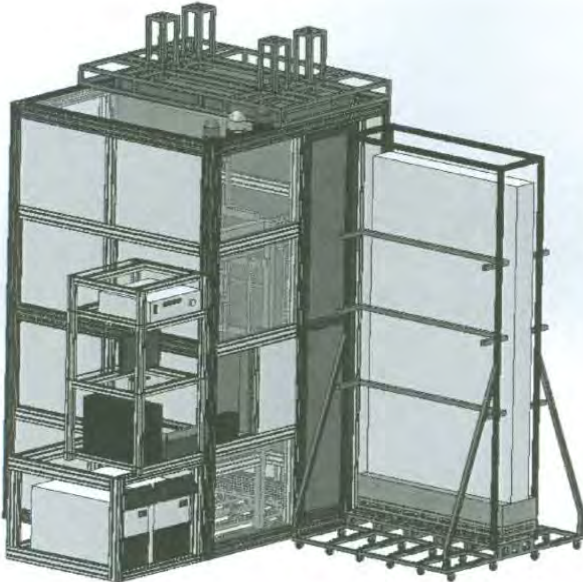


Figura 5.12 Isométrico del Dispositivo.

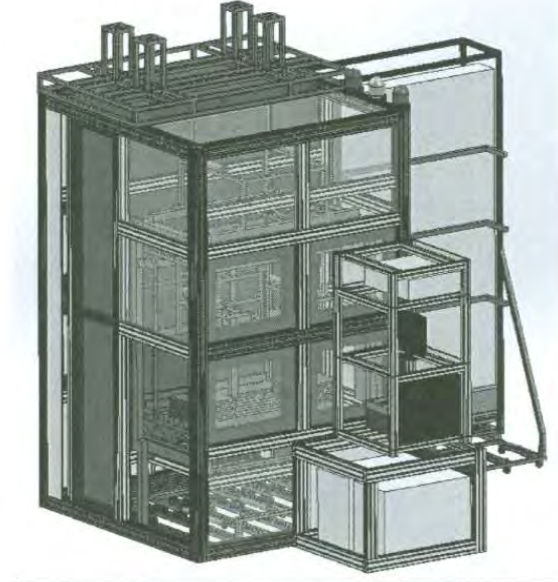


Figura 5.13 isométrico con Vista Interna.

Se considera como un sistema semiautomático debido a que el control de temperaturas y la adquisición de datos son totalmente ajena al sistema de automatización del TR-01.

5.1.3 Funcionamiento

- El dispositivo está compuesto de dos gabinetes, el primero es el encargado de sostener y medir la muestra y el segundo proporciona variantes de temperatura y hace la adquisición de datos.
- El TR-01 consta de un sistema semiautomático apoyado por porta muestras capaz de manipular pesos de 600kg
- La muestra de 1.20x2.0m y de hasta un espesor de 0.30m es colocada dentro

de las placas fría y caliente y por medio del dispositivo semiautomático se acomoda y se cierra la placa caliente para sellar la muestra en el interior; se finaliza la introducción del espécimen cerrando las puertas laterales de manera manual para garantizar su aislamiento.

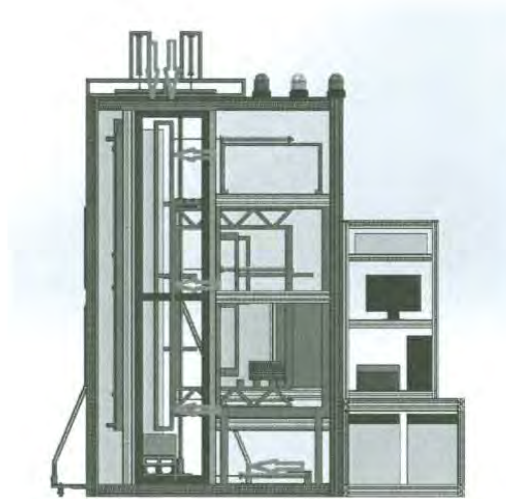


Figura 5.14 Direccionamiento de las Partes Móviles

- Una vez aislada la muestra se dispone a encender la fuente de poder la cual es la encargada de suministrar la energía para calentar el sistema por medio de resistencias eléctricas. Al mismo tiempo se encienden los chiller los cuales proporcionan agua a determinada temperatura que alimenta a los enfriadores por lo general a bajas temperaturas.
- Se corre el programa LoggerNet en el equipo de cómputo, el cual servirá como interface entre el dispositivo y el usuario. La medición será considerada como terminada, cuando las temperaturas se encuentren estables y uniformes.
- Por último, con el apoyo de adquisidor de datos obtendremos toda la medición realizada durante el periodo de tiempo que estuvo encendido el dispositivo.

Los datos obtenidos servirán para calcular la conductividad térmica del sistema y a su vez esta servirá para obtener la resistencia térmica del material o conjunto de materiales de la muestra.

Los resultados de la medición dependerán directamente del correcto aislamiento de la muestra.

Las pérdidas de calor y frío durante la medición provocaran errores en los resultados.

5.1.4 Diseño de la estructura

El diseño de la estructura cuenta con un sistema de corredera interno el cual proporciona movilidad a la palca caliente para que esa sea capaz de moverse y presionar la muestra contra una placa fría, la cual tiene un sistemas de amortiguamiento para que las dos placas puedan amoldarse a la muestra y asegurar el contacto, en caso de que esta cuente con inclinaciones o está mal orientada.

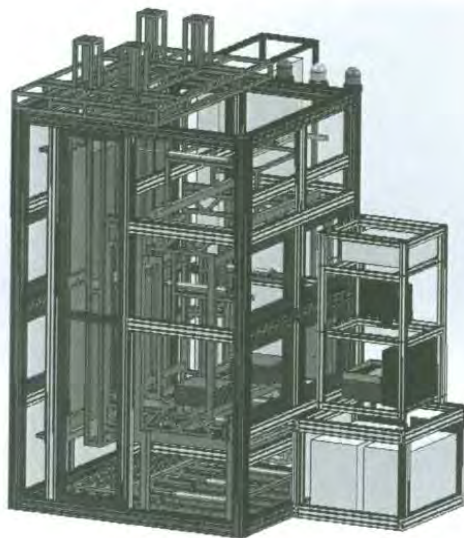


Figura 5.15 Estructura del Dispositivo.

La parte superior se cierra automáticamente por medio de pistones y los laterales manualmente.

Cuenta con puertas de servicio a los lados para facilitar al usuario su mantenimiento

Cuenta con un mueble adjunto a la muestra principal el cual tiene la función de contener todos aquellos dispositivos encargados de proporcionar las temperaturas y admitir los datos junto con un sistema de cómputo.

En general la estructura está fabricada de perfiles de aluminio y otros de hierro. Se encuentra forrada de lámina y una capa de una pulgada de aislante foamular para ayudar a la estabilidad del sistema.

5.1.5 Diseño de la placa fría

Una de las partes principales del sistema es la placa fría, la cual se compone de cuatro enfriadores de acero inoxidable, a los cuales se les hace circular agua a temperaturas controladas por un chiller para su paso a los materiales a medir.

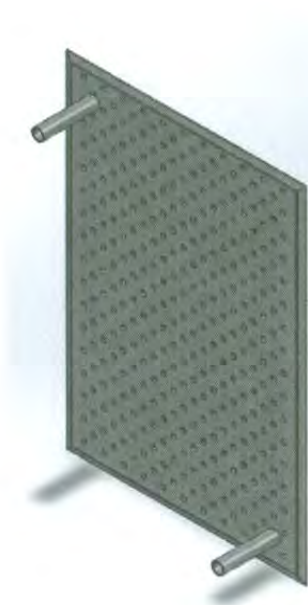


Figura 5.16 Enfriador de Acero Inoxidable



Figura 5.17 Orden de los Enfriadores

El arreglo de enfriadores cuenta con válvulas de cierre para el apoyo en el momento del mantenimiento.

Es importante asegurar sé que los enfriadores estén llenos de agua al momento de hacer la medición ya que de los contrario, existirán burbujas de aire las cuales ocasionaran variaciones de temperatura.

La placa fría cuenta con un sistema de amortiguamiento, este sirve para que las placas se amolden a la muestra en caso de que venga desnivelada o inclinada y puedan asegurar el contacto de toda la superficie.

5.1.6 Diseño de la placa caliente

La placa caliente, es la encargada de proporcionar calor al sistema. Para lograrlo, se encuentran doce resistencias conectadas en paralelo, para una distribución uniforme de la temperatura.

Las resistencias son alimentadas con una fuente de poder, capaz de elevar la temperatura a más de 130°C.

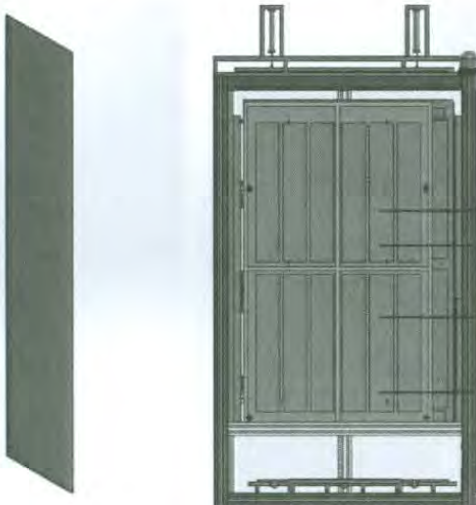


Figura 5.18 Resistencia Eléctrica



Figura 5.19 Distribución de las Resistencias

Para que exista una mejor distribución del calor en la superficie de contacto con la muestra, las resistencias están en contacto con una placa de aluminio de 1/4 de pulgada, esto compensa los espacios entre resistencias.

Cada resistencia tiene un valor de 26 ohm y se encuentran conectadas en paralelo dando un valor de resistencia total de:

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} \quad \text{Ecuación 5.1}$$

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{26} + \frac{1}{26} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

$$R_t = 2.1666\Omega$$

La potencia suministrada a la muestra del sistema será calculada con una formula muy sencilla, encontraremos el valor de la potencia general multiplicando los valores de voltaje y amperaje y el resultado será dividido entre el área:

$$P = \frac{V \cdot Amp}{A} \quad \text{Ecuación 5.2}$$

$$P = \frac{V \cdot Amp}{2.4m^2}$$

En la parte posterior de las resistencias se encuentra el aislante encargado de mantener el flujo de calor en una dirección (en dirección a la muestra). Se cuenta con dos materiales aislantes, uno es la fibra de vidrio y el otro se llama foamular. En contacto directo se encuentra la fibra de vidrio la cual se encarga de que el calor proporcionado por las resistencias no degrade funda el foamular y se amolde a las formas con las que hace contacto.

Después de la fibra de vidrio se cuenta con una capa de cuatro pulgadas de foamular para retener el calor dentro de la cámara de medición.

5.1.7 Control de temperaturas y adquisición de datos

El segundo gabinete cuenta con los dispositivos encargados de suministrar las variantes de temperatura, para esto, se cuenta con una fuente de poder de gran capacidad, capaz de proporcionar altas temperaturas al sistema por medio de las resistencias.

El otro tipo de dispositivo con el que se cuenta es el chiller, este se encarga de enfriar y bombear agua dentro de las placas frías, para simular las condiciones ambientales externas en la muestra, se pueden alcanzar temperaturas mínimas de hasta dos grados centígrados debido a que el fluido que circula por el sistema es agua y tiende a congelarse a menor temperatura.

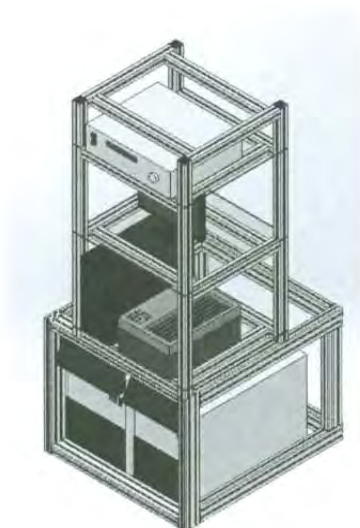


Figura 5.20 Controles de Temperatura y Adquisición de Datos

Se cuenta con un adquisidor de datos, el cual es la interface entre el equipo de cómputo y los sensores termopar. En él se encuentran conectados los termopares que muestrean las partes frías y calientes del sistema, este es de gran importancia, pues nos permite ver gráficamente el comportamiento de la muestra y asegurarnos de que al

momento de detener la prueba, ya está estable y las temperaturas son uniformes.

5.1.8 Dispositivo de apoyo para termopar

Existen cerca de ochenta termopares tipo k, calibre veintiséis monitoreando el sistema, están distribuidos de manera igualitaria en ambas placa, fría y caliente, encontrados frente a frente unos con otros.

Los termopares están colocados en forma de cruz debido a limitantes que no permitieron hacer una red de toda la superficie de contacto de la muestra.

Cuentan con un mecanismo de amortiguamiento de apoyo, este sirve para asegurar el contacto del termopar con la muestra, cuando la superficie de la muestra tiene variantes.

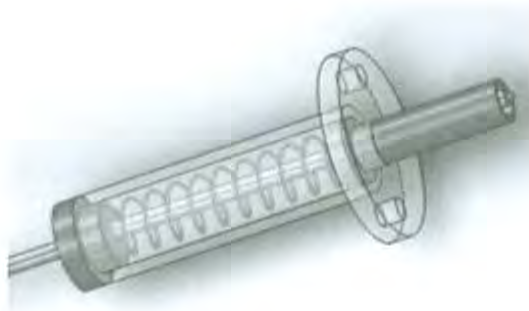


Figura 5.21 Mecanismo de Amortiguamiento para Termopar

Al momento de hacer contacto con la muestra, el vástago se retraer y con ayuda de un resorte se ejerce una cierta presión entre la punta de medición del termopar y la muestra.

Cada termopar cuenta con su sistema de amortiguamiento.

5.1.9 Automatización

El sistema de automatización está basado en un PLC (Controlador lógico programable), el cual tiene la función de enviar señales a las electroválvulas y sistemas aledaños como los indicadores de proceso.

Las electroválvulas controlan a su vez una serie de pistones los cuales se mueven por partes para hacer el acomodo de la muestra dentro de la cámara de medición.

El proceso se realiza en tres etapas:

La primera se encarga de acomodar la muestra dentro de la cámara de medición y acercarla al contacto con la placa fría.

La segunda es un movimiento de la placa caliente hacia la muestra con cierta presión, esto asegura la muestra con ambas placas y con la presión suficiente para que su contacto sea el ideal.

Por último se cierra la parte de arriba la cual se encarga de sellar y aislar la parte superior de la muestra.

Al final de la medición las partes se abren de manera inversa, es decir, primero el sello, segundo la placa caliente y por último el carro que se encarga de ajustar la muestra.

5.2 Fabricación

El diseño del prototipo consta de cuatro partes principales: la parte caliente, la parte fría, el carro transportador y el control. Una vez ubicado el requerimiento del prototipo en cuanto a materiales y funciones se diseñaron las partes en un programa de diseño asistido por computadora llamado "SolidWorks".

5.2.1 Porta muestras

Una de las partes que complementa el prototipo es el transportador del muro, se considera importante debido a que si el muro sería muy difícil colocar un muro de gran tamaño y peso dentro del dispositivo, dado que el peso y la fragilidad darían dificultad para su maniobrabilidad.

El porta muestras cuenta con una serie de ruedas y baleros los cuales se adhieren a una viga tipo I, ruedas de goma y valeros de acero para el mejor desplazamiento posible, contando con un gran número de rodamientos para una máxima distribución de peso sobre el transportador.

Descripción

El transporte principal fue fabricado con el fin de que fuese el carro sobre el cual se construyera el muro de prueba. Este debe de ser capaz de resistir un máximo de 700kg y debe contar con un mínimo de dimensiones de 120cm x 30cm debido a que el sistema constructivo de mayor base tiene estas dimensiones. Este transporte debe poder deslizarse sobre un segundo transporte y sobre un transporte interno que se encuentra dentro del prototipo.

Materiales utilizados

1. PTR de 1"x1" calibre 14
2. Rodamientos de carga de 90kg.

Desarrollo

Se fabricó un marco con las dimensiones requeridas, para ello se utilizó PTR con cortes de 45 grados en sus uniones para evitar fisuras o huecos que permitan la entrada de humedad y minimicen la vida útil del transporte debido a la oxidación.

Se cubrió el marco realizado en la primera parte con piezas de PTR para darle superficie en el cual se pueda apoyar el sistema constructivo.

Se fabricó un segundo marco en el cual serían apoyadas las ruedas, para ello se hicieron los aumentos necesarios para que el primer marco tuviera el apoyo necesario y no tendiera a pandearse.

Una vez cortados el soporte se procedió a colocar las barras de PTR las cuales serían la base donde irían colocadas las ruedas.

Para finalizar se colocaron los rodamientos para realizar la pruebas correspondientes y revisar que cumpliera con los requerimientos del sistema.



Figura 5.22 Porta muestras principal

5.2.2 Porta muestras secundario

Descripción

La función de este transporte es llevar en el al transporte principal, es decir

cargarlo, esto con el objetivo de que el muro pueda ser contruido en cualquier otra parte del laboratorio o area de laboratorios y no limitarnos a tener que contruir el muro cerca del prototipo de pruebas. Para ello debe cumplir con dimensiones mayores al transporte principal, debe contar con una sujecion que detenga su carga y evite posibles rodamientos cuando no sea necesario. Otra característica con la que debe contar este transporte, es evitar el giro o caída del muro hacia los laterales, pues debe servir como apoyo para el mismo. Para ello debera contar con los rodamientos necesarios para el deslizamiento del muro fuera de los transportes.

Materiales

1. PTR de 1x1" calibre 14
2. PTR de 2x2" calibre 14
3. Perfil de aluminio de 30x30mm
4. Gussets de 30mm
5. Tornillos de 3/8" x 5 1/2"
6. Rodamientos de 2" de 60kg
7. Resortes de 1/2"x2"

Desarrollo

Se fabricó una base similar a la del primer transporte, solo que cambiaron las barras que soportan las ruedas del vehículo, esto se debe a que la superficie de contacto debía ser mayor para evitar el vuelco del transporte.

En la punta de los soportes de las ruedas se fabricaron una especie de bisagras para darle una extensión al carro para mayor soporte, las cuales se pudieran retraer en caso de pasar por una puerta pequeña o requerir guardarlo en espacios pequeños.



Figura 5.23 Porta muestras externo en proceso de fabricación

Después se colocaron las extensiones con eje prefabricado haciendo la función de un codo en cada soporte.

Una vez colocados los “brazos” del carro se cerró con un marco para asegurar el movimiento uniforme del mismo junto con los soportes que darían la altura al carro que coincidiera con el carro del interior del prototipo.

Se colocaron las ruedas para hacer las pruebas correspondientes de movimientos al mismo tiempo que cargaría al transporte principal.



Figura 5.24 Extensiones del porta muestras externo

Se colocaron las guías dentro de los rieles las cuales darían la seguridad de que el transporte principal no saldría de su ruta.

Con el perfil de aluminio se fabricó el marco que daría soporte al sistema constructivo, el cual serviría como apoyo para que el muro no girara hacia los lados.

Una de las especificaciones de esta estructura fue que contara con un apoyo el cual ayudara al sistema a deslizarse dentro del prototipo sin el riesgo de que se volteara o golpeará, para ello se fabricaron pequeños sistemas de rodamientos amortiguados, que ayudarían a deslizar la pared asegurando que no exista una presión por parte del rodamiento sobre el muro debido a las irregularidades con las que pueda contar el muro evitando una fractura del mismo.



Figura 5.25 Sistema de amortiguamiento de apoyo

Una vez finalizado se llevó acabo la unión de todo el transporte, principal con secundario y la estructura de apoyo, la cual aparte de contar con rodamientos de apoyo, también tiene barras de soporte las cuales están en contacto directo con el muro para evitar vibraciones externas a este.

Una de las principales características de este estudio es que el muro tiene que estar totalmente aislado y para ello no debía haber contacto directo con los metales de los

transportes. Para dar solución a ese pequeño problema se fabricó una caja de madera con columnas para que resistiera el peso del muro.

Por último se colocaron las tapas de la caja la cual posteriormente sería llenada de poliuretano para aumentar su eficiencia como aislante y después colocada sobre los carros.



Figura 5.26 Base de madera, aislante de la muestra

5.2.3 Estructura

La estructura debe ser lo suficiente mente rígida para soportar básicamente su propio peso, enfriadores de 200kg y placas de distribución de calor de aproximadamente 80kg. Debe contener un vehículo con desplazamiento en una sola dirección, para el ajuste de las placas que le brindaran al sistemas las temperaturas, además de sistemas de cierre automático, unidades de mantenimiento y fácil acceso al prototipo para reparaciones y mantenimiento preventivo, cuanta además con un panel de control para encendido, apagado, displays de temperatura y tiempo de operación y paro de emergencia y claro está la cubierta que protegerá todos los sistemas que conforman la máquina.

Materiales

1. Perfil de aluminio de 45x45mm
2. Perfil de aluminio de 45x90mm
3. Perfil de aluminio de 90x90mm
4. Gasset de 45x45mm y 45x90mm
5. Tornillería diversa
6. PTR de 1x1" cedula 14
7. PTR de 1x1" cedula 12
8. PTR de 1x2" cedula 14
9. Rodamientos metálicos
10. Guías para rodamientos
11. Lamina negra cedula 18

Desarrollo

Se construyó el marco principal el cual le daría soporte al sistema completo con perfil de aluminio de 90x90mm. Se optó 4 lados por la sencillez de los movimientos en un solo sentido.



Figura 5.27 Esqueleto del dispositivo y porta muestras externo

Las uniones se hicieron con gusset, los cuales cuentan con tornillería especial para hacer las uniones en los perfiles proporcionando un fácil armado.



Figura 5.28 Juntas de los perfiles de aluminio con Gussets

Se fabricó y colocó un tercer vehículo dentro de la estructura principal el cual se encargará del movimiento del muro una vez dentro del prototipo.



Figura 5.29 Esqueleto del dispositivo

La forma y las características de fabricación es similar a la del primer y segundo vehículos. Ahí mismo se colocarían las guías que darán rumbo a este tercer vehículo.



Figura 5.30 Porta muestras interno

Estas partes al igual que el resto serían pintadas para darles su acabado final. Se procedió a construir la estructura la cual sería la base de la placa caliente y tendría un movimiento horizontal dentro del vehículo. Esta debía tener la capacidad de soportar 130kg sin que tienda al pandeo y haciendo un movimiento uniforme apoyado por pistones neumáticos.

Por último se forro el prototipo con láminas previamente tratadas para darles un acabado superficial adecuado.



Figura 5.31 Vista externa del dispositivo y muestra en proceso de fabricación

5.2.4 Estructura interna

Una vez construida la estructura principal la cual serviría como apoyo para el resto de las partes, se construyó lo que sería la base de la estructura móvil la cual soportaría la placa caliente, esta es conformada por cuatro rieles, los cuales hacen la función de dirigir a la estructura de la placa caliente en una sola dirección, dado que controla las superficies inferiores y laterales del móvil.



Figura 5.32 Soporte móvil de la placa caliente y la estructura que lo soporta

La estructura móvil está conformada por un marco de PTR apoyada por cuatro armaduras en sus extremos las cuales ayudan para que la estructura no se pandee cuando los pistones estén totalmente extendidos, este punto es importante debido a que la medición se hace con los termopares encontrados, es decir, el termopar que se encuentra en la placa caliente debe coincidir con la misma posición del termopar de la placa fría, y si existiera un pandeo por parte de la placa caliente, los termopares ya no coincidirían.



Figura 5.33 Estructura móvil en la que se aprecia la armadura para evitar el pandeo

La armadura con la que cuenta la estructura interna del móvil de la placa caliente, está diseñada de tal modo que la distribución de fuerzas sea la necesaria para evitar los pandeos internos dentro del sistema, para ello se cuenta con un marco de PTR de 6"x35" con soportes internos colocados en posiciones de 45° para equilibrar las fuerzas en sentidos vertical y horizontal equitativamente. Debido al tipo de armadura, la parte superior se encuentra en tensión y la parte inferior se encuentra en compresión, esta última es la que podría tener una afectación directa de las fuerzas la cual ocasionara el pandeo pero debido a la sencillez del diseño y al peso que representan la placa de aluminio del marco junto con la distribución de cargas en cuatro puntos, hablaríamos de una distribución de 25kg aproximadamente por esquina lo cual es insignificante para este tipo de armaduras las cuales están diseñadas para soportar altas cargas; por ello podemos concluir que el refuerzo con el que cuenta el diseño esta sobrado para realizar su función y nos elimina un posible problema el cual desembocaría en errores de medición.



Figura 5.34 Armaduras

Otro punto importante en la fabricación de esta estructura es la inclinación de la estructura hacia adelante debido al peso que soporta en la parte frontal, ya que cuenta con una placa de aluminio de un $0.00635\text{m} \times 1.20\text{m} \times 2.00\text{m}$ con un peso aproximado de 41.0kg pero que al ser suspendida en aire tiende a inclinarse provocando el mismo problema antes mencionado la descentralización de los termopares.



Figura 5.35 Contra pesos para evitar la inclinación hacia enfrente de la palca caliente

Es importante cuidar esta característica debido a que la medición de los termopares debe de ser en los mismos puntos. Debido a los diferentes materiales por los que está compuesta la muestra, la medición por termopar puede variar ya que hablamos de muestras heterogéneas y sincronizar las posiciones de los termopares nos permite

sacar las mediciones óptimas del material se podría decir ya que el flujo de calor es teóricamente lineal.

Además de contra pesos y armaduras la estructura cuenta con una serie de baleros que facilitan el movimiento hacia adelante y atrás.

En contra parte de la placa caliente se construyó lo que sería la base para las placas frías el cual sería un sistema conformado por tres partes: la primera es un marco en forma de u, este es el soporte de la base de las placas sujeto a la estructura principal; en segundo lugar está el soporte de las placas, un marco con los travesaños necesarios para la sujeción de las placas frías, este marco cuenta con amortiguadores de resorte sujetos al marco en forma de u para que las placas frías se puedan posicionar en la dirección y ángulo en el que entre la muestra, esto nos permite una cierta tolerancia al momento de construir la muestra y posicionarla en los ángulos correctos, dicho de otra manera, si no contara con el sistema de amortiguamiento, al momento de introducir la muestra sería estrictamente necesario que la alineación de la muestra fuera totalmente paralela a las placas.



Figura 5.36 Placas fría y caliente frente a frente

Las placas frías cuentan con una distribución de agua de arriba-abajo, dos placas por chiller, para evitar diferencias de temperaturas en diferentes puntos de las placas. Las

placas frías y el chiller se encuentran interconectadas entre si por medio de mangueras y a su paso cuentan con llaves de paso entre placa y placa como apoyo para su mantenimiento, si no, habría que vaciar el total del líquido para checar alguna falla



Figura 5.37 Llaves para el flujo y mantenimiento de agua en las placas frías

5.2.5 Pistones

El dispositivo se encuentra apoyado por una serie de pistones conectados a una electroválvula la cual a su vez está controlada por un PLC, los cuales son los encargados de dar el movimiento a las partes dinámicas del sistema. Los trece pistones con los que cuenta la maquina están distribuidos en tres partes, la primera es la base, la cual se encarga de mover la muestra en su totalidad para pre acomodarlo dentro del dispositivo, para ello fueron necesarios tres pistones.



Figura 5.38 Pistones neumáticos

La segunda parte cuenta con seis pistones colocados de manera horizontal atrás de la placa caliente y su función es aplicar la presión necesaria para que el contacto entre placas quede totalmente sellado y elimine los espacios de aire entre placa caliente-muestra-palca fría

Cada pistón tiene una fuerza de 1171N a 6 bar de presión.

$$1Kgf = 9.81N$$

$$1171N = 120.08Kgf$$

$$F = \frac{(120.08Kgf)(6)}{A} \quad \text{Ecuación 5.3}$$

$$A = 2.4m^2$$

$$F = \frac{(120.08Kgf)(6)}{2.4m^2}$$

$$F = 300Kgf/m^2$$

Dando como resultado una fuerza total de $300Kgf/m^2$ es lo suficiente mente fuerte para mover una muestra de 600kg, el cual es el peso aproximado que se calcula para las muestras de mayor masa que serán medidas.



Figura 5.39 Pistones

Por último se colocaron cuatro pistones en la parte superior, los cuales se mueven de forma vertical y tienen la función de sellar las superficies en la parte alta del muro.

Estos pistones son coordinados por un PLC con antes se mencionó y su secuencia al inicio de la prueba es tal y como se menciona en la parte de arriba. Al finalizar la prueba existe una secuencia inversa, con la excepción de los pistones de la base no se mueven para evitar el tambaleo de la muestra y se desplome ya que esto puede provocar un accidente al personal o daños internos.

El dispositivo cuenta con una serie de aparatos eléctricos y apoyos para su la distribución de corrientes y señales como fuentes de poder y caja de relevadores.

Se colocaron tres luces en la parte superior del TR-01 para la señalización del proceso: azul (la prueba está corriendo) indicando al personal que no es posible abrir la máquina, hacer modificaciones o ajustes dentro y fuera, amarilla (indica que la maquina esta energizada y con presión de aire mas no en periodo pruebas) y nos señala que no podemos intervenir en ella para su mantenimiento etc. a diferencia de la luz azul en esta parte si pude haber modificaciones fuera del sistema, es decir en los controles.

Por ultimo tenemos la luz roja, la cual nos indica un paro de emergencia y el paro de todas las actividades relacionadas con el funcionamiento del dispositivo, este debe servir para poner en alerta a todo el personal, debido a que la activación de este indica daños tanto internos como externos en la máquina.

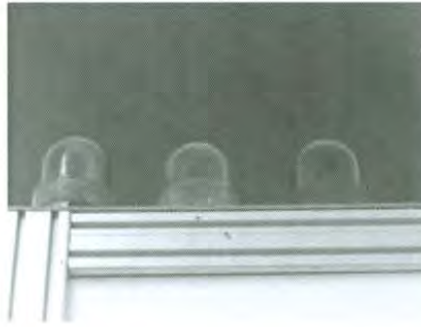


Figura5.40 Luces de señalización

Se colocaron una caja de controles en la parte frontal del depósito, en la cual es posible hacer modificaciones en la programación del PLC, la distribución de aire de la máquina, se pueden ver los indicadores de dispositivos, el cual muestra cuales están encendido y cuáles no, y las botoneras de encendido y apagado de la maquina en general y corrida y paro de la prueba.



Figura 5.41 Caja de controles

La medición de la prueba se realiza solamente con termopares, 72 de ellos se encargan de enviar la información de la medición el adquisidor de datos apoyados por el dispositivo de amortiguamiento que sirve como apoyo para mayor eficiencia del dispositivo.



Figura 5.42 Distribución de placas frías y orden de los termopares



Figura 5.43 Fabricación de termopares

La otra parte del TR-01 está compuesta por los dispositivos que suministran el calor y el frío, la fuente de poder, los chillers, el adquisidor de datos y equipo de cómputo.



Figura 5.44 Equipos de apoyo

La buena coordinación de todas estas partes hace posible hacer las mediciones de diferentes tipos de materiales de una manera sencilla y confiable.



Figura 5.45 TR-01 en una corrida

El TR-01 es un dispositivo para medir propiedades térmicas en sistemas constructivos, caracterizadas por que comprende:

1. Los medios para realizar pruebas de propiedades térmicas de sistemas constructivos de escala real, colocando la muestra entre una placa caliente y una placa fría.
2. Los medios para inducir calor por un lado de la muestra mediante un dispositivo

de placa caliente el cual contiene resistencias eléctricas, controladas por una fuente de poder.

3. Los medios para inducir frío por el otro lado de la muestra mediante un dispositivo de placa fría, controlado mediante un sistema enfriador o chiller.
4. Los medios para medir la temperatura entre las placas y la muestra es un arreglo de sensores conectados a un adquisidor de datos el cual digitaliza la señal y la procesa en una computadora.
5. La muestra se aísla completamente en la parte interna del dispositivo haciendo que las condiciones ambientales sean completamente ajenas a la medición.
6. Los medios para fijar la muestra es un sistema de pistones manejados por un controlador lógico programable.

Capítulo 6

MANEJO TÉCNICO Y MANTENIMIENTO

6.1 Manual de operaciones

El Dispositivo de medición del coeficiente de conductividad térmica para muestras de 1.20m x 2.15m, y con espesores que van desde 1mm hasta 300mm denominado de aquí en adelante como “TR-01” es un aparato especializado y se recomiendan las siguientes notas de uso

6.1.1 Condiciones de uso

Es importante seguir las condiciones de uso como se debe, esto no ayudara a tener menos problemas técnicos con el dispositivo en el futuro y aumentar la vida útil de trabajo de este.

- Es muy importante que antes de operar la maquina se realice la lectura del manual de operación y mantenimiento. Si hacemos el seguimiento correcto de los manuales, la maquina no presentara problemas de ningún tipo. El mantenimiento va ligado con el buen funcionamiento del sistema de medición.
- Es importante mencionar que al momento en que la maquina esté en funcionamiento no se introduzca material ni personal dentro de la maquina a

excepción de la muestra.

- Al momento de realizar el mantenimiento es importante que el operario utilice lentes de seguridad y no utilizar nada que se pueda enganchar como anillos, cadenas, pulseras, correas, etc.
- Verifique que la maquina se encuentre libre de sustancias y objetos extraños para evitar alteraciones en su funcionamiento y fallas.
- Verificar que todos los sistemas y componentes se encuentren en estado y posición óptima para comenzar a operar.
- La máquina debe trabajar en un rango de temperatura de 18 a 24 grados centígrados y con una humedad no mayor al 35% en el ambiente, evitar corrientes bruscas de aire y polvo y el contacto directo con la luz solar.
- Garantizar que el lugar donde está colocada la maquina cuente con una superficie plana, ya que de lo contrario esto afectara el funcionamiento correcto de la misma. Las dimensiones mínimas requeridas por el sistema para el lugar de trabajo son de 3.50m de alto, 4.00m de ancho y 3.00m de largo.
- Verificar que no existan fugas en las líneas de agua.
- Inspeccionar que se cuente con dos conexiones de corriente eléctrica de 110V – 30A de tres hilos.
- Asegurarse de que los siguientes dispositivos estén conectados al sistema eléctrico interno de la máquina: PC, chillers, adquisidor de datos, fuente de poder del PLC, fuente de poder de las luces, fuente de poder de los controles.

- Verificar que el botón de paro se encuentre activado
- Es importante que la maquina tenga tierra física debido a que la maquina maneja amperajes muy altos y la misma está hecha casi en su totalidad de materiales conductivos.
- Verificar que la muestra sea plana en ambas superficies de contacto y no cuente con deformidades o alteraciones en las dimensiones requeridas por el sistema.
- Limpiar y vaciar la unidad de mantenimiento antes de cada operación para estirar la vida útil de los pistones.
- Presión requerida por el sistema 6 Bar
- Al terminar el ciclo de trabajo de la maquina se debe apagar la maquina en su totalidad y cerrar la válvula de aire.

Nota: Es importante que al momento de usar la maquina sea solamente una persona quien la opere para evitar accidentes por alguna mala coordinación del personal.

Medidas de seguridad

Es muy importante que se atiendan las condiciones de seguridad que a continuación se presentan, debido a que la alta corriente y las presiones que maneja el dispositivo se pueden ocasionar accidentes con resultados fatales.

1. Desconectar las entradas de voltaje de la máquina.
2. Cerrar la válvula de aire a presión.
3. No dejar ningún objeto dentro o sobre la máquina que pueda perjudicar al equipo o al operador.
4. Evitar líquidos y polvo en los tableros de control.
5. El mantenimiento tendrá que ser realizado por el operador y una persona de apoyo para cualquier caso de accidente tenga a quien recurrir inmediatamente.

Las indicaciones de seguridad se dividen en tres partes. Eléctrica, de Montaje y de Operación.

Eléctrica

- Hacer las conexiones 110V correctamente. En cada cable se indica el tipo de suministro de corriente permitida.
- El cableado eléctrico no debe obstruir el tráfico de carga y descarga de la muestra.

Montaje

- Utilice un carrito auxiliar o personal de apoyo para cargar la muestra e introducirla al Dispositivo. Evite lesiones de columna.

Operación

- Maneje con cuidado y proteja el cableado eléctrico y termopares durante el montaje y operación de la medición. Cuidado de no desprender los termopares.

Equipo de Seguridad

- Lentes de Seguridad
- Guantes
- Casco (en el caso de que alguien esté trabajando sobre la maquina)
- Arnés de seguridad (en alturas mayores a 1.60m)
- Guantes con aislante eléctrico

6.1.2 Puesta en marcha

Para la puesta en marcha solamente una persona puede estar operando el dispositivo, esto nos ayuda a que por fallas de comunicación o coordinación del personal se pueda ocasionar un accidente.

1. Introducir la muestra
2. Conectar la alimentación de la maquina a un contacto 110V-30A.
3. Conectar la alimentación de la fuente de poder que proporciona energía a las resistencias de la placa caliente a un contacto 110V-30A .



Figura 6.1 Clavija y contacto 110V-30A de tres hilos

4. Encender el switch térmico en la parte posterior de la maquina dentro de la puerta de servicio.
5. Conectar el Adquisidor de datos a la PC.



Figura 6.2 Adquisidor de datos CR7 Campbell Scientific

6. Encender el equipo de cómputo.

7. Encender la fuente de poder principal y dejarla encendida al menos 5 min antes de suministrarle corriente a la placa caliente.



Figura 6.3 Fuente de poder principal 110V-24A

8. Abrir la válvula de paso del aire a presión agua en los conectores de las placas frías (ocho válvulas) y en las salidas



Figura 6.4 Válvula de aire con unidad de mantenimiento

9. Abrir las llaves de paso del y entradas de los chillers (cuatro válvulas)



Figura 6.5 Válvulas de paso, suministro de agua de las placas frías.



Figura 6.6 Válvulas de paso de los chillers

11. Cerrar las puertas laterales



Figura 6.7 Puerta lateral

12. Encender la maquina



Figura 6.8 Modulo On(verde)/Off(negro) con indicadores de dispositivos en funcionamiento

13. Oprimir Start y esperar dos minutos para garantizar que el sistema quede totalmente sellado.



Figura 6.9 Botonera Start/Stop

14. Subministrar los valores de voltaje y amperaje requeridos en la fuente de poder.

15. Encender los chillers e indicar la temperatura del fluido



Figura 6.10 Controles del chiller

6.1.3 LoggerNet

Al inicio de la corrida trabajaremos en paralelo con el programa LoggerNet el cual será el encargado de monitorear los valores obtenidos.

1. Abrir el programa LoggerNet en el escritorio de la PC



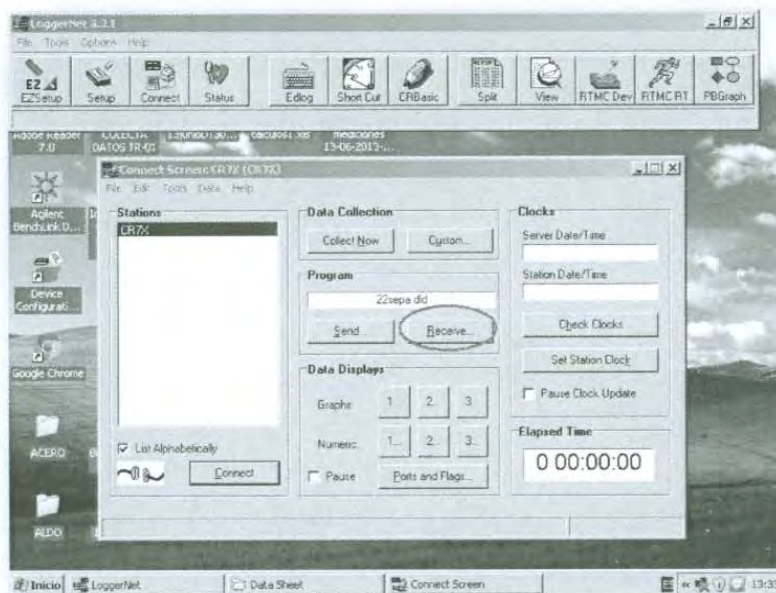
2. Dar click en la opción "**Connect**"



3. Dar click en el botón **“Send”** seleccionaremos el archivo **“19SEPA.dld”** una vez seleccionado, se da un click en **“Abrir”**



4. Una vez realizada esta función se hará lo mismo pero con la opción **“Receive”**



5. Por ultimo dar click en la opción **“Connect”**



Nota: asegurarse que esta parte de la ventana quede conectada.

6.1.4 Paro de operaciones

Una vez que los valores de la gráfica logren estabilizarse durante una hora la medición esta lista y será momento de detener el sistema.

1. Se baja el suministro de potencia a 0V-0A en la fuente de poder principal y se apagan los dos switch de la misma, es importante que la fuente quede totalmente apagada debido a la potencia que manejan puede provocar una accidente.
2. Se apagan los chillers en su totalidad (dos switch por chiller).
3. Oprimir Stop y esperar 2 min para asegurar que el sistema quede totalmente abierto.
4. Apagar el equipo de cómputo y el adquiredor de datos.
5. Apagar el switch térmico en la parte posterior.

6. Cerrar la válvula de aire a presión.
7. Desconectar las dos clavijas principales de la máquina.

6.1.5 Especificaciones de los equipos y manejo

Al momento de hacer una corrida es importante cumplir con las especificaciones que a continuación se mencionan para obtener los resultados deseados.

Como colocar las muestras

1. El material que se desee analizar debe tener una medida exterior de 120 x 200 cm y un espesor entre 1- 30cm.
2. Abrir las puertas del sistema para introducir la muestra.
3. Colocar la muestra con mucho cuidado y de tal forma que al introducir la muestra no afecte los dispositivos que contienen los termopares.
4. Cerrar las puertas del sistema y asegurarse de su sellado.

Como encender el equipo

1. Conectar el TR-01 A a la corriente 110V-30^a.
2. Conectar la fuente de poder a una corriente de 110 V-30A.

Encender chillers

1. Verificar que el chiller tenga el nivel de agua máximo. Para hacerlo hay que destapar la tapa metálica ubicada por encima del chiller y ver el nivel de agua. En caso necesario llenar.
2. Abrir las 12 válvulas de las placas y del chiller
Abrir las válvulas de paso de agua que se encuentran en la salida del chiller
3. Presionar el botón de ON/OFF para encender o apagar el chiller según se

requiera.

4. Presionar las flechas de navegación del panel del chiller y fijar la temperatura deseada.

Encender fuente de poder

5. Encender el interruptor posterior a la fuente de poder. Ubicado en la esquina superior izquierda.
6. Presionar el botón de ON/OFF para encender o apagar la fuente de poder. Ubicado en la parte inferior izquierda del panel frontal.
7. Ajustar el Voltaje o Amperaje deseado. Girar la perilla "Output Adjust" en la cantidad deseada.



Figura 6.11 Interruptor de encendido



Figura 6.12 Panel frontal de ajuste de voltaje y amperaje

Encender adquisidor de datos

8. Verificar que el cable RS-232 del adquisidor esté conectado a la PC con el software.

9. Presionar el botón ON/OFF ubicado en la esquina inferior izquierda del panel frontal. Ya sea para encender o apagar el adquisidor de datos.
10. Presionar el botón "SCAN" para iniciar la lectura de datos.

Como tomar datos de temperatura con software de adquisidor de datos “campbellscientific cr7”

Una vez estabilizado el sistema se procede a la extracción de datos para realizar los cálculos necesarios.

1. Se abre el archivo con la dirección **Escritorio>>Colecta datos TR-01**
2. Se identifica el archivo **.dat** generado y se abre
3. Se selecciona la primera columna
4. Se organizan los datos en columnas siguiendo la siguiente ruta **Datos>>Texto en columnas**
5. Se promedian los valores finales en horizontal, separando los datos de la placa fría de los datos de la placa caliente.
6. Una vez con los promedios y las gráficas que demuestren la estabilidad y uniformidad del sistema por al menos una hora se puede calcular el valor de conductividad térmica a partir de diferencia de los promedios de valores de temperatura que arrojaron las placas.

Imágenes de las partes y equipos

 <p>Chiller</p>	 <p>Fuente de Poder 110V</p>	 <p>Adquisidor de Datos</p>	 <p>Controlador Lógico Programable (PLC)</p>
 <p>Electroválvula</p>	 <p>Indicador de Dispositivos</p>	 <p>Fuente de Poder del PLC 24V</p>	 <p>Distribuidor de Corriente</p>

6.2 Mantenimiento

Este documento sirve como apoyo para asistir el dispositivo tanto en la prevención de problemas futuros como la solución de problemas inmediatos, esto no quiere decir que el operador se ajustara estrictamente al manual en caso de una falla, sino que lo utilizara como apoyo para solucionar el problema, para ello la persona que del mantenimiento a el dispositivo deberá ser una persona calificada

El manual de mantenimiento se divide en tres partes;

1. **Listado de materiales y herramientas:** donde se listarán todas las herramientas y materiales utilizados en el programa de mantenimiento. Aquí se identifica la lista completa que debe estar presente y disponible en todo momento para realizar el mantenimiento preventivo o correctivo.
2. **Mantenimiento preventivo:** este es el apartado más importante y donde se presentan aquellas actividades consideradas de relevancia para la conservación del dispositivo y su correcto funcionamiento.
3. **Mantenimiento correctivo:** Aquí se listarán aquellos posibles sucesos o problemas que pueden ocurrir y que no se encuentran en el mantenimiento preventivo. La naturaleza del mantenimiento correctivo es para aquellas emergencias y como tal son difíciles de identificar. En este apartado se mencionarán las que a consideración del equipo de diseño pueden ocurrir.

6.2.1 Medidas de seguridad

Antes de ejecutar cualquier actividad de mantenimiento hay que seguir las siguientes medidas de seguridad.

Es muy importante que se atiendan las condiciones de seguridad que a continuación se presentan, debido a que la alta corriente y las presiones que maneja el dispositivo se

pueden ocasionar accidentes con resultados fatales.

6. Desconectar las entradas de voltaje de la máquina.
7. Cerrar la válvula de aire a presión.
8. No dejar ningún objeto dentro o sobre la máquina que pueda perjudicar al equipo a al operador.
9. Evitar líquidos y polvo en los tableros de control.
10. El mantenimiento tendrá que ser realizado por el operador y una persona de apoyo para cualquier caso de accidente tenga a quien recurrir inmediatamente.
11. Sólo personal calificado puede realizar el mantenimiento
12. Existe riesgo de quemaduras en la placa caliente. Espere a que se enfríe para ser manipularla.
13. Ubique el botiquín de emergencia para cualquier contingencia.

Equipo de Seguridad

- Lentes de Seguridad
- Guantes
- Casco (en el caso de que alguien esté trabajando sobre la maquina)
- Arnés de seguridad (en alturas mayores a 1.60m)
- Guantes con aislante eléctrico

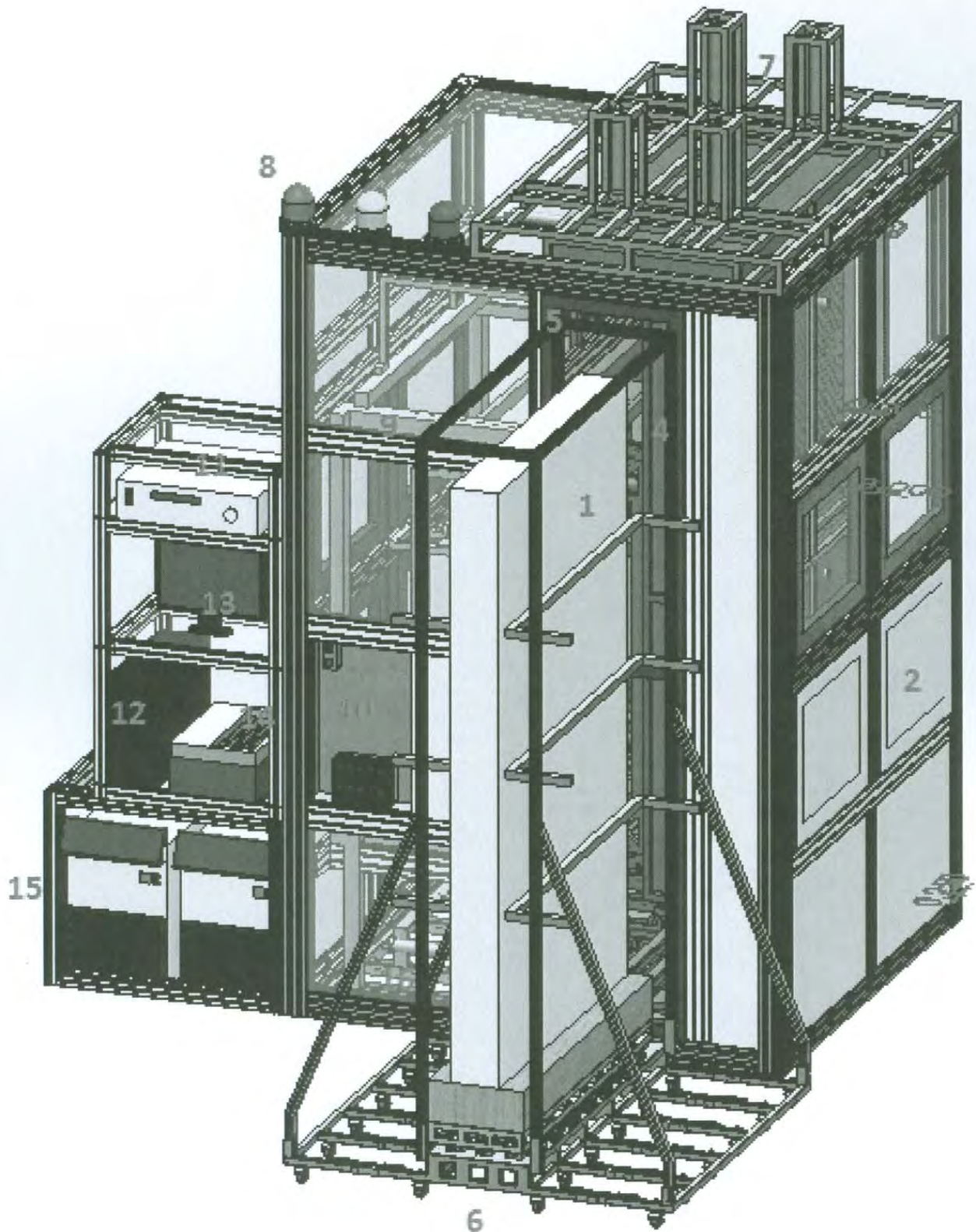
Listado de herramientas

A continuación se listan todos los materiales y herramientas para el mantenimiento.

- Multímetro
- Llaves inglesas de 1/4", 3/8", 7/16", 1/2", 9/16", 5/8" y 3/4"
- Rach y dados 10mm, 12mm, 13mm y 15mm

- Pinzas de presión
- Llave creciente
- Laves allen
- Llaves Thor
- Clams o sargentos
- Desarmadores estándar y milimétricos (tipo estrella y paleta)
- Embudo para fluidos
- Tape negro
- Pinzas para electricidad
- Escalera de tijera (min 8ft)

6.2.2 Partes del TR-01



Descripción de las partes

# DE PARTE	PARTE	PARTES ADJUNTAS
1	Muestra	Dimensiones 120x200cm.
2	Puertas de servicio	Acceso a la parte interna de las placas caliente y fría (resistencias y enfriadores, fuentes de poder de 12, 24V).
3	Placas fría	Enfriadores, termopares, amortiguadores.
4	Placa caliente	Termopares, resistencias, móvil caliente.
5	Puerta de acceso de la muestra	Espacio de pruebas.
6	Porta muestras	Rodamientos
7	Pistones	
8	Luces de proceso	Paro, encendido y en operación.
9	Móvil caliente	Rodamientos y rieles,
10	Caja de controles	PLC, electroválvula, relevadores, on/off, start/stop
11	Fuente de poder principal	Control de Watts
12	Equipo de computo	Programa LoggerNet
13	Monitor	
14	Adquisidor de datos	Interface de termopares
15	Chiller	Control de temperatura
16	Sistema eléctrico general	Contactos 110V, Switch térmico, conexión interna de los equipos

6.2.3 Mantenimiento preventivo

Es importante remarcar que siempre que se lleve a cabo el mantenimiento de cualquier tipo, la maquina debe de estar **desconectada en su totalidad** de fuentes de corriente y suministro de aire para evitar los accidentes.

Se debe inspeccionar la maquina a grandes rasgos en búsqueda que algún desperfecto ocasionado por algún agente externo a la misma cada que se enciende la máquina.

Es importante realizar mantenimiento preventivo al menos una vez por mes si la maquina tiene poco uso y cada diez mediciones en el caso de que en el mes se supere este número de corridas.

1. Mecánico

a) Limpieza.- es de vital importancia para el TR-01 trabajar en condiciones ideales de limpieza, debido a que objetos ajenos a este pueden ocasionar que esta se atore y ocasiones desperfectos graves en la máquina, para evitar esto nos daremos a la tarea a realizar una especie de limpieza interna en el dispositivo.

- Primeramente con una aspiradora y con mucho cuidado pasaremos el succionador por toda la base del equipo tanto en la base de la placa caliente como en la placa fría.
- Retire cualquier objeto ajeno a la máquina que no haya succionado la aspiradora.
- Elimine de los equipos de cualquier cantidad de polvo o líquido que se almacenar en su superficie.
- Revise que los vástagos de los pistones no contengan polvo o pelusas que puedan atorar el movimiento y afectar la medición

b) Rieles.- cada vez que la maquina valla a iniciar una corrida se deben inspeccionar los rieles y correderas de todo el sistema asegurándonos que ni existan imperfecciones u objetos que sean ajenos al sistema los cuales puedan atorar el movimiento de los carros. Revisar y limpiar con aire comprimido las siguiente partes:

- Rieles inferiores y superiores (cuatro rieles) de móvil de la placa caliente.
- Porta muestras interno
- Porta muestras secundario



Figura 6.13 Rieles y baleros de la parte móvil caliente

R. T150053

c) Baleros y rodamientos.- se debe cerciorar del estado en el que se encuentran los rodamientos y baleros del sistema completo y asegurar que se encuentren en buenas condiciones al momento de la corrida, esto debido a las afectaciones colaterales que pude ocasionar. Si un balero cuenta con algún daño grave se deberá remplazar como lo indica el manual de mantenimiento correctivo.

- Engrasar los rodamientos de los porta muestras (tres porta muestras)



Figura 6.14 Rodamientos de los porta muestras

- d) Muestra.- en el caso que la muestra venga con una desviación, panda, torcida o chueca se deberá corregir antes de introducirla a la máquina y se cuenta una tolerancia de pandeo, torcedura, etc. de una pulgada en las muestras firmes como por ejemplo un muro de ladrillo y dos pulgas en las muestras flexibles como la madera de $\frac{1}{2}$ " etc.

2. Líquidos

- e) Fugas.- es importante revisar que no existan fugas o goteras que pudieran provocar pérdidas del fluido durante la medición pues esto podría tener consecuencias graves, como por ejemplo cortos circuitos y simples como aire dentro de las líneas por donde circula el fluido que enfría el sistema.

- Revisar las conexiones de las mangueras, tanto en los chilles como en la parte posterior de las placas frías.

- Se debe asegurar que el chiller y las líneas estén completamente llenas de agua (purificada) y no contengan aire, esto nos asegurara que la temperatura de la superficie de la placa fría sea uniforme.



Figura 6.15 Llave de paso de los enfriadores

3. Neumático

El mantenimiento preventivo del sistema neumático de la maquina está ligada directamente con la unidad de mantenimiento, posicionada en la parte posterior del dispositivo específicamente en la salida del aire comprimido del laboratorio; el correcto mantenimiento de la misma dará como resultado alargar la vida y el funcionamiento ideal de los pistones, dado que la humedad contenida en el aire comprimido es muy perjudicial para los cilindros. Las otras partes que llevan un mantenimiento preventivo son las líneas de aire, las conexiones al PLC y el chequeo de los pistones.

Es importante que al momento de hacer un mantenimiento a la máquina de este tipo,

deba estar cerrada la válvula principal de aire.

- f) Aire y pistones.- es importante cerciorarse que no exista ninguna fuga de aire, debido a la pérdida de presión que se puede ocasionar dentro del sistema.
- Vaciar la unidad de mantenimiento que se encuentra en la válvula primaria de aire, una vez terminado esto asegurarse que quede bien cerrada para evitar fugas.
 - Se inspeccionan los pistones y se revisa que estén fijos, en el caso contrario se ajustan. No se debe medir si los pistones tiene movimiento.
 - La unidad de mantenimiento debe trabajar con un presión de 6 bar.

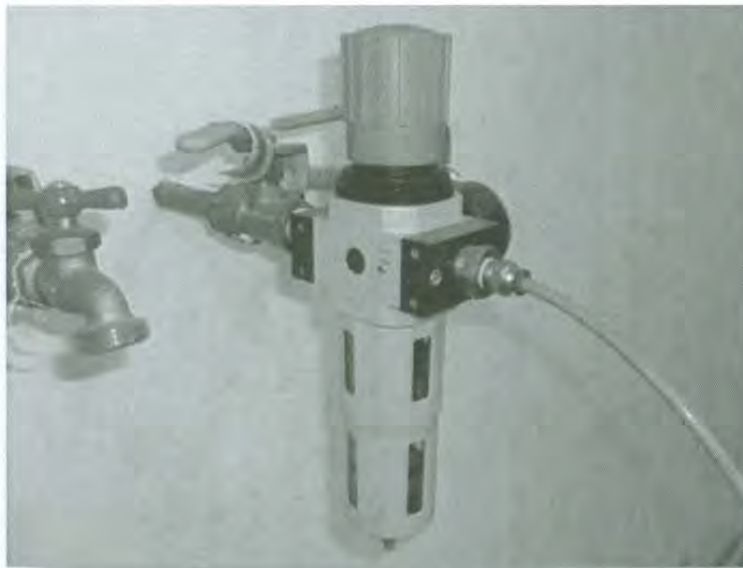


Figura 6.16 Unidad de mantenimiento del aire

4. Eléctrico

El mantenimiento eléctrico se basa en la revisión de conectores, cableado y el correcto funcionamiento de las fuentes de voltaje.

- g) Asegurarse de que todos los dispositivos enciendan de manera correcta

- Fuente 12V
- Fuente 24V
- Fuente 110V
- Adquisidor de datos
- Electroválvula
- PLC

5. Sensores

El sistema de medición está basado en sensores termopar tipo k, para ello se debe contar con los conocimientos básicos de estos.

- h) Termopares.- Se debe asegurar que el funcionamiento de los termopares sea el ideal debido a que una falla en estos, afectara directamente en la medición y por consecuencias en los resultados.
- Revisar que todos los termopares estén bien conectados al adquisidor de datos.
 - Asegurarse que la guía interna de los termopares no se atore o jale los termopares durante el movimiento de los porta muestras y placa caliente.
 - Verificar que todos los termopares estén en orden en la superficie de las placas fría y caliente, es decir, que no estén atorados los amortiguadores de los termopares o existan termopares quebrados.

6.2.4 Mantenimiento correctivo

A continuación se muestran una serie de casos con posibles problemas con el dispositivo y que acciones tomar.

1. El dispositivo tira agua.

Posibles causas

- a) El Chiller tiene demasiada agua y se tira por la compuerta superior de acceso.
Acción: quitarle agua.
- b) Fuga por algún extremo de las manguera.
Acción: Apegarse al mantenimiento preventivo.
- c) Las válvulas de purga no están cerradas.
Acción: Cerrar válvulas de purga. Las válvulas de purga están ubicadas a la salida de las placas frías.
- d) Un movimiento brusco como un golpe o recargón fisuró la conexión de las placas frías
Acción. Sacar toda el agua, secar y sellar las fugas, en caso necesario remplazar la pieza.

2. El dispositivo tira agua cuando se está purgando.

Posibles causas

- a) Las válvulas del Chiller están abiertas.
Acción: En el proceso de purgado las válvulas que se encuentran en la salida del Chiller deben estar cerradas. (se deben abrir cuando se termina de purgar)
- b) Se vierte demasiada agua al momento de estar purgando.
Acción: Cuando se vierta el agua por el embudo debe hacerse lentamente para

que se distribuya por todo el sistema.

3. El dispositivo no calienta

Posibles causas

- a) Algún cable de energía se desconectó.

Acción: Desconectar de la energía principal todo el sistema y verificar las conexiones a la fuente de poder.

- b) Algún cable está dañado.

Acción: si las conexiones están correctas hay que verificar el estado de todo el cableado y reparar.

- c) Se descompuso una o varias resistencias.

Acción: Verificar la continuidad de cada resistencia. en caso de no tener continuidad hay que desmontar toda la placa caliente y reemplazar las resistencias dañadas.

4. El dispositivo no enfría

Acción: Verificar que el chiller esté funcionando de manera adecuadamente

- c) revisar que todas las válvulas estén abiertas

- d) verificar que no existan mangueras dobladas o aplastadas por los porta muestras o cualquier cosa que obstruya el sistema.

5. Laplaca caliente no cierran correctamente con la muestra.

Posibles causas

a) Revisar que la señal de la válvula sea constante

b) Algún objeto obstruye el cierre.

Acción: Hay que verificar de objetos entre placas y muestra, en guías de baleros y en tornillo de cierre. Y quitar el objeto o limpiar.

c) El dispositivo ha recibido un golpe muy fuerte que dobló la placa caliente o fría.

Acción: Verificar que las placas frías y calientes estén 90° a la superficie. Si no es así; hay que ver los puntos de soldadura o sujeción que se debilitaron para que sean reforzados. No es necesario desmontar todo, hay que proteger con láminas el área para poder reparar y soldar.

6. El dispositivo no prende

Posibles causas

a) Verifique las conexiones de electricidad.

b) Todos los Switch deben estar activados

c) Se han realizaron de manera incorrecta las conexiones. Recuerde que el dispositivo necesita corriente 110V, una mala conexión puede generar que los equipos se quemen. En caso de encontrarse en esta situación hay que conectar equipo por equipo y probar y si fuera el caso verificar fusibles, si el daño es mayor hay que mandar reparar el aparato dañado con un proveedor.

d) Algún cable se salió de sus conexiones principales

Acción: verificar las conexiones desde raíz y ajustar en caso necesario.

e) Algún cable está machucado y no pasa la corriente.

f) El Switch térmico puede estar dañado, de ser así reemplazarlo

Acción: Si se tiene identificado el dispositivo que no enciende. Hay que probar la continuidad del cable y reemplazar en caso de falla.

e) Se des configuró el PLC, llamar al técnico calificado para su restauración. Si no se conoce sobre el sistema de programación, no intervenir.

Check List

Operador: _____ Fecha: __/__/__

Área	# de Parte	Parte	Check	Observaciones
Mecánica	1	Rieles internos		
	2	Porta muestras interno		
	3	Porta muestras secundario		
	4	Baleros		
	5	Rodamientos		
	6	Muestra		
Neumática	16	Unidad de mantenimiento		
	17	Pistones		
	18	Presión		
Eléctrica	21	Fuente de 12V		
	22	Fuente de 24V		
	23	Fuente de 110V		
	24	PLC		
	25	Electroválvula		
	26	PLC		
	27	PC		
Software	34	LoggerNet		
Líquidos		Conexiones y mangueras		
		Chiller		

Observaciones _____

Capítulo 7

RESULTADOS

7.1 Resultados generales

Los resultados del dispositivo están ligados directamente al funcionamiento de la máquina en cuanto al trabajo que realiza, la eficiencia con la que realiza sus funciones y los datos obtenidos.

- Diseño CAD

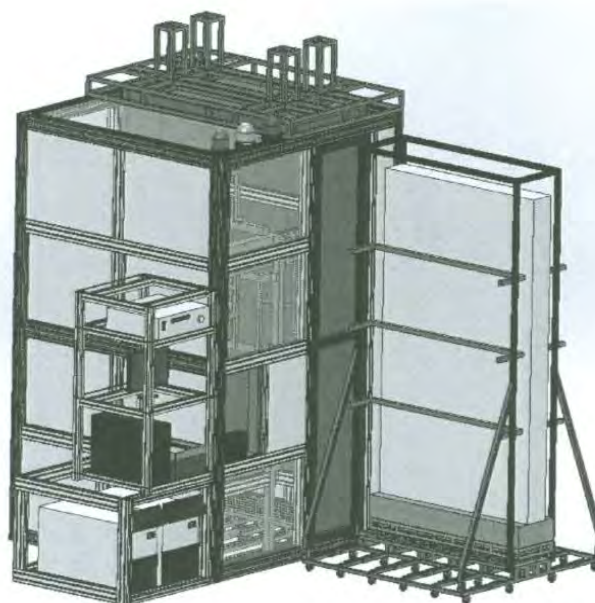


Figura 7.1 Diseño CAD del dispositivo

- Fabricación
 - Porta muestra
 - Placas fría y caliente
 - Vehículos de placas
 - Estructura general
 - Automatización



Figura 7.2 Fabricación del dispositivo

- Pruebas del dispositivo y resultados con trazabilidad.

Fig. 7.3

Dimensiones: Altura 1,20m, Largo 1,20m, Ancho 1,00m

Valor	Unidades	Temperatura Calor	Temperatura Ambiente	Tolerancia	Tiempo de Prueba
		25°C		±0%	

Gráfica de medición

Temperatura de Temperatura (25)	Condición de Temperatura (25)	Resultado de Temperatura (25)

Observaciones:

REPORTE DE MEDICIÓN

Metodo de ensayo: Método de medición de propiedades térmicas

Operador: And. Paul Ayala (Lab. Tercer) Fecha: 10/01/2024

Material: Cemento M.F. Clase: C30

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Figura 7.3 Reporte de medición

Diseño CAD

El diseño CAD del dispositivo, está basada en una lluvia de ideas que se dio por parte del equipo de investigación. En su primera etapa se hizo una propuesta por parte del equipo de automatización, a partir de ahí se comenzaron a hacer modificaciones según las características que eran necesarias para el proyecto. La segunda parte del equipo que apoyo en el diseño fueron los investigadores quienes se dedicaron al área de termodinámica, transferencia de calor y sistemas de sellado, partes fundamentales para el correcto funcionamiento del sistema. Una vez especificado las dos áreas se unieron las ideas en un solo diseño el cual concluyo con el TR-02.

7.2 Mecanismos

La parte dinámica del dispositivo está compuesta por los porta muestras y el sistema móvil de la placa caliente. Todos ellos obtuvieron los resultados esperados. Los porta muestras fueron de gran ayuda para la manipulación de la muestra, pues fue posible moverla a través del laboratorio para lograr la alineación con la máquina.

Una vez alineada la muestra con el dispositivo fue más sencillo introducirla para su medición; el sistema de rodamientos fue de gran importancia para la manipulación de la muestra dado que facilito mucho el trabajo para moverla, cabe destacar que en el prototipo anterior a este (TR-00) la muestra se colocaba en una sola posición y ahí debía quedarse hasta finalizar la medición, una vez terminada debía ser destruida para poner la siguiente.

El caso del TR-01 la muestra se puede introducir y retirar cuantas veces se requiera, con la ventaja de manipular una muestra de 700kg entre dos personas.

Una vez dentro entro en función una de las principales partes internas del dispositivo, la

estructura móvil de la placa caliente, la cual, se encarga de ejercer la presión necesaria para lograr el contacto con las placas fría y caliente. El mecanismo logro ser un éxito, fue posible mover la muestra sin dificultad y lograr el contacto completo. Resulto que para esta parte del dispositivo es de crucial importancia el mantenimiento y la verificación de las partes antes de las mediciones.

En general la parte mecánica del dispositivo cumplió con las funciones para las que fueron diseñados y fabricados.

Aun así se tiene que estar muy pendiente del mantenimiento general de la máquina, debido a que un simple error o falta de este podría ocasionar daños de gravedad al sistema o al operador.

7.3 Aislamiento

La parte del aislamiento térmico resulto ser una de las partes más complicadas del diseño, esto se debe a la condición de que el espesor de la muestra puede variar, y las tolerancias de altura y largo son grandes, fue complicado lograr que la cámara de pruebas quedara completamente sellado, lo que provoca fugas de temperaturas en la prueba si no está bien sellado, por lo tanto se optó por ingresar de manera manual materiales aislantes de apoyo al momento de la medición.

Otro de los inconvenientes del aislamiento es el valor de conductividad térmica que posee; si observamos en las especificaciones del tipo de medición, se habla de un sistema de temperatura unidireccional, en donde es muy importante cumplir con esta condición, pero al intentar medir materiales aislantes con el mismo o menor valor de conductividad térmica la dirección de la temperatura se distorsiona y se obtiene valores erróneos en la medición, esto se debe a que el rechazo que ofrece el material aislante del dispositivo (foamular, $K=0.03W/mC^{\circ}$) es similar al de la muestra y hace que la resistencia al calor sea la misma o mayor en las otras direcciones.

7.4 Automatización

El dispositivo contiene un sistema semiautomático que sirve de apoyo para hacer el acomodo e indicaciones de cada función del aparato. Los componentes realizaron sus funciones satisfactoriamente, logrando el objetivo planteado al inicio del proyecto.

Es importante resaltar que el dispositivo aun cuenta con varias áreas de trabajo las cuales pueden ser automatizadas y mejorar sus funciones. El mantenimiento en la estructura del control es mínimo, siendo esto un logro más para el dispositivo.

Una de las partes más delicadas de esta parte son los termopares, debido al extremo cuidado que deben tener para su manipulación pues son muy sencillos de fracturarse o romper la punta debido a las altas presiones que maneja el dispositivo.

7.5 Mediciones

La comparación de resultados fue la base para definir si las mediciones del dispositivo eran correctas. Se compararon tres tipos de materiales distintos tabla roca, triplay y foamular. La comparación se hizo con los datos obtenidos del medidor de conductividad térmica EP500e, los resultados fueron favorables.

El TR-01 es un dispositivo para medir propiedades térmicas en sistemas constructivos, caracterizadas por que comprende:

1. Los medios para realizar pruebas de propiedades térmicas de sistemas constructivos de escala real, colocando la muestra entre una placa caliente y una placa fría.
2. Los medios para inducir calor por un lado de la muestra mediante un dispositivo de placa caliente el cual contiene resistencias eléctricas, controladas por una fuente de poder.
3. Los medios para inducir frío por el otro lado de la muestra mediante un dispositivo de placa fría, controlado mediante un sistema enfriador o chiller.

4. Los medios para medir la temperatura entre las placas y la muestra es un arreglo de sensores conectados a un adquisidor de datos el cual digitaliza la señal y la procesa en una computadora.
5. La muestra se aísla completamente en la parte interna del dispositivo haciendo que las condiciones ambientales sean completamente ajenas a la medición.
6. Los medios para fijar la muestra es un sistema de pistones manejados por un controlador lógico programable.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de las mediciones del dispositivo TR-01 juntos con las variables controladas y los gráficos de temperatura con respecto al tiempo, la cual representa en cierto punto al final de la medición, un lapso de tiempo donde el sistema se muestra estable y que es de utilidad para llevar a cabo los cálculos necesarios para obtener la conductividad térmica del material de construcción y la resistencia térmica del mismo.

Aunado a ellos están los resultados del medidor de conductividad térmica alemán EP500 con el cual se hacen los comparativos de los resultados para acreditar las mediciones del dispositivo semiautomático de medición de propiedades térmicas en sistemas constructivos.

En los siguientes reportes se muestran los resultados de las mediciones obtenidas por el TR-02 y las condiciones en las que se trabajaron los materiales, la gráfica explica como son las temperaturas en la superficie del muro en cada uno de los puntos donde se encuentran los termopares, indicando los cambios de temperatura a lo largo del proceso.

La grafica se observa en tiempo real y esto ayuda a que podamos darnos cuenta en que momento el sistema se encuentra estable y uniforme con variaciones de temperatura máxima (por lado) un grado centígrado. Para avalar los resultados, fueron comparados con mediciones realizadas en el Ep500e, dando en todos ellos resultados favorables y muy cercanos entre sí, con variaciones de $0.01\text{W/m}^{\circ}\text{C}$.

REPORTE DE MEDICIÓN

Medición de propiedades térmicas de materiales de construcción

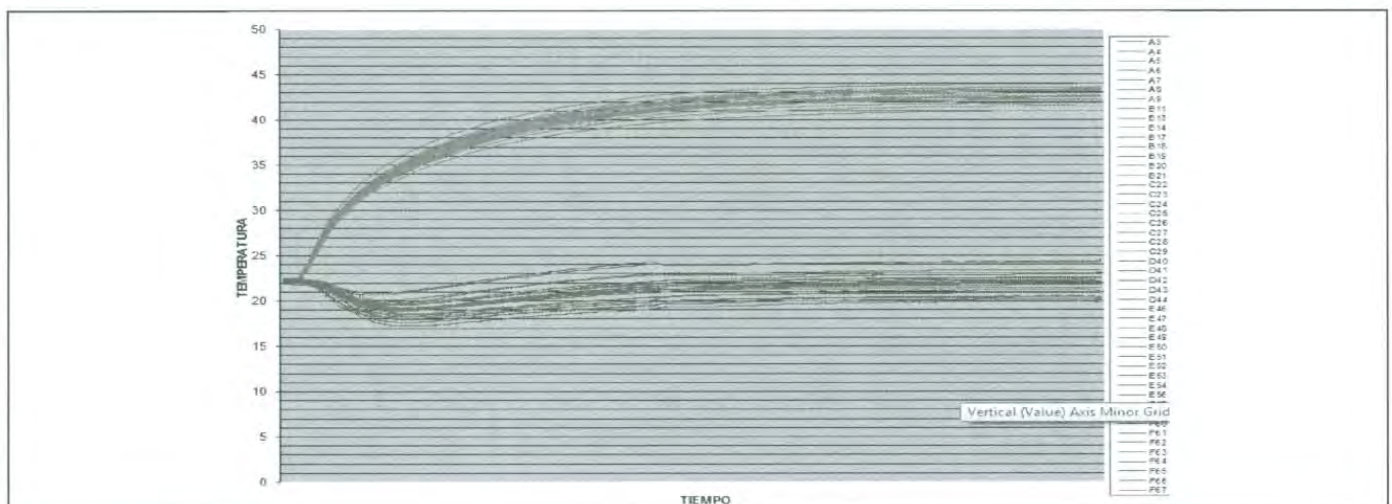
Operador: Aldo Paul Alamea López Ramos Fecha: 21/Nov/2013

Material: Triplay de 1/2" Clave: _____

Dimensiones Altura: 2.00m Largo: 1.20m Ancho: 0.0125m

Voltaje	Amperaje	Temperatura Chiller	Temperatura Ambiente	Humedad	Tiempo de Prueba
29.8V	13A	15°C	24°C	33%	9:13hr

Grafica de medición



Diferencial de Temperatura (ΔT)	Conductividad Térmica (λ)	Resistencia Térmica (R)
20.35°C	0.0952W/m°C	0.1260 k m ² /W

Observaciones: _____

REPORTE DE MEDICIÓN

Medición de propiedades térmicas de materiales de construcción

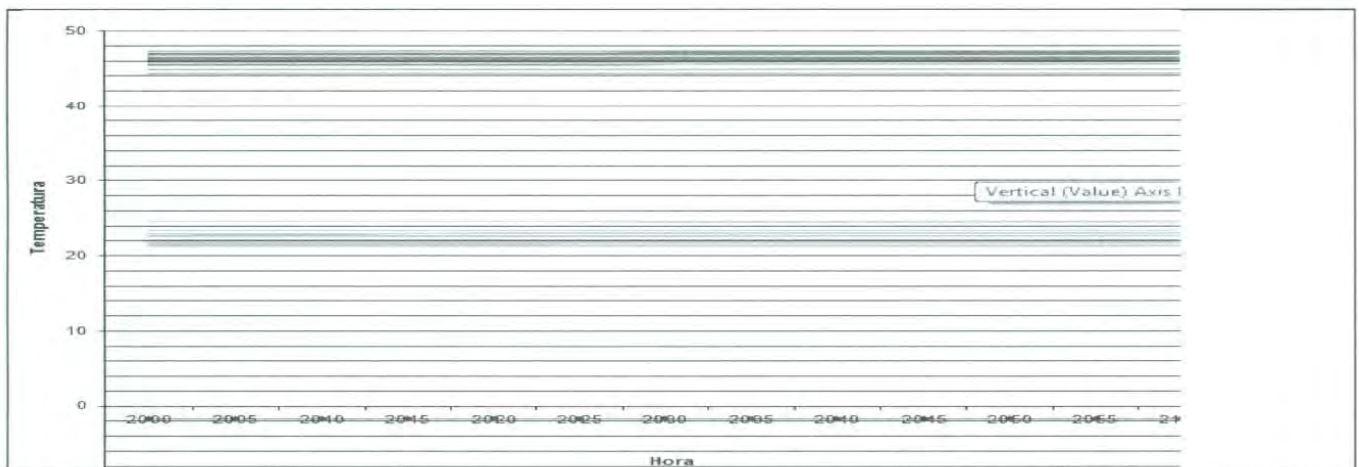
Operador: Aldo Paul Alamea López Ramos Fecha: 25/Nov/2013

Material: Triplay de 1/2" Clave: _____

Dimensiones Altura: 2.00m Largo: 1.20m Ancho: 0.0125m

Voltaje	Amperaje	Temperatura Chiller	Temperatura Ambiente	Humedad	Tiempo de Prueba
34.5V	15A	5°C	28°C	37%	10:16hr

Grafica de medición



Diferencial de Temperatura (ΔT)	Conductividad Térmica (λ)	Resistencia Térmica (R)
23.51°C	0.1101 W/m°C	0.1090k m ² /W

Observaciones: _____

REPORTE DE MEDICIÓN

Medición de propiedades térmicas de materiales de construcción

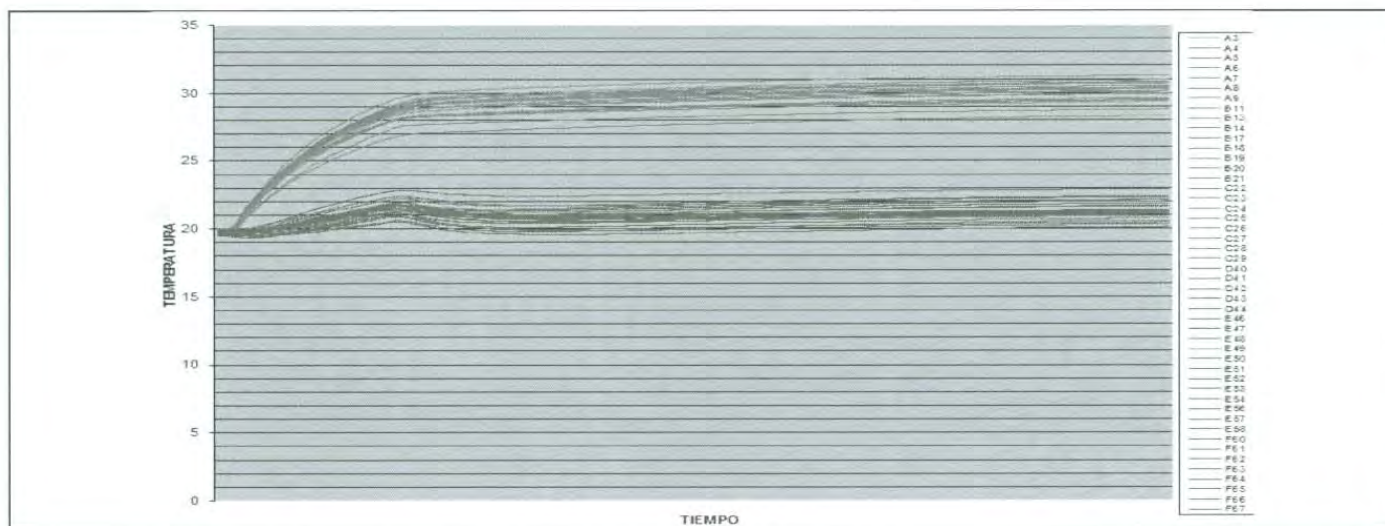
Operador: Aldo Paul Alamea López Ramos **Fecha:** 29/Nov/2013

Material: Tabla roca de 1/2" **Clave:** _____

Dimensiones **Altura:** 2.00m **Largo:** 1.20m **Ancho:** 0.0125m

Voltaje	Amperaje	Temperatura Chiller	Temperatura Ambiente	Humedad	Tiempo de Prueba
22.9V	10A	12°C	22°C	36%	10:19hr

Grafica de medición



Diferencial de Temperatura (ΔT)	Conductividad Térmica (λ)	Resistencia Térmica (R)
8.91°C	0.1347 W/m°C	0.0934 k m ² /W

Observaciones: _____

REPORTE DE MEDICIÓN

Medición de propiedades térmicas de materiales de construcción

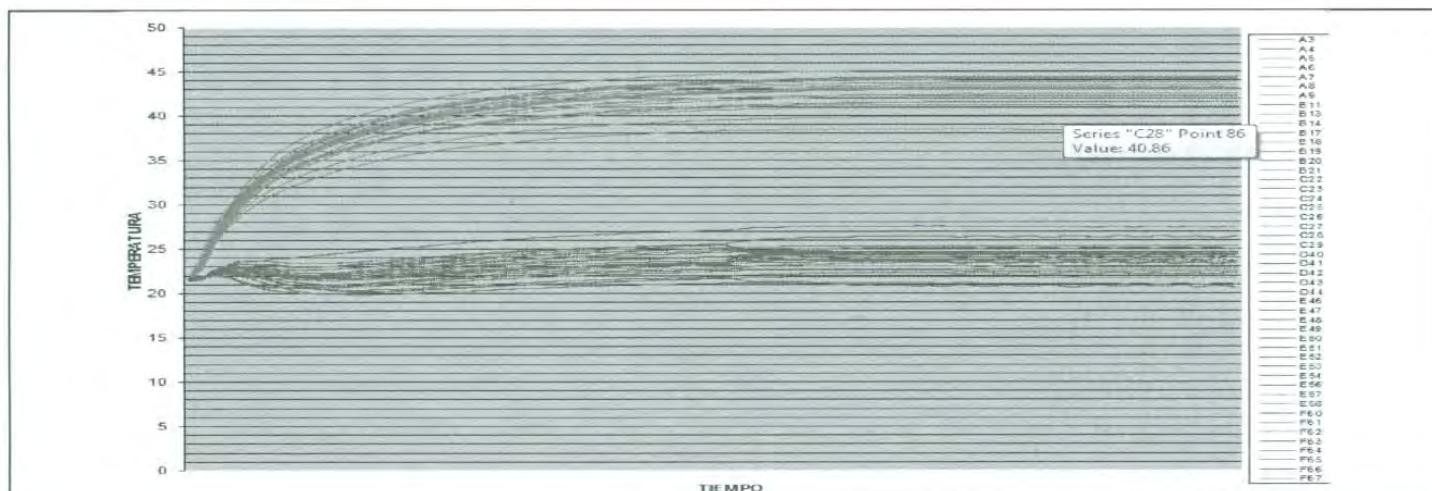
Operador: Aldo Paul Alamea López Ramos **Fecha:** 02/Dic/2013

Material: Tabla roca de 1/2" **Clave:** _____

Dimensiones **Altura:** 2.00m **Largo:** 1.20m **Ancho:** 0.0125m

Voltaje	Amperaje	Temperatura Chiller	Temperatura Ambiente	Humedad	Tiempo de Prueba
34.5V	15A	5°C	24°C	34%	12:23hr

Grafica de medición



Diferencial de Temperatura (ΔT)	Conductividad Térmica (λ)	Resistencia Térmica (R)
19.02°C	0.1426 W/m°C	0.0882 k m ² /W

Observaciones: _____

REPORTE DE MEDICIÓN

Medición de propiedades térmicas de materiales de construcción

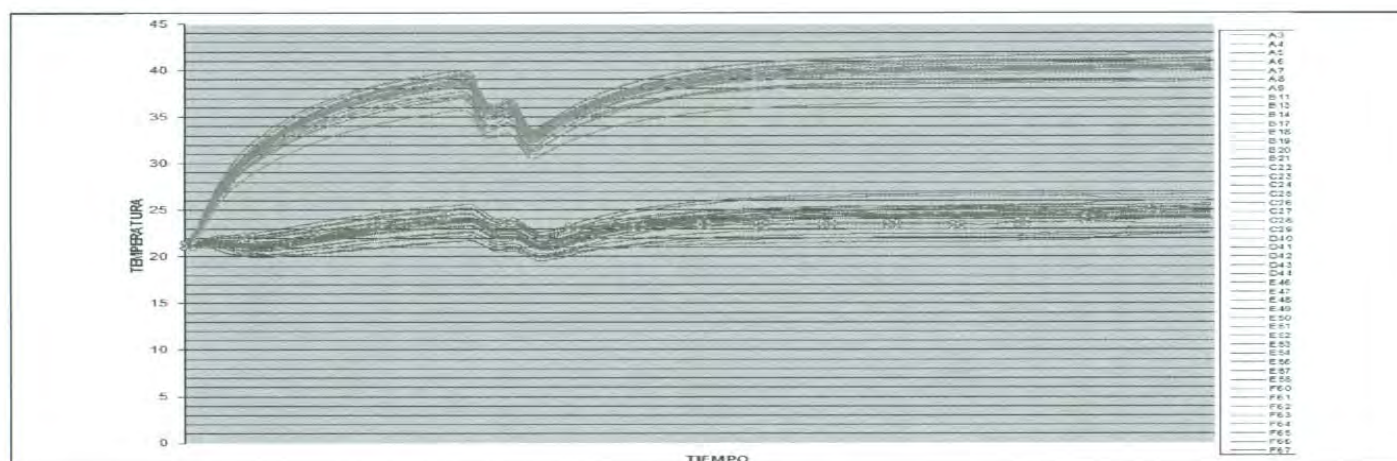
Operador: Aldo Paul Alamea López Ramos **Fecha:** 03/Dic/2013

Material: Tabla roca de ½" **Clave:** _____

Dimensiones **Altura:** 2.00m **Largo:** 1.20m **Ancho:** 0.0125m

Voltaje	Amperaje	Temperatura Chiller	Temperatura Ambiente	Humedad	Tiempo de Prueba
29.9V	13A	9°C	21°C	33%	10:35hr

Grafica de medición



Diferencial de Temperatura (ΔT)	Conductividad Térmica (λ)	Resistencia Térmica (R)
15.82°C	0.1287 W/m°C	0.0977 k m ² /W

Nota: El salto se debe a una falla en la fuente de poder, la cual fue apagada durante la medición por accidente y podemos notar como la temperatura de ambos lados desciende a falta del suministro de calor. Al momento de ser encendida de nuevo retoman las temperaturas correspondientes.

Conclusiones

Al finalizar este trabajo se puede concluir que los resultados del dispositivo fueron satisfactorios; para justificar este argumento, nos basamos en la comparación de las mediciones del medidor de conductividad térmica EP500e con las mediciones del TR-01 junto con los cálculos realizados por los investigadores.

En cuanto al funcionamiento técnico, se ha cumplido con los objetivos del diseño del dispositivo, cada parte del sistema realiza las funciones para las que fueron diseñadas.

Una de las deficiencias que tiene este sistema es que no es posible medir materiales aislantes que tengan una conductividad menor al material utilizado para aislar el dispositivo (Foamular, $K= 0.03\text{W/mC}^\circ$), aun así la gama de muestras que se pueden medir es muy alta.

Como se mencionó al inicio de este documento, este sistema nos facilitara la labor de hacer el estudio de materiales en cuanto a la propiedad de transferencia de calor se refiere.

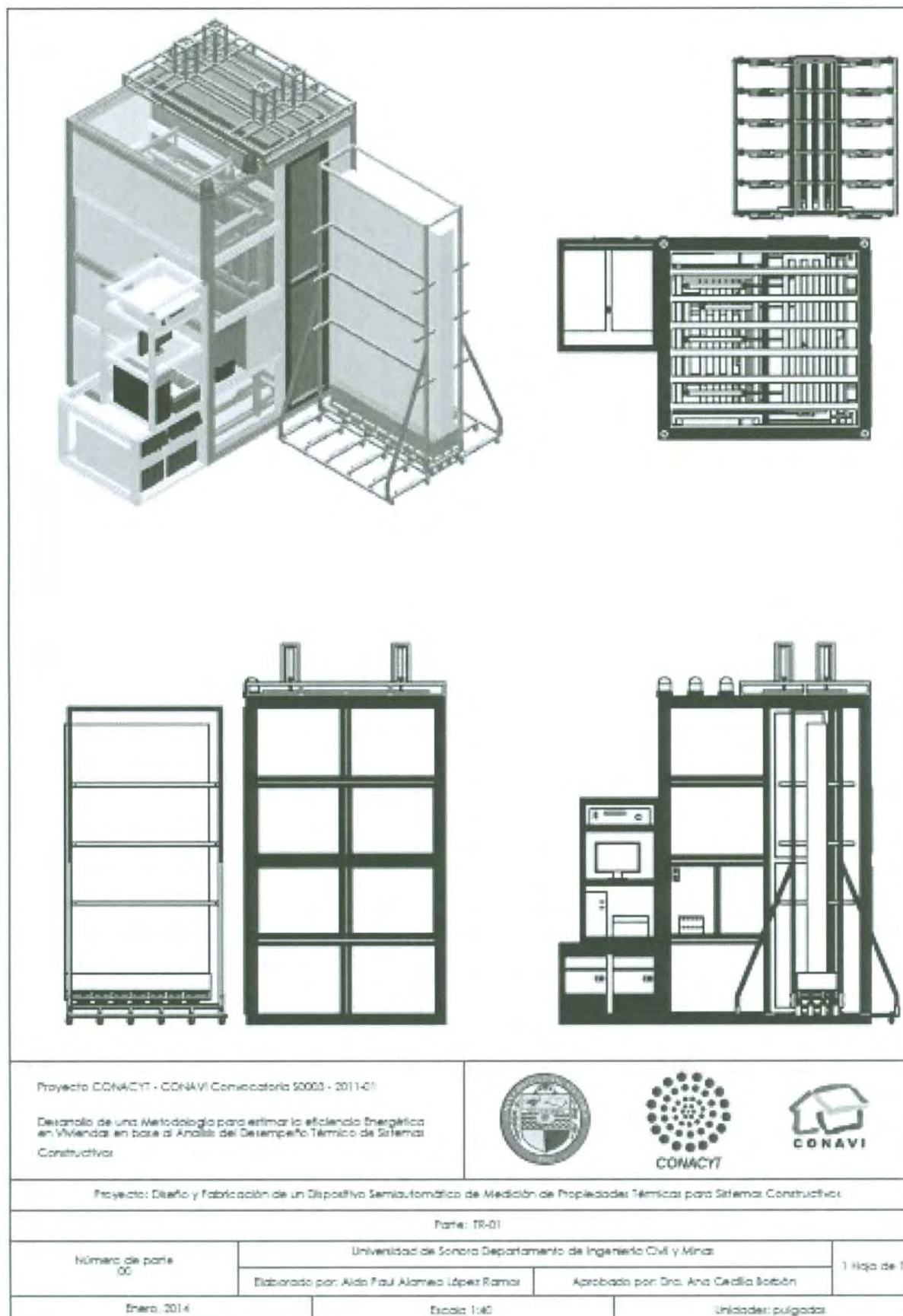
Será necesario construir un sistema porta muestras de mayor eficiencia en el exterior del dispositivo, ya que con el que se cuenta no fue posible la manipulación de la muestra por un solo operador aun así se logró manipular la inestable muestra de más de media tonelada por dos personas.

El siguiente paso en el diseño es convertirlo en sistema totalmente automatizado capaz de cumplir con todas las funciones por sí solo.

La creación de este tipo de tecnologías ayuda de manera directa a las mejoras de las viviendas que se construyen en estos tiempos, es muy importante tratar de hacer mejoras que tengan menos consumo energético, esto apoya indirectamente al medio ambiente y tecnologías o materiales sean más eficientes en cuanto a sus objetivos se refiere. Si hablamos en niveles del ciudadano común el beneficio se verá reflejado en los consumos energéticos ya sea de refrigeración o calefacción para el hogar.

Cabe resaltar que los materiales aislantes para la construcción ya existen y son todos aquellos que se anexan a las construcciones después de ser edificadas como el foamular, el poliestireno expandido, etc. pero como se menciona tiene que ser anexados a la construcción y eso genera un costo extra, con esta tecnología podremos estudiar materiales comunes y baratos o reciclables con los cuales podemos fabricar edificaciones de alta eficiencia térmica a bajo costo.

El éxito de este dispositivo está basado en resultados de libros y del dispositivo EP500eaun así se tendrán que establecer normas que rijan esta medición para respaldar los resultados obtenidos.



ANEXO 1 PLANOS ESTRUCTURALES

A continuación se presentan una serie de planos de las partes estructurales más importantes del sistema. Todas ellas tienen una función vital en el TR-01, de faltar una de ellas no sería posible realizar la medición correctamente.

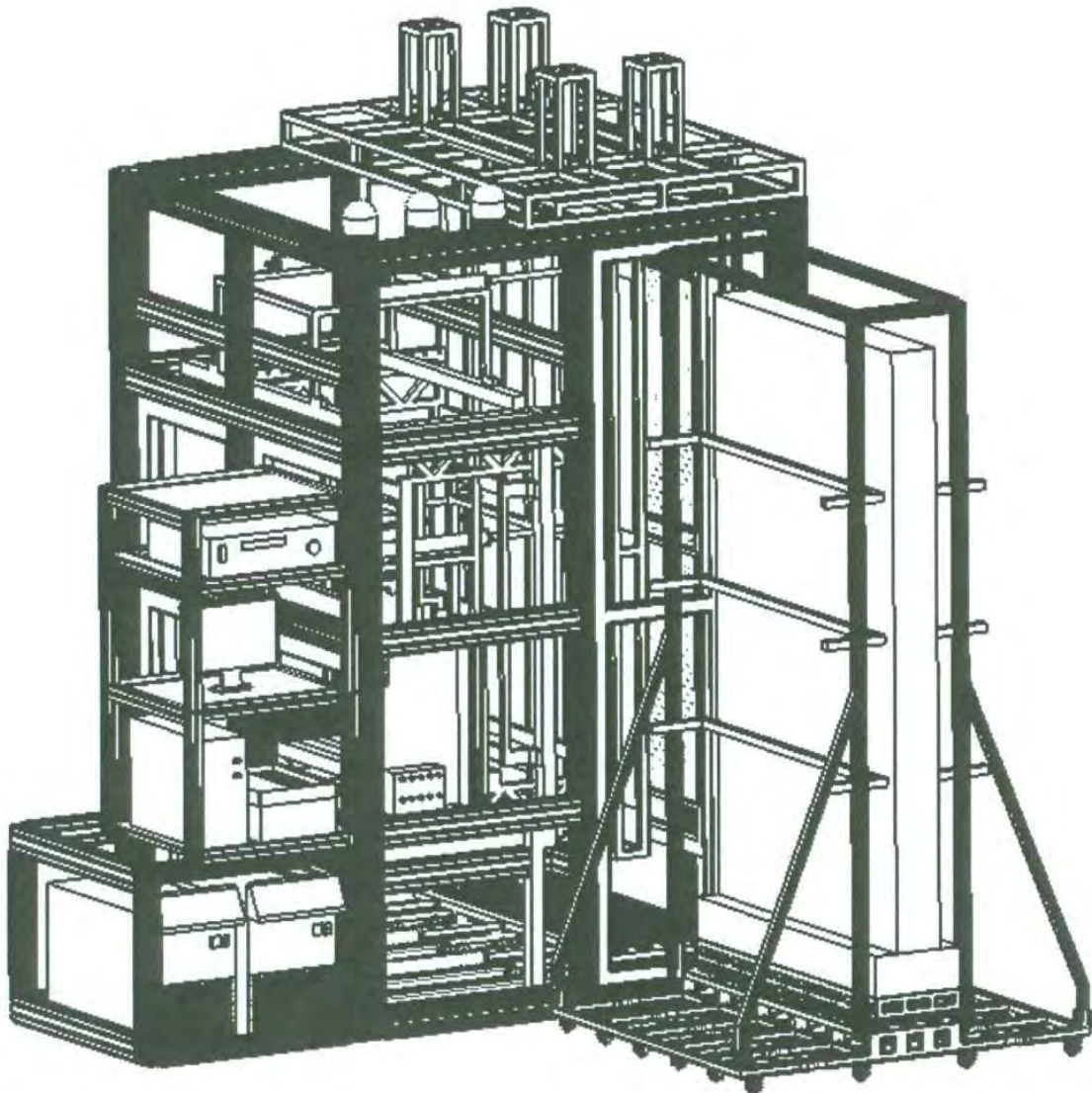
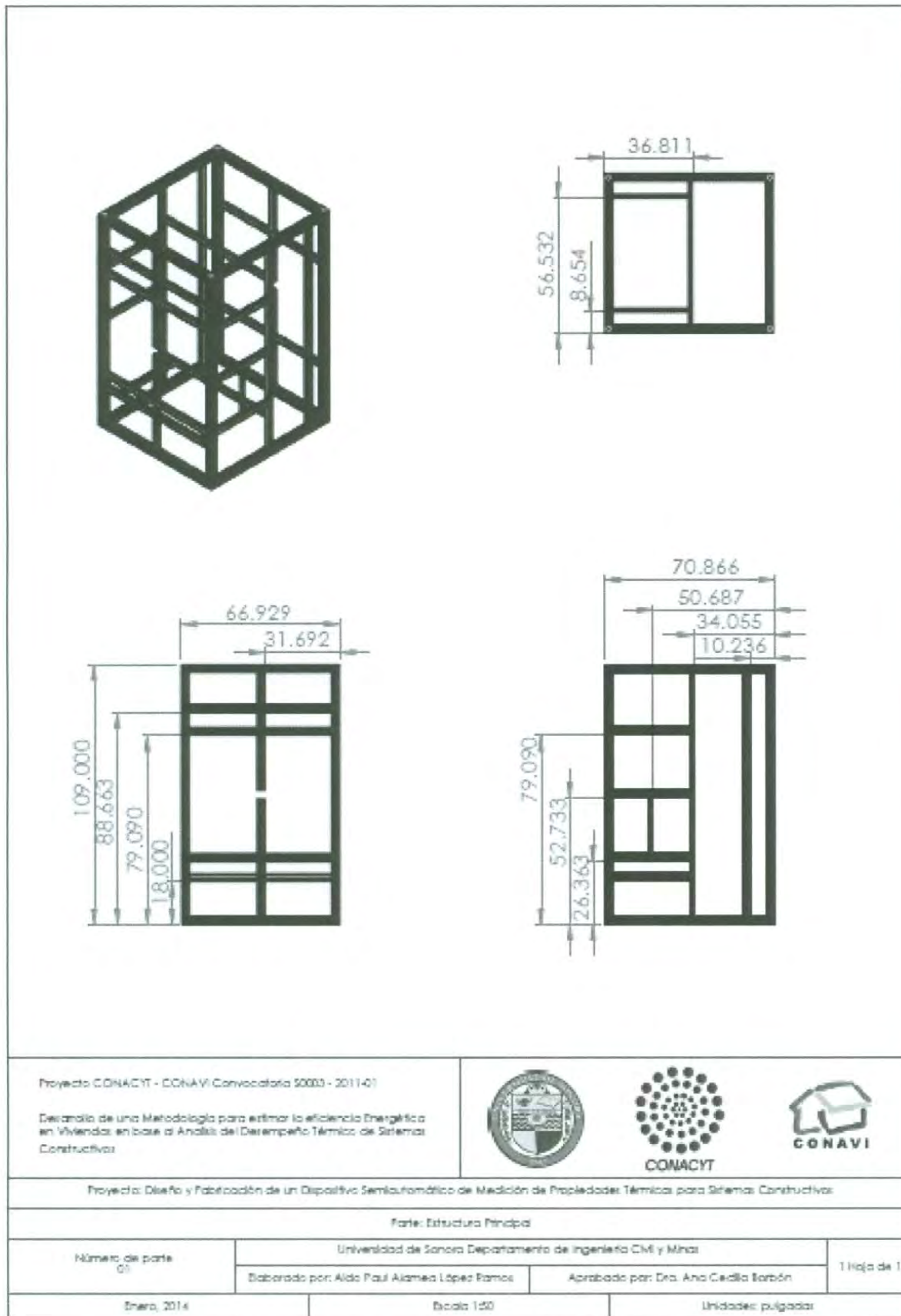
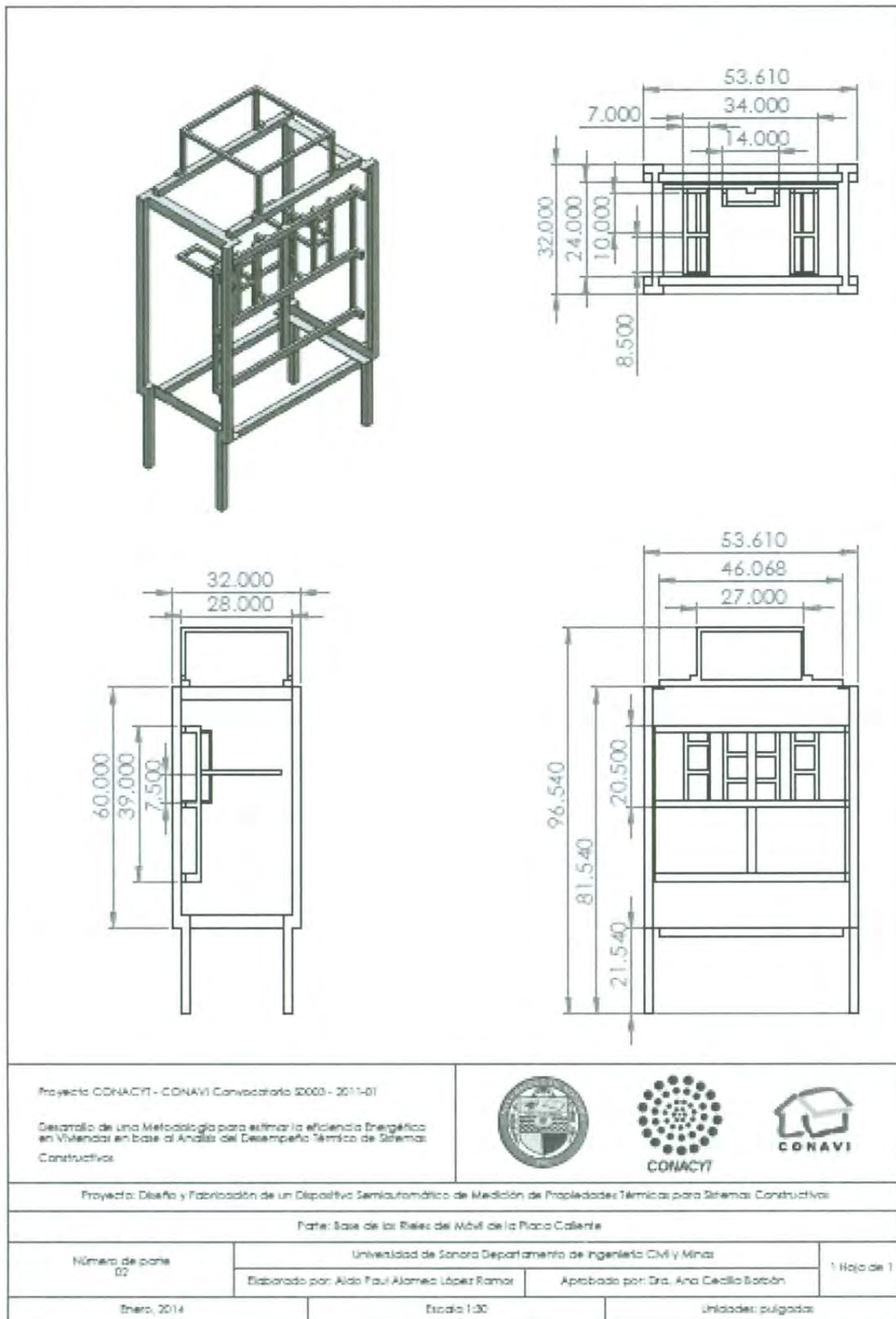
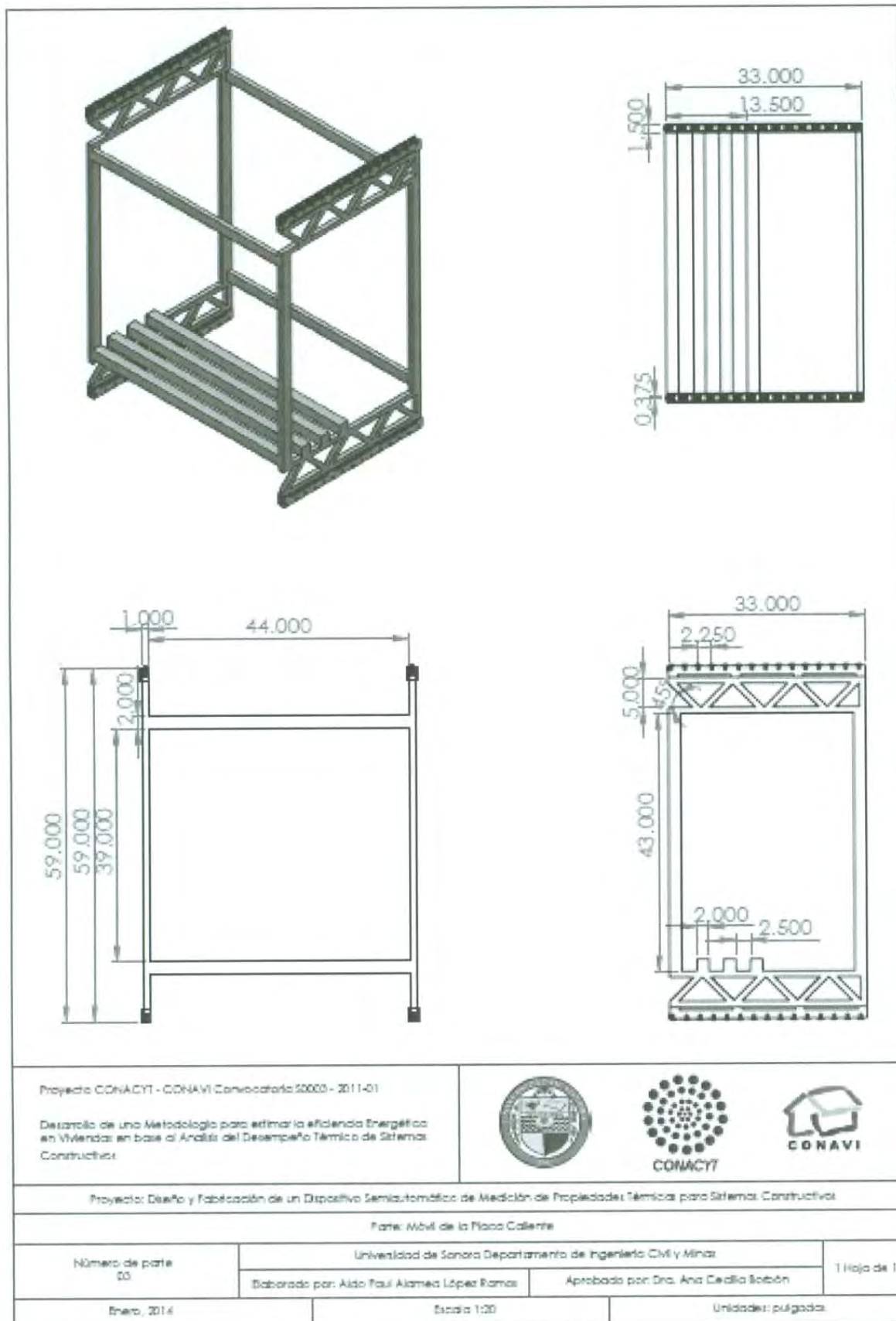
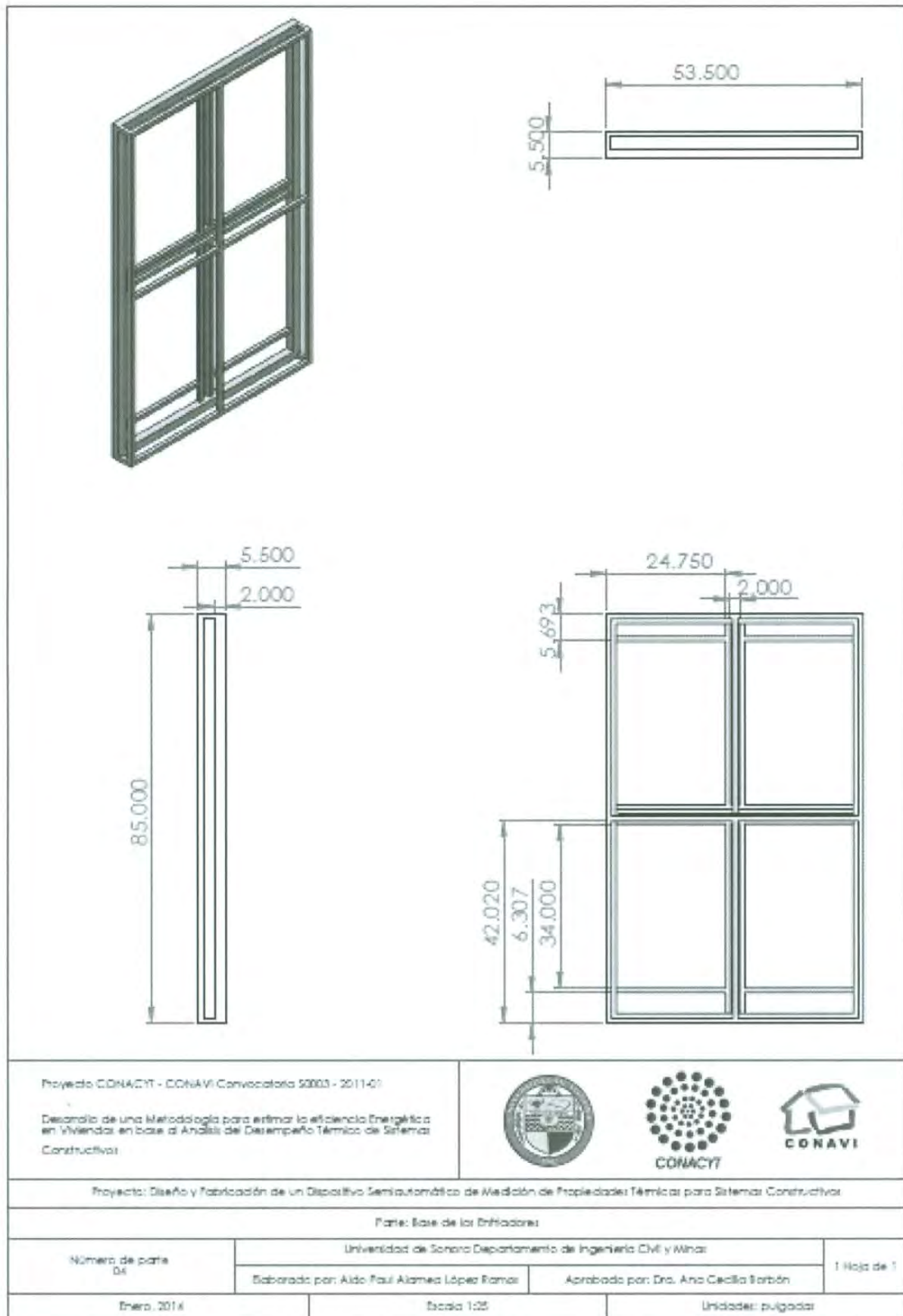


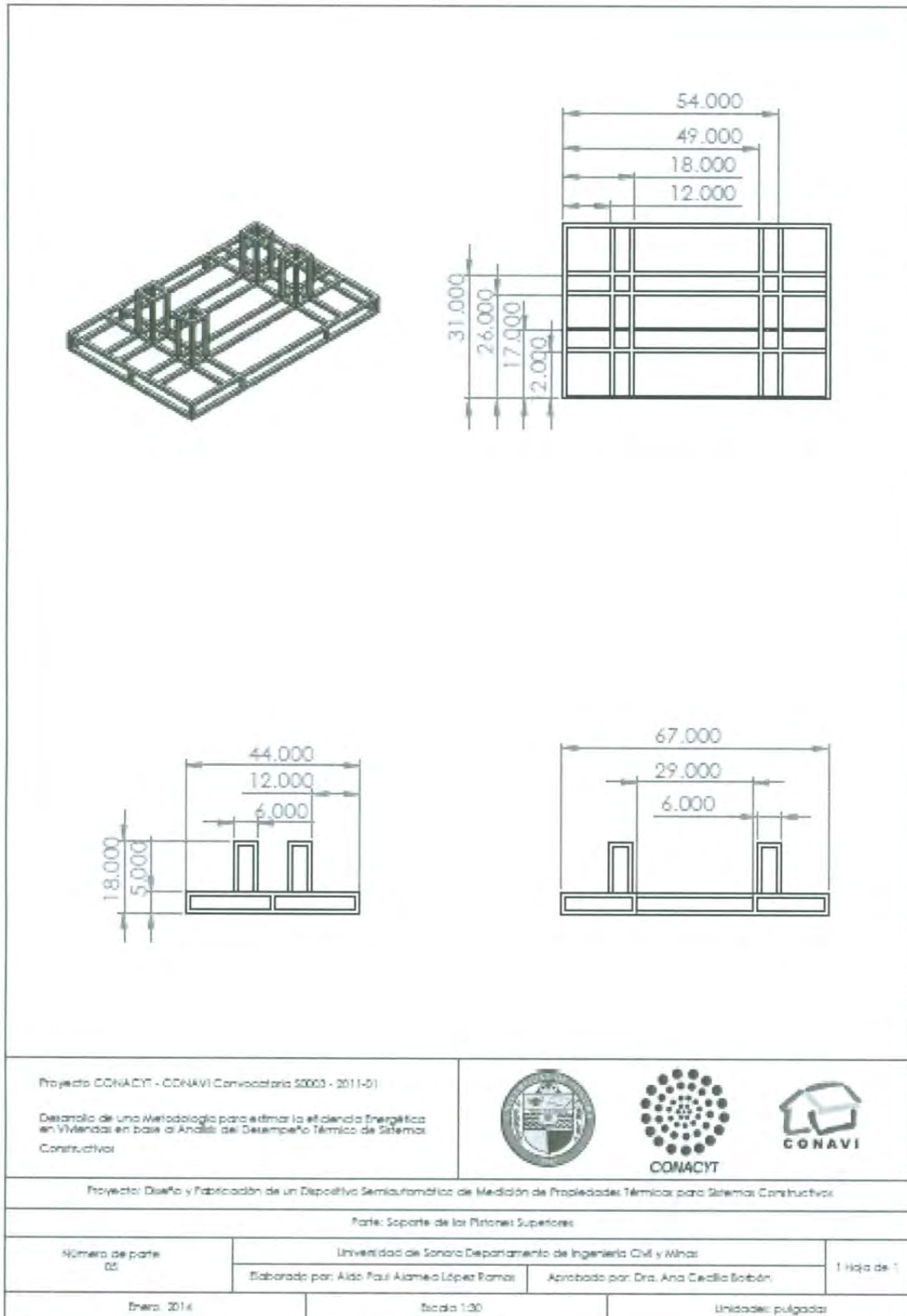
Figura 0.0 TR-01











Proyecto CONACYT - CONAVI Convocatoria 50003 - 2011-01

Desarrollo de una metodología para estimar la eficiencia energética en viviendas en base al Análisis del Desempeño Térmico de Sistemas Constructivos



Proyecto: Diseño y fabricación de un Dispositivo Semiautomático de Medición de Propiedades Térmicas para Sistemas Constructivos

Parte: Soporte de los Pistones Superiores

Número de parte
05

Universidad de Sonora Departamento de Ingeniería Civil y Minas

Elaborado por: Aldo Paul Alamea López Ramos

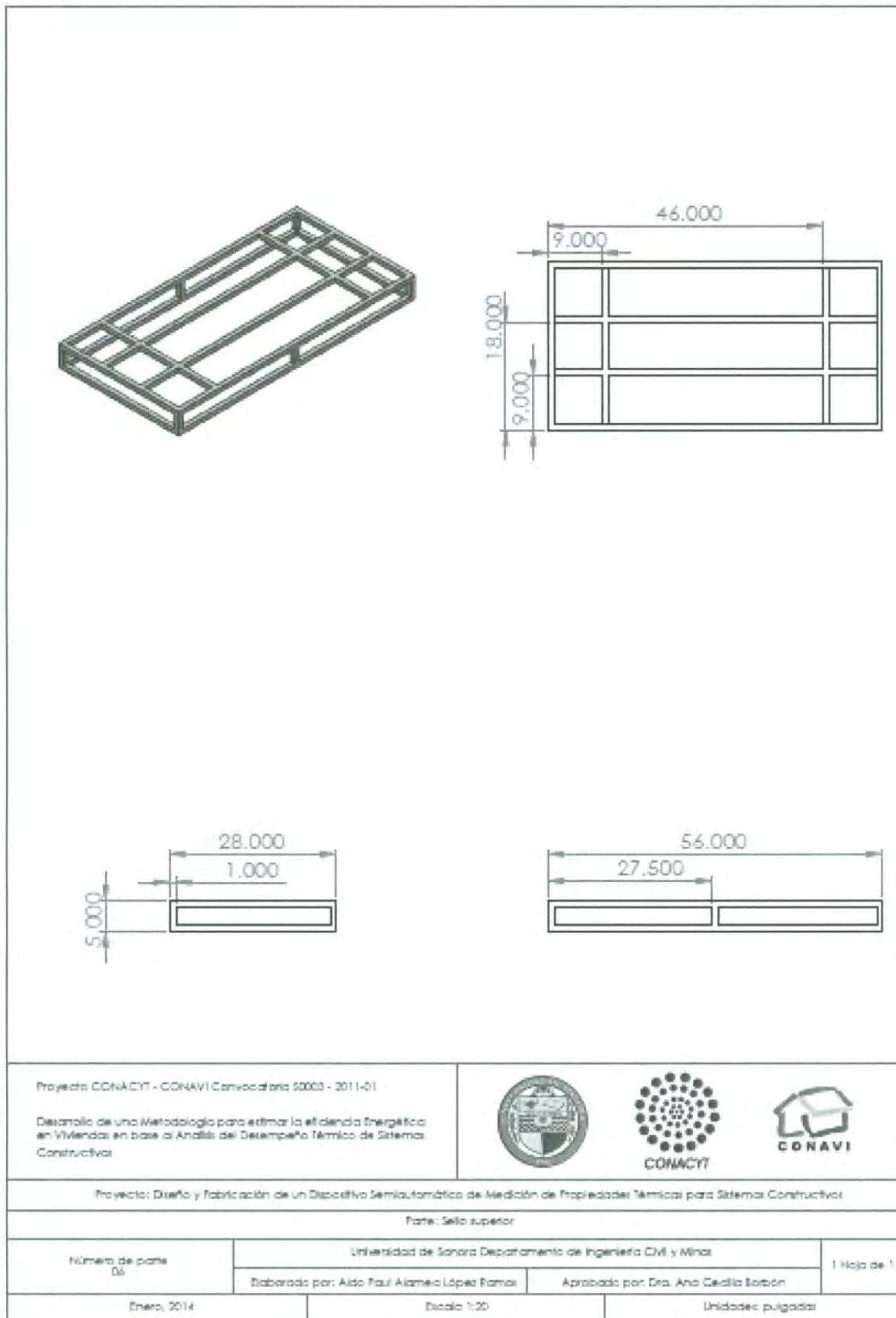
Aprobado por: Dra. Ana Cecilia Sobón

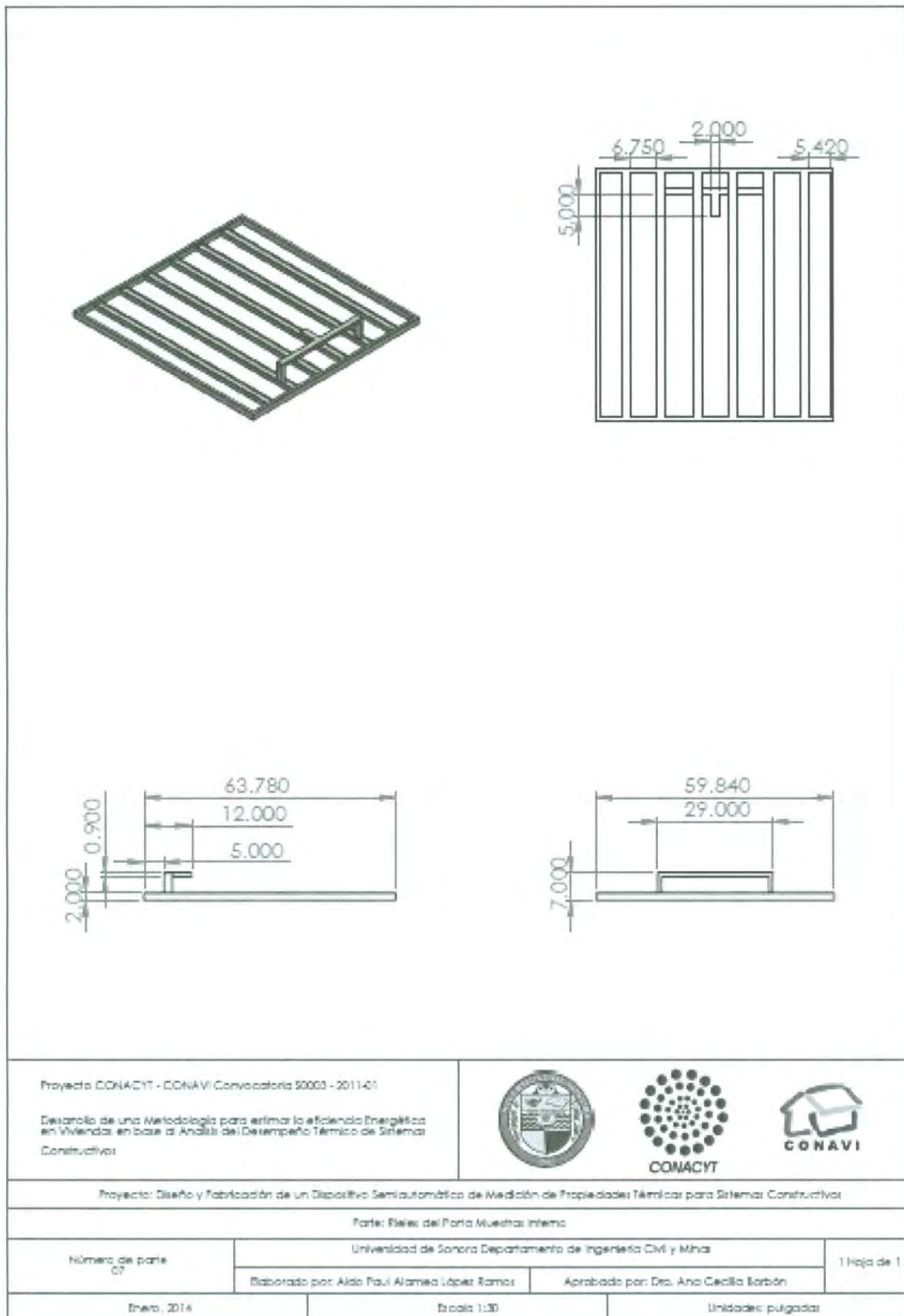
1 Hoja de 1

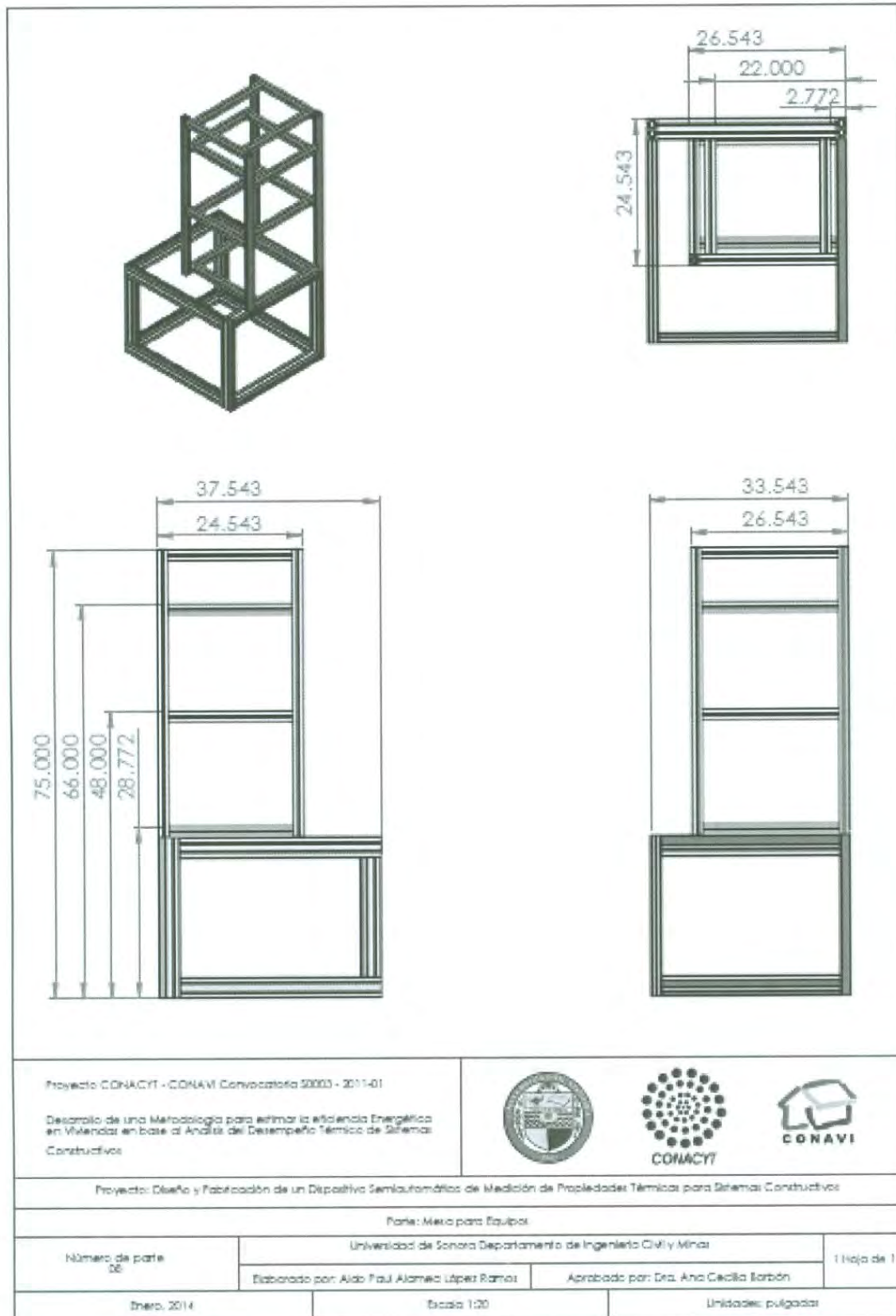
Enero 2014

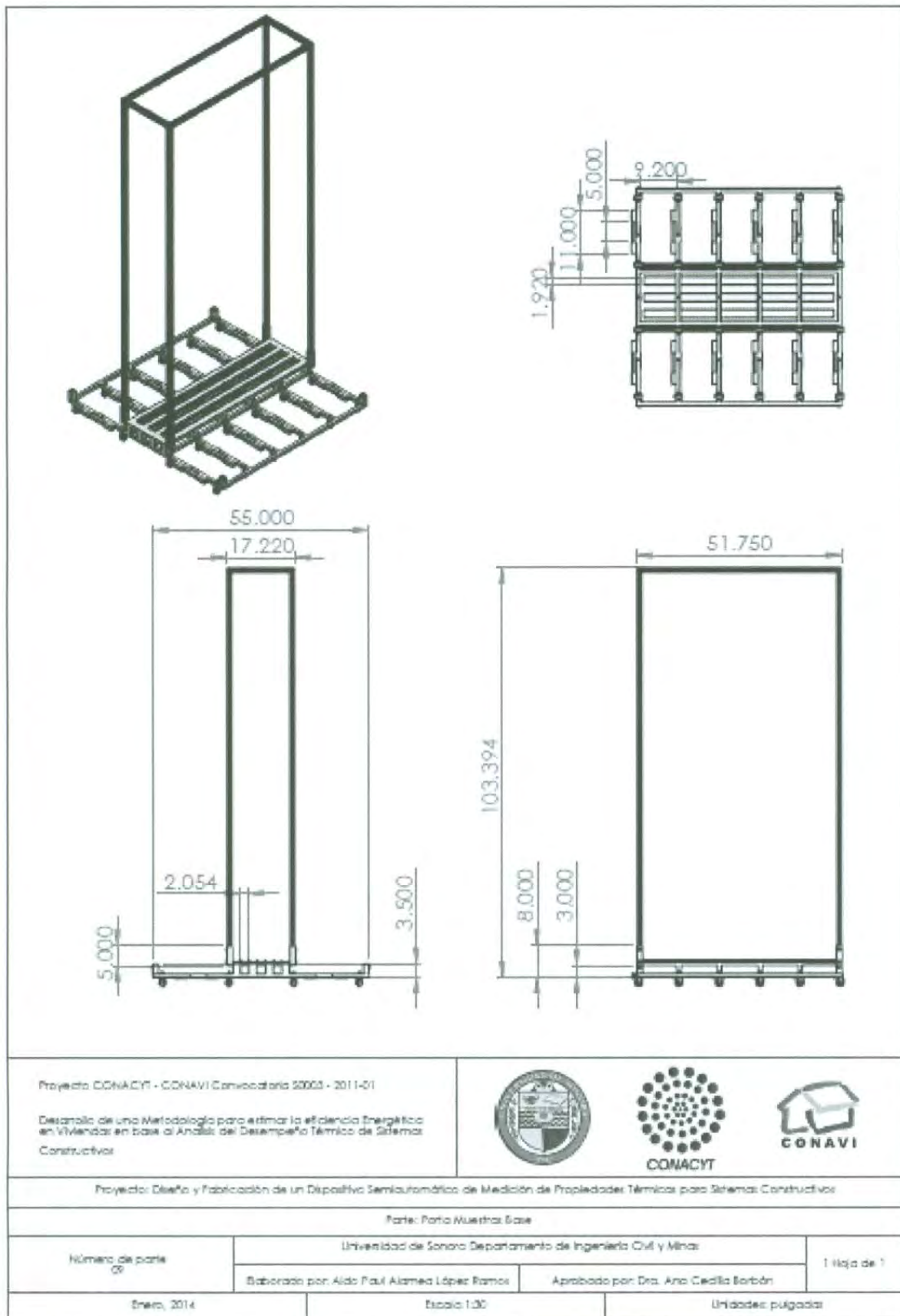
Escala 1:30

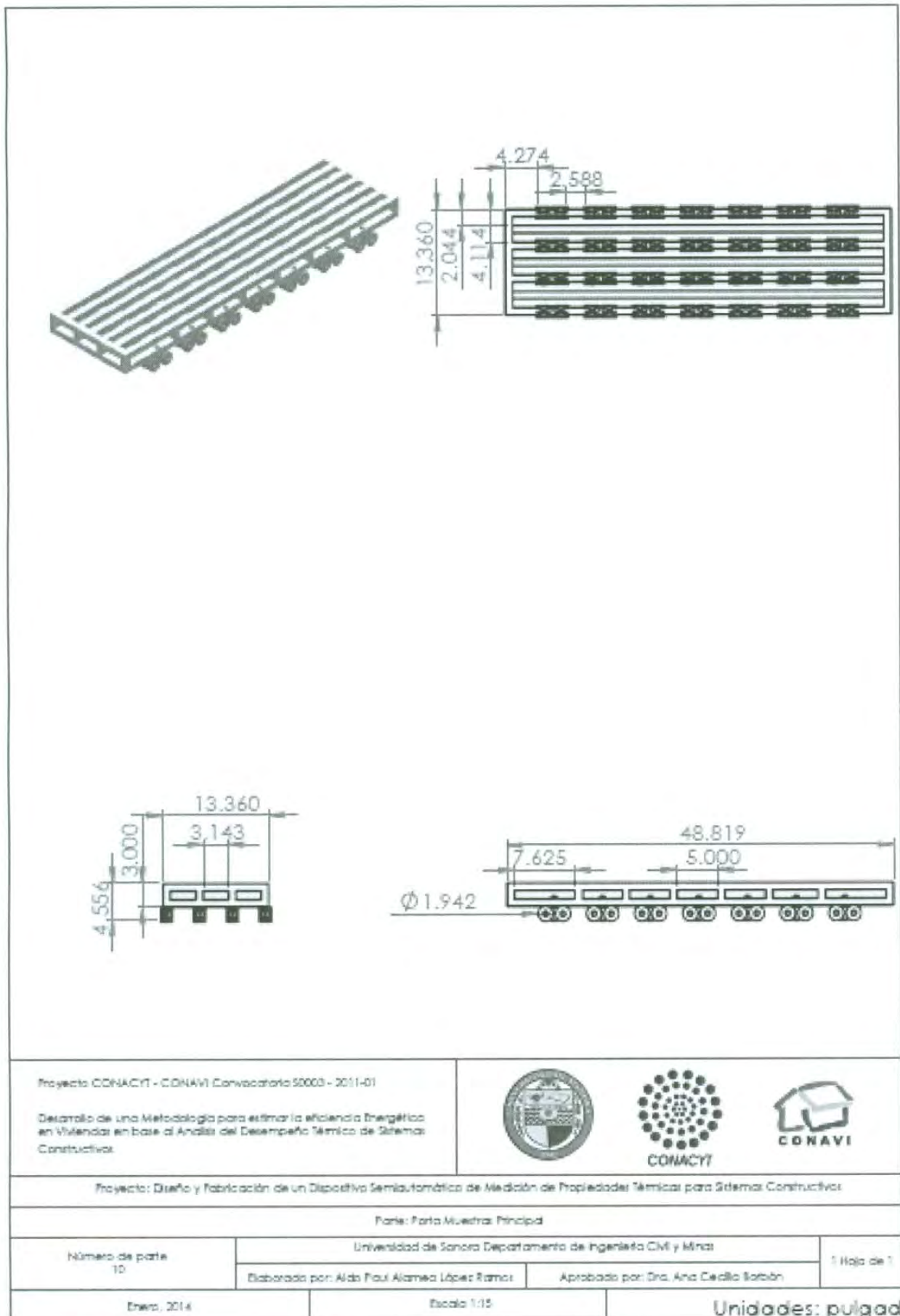
Unidades: pulgadas

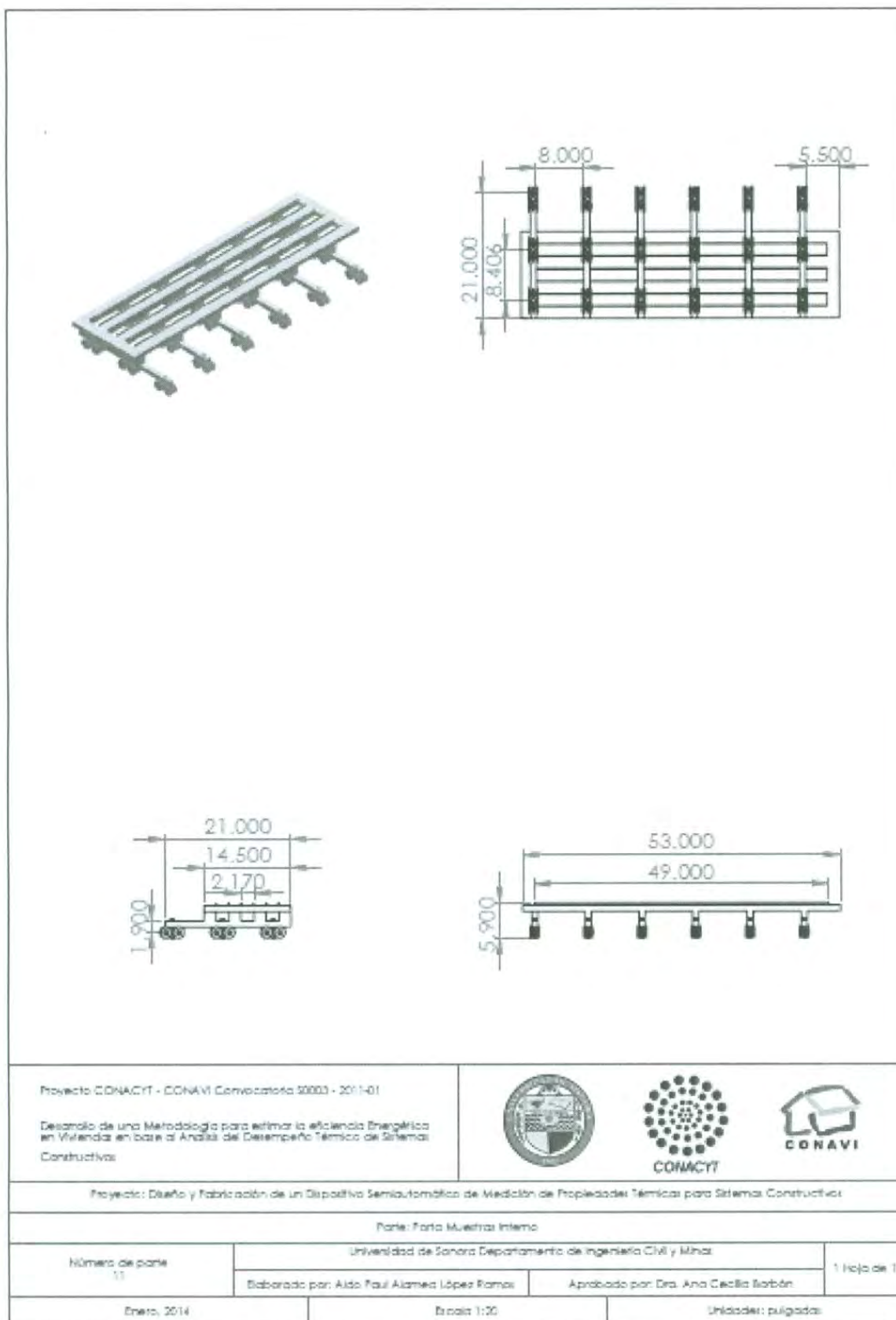












Proyecto CONACYT - CONAVI Convocatoria 30003 - 2011-01 Desarrollo de una Metodología para estimar la eficiencia energética en Viviendas en base al Análisis del Desempeño Térmico de Sistemas Constructivos		  
Proyecto: Diseño y fabricación de un Dispositivo Semiautomático de Medición de Propiedades Térmicas para Sistemas Constructivos		
Parte: Foto Muestra Interno		
Número de parte 13	Universidad de Sonora Departamento de Ingeniería Civil y Minas	
	Elaborado por: Aldo Paul Alzmea López Ramos	Aprobado por: Dra. Ana Cecilia Sorbán
	1 Hoja de 1	
Enero, 2014	Escala: 1:20	Unidades: pulgadas

ANEXO 2 EQUIPOS, COMPONENTES Y DIAGRAMAS ELÉCTRICOS

Equipos

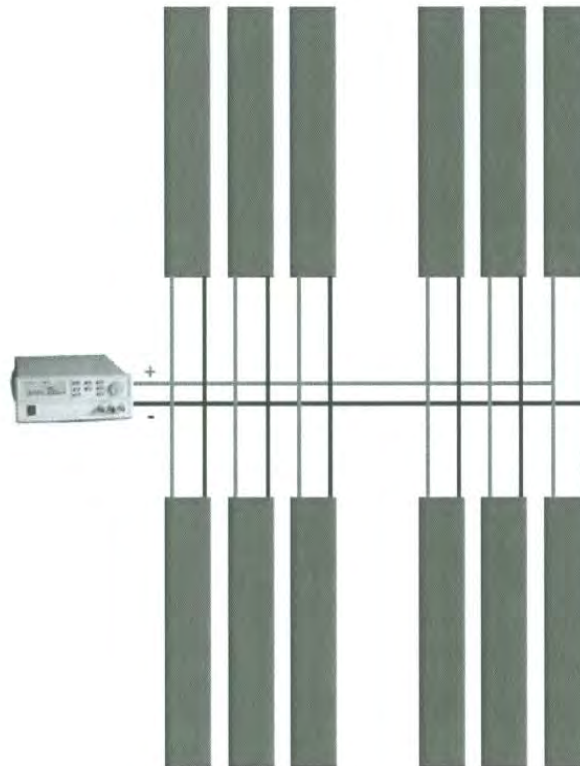
- Equipo de computo
- Fuente de poder principal
- Fuente de poder del PLC 24V
- Fuente de poder de las luces 24V
- Fuente de poder de los indicadores 12V
- Adquisidor de Datos
- PLC

Componentes

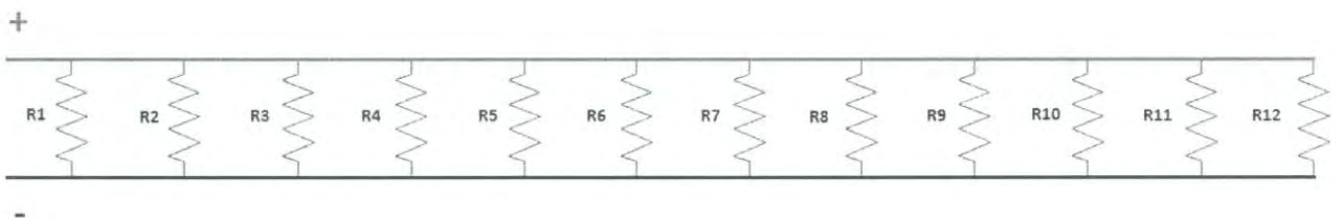
- Resistencia eléctrica
- Botonera
- Indicadores
- Luces de Encendido, Puesta en marcha y Paro

Diagramas eléctricos

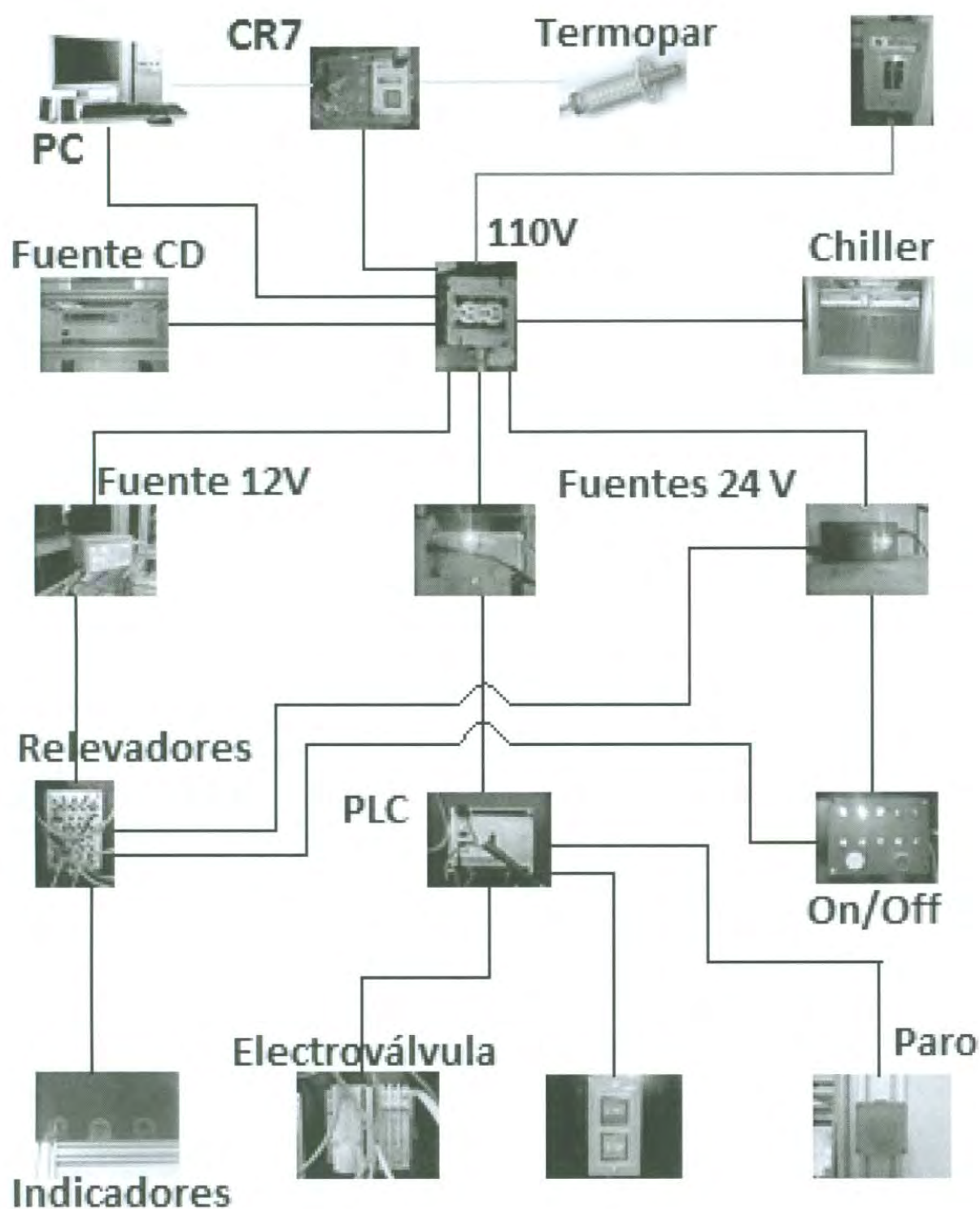
1. Arreglo de Resistencias, conexiones en paralelo



2. Diagrama eléctrico de resistencias



2. Esquema de los dispositivos



ANEXO 3 Programa PLC

Partes desglosadas del programa en CodeSys para el PLC

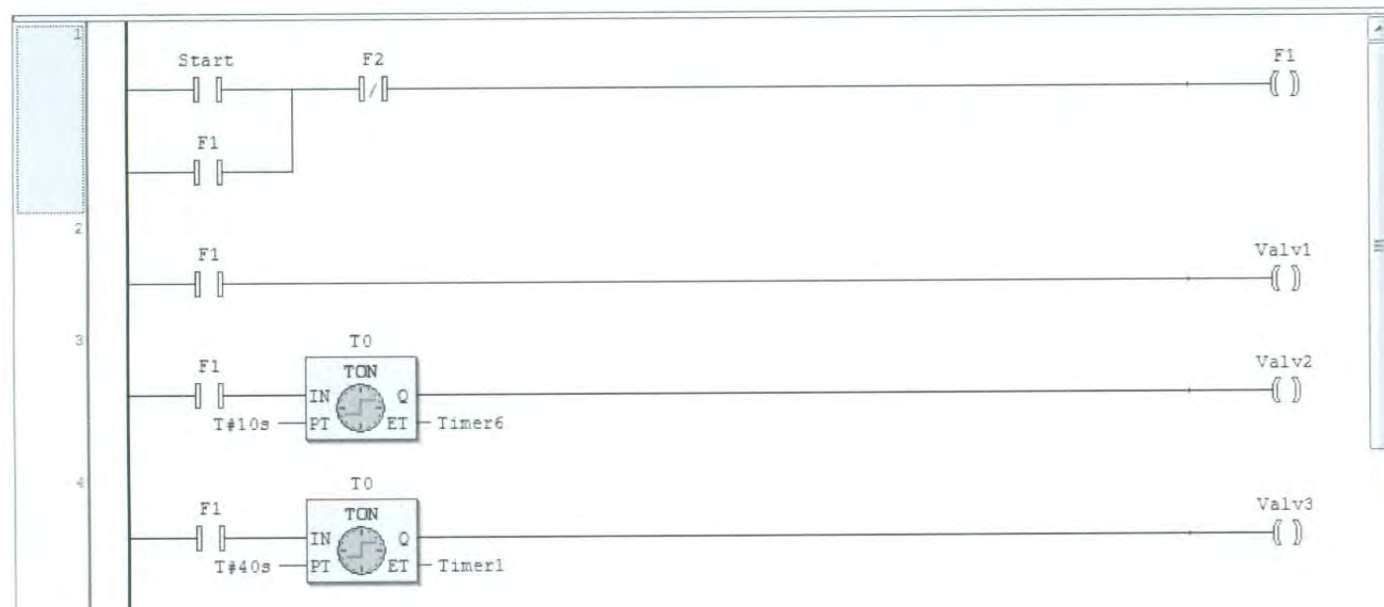
Declaración de variables

```

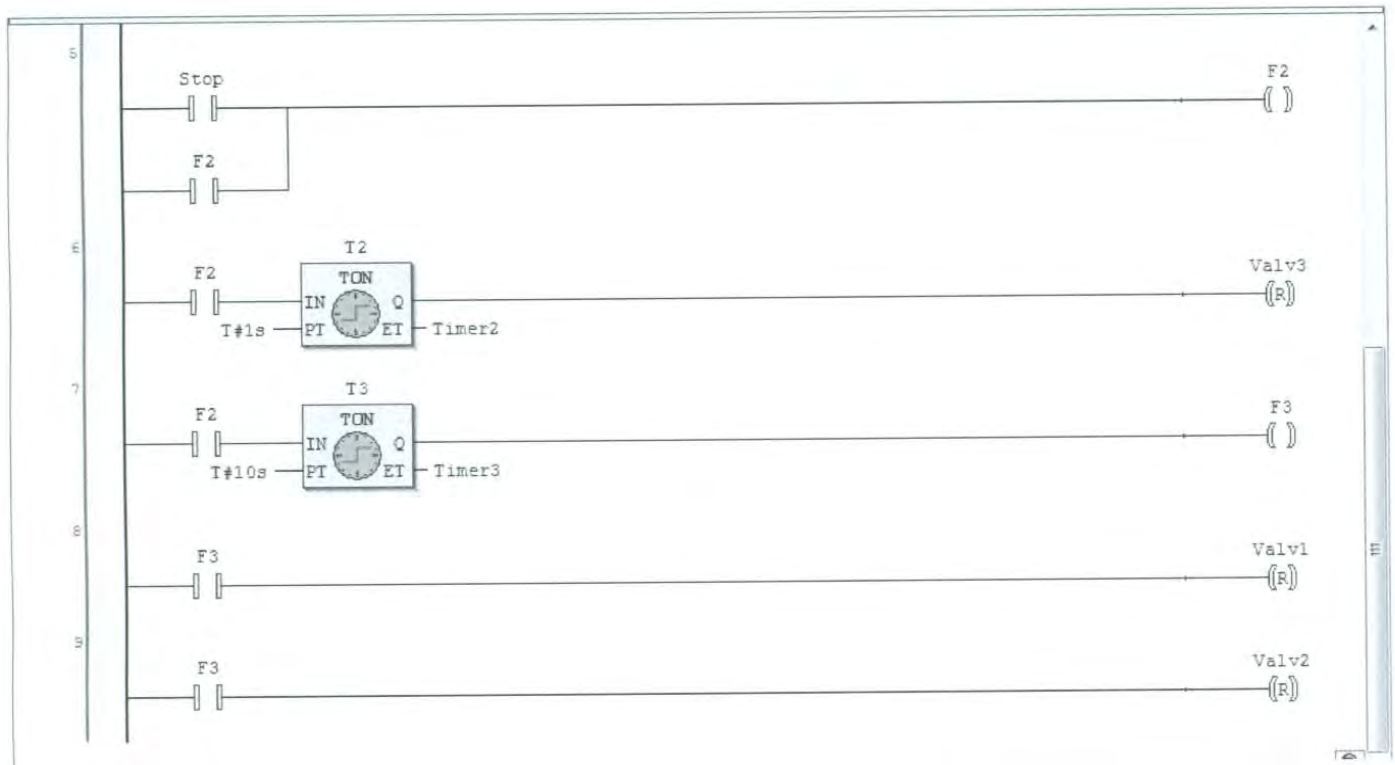
1 PROGRAM PLC_PRG
2 VAR
3     F1: BOOL;
4     T1: TON;
5     Timer1: TIME;
6     F2: BOOL;
7     Timer2: TIME;
8     T2: TON;
9     T3: TON;
10    Timer3: TIME;
11    F3: BOOL;
12    Timer4: TIME;
13    T5: TON;
14    Timer6: TIME;
15    T0: TON;
16 END_VAR

```

Puesta en marcha



Paro de operaciones



ANEXO 4 GALERIA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN



