



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA
CAMPO DE CONOCIMIENTO: TECNOLOGIA

CLIMATIZACIÓN CON PLACAS TERMoeLECTRICAS EN ESPACIOS TÉRMICAMENTE INEFICIENTES

TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRA EN ARQUITECTURA

PRESENTA

PRISCILIA PAZOS PÉREZ

TUTOR: M EN ARQ. LEONARDO ZEEVAERT ALCÁNTARA
FACULTAD DE ARQUITECTURA

MEXICO, DF

2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.





Climatización con placas termoelectricas en espacios térmicamente ineficientes





Contenido

contenido

I. Introducción 01

- 02 I. Energía y climatización
- 03 I.I Consumo de energía para climatización
- 05 II. Cambio climático

Cap 1. Termoelectricidad

- 01 1.1 Fundamentos
 - 01 1.1.1 Efecto Seebeck
 - 01 1.1.2 Efecto Peltier
 - 01 1.1.3 Efecto Joule
 - 01 1.1.4 Efecto Thompson
- 01 1.2. Módulos o placas termoelectricas
- 01 1.2.1 Enfriamiento termoelectrico
- 01 1.2.2 Parámetros fundamentales de un dispositivo Peltier
 - 01 1. Potencia térmica de la placa
 - 01 2. Tensión de entrada de la placa
- 01 3. Coeficiente de operación en caso de refrigeración
- 01 4. Calor absorbido máximo termoelectrico
- 01 1.2.3 Curvas de los módulos termoelectricos
- 01 1.3 Aplicaciones
 - 01 1.3.1 Ventajas y desventajas
 - 01 1.4 Comparación de los termoelectricos. Fotovoltaicos y termoelectricos
- 01 1.5 Fabricantes de módulos termoelectricos

Cap 2. Aire Acondicionado

- 01 2.1 Refrigeración
 - 01 2.1.1 Ciclo de refrigeración
- 01 2.2 Tipos de aire acondicionado
- 01 2.3 Calidad del aire
 - 01 2.3.1 Propiedades del aire
- 01 2.4 Cálculos de carga de enfriamiento
- 01 2.5 Problemas de salud por el uso de aire acondicionado
- 01 2.6 Normas Mexicanas

Cap 3. Estado del Arte

- 01 3.1 Prototipo de Enfriamiento Solar
- 01 3.2 Ventana termoactiva
- 01 3.3 Unidad de Refrigeración Local (URL)

Cap 4.

Propuesta de Prototipo de Climatización Termoeléctrico (PCT)

- 01 4.1 Descripción del PCT
- 01 4.1.1 Funcionamiento del PCT
- 01 4.2 Aportaciones para construcción sustentable
- 01 4.3 Metodología. Technology Readines Level
- 01 4.3.1 TRL 1: Principios básicos observados y reportados
- 01 4.3.2 TRL 2: Formulación del concepto y/o definición de aplicación tecnológica
- 01 4.3.3. TRL 3: Prueba de concepto analítica y/o experimental
- 01 4.3.4 TRL 4: Validación de los componentes aislados
- 01 4.4 Simulaciones en Alice 2.0
- 01 4.5 Metodología del Experimento
- 01 4.6 Prototipo de Climatización (PCT)

Cap 5.

Fase Experimental

- 01 5.1 Calculo de transmitancia del módulo de experimentación
- 01 5.2 Fabricación del módulo de experimentación
- 01 5.3 Aplicación del prototipo 1 en el módulo de experimentación.
- 01 5.4 Datos de medición de temperatura y humedad con el prototipo 1 (Enfriamiento)
- 01 5.4 Análisis de resultados
- 01 5.5 Datos de medición de temperatura y humedad con el prototipo 1 (Calentamiento)
- 01 5.5.1 Análisis de resultados
- 01 5.6 Aplicación del prototipo 2 en el módulo de experimentación
- 01 5.6.1 Experimento 1
- 01 5.6.2 Experimento 2
- 01 5.6.3 Experimento 3
- 01 5.7 Aplicación del prototipo 3 en el módulo de experimentación
- 01 5.7.1 Prototipo final
- 01 5.7.2 Datos de medición de temperatura y humedad con el prototipo 3
- 01 5.7.3 Análisis de datos

II. Conclusiones

- 01 I. Energía y climatización
- 01 I.I Consumo de energía para

III. Referencias

- 01 Referencias

IV. Contenidos

- 100 Imagenes
- 100 Tablas
- 100 Gráficas
- 100 Fórmulas



Resumen (Abstract)

Al utilizar una placa tipo Peltier (dispositivo termoeléctrico que al hacerle circular una corriente induce frío por una de sus caras y por la otra calor) y aprovechar su cara fría en épocas de calor, se puede lograr un equilibrio térmico en el interior de un espacio que difícilmente pueda ser modificado físicamente y no pueda lograrse de forma pasiva.

Se desarrollará un prototipo de climatización termoeléctrico, cuya fuente de energía, será una placa Seebeck (genera corriente eléctrica a partir del calentamiento de esta con radiación solar, efecto inverso al Peltier), que producirá el efecto frío-calor en la placa Peltier, necesario para enfriar el viento del exterior, logrando

enfriarlo y enviarlo al interior de espacio con el objetivo general de reducir la temperatura de un espacio en épocas de calor, evitando o reduciendo el uso de equipos de aire acondicionado y a su vez, reducir el gasto energético en un espacio.

El prototipo, se ubicará en un módulo de experimentación, cuyas paredes serán aisladas térmicamente. Una vez colocado, se realizarán las mediciones de radiación (fuente de energía), temperatura y humedad (interior, exterior y de la envolvente), con el fin de conocer el grado de mejora en el espacio con la introducción del prototipo.

Palabras Clave. keywords: climatización, placa Peltier, placa Seebeck, termoeléctricos, balance térmico, confort térmico, aire acondicionado;



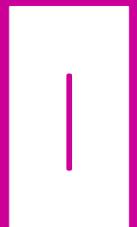
Climatización con placas termoeléctricas en espacios térmicamente ineficientes



Introducción

“Produce una inmensa tristeza pensar que la naturaleza habla mientras el género humano no la escucha”

Victor Hugo





Introducción

Desde su aparición en la Tierra, el hombre ha buscado refugio de las condiciones extremas de la naturaleza y que dicho refugio se adapte a sus necesidades térmicas, acústicas y visuales. Con el tiempo, los espacios que habitaba fueron evolucionando, pasando de ser simples cuevas a ser espacios construidos a su gusto, donde podían desarrollar sus actividades bajo mejores condiciones.

Debido a que los espacios interiores son ocupados entre el 80% y el 90% del día (Dirección General de Ordenación e Inspección, 2012), es de vital importancia que éstos se encuentren en los rangos óptimos de habitabilidad¹.

Sin embargo, el cuidado en el diseño arquitectónico se vio opacado por intereses económicos generando espacios difíciles de habitar, necesitados principalmente de un **confort térmico**, el cual según la American Society of

Heating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), se define como la *manifestación subjetiva de conformidad o satisfacción con el entorno térmico existente*. Debido a la variabilidad psicofisiológica, es prácticamente imposible conseguir que un colectivo de personas, en su totalidad, cualesquiera sean las condiciones ambientales de referencia, manifiesten sentirse confortables en un microclima dado.

Para lograr dicho confort, se recurre a tecnología que pueda mejorar la situación térmica, representando un **alto consumo energético**, siendo poco accesible a todos los usuarios, por lo que en algunos casos continúan tratando la problemática a través de materiales inmediatos, fáciles y accesibles para poder disminuir los efectos del clima en los interiores; por ejemplo, cartones colocados en las ventanas

¹ Es la condición de un ámbito determinado de poder estar adecuado a las necesidades del hombre y de sus actividades. Existen una variada gama de factores que inciden en la habitabilidad como las condiciones ambientales, psico-sociales, económicas, físicas, etc.

Colavidas, F. (2009, Marzo 20) Habitabilidad Básica Revista Arquitectos No 186.. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. P 16-20





para evitar el paso de la radiación solar, bolsas de agua para que "refrescar" el ambiente, etc.



02

Figura 1. Izquierda. Aire acondicionado fuente. www.arqhys.com Derecha. Sistema de enfriamiento casero fuente: cuantarazon.com

i. Energía y climatización

A nivel mundial, el petróleo es el combustible más extraído y usado para la generación de energía (33.1%); sin

embargo, dicho recurso se encuentra en el llamado "Pico de Hubbert"² (Tagueña, 2013), lo que indica que se aproxima una **disminución en la obtención** de este recurso, teniendo como consecuencia una escases inmediata por lo que debe tomarse conciencia de la necesidad al acercamiento a fuentes renovables que evitar la dicha carencia.

En México, las reservas de hidrocarburos siguen siendo la principal fuente de energía para el país. El mayor aporte de energía proviene del petróleo, seguido por el gas natural y el carbón.

TABLA 1. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA (PETAJOULES)³

	2011	2012	Variación porcentual (%) 2012/2011	Estructura porcentual (%)2012
Total	9292.51	9073.83	-2.35	100
Carbón	392.28	327.69	-16.47	3.61
Hidrocarburos	8152.10	8033.58	-1.45	88.54
Petróleo	5933.53	5918.86	-0.25	65.23
Condensados	100.38	87.69	-12.64	0.97
Gas natural	2118.19	2027.03	-4.30	22.34
Nucleoenergía	106.39	91.32	-14.17	1.01
Renovables	641.73	621.24	-3.19	6.85
Hidroenergía	130.56	114.68	-12.16	1.26
Geoenergía	149.29	133.13	-10.83	1.47
Solar	5.81	6.67	14.80	0.07
Energía Eólica	5.93	13.12	121.13	0.14
Biogas	1.47	1.82	23.80	0.02
Biomasa	348.67	351.82	0.91	3.88
Bagazo de caña	90.58	95.08	4.97	1.05
Leña	258.09	256.74	-0.52	2.83

² Conocida como cenit del petróleo o agotamiento del petróleo. Es una teoría acerca de la tasa de agotamiento a largo plazo del petróleo, así como de otros combustibles fósiles.

³ Sistema de Información Energética, Sener



De acuerdo con la Sener, del **79% al 81%** de los recursos energéticos provienen de **derivados del petróleo**, mientras que el **19% al 21%** restante, se encuentra dividido entre diversas fuentes de **energía renovables**, como: solar, eólica, geofísica, oceánica, geotérmica, etc., las cuales son abundantes en nuestro país.

i.i Consumo de energía por climatización

Actualmente los espacios son diseñados de tal manera que consumen una gran cantidad de energía cayendo en un sistema de consumismo que día a día muestra productos que “son indispensables para vivir”, olvidando el medio ambiente y los estragos que durante décadas se han producido.

En México durante los últimos 4 años se han consumido anualmente 34 TW/h anual por acondicionamiento del ambiente en edificaciones. El uso se concentra en el sector residencial (81%) comercio y sector público (19%).

El consumo de energía tiene una distribución geográfica diferente en cada uno de los sectores; el uso residencial se centra en las regiones geográficas con clima cálido, el sector comercial y público ocurre en la totalidad de

las regiones del país, pues estas edificaciones frecuentemente cuentan con aire acondicionado aunque no sea del todo necesario.

Aunque el consumo de equipos de aire acondicionado representa aproximadamente el 12% del uso de energía en los edificios públicos, es pequeño en comparación con países como Estados Unidos donde representa un 50% del gasto total, sin embargo se ha notado un crecimiento del uso de estos equipos en el último año.

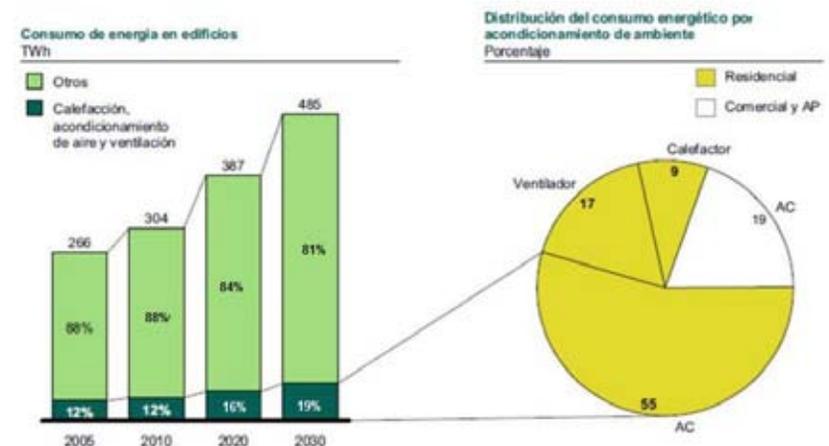


Figura 2. Prospectiva de consumo de energía por Oacondicionamiento de aire en México (TW/h). Fuente: Sener



Climatización con placas termoelectricas en espacios térmicamente ineficientes





Tomando como ejemplo un hogar mexicano, que consume alrededor de 8 735 kWh anualmente, se realiza la siguiente gráfica, donde se muestra el desglose de los equipos que representan el mayor consumo de energía (figura 3):

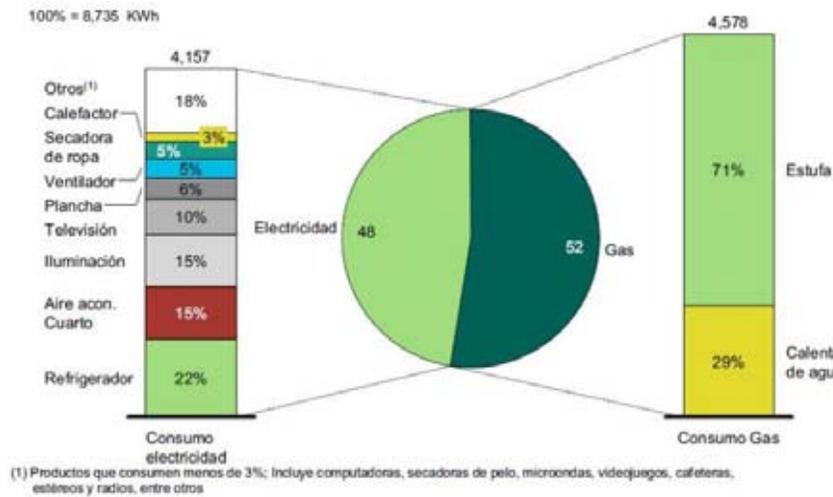


Figura 3. Consumo de energía eléctrica en un hogar. Fuente. Luis Alberto Domínguez Inzunza. Tesis de Maestría UNAM

Es posible notar, que el gasto en equipos de aire acondicionado se encuentra en segundo lugar en

porcentaje en gasto energético en el hogar, representado un alto impacto en la economía familiar, dejando que el confort térmico que se busca al usar estos equipos, sea olvidado para satisfacer otro tipo de necesidades como el uso del refrigerador para conservar los alimentos.

En la siguiente tabla, se muestran algunos gastos mensuales en equipos de acondicionamiento, en una vivienda:

TABLA 2. PROMEDIO DE CONSUMO MEDIO MENSUAL EN EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO⁴

Aparato	Potencia (promedio) Watts	Tiempo uso (periodos típicos)	Consumo mensual (kw/h)	Costo kw/h	Costo mensual Kw/h
Ventilador de mesa o techo	65	8 hrs diarias	16	\$0.93	\$14.88
Ventilador de pedestal o torre	70	8 hrs diarias	17	\$0.93	\$15.81
Ventilador de piso	130	8 hrs diarias	30	\$0.93	\$27.90
Aire lavado (cooler mediano)	400	12 hrs diarias	144	\$0.93	\$133.92
Aire acondicionado	1850	10 hrs diarias	555	\$0.93	\$516.15

⁴ CIME (2011) Tablas de consumo eléctrico. Soluciones integrales de generación y ahorro de energía. México D.F. Costo kw/h. Recibo CFE. Marzo 2014.





de ventana 1					
ton. antiguo					
Aire acondicionado de ventana 1	1200	8 hrs diarias	288	\$0.93	\$267.84
de ventana 1					
ton. nuevo					
Aire acondicionado dividido (minisplit) 1 ton	1160	8 hrs diarias	278	\$0.93	\$258.54
Aire acondicionado dividido (minisplit) 1.5ton	1680	8 hrs diarias	403	\$0.93	\$374.79
Aire acondicionado dividido (minisplit) 2 ton	2280	8 hrs diarias	547	\$0.93	\$508.71
Calentador de aire	1500	4 hrs diarias	180	\$0.93	\$167.40

quizá irreversibles sobre el clima e irrumpen en el equilibrio ambiental global.

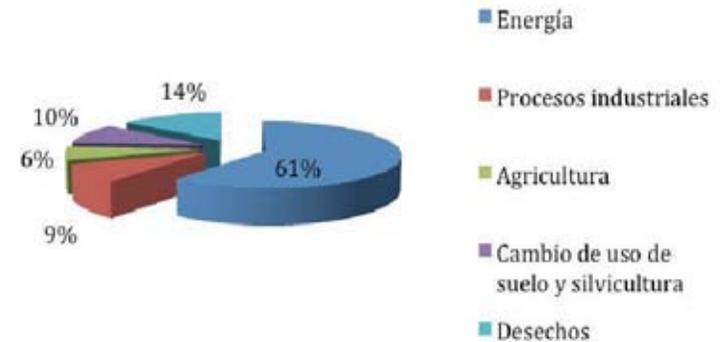
En el caso de la energía, la producción de ésta mediante combustibles fósiles ha provocado la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera.

En México, la generación de energía a partir de derivados del petróleo es el primer sector contaminante productor de GEI; gases que se generan en el momento de la producción y transformación de energía, necesaria principalmente en las ciudades, donde se encuentra poco más de la mitad de la población, (Quadri, 2013).

Con lo anterior podemos confirmar el alto costo que significa la climatización, por lo que generalmente se recurre al uso de ventiladores para lograr controlar la temperatura interior, sin embargo, dicho equipo cuenta con un tiempo de vida útil de aproximadamente 2 años, lo que constituye un gasto continuo, al comprarse frecuentemente estos aparatos.

ii. Cambio climático

Las actividades humanas, que sostienen ciertos modos de vida, están precipitando cambios drásticos y



Gráfica 1. Emisiones de gases de efecto invernadero en México por sector, fuente: inventario de emisiones de gases de efecto invernadero en México 2006.



Climatización con placas termoelectricas en espacios térmicamente ineficientes





La quema de los combustibles fósiles genera principalmente CO₂, metano (CH₄), hidrofluorocarburos (HFCs), ozono (O₃) y óxido nitroso (N₂O) entre otros. Aunque la concentración de estos últimos elementos en la atmósfera es considerablemente baja en comparación con el CO₂, pero poseen una potencia mayor como causantes del efecto invernadero.

06 Los clorofluorocarburos son utilizados como refrigerantes en los sistemas de aire acondicionado y refrigeradores. Estos no solo contribuyen al efecto invernadero, sino que también dañan la capa de ozono.

Como consecuencia se prevé reducción de la precipitación de 15% en regiones del centro de México y de 5% en la zona del Golfo, así como una menor disponibilidad del agua, lo que afectará las actividades económicas, como la agricultura y el sector industrial.

Se espera que en consecuencia, en México exista un **aumento de la temperatura y la radiación solar**, traducida en sequías prolongadas, lluvias atípicas y daños en la salud del hombre, proyectándose un aumento de 2^a a 4°C para el

periodo de 2020-2080, motivo por el cual es necesario buscar soluciones que disminuyan los efectos que produce el modo de vida del hombre.

Debido a su ubicación dentro en el cinturón solar, México es una de los países con mayores índices de irradiación, lo que lo hace que el aprovechamiento de la energía del Sol sea ideal, y con esto, poder tener una fuente de energía usada para la climatización sustentable por medio de un prototipo de climatización termoeléctrica (PCT).

05

Si contamos con una fuente de energía renovable como es el sol, aunada con fenómenos físicos, en este caso la termoelectricidad, es posible climatizar un espacio interior, reduciendo el impacto ambiental y económico.

Con la hipótesis anterior surge el objetivo de crear y aplicar de un **equipo de climatización**, utilizando la energía solar como fuente de energía para el funcionamiento de un prototipo climatizador; y aprovechar el efecto termoeléctrico en las **placas Peltier**⁵, en el cual se produce frío y calor.

⁵ Dispositivo termoeléctrico que al hacerle circular corriente induce frío por una de sus caras y por la otra calor





Se realizó la siguiente metodología para la experimentación con el prototipo y obtención de resultados del mismo:

1. Diseño y armado del prototipo
2. Fabricación de dos módulos de experimentación
3. Aplicación de los prototipos al módulo de experimentación
4. Registro de variables climatológicas (temperatura, humedad y radiación)
5. Análisis de las variables mencionadas para comprobar la diferencia de temperatura en un módulo de prueba y en un módulo testigo.
6. Conclusiones

Con los datos obtenidos en los experimentos, se concluye que las placas termoeléctricas pueden ser ocupadas para el enfriamiento y calentamiento de un espacio, colocadas como plafones, ya que al subir el aire

caliente al plafón este puede ser enfriado por el prototipo, y el aire climatizado baja para producir confort en el espacio.





07

Termoelectricidad

“La belleza de la física se encuentra en la medida en que fenómenos complejos y aparentemente no relacionados pueden ser explicados y correlacionados por un conjunto de leyes que son impresionantes en su simplicidad.”

1

Termoelectricidad

La Termoelectricidad se considera como la rama de la termodinámica donde se estudian los fenómenos en los que intervienen el calor y la electricidad.

1.1 Fundamentos

1.1.1 Efecto Seebeck

Johann Seebeck en 1821, descubrió que en un circuito formado por dos metales distintos homogéneos, A y B, con dos uniones a diferente temperatura, se establecía un flujo de corriente eléctrica, o bien, si se abre el circuito, una fuerza termo electromotriz (f.t.e.m.). La fuerza electromotriz de AB (E_{AB}) depende de los metales utilizados en la unión y de la diferencia de temperatura entre las dos uniones.

En la figura 4 se muestra el esquema de las configuraciones mencionadas.

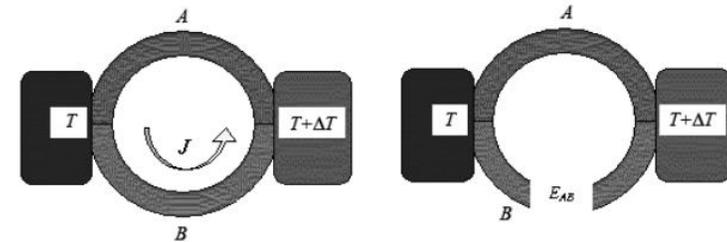


Figura 4. Esquema del Efecto Seebeck

La relación entre la f.t.e.m., E_{AB} , y la diferencia de temperaturas entre las uniones ΔT , define el coeficiente Seebeck.

$$\bar{\alpha}_{AB} = \frac{\partial E_{AB}}{\partial T} = \alpha_A - \alpha_B, \quad (1)$$

donde

E_{AB} = la fuerza electromotriz (V)



Climatización con placas termoelectricas en espacios térmicamente ineficientes





δT = en incremento de temperatura de una unión a otra en K

α_A = coeficiente de Seebeck en una unión V/K

α_B = coeficiente de Seebeck en una unión V/K

ΔT = diferencia de temperatura entre las uniones de los materiales A y B.

09

El efecto producido es la aparición de un potencial eléctrico, V_0 (Figura 5) proporcional al gradiente térmico impuesto. La constante de proporcionalidad a XY se denomina coeficiente termoeléctrico dado en V/K o V/°C.

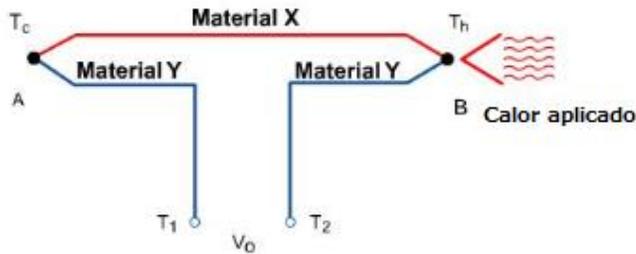


Figura 5. Efecto Seebeck

La observación de este hecho experimental convirtió a Seebeck en el descubridor de la termoelectricidad (que no es otra cosa que la conversión directa de calor en electricidad) a la que él llamó "termomagnetismo").

1.1.2 Efecto Peltier

Sólo trece años después del descubrimiento de Seebeck, J. C. A. Peltier publicó un artículo sobre las temperaturas anormales observadas en la unión de dos conductores distintos, al pasar por ella una corriente eléctrica.

El efecto Peltier consiste en el enfriamiento o calentamiento de una unión entre dos conductores distintos, al pasar una corriente eléctrica por ella y que depende exclusivamente de la composición y temperatura de la unión.

08

En la figura 6, se observan dos conductores distintos A y B, que están conectados en serie y dejan pasar una corriente eléctrica. Debido a la corriente I_{ent} , se crea en el esquema del circuito una diferencia de temperaturas en estas dos uniones, cada una de ellas absorbe o cede calor.

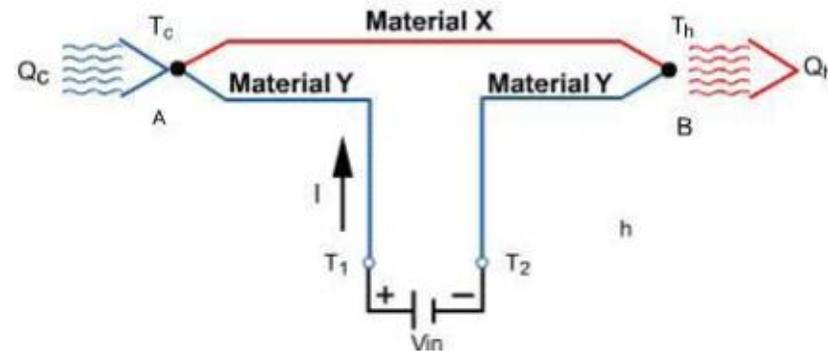


Figura 6. Circuito que muestra el Efecto Peltier

La potencia calorífica intercambiada en la unión entre A y B es:

$$Q = J \cdot \pi_{TAB} \quad (2)$$

Donde

Q=El calor absorbido en unidad de tiempo (Watts)

π_{AB} = El coeficiente de Peltier, que se define como el calor intercambiado en la unión por unidad de tiempo y de corriente que circula a través de la misma (Volts)

J= Corriente directa (Amperios)

1.1.3 Efecto Joule

Este efecto consiste en un flujo de calor transversal que aparece al circular una intensidad de corriente eléctrica I (Figura 7), por un conductor de resistencia eléctrica R, de valor:

$$Q = I^2 R_i \quad (3)$$

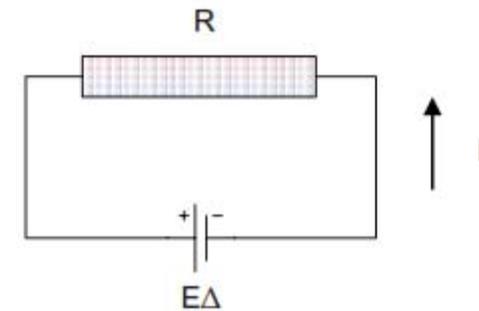
Donde

Q= Energía calorífica producida por la corriente

I= Intensidad de la corriente que circula

R= Resistencia eléctrica del conductor

t = Tiempo.

**Figura 7. Efecto Joule**

1.3.4 Efecto Thompson

W. Thomson (Lord Kelvin) realizó un análisis termodinámico que lo llevó al establecimiento del enlace entre los efectos Peltier y Seebeck y al descubrimiento de un tercero, que consiste en la generación o absorción extra de calor (además del calor de Joule) al pasar una corriente por un conductor homogéneo en el cual existe un gradiente de temperaturas.





El efecto Thompson implica la aparición de un flujo de calor al circular una corriente a través de un gradiente de temperatura en un material.

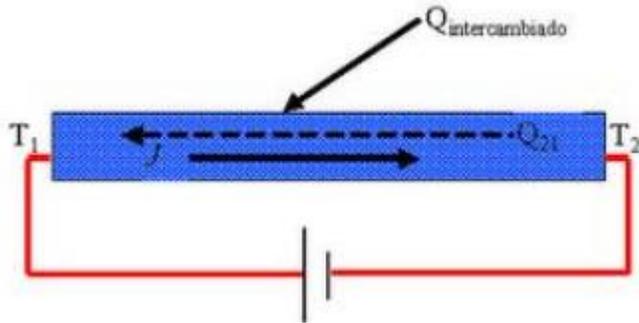


Figura 8. Efecto Thompson0

Si un material está sometido a un gradiente de temperatura y se le somete a una corriente interna, como se ve en la figura 8, este material intercambia calor con el medio exterior absorbiéndolo o generándolo. Este efecto se produce en un solo material sin necesidad de la soldadura de dos materiales distintos.

El coeficiente Thompson se define como el calor Thompson absorbido por unidad de corriente eléctrica y de gradiente térmico.

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = \tau \cdot I \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \quad (4)$$

Donde:

$\frac{\partial Q}{\partial x}$ = la potencia calorífica absorbida o disipada por el material

τ = coeficiente de Thompson

I = intensidad de la corriente eléctrica que circula por el material

$\frac{\partial T}{\partial x}$ = gradiente de temperatura

10

1.2 Módulos o placas Termoeléctricas

Un módulo o placa termoeléctrica comercial consiste en dos o más elementos de material semiconductor, uno con canal N y otro con canal P, que están conectados eléctricamente en serie y térmicamente en paralelo por una lámina de cobre.

Estos elementos y sus conectores están montados entre dos sustratos de cerámica, los cuales sirven para mantener mecánicamente la estructura y para aislar eléctricamente los elementos individuales y del montaje externo.

11



Climatización con placas termoeléctricas en espacios térmicamente ineficientes



Los semiconductores se conectan entre sí a través de buenos conductores eléctricos como el cobre, utilizando uniones soldadas con materiales con bajo punto de fusión para no dañar los termoelementos durante el proceso de soldadura. Estos puentes eléctricos tienen que estar aislados eléctricamente del objeto a refrigerar para evitar cortocircuitos. Sin embargo, este material aislante eléctrico debe de ser un buen conductor térmico para minimizar el salto térmico entre el par termoelectrónico y el objeto.

Una placa termoelectrónica consta de tres elementos principales:

- Termoelementos.
- Puentes eléctricos.
- Placas cerámicas u otros materiales que sean a la vez buenos aislantes eléctricos y buenos conductores térmicos.

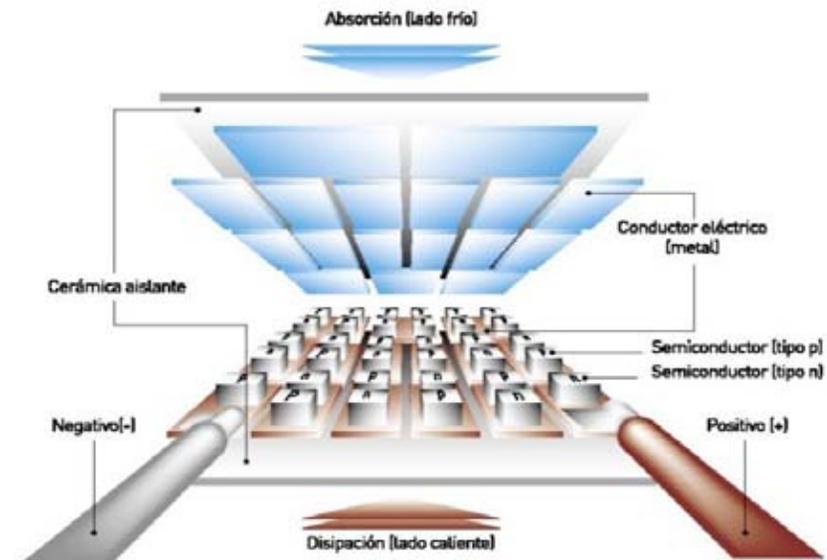


Figura 10. Partes del módulo termoelectrónico. Fuente: www.ehu.es

Los termoelementos se sueldan a los puentes eléctricos mediante aleaciones con un punto de fusión relativamente bajo. Uno de los compuestos más utilizados es una aleación de bismuto y estaño (58% Bi y 42% Sn con punto de fusión en 138 °C). En el caso de que la placa termoelectrónica vaya a trabajar en un rango de temperaturas superior a 80 °C, se suelen emplear aleaciones con un punto de fusión más elevado, como son las aleaciones de estaño y plomo (63% Sn y 37% Pb, con punto de fusión en 183 °C), (Tellurex, 2002). Por este motivo hay que tener en cuenta el rango de



temperaturas a las que trabaje la placa, y considerar que debería haber un diseño y modelo para cada aplicación para sacar el máximo rendimiento de los módulos.

Existen en el mercado dos tipos de módulos, las placas de efecto Peltier que se utilizan para enfriar o calentar y las placas de efecto Seebeck para generar corriente eléctrica. Las placas Peltier son las más empleadas debido a que su costo es cada vez menor y sus aplicaciones para el mercado del consumo se incrementan día a día.

Durante los últimos años, el efecto Peltier se utiliza en algunos equipos como sistema de refrigeración, y en menor medida como calefactor, haciendo uso de arreglos de grandes cantidades de uniones, ordenadas para extraer una cantidad de calor importante de un lado y llevarla al lado opuesto (figura 11).

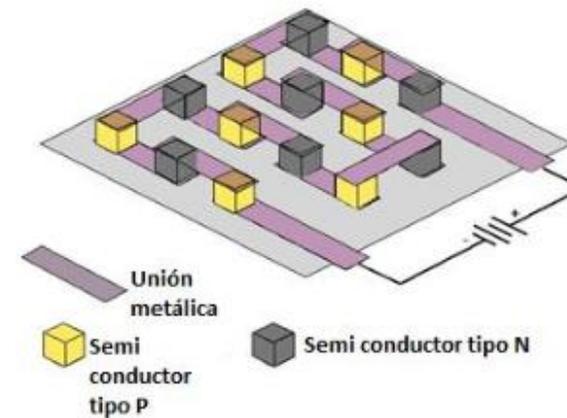


Figura 11. Placa Peltier abierta

1.2.1 Enfriamiento termoeléctrico

El enfriamiento termoeléctrico empezó a ser factible a partir de los estudios de Telkes⁶ en los años 30 y de Ioffe⁷.

12

Una placa Peltier se compone de uniones de metales o de semiconductores de tipo P y N. Los semiconductores tipo N son aquellos que poseen cargas libres, es decir dopados

13

⁶ En 1930, la física húngara María Telkes estudió las soldaduras de sulfuro de plomo y aleaciones de antimonio de zinc (PbS y ZnSb), y observó una mayor capacidad de enfriamiento, con lo cual desarrolló el efecto de enfriamiento termoeléctrico

⁷ El físico soviético Abraham Federovich Ioffe publicó, en 1960, el libro *Semiconductor Thermoelements* (Elementos térmicos semiconductores), el cual trata del desarrollo la soldadura de telurio de plomo y selenio de plomo (PbTe y PbSe)



negativamente y por el contrario los del tipo P poseen huecos libres, es decir dopados positivamente.

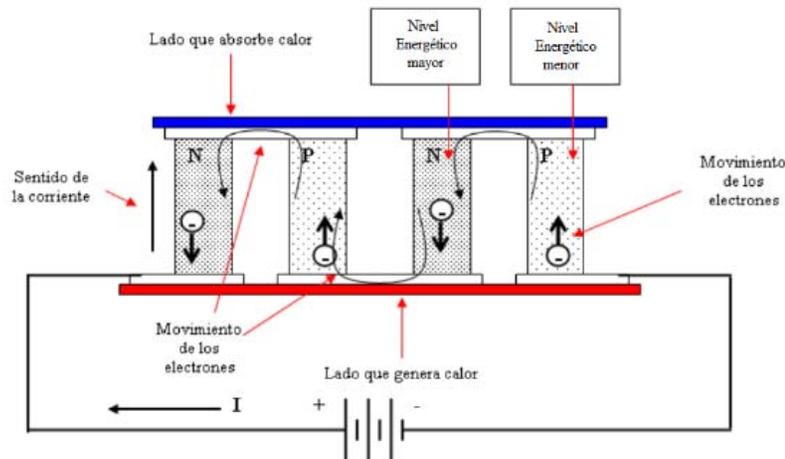


Figura 12. Efecto de la corriente eléctrica en una placa Peltier

Al aplicar corriente a una placa Peltier, los electrones se mueven a través de los semiconductores (figura 12). Cuando un electrón pasa de un material dopado positivamente, tipo P, a uno dopado negativamente, tipo N, pasa de un nivel energético inferior a otro superior, luego absorbe energía y por lo tanto calor. Por el contrario, cuando un electrón pasa de un material dopado negativamente, tipo N, a uno dopado positivamente, tipo P el electrón pasa a un

nivel energético menor luego libera energía y por lo tanto calor.

Todas las uniones PN que ponen en contacto en primer lugar el semiconductor tipo P con el semiconductor tipo N están en una cara (frangas moradas superiores de la figura 11). Por el contrario todas las uniones NP que ponen en contacto primero el semiconductor tipo N y luego el semiconductor tipo P están en el otro. Habrá bandas que extraigan calor y otras que lo disipen, de esta forma todas las bandas que extraigan calor estarán a un lado y las que lo disipen a otro.

Asimismo, si se cambia el sentido de la corriente, también se produce un cambio en la circulación de los electrones y esto provoca que el electrón que antes viajaba de un nivel de energía mayor a uno menor, ahora viaje en el sentido contrario y por lo tanto de un nivel de energía menor a uno mayor. De esta manera, se tiene que el lado que absorbía calor anteriormente, ahora lo disipe y viceversa.

Este efecto hace que las placas Peltier sean interesantes para muchas aplicaciones ya que resulta muy sencillo cambiar de bomba de calor a sistema de refrigeración con sólo intercambiar la fuente de alimentación.

1.2.2 Parámetros fundamentales de una placa Peltier





1. Potencia térmica de la placa

La potencia térmica de la placa está dada por la diferencia entre el flujo de calor de la cara caliente y la fría:

$$P_t = Q_h - Q_c = \alpha \cdot I \cdot (T_h - T_c) + R \cdot I^2 \tag{5}$$

Donde:

Pt= Potencia térmica

Qc: Calor total absorbido por la placa Peltier (Watts).

Qh: Calor total disipado por la placa Peltier (Watts).

I intensidad de entrada a la placa (Amperes)

R resistencia eléctrica de la placa (Ohm Ω)

α coeficiente de Seebeck de la unión (V/°K)

T_h temperatura de la cara caliente (Kelvin)

T_c temperatura de la cara fría en (Kelvin)

2. Tensión de entrada de la placa

Si se relaciona la potencia térmica con la eléctrica, estas dos deben ser iguales lo que resulta que:

$$P_t = P_e \tag{6}$$

$$\alpha \cdot I \cdot (T_h - T_c) + R \cdot I^2 = V_{en} \cdot I \tag{7}$$

Donde las variables son las mismas que las del apartado anterior exceptuando la V_{en} que es la tensión de entrada de la placa en Volts.

Despejando entonces que la tensión de entrada necesaria debe de ser:

$$V_{en} = \alpha \cdot (T_h - T_c) + R \cdot I \tag{8}$$

3. Coeficiente de operación en caso de refrigeración

En todo estudio térmico debe definirse el coeficiente de rendimiento. En vez de la eficiencia térmica, que se toma como criterio en el análisis de las máquinas térmicas, el estándar para la eficiencia de la energía en los procesos de refrigeración es el coeficiente de operación (COP).

Se define comúnmente como el cociente de lo que se desea entre lo que debemos dar. El objetivo de un refrigerador es el extraer el calor de una región que se halla a baja temperatura a fin de mantener esta en un valor deseado.

Por tanto el coeficiente de operación (COP) de un refrigerador se define como:

15

14





$$COP = \frac{Q_c}{P_e} \quad (9)$$

Donde;

COP= Coeficiente de operación

Q_c= calor total absorbido por la placa Peltier en W

P_e= potencia eléctrica de la placa en W

El COP es el equivalente al rendimiento para los motores térmicos, es la relación entre el calor útil, o extraído para una máquina frigorífica y la energía eléctrica aportada.

Si se desarrolla la ecuación del COP máximo se tiene:

$$I_{COPmax} = \frac{\alpha \cdot \Delta T}{R \cdot (\sqrt{1 + \gamma \Delta T} + 1)} \quad (10)$$

Con:

$$\gamma = \frac{\alpha^2 \cdot l}{2 \cdot R \cdot A \cdot \lambda} \quad (11)$$

El valor del COP máximo para I = I_{COP MAX} es:

$$COP_{max} = \frac{T_c}{T_h - T_c} \cdot \frac{\sqrt{1 + \gamma \Delta T} - \frac{T_c}{T_h}}{\sqrt{1 + \gamma \Delta T} + 1} \quad (12)$$

Por otro lado la expresión del calor absorbido cuando se alcanza el máximo COP es:

$$Q_{max,opt} = \Delta T \cdot \left[\frac{\alpha^2}{R \cdot (\sqrt{1 + \gamma \Delta T} + 1)} \cdot \left(T_c - \frac{\Delta T}{2 \cdot (\sqrt{1 + \gamma \Delta T} + 1)} \right) - \frac{A \cdot \lambda}{l} \right] \quad (13)$$

4. Calor absorbido máximo teórico

Análogamente al caso anterior, es interesante analizar cuál será el máximo calor absorbido o bombeado por la placa. Para ello, se obtiene su valor haciendo la derivada del calor absorbido por la placa con respecto a la intensidad e igualando a cero:

$$\frac{\partial Q_c}{\partial I} = 0 \quad (14)$$

Y por tanto:

$$\frac{\partial \left[\alpha \cdot T_c \cdot I - \frac{1}{2} \cdot R \cdot I^2 - \frac{(T_h - T_c) \cdot A \cdot \lambda}{l} \right]}{\partial I} = 0 \quad (15)$$





Esto da otro valor de corriente que es el de entrada a la placa cuando el enfriamiento es máximo y cuyo valor es:

$$I_{Q_{max_max}} = \frac{\alpha \cdot T_c}{R} \quad (16)$$

La máxima capacidad de bombeo se obtiene substituyendo el valor de la corriente para un enfriamiento máximo obtenido anteriormente, en la expresión de la cantidad de calor absorbido. De esta manera el calor máximo absorbido teórico es:

$$Q_{max_max} = \frac{\alpha^2 \cdot T_c^2}{2 \cdot R} - \frac{A \cdot \lambda}{l} \cdot \Delta T \quad (17)$$

Sustituyendo esta expresión de la corriente en la ecuación del COP obtenemos el rendimiento que da la placa cuando el enfriamiento es máximo que resulta:

$$COP_{Q_{max_max}} = \frac{T_c}{2 \cdot T_h} - \frac{R \cdot A \cdot \lambda}{\alpha_{xy}^2 \cdot l} \cdot \left(\frac{1}{T_c} - \frac{1}{T_h} \right) \quad (18)$$

1.2.3 Curvas de los módulos termoeléctricos

En un módulo termoeléctrico hay cuatro variables que definen el comportamiento del mismo, que son:

- I. ΔT = La diferencia entre la temperatura del lado caliente y la temperatura del lado frío del módulo $\Delta T = T_{CALIENTE} - T_{FRIO}$
- II. Q_c = La potencia frigorífica bombeada por el dispositivo termoeléctrico.
- III. I = La corriente que alimenta al módulo termoeléctrico.
- IV. V = La tensión aplicada a la placa.

Estos variables están relacionados entre sí, dicha relación se muestra en la Figura 13. La figura se emplea para obtener un modelo que defina el comportamiento de una placa Peltier.

Muestra cómo varía la diferencia de temperaturas, entre los lados frío y caliente de un módulo termoeléctrico, en función de la intensidad de la corriente que circula por ella.

17

16



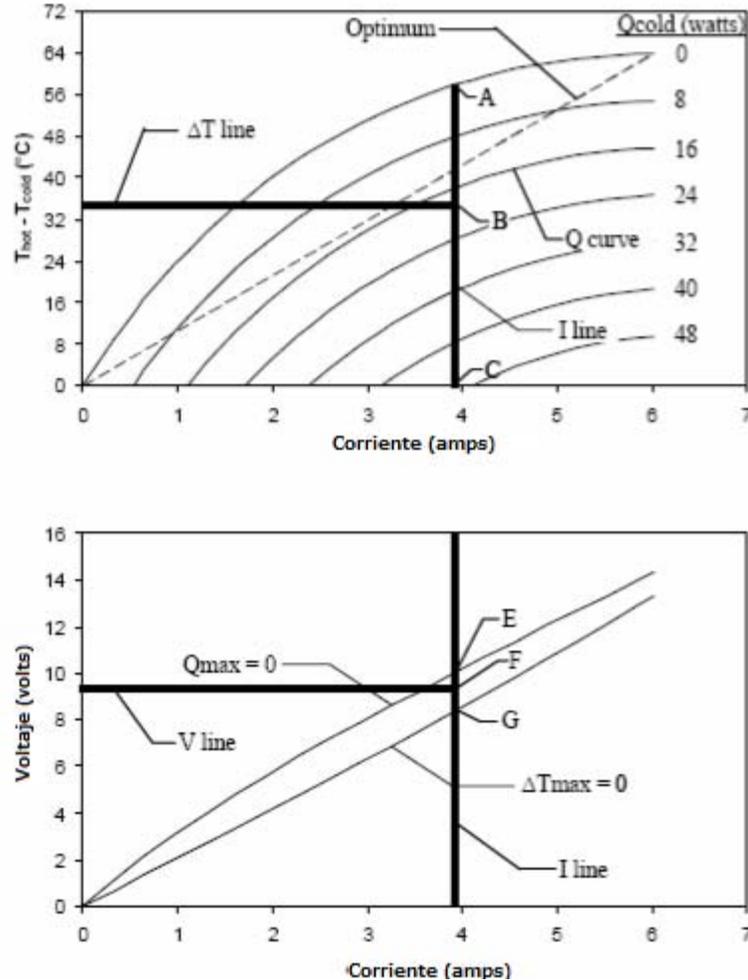


Figura 13. Curvas de comportamiento de los módulos termoelectricos
(www.tetech.com)

Puede observarse cómo para condiciones en las cuales no exista carga térmica en el lado frío ($Q_c = 0$) se obtiene la máxima diferencia de temperatura. A medida que la diferencia de temperaturas entre las caras fría y caliente se reduce aumenta Q_c , llegando a su valor máximo cuando dicha diferencia de temperaturas es nula.

Se aprecia el efecto de la intensidad de la corriente eléctrica en la diferencia de temperaturas. Para una misma Q_c , podrá obtenerse un mayor ΔT a medida que aumenta la intensidad de la corriente que circula por la placa. En la curva de la parte inferior se muestra la influencia de la intensidad de la corriente en el voltaje medido. Puede observarse cómo para Q_c elevado el voltaje será inferior que para Q_c más pequeño.

Conocidas dos variables, generalmente ΔT y Q_c , se puede obtener la corriente y la tensión necesarias para producir el incremento de temperatura deseado. También se puede proceder de forma contraria, que ΔT y Q_c se obtienen para una corriente y tensión proporcionadas.

Por ejemplo, conocidos ΔT y Q_c la corriente necesaria se obtiene trazando una línea vertical, debajo de la





intersección de la línea ΔT y de la curva Q_c . En la gráfica la

$$\frac{AB}{BC} = \frac{EF}{FG}$$

tensión se puede obtener haciendo

Las placas Peltier presentan diversas singularidades, que dificultan su linealización tal y como se muestra en la figura 14.

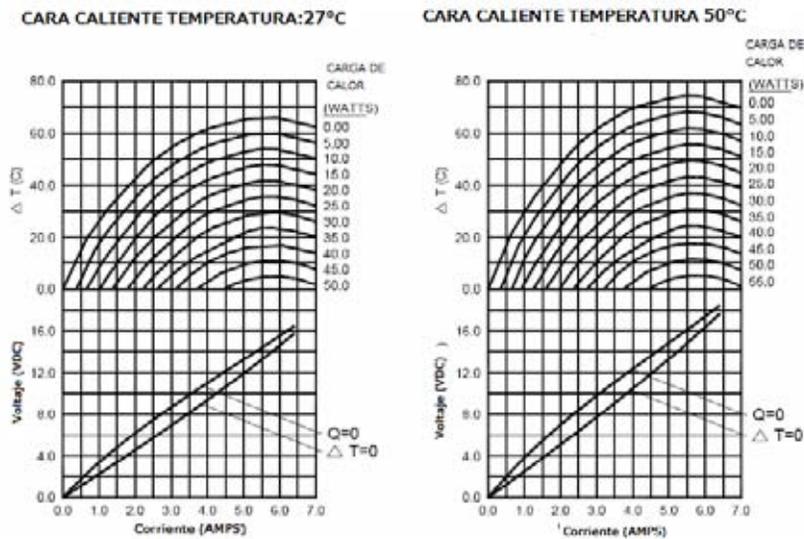


Figura 14 Curvas de la placa Peltier DT12-6 (www.marlow.com)

Puede observarse como un aumento de la corriente por el módulo no es garantía de un aumento en la potencia bombeada, siendo necesario tener en cuenta las

temperaturas de la cara caliente y de la cara fría del módulo termoeléctrico para determinar la potencia bombeada, llegando a extremos en los cuales a pesar de presentar un gran flujo de corriente, el bombeo de potencia térmica es inexistente. Dicha peculiaridad deberá ser tenida en cuenta en la obtención del modelo del sistema térmico y el diseño del control.

1.3 Aplicaciones

En la microeléctrica tenemos el enfriamiento de chip, el cual nace de la necesidad de incrementar la velocidad de los circuitos integrados en general y en particular la de los procesadores para computadoras. El enfriamiento termoeléctrico también se presenta en amplificadores de potencia y microprocesadores donde se requiere que el chip se enfríe, esto se logra haciendo un enfriamiento en zonas que permiten un mejor control de temperaturas del dispositivo en el medio ambiente.

Los enfriadores termoeléctricos se usan para controlar la temperatura de los diodos láser que transmiten los pulsos luminosos a través de la fibra óptica. Algunos beneficios de los sistemas de transmisión por fibra óptica son el incremento del ancho de banda y la reducción de los niveles de ruido.





Otra aplicación es en los sistemas de aire acondicionado para el enfriamiento de unidades de potencia eléctrica o para la estabilización térmica de equipos de radio comunicación y navegación.

19

Algunas aplicaciones adicionales son:

- Calorímetros
- Intercambiadores de calor compactos
- Baños de temperatura constante
- Generadores de potencia (pequeños)
- Dispositivos de enfriamiento de precisión (LASERs)
- Dehumidificadores
- Punto frío de referencia
- Detectores infrarrojos
- Coolers microprocesadores
- Refrigeradores (Autos, hoteles, farmacéutico)

1.3.1 Ventajas y desventajas

Ventajas:

- Pueden sustituir los sistemas de refrigeración actuales, eliminando el uso de los gases refrigerantes, gases que destruyen la capa de ozono
- Producción de calor y frío indistintamente simplemente invirtiendo la polaridad de la tensión aplicada.

- Fácil variación de potencia refrigerante, actuando sobre la tensión de alimentación
- No necesita mantenimiento
- No posee elementos móviles
- Asegura la estanqueidad del elemento a refrigerar
- Puede funcionar en cualquier posición
- Pueden tener un funcionamiento continuo por veinte o más años, perdiendo muy poco las características técnicas.

Desventajas:

- Sobre calentamiento por falla en el ventilador
- Problemas eléctricos en pequeños diseños como CPU's

1.4 Comparación de los termoelectricos, fotovoltaicos y termoelectricos

A pesar de que el uso de celdas fotovoltaicas ha dado un buen resultado, aplicadas principalmente en vivienda, es posible aprovechar de manera más eficiente, la energía que el sol nos proporciona.

Debido a que el panel fotovoltaico sólo puede hacer uso de un estrecho rango del espectro de luz, su eficiencia es limitada: los mejores modelos comerciales disponibles tienen un máximo de alrededor de 20 por ciento. La simplicidad



Climatización con placas termoelectricas en espacios térmicamente ineficientes





inherente de los sistemas fotovoltaicos los hace, en general, más convenientes para cargas muy pequeñas (hasta aproximadamente 30 W continuos).

Dado que los materiales termoeléctricos tienen el potencial de usar una mayor cobertura del espectro, éstos pueden superar a los paneles fotovoltaicos en precio y función.

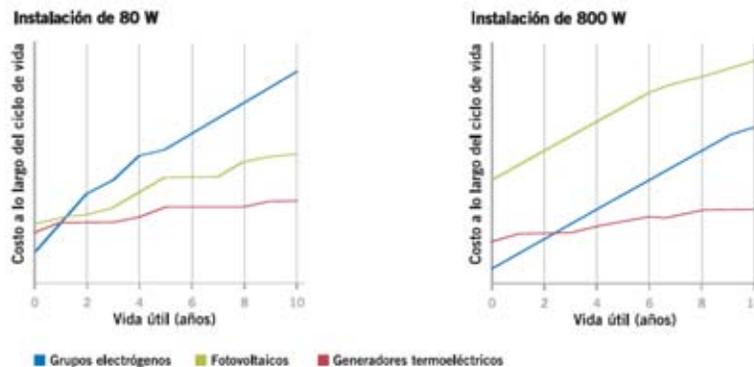
El mantenimiento de los termoeléctricos es típicamente menor (no requieren limpieza periódica como los paneles) y los costos operativos son usualmente menores (con gas natural) o similares (con propano).

Por último, para cargas de 150 W continuos o mayores la diferencia en impacto visual y planta ocupada a favor de los termoeléctricos es marcada, ya que requieren mucho menos espacio.

Figura 15. comparación de costo a lo largo del ciclo de vida. Fuente: revista petrotecnia, abril 2007

Varias investigaciones y prototipos, tanto nacionales como extranjeros, llevan a corroborar que el uso de los materiales termoeléctricos nos lleva hacia una nueva forma de aprovechamiento energético y el uso de energías renovables que son altamente eficientes, y México, al encontrarse en una situación geográfica ventajosa, debe de aprovechar lo que la naturaleza le ofrece y evitar copiar patrones de comportamiento económico, político y tecnológico de países vecinos o de primer mundo; que si bien, han desarrollado tecnología que resuelve necesidades y problemas, son pensados a partir de una zona de origen que consta con ciertas características diferentes a las de otros lugares.

20



1.5 fabricantes de módulos termoeléctricos

Aunque existe un rápido crecimiento de aplicaciones comerciales de los módulos termoeléctricos, son pocos los fabricantes que operan en el mundo de la manufactura de los módulos, los cuales se presentan en la tabla siguiente, donde se ilustra el nombre de la compañía, el país de origen, qué fabrican y su página de internet.





TABLA 3. FABRICANTES DE MÓDULOS TERMOELÉCTRICOS

Empresa	País	Fabrica:
Fandis	Italia	Módulos Termoeléctricos comerciales, disipadores y ventiladores para el aire acondicionado con sistemas termoeléctricos. www.fandis-tm.com
Ferrotec America	USA	Fabricación de módulos termoeléctricos www.ferrotec-america.com
HiTech Technologies	USA	Fabricación de módulos con rangos de temperatura de -150°C a 200°C www.hitech.com
Fandis	Italia	Módulos Termoeléctricos comerciales, disipadores y ventiladores para el aire acondicionado con sistemas termoeléctricos. www.fandis-tm.com
Ferrotec America	USA	Fabricación de módulos termoeléctricos www.ferrotec-america.com
HiTech Technologies	USA	Fabricación de módulos con rangos de temperatura de -150°C a 200°C www.hitech.com
SCTB Nord	Rusia	Fabricación de módulos termoeléctricos www.sctbnord.com
SIREC srl	Italia	Fabricación de módulos termoeléctricos www.sirec-it.com
Supercool AB	Suecia	Módulos termoeléctricos comerciales. Fabricación de módulos termoeléctricos, sistemas de control de temperatura de los módulos www.supercool.se
Thermion	Ucran	Fabricación de módulos termoeléctricos www.zts.com/thermion
Marlow Industries	USA	Fabricación de módulos termoeléctricos, suministros de potencia y controles de temperatura www.melcor.com
Taihuaxing Trading/Thermonamic Electronics	China	Fabricación de módulos termoeléctricos para refrigerar y generadores de calor www.sitechina.com/thermoelectric/home.html
TE Technology	USA	Fabricación de módulos termoeléctricos para refrigerar www.tetech.com
Tellurex	USA	Fabricación de módulos termoeléctricos para refrigerar y generar calor www.tellurex.com





ThermoElectric Cooling America	USA	Fabricación de módulos termoeléctricos para sistemas electrónicos, aire acondicionado y controles de temperatura para dispositivos Peltier www.thermoelectric.com
Thermolyte	USA	Fabricación de módulos termoeléctricos Shore.net/-temodule/tlyte.htm

Existen fabricantes que han desarrollado esta tecnología por más de una década y otros que tienen menos tiempo pero todos se dedican a investigar y seguir desarrollando la tecnología de los módulos, buscando optimizar dichos módulos para que sean más eficientes y con ello tener una mayor aplicación en la industria.



Aire Acondicionado

2.1 Refrigeración

La refrigeración es el proceso de reducción y mantenimiento de la temperatura (a un valor menor a la del medio ambiente) de un objeto o espacio, dicha reducción de temperatura se realiza extrayendo energía del cuerpo, (reduciendo su energía térmica), lo que contribuye a reducir la temperatura de este cuerpo.

Los principios básicos de la refrigeración tienen como fundamento dos leyes termodinámicas. La primera ley establece que el calor siempre se transmite del cuerpo más caliente al más frío. Además, mientras más grande es la diferencia de temperaturas, más rápidamente se transmite el calor.

La segunda ley de la termodinámica trata de la energía. La energía puede definirse como la capacidad para desarrollar un trabajo. Se mide en kilowatt-hora. Esta ley establece que la energía no puede ser destruida, solo transformada de una forma a otra.

2.1.1 Ciclo de Refrigeración

En el ciclo de refrigeración circula un refrigerante (para reducir o mantener la temperatura de un ambiente por debajo de la temperatura del entorno, extrayendo el calor del espacio y transfiriéndolo a otro cuerpo cuya temperatura sea inferior a la del espacio refrigerado) que pasa por diversos estados o condiciones, cada uno de estos cambios se denomina procesos.

Los principios generales de la refrigeración se aplican a los aparatos acondicionadores de aire, pues lo único que cambia es el interior de la cámara refrigeradora

El refrigerante comienza en un estado o condición inicial, pasa por una serie de procesos según una secuencia definitiva y vuelve a su condición inicial. Esta serie de procesos se denomina " ciclo de refrigeración". El ciclo de refrigeración simple se compone de cuatro procesos fundamentales.



Climatización con placas termoelectricas en espacios térmicamente ineficientes





Expansión

Al principio, el refrigerante se encuentra en estado líquido y a una temperatura y presión alta, y fluye del receptor hacia el control del flujo del refrigerante. La presión del líquido se reduce a la presión del evaporador cuando el líquido pasa por el control de flujo de refrigerante, de tal forma que la temperatura de saturación del refrigerante que entra en el evaporador, es inferior a la temperatura del ambiente refrigerado. Una parte del líquido se evapora al pasar por el control del refrigerante para reducir la temperatura del líquido hasta la temperatura de evaporización.

Evaporización

En el evaporador, el líquido se evapora a una temperatura y presión constante, mientras el calor necesario para el suministro de calor latente de evaporación pasa de las paredes del evaporador hacia el líquido que se evapora. Todo el refrigerante se evapora.

Compresión

Por la acción del compresor, el vapor que resulta de la evaporación se lleva por la línea de aspiración desde el evaporador hacia la entrada del compresor. En el

compresor, la temperatura y presión del vapor aumenta debido a la compresión. El vapor de alta temperatura se descarga del compresor en la línea de descarga.

23

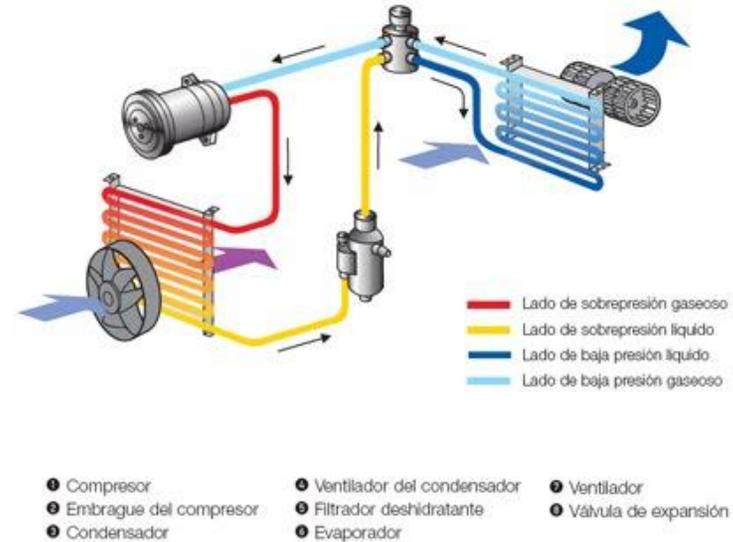


Figura 16 Ciclo del aire acondicionado

Condensación

El vapor fluye por la línea de descarga hacia el condensador donde evacua calor hacia el aire relativamente frío que el ventilador del condensador hace circular a través del condensador. Cuando el vapor caliente evacua calor hacia el aire más frío, su temperatura se reduce





a la nueva temperatura de saturación que corresponde a la nueva presión, y el vapor se condensa volviendo al estado líquido. Antes de que el refrigerante alcance el fondo del condensador se condensa todo el vapor y luego se subenfía. A continuación el líquido subenfriado pasa al receptor y queda listo para volver a circular.

2.2. Tipos de aire acondicionado

Unidad ventana. Este sistema se denomina sistema de aire acondicionado "unitario" y consta de una unidad autónoma que se coloca en una ventana o a través de un agujero en una pared exterior. En el sistema unitario, todos los componentes de enfriamiento vienen en una caja compacta. Ésta expulsa el calor por el otro extremo.

Unidades mini Split. El término Mini split se traduce literalmente como mini-dividido. Esto se refiere a que consta de 2 unidades: la unidad interior y la unidad exterior.

Unidades Interiores: La unidad exterior o unidad condensadora es la parte del Minisplit que como su nombre lo indica se coloca en el exterior, ya sea en un patio o azotea. Ésta unidad está diseñada para estar a la intemperie. Es la que se encarga de rechazar el calor hacia el exterior por lo que el aire que sale es caliente, es por eso que no se debe

colocar en un lugar encerrado ya que al no haber ventilación el equipo se sobrecalentara y se apagará para evitar ser dañado.

Unidades Exteriores: La unidad interior y exterior deben de estar conectadas entre sí. Por una parte debe de haber conexión de tubería de cobre para gas refrigerante y por otra parte debe de haber conexiones eléctricas entre ambas.

Fan Coils Se caracterizan por la posibilidad de conectar a una única unidad exterior múltiples unidades interiores, las cuales pueden ser del tipo Mural, Piso/Techo, Vertical, Cassette, Baja Silueta Slim, Baja Silueta para Conducto o Baja Silueta para Conducto de Alta Presión. De esta forma, se puede elegir la unidad interior óptima para cada ambiente, logrando a su vez la independencia climática de los mismos. Este tipo de sistemas son utilizados en edificios de oficinas, hoteles, sanatorios, salones de eventos y centros comerciales.

Unidades Paquete Es un equipo de aire acondicionado tipo central, en el cual todos los componentes principales son acoplados en un solo gabinete. Son de fácil instalación ya que solo es necesaria la conexión de energía y ductería, son la solución ideal para climatizar locales en una sola planta tales como tiendas de autoservicio, gasolineras, supermercados, naves industriales etc. los modelos actuales usan electricidad para el enfriamiento y la resistencia



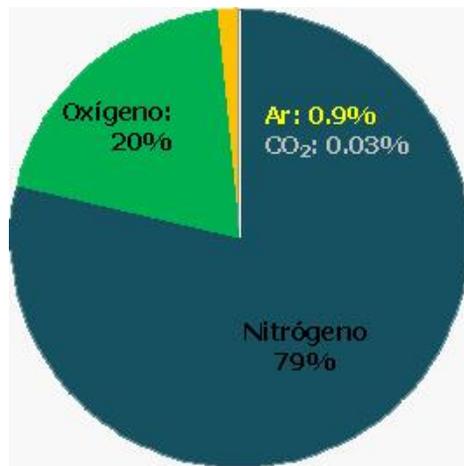


eléctrica para calefacción o gas para la calefacción y electricidad para el enfriamiento.

2.3 Calidad del aire

26

El aire que respiramos tiene una composición muy compleja y contiene alrededor de mil compuestos diferentes. Los principales elementos que se encuentran en el aire son nitrógeno, oxígeno e hidrógeno. Sin estos tres compuestos, la vida en La Tierra sería imposible.



Gráfica 2. Principales componentes del aire

El aire que se utiliza en un espacio, deberá estar en todo momento libre de humos tóxicos, insalubres o desagradables, libre de olores y polvos. Para obtener dichas condiciones debe suministrarse suficiente aire limpio exterior al espacio acondicionado para contrarrestar o diluir adecuadamente las fuentes de contaminación.

25

La presencia o ausencia de varias sustancias y sus concentraciones son los principales factores determinantes de la calidad del aire, ésta se expresa mediante la concentración o intensidad de contaminantes, la presencia de microorganismos, o la apariencia física. Algunos ejemplos de contaminantes que son importantes indicadores de la calidad del aire son el dióxido de azufre y las partículas de polvo y suciedad.

La concentración de olores de un cuarto depende de numerosos factores, incluyendo las costumbres dietéticas e higiénicas de los ocupantes, el tipo y cantidad de aire exterior suministrado, el volumen del cuarto por ocupante, y el tipo de fuentes de olor.

La cantidad total del aire exterior que pase a través de un edificio o espacio, es controlado principalmente por consideraciones físicas que conciernen a la temperatura, tipo de sistema de distribución de aire, el tipo y uso de edificio, el airea del piso, la altura del cuarto, el área de ventanas y en





el uso del espaci. En la mayoría de los sistemas de aire acondicionado se tienen cantidades necesarias para satisfacer las condiciones mínimas de ventilación con respecto a olores y pureza.

Cuando disminuye el espacio de aire por persona se necesita circular una mayor cantidad de aire.

El deterioro de la calidad del aire puede percibirse con facilidad, especialmente en las grandes ciudades, al disminuir la visibilidad del paisaje o causar irritación de los ojos, garganta, etc. Sin embargo, más allá de ver el aire limpio o sucio, es necesario evaluar de manera cuantitativa su calidad, mediante la medición de la concentración de los contaminantes que se presentan

La acción del Co2 sobre el cuerpo humano en cantidades pequeñas no es peligrosa, pero en grandes cantidades (más del 2% del volumen) influye en la dilución del oxígeno contenido en el aire. Con 6% de CO2 la respiración se hace difícil y con 10% se tiene pérdida del conocimiento pero no necesariamente es fatal. El aire atmosférico contiene 4 partes de CO2 por volumen en 10 000.

Una de las formas para evaluar la calidad del aire es comparando las concentraciones de los contaminantes obtenidas de las redes de monitoreo con los límites máximos permisibles establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) publicadas por la Secretaría de Salud. El análisis de tendencias de la calidad del aire a lo largo de los años permite inferir si existe un problema de deterioro creciente o una mejoría paulatina para cada uno de los contaminantes.

2.3.1 Propiedades del aire

El aire atmosférico es la mezcla de aire seco, humedad y partículas. Las propiedades del aire son las características de mismo los cuales son:

Temperatura: Es la intensidad de calor, generalmente se mide con un termómetro de bulbo seco, es la medición del calor sensible⁸.

Humedad: La humedad es el aire que viene del agua que se ha evaporado dentro del agua. El volumen de humedad en el aire comparado al volumen total de aire es pequeño, la humedad se expresa ya sea como humedad relativa o relación de humedad.

⁸ Es aquel que podemos sentir. s aquel que recibe un cuerpo o un objeto y hace que aumente su temperatura sin afectar su estructura molecular y por lo tanto su estado.





Humedad relativa (HR): Es la cantidad de humedad en el aire comprada con la cantidad que podría haber en el aire si estuviera saturado, la humedad relativa se expresa como un porcentaje.

Relación de humedad: La relación de humedad es la relación de la masa (peso) de la humedad en una cantidad de aire a la masa del aire y la humedad del conjunto. La relación de humedad indica la cantidad real de humedad encontrada en el aire.

La relación de humedad se expresa en gramos (gr) de humedad por libra de aire seco (gr/lb) o en libras de humedad por libra de aire seco (lb/lb).

Temperatura de bulbo húmedo: Es una medición de la cantidad de humedad en el aire. La temperatura de bulbo húmedo se mide con termómetro de bulbo húmedo.

Temperatura de saturación: Es la temperatura debajo de la cual la humedad e el aire se comienza a condensar. Varía con la temperatura de bulbo seco y con la cantidad de humedad en el aire.

Entalpía: Cualquier materia que tiene una temperatura de bulbo seco sobre el cero absoluto contiene calor. La

entalpía (h) es la cantidad total de calor contenido en una sustancia y es la suma de calor sensible y calor latente⁹. El valor se determina por medio de una carta psicrométrica.

2.4 Cálculo de carga de enfriamiento

Las partidas que intervienen en la carga de enfriamiento son:

I. Ganancias internas

1- Personas: Las personas que ocupan el espacio que debe ser acondicionado contribuyen con cantidades importantes de calor sensible y calor latente, que aumenta la carga total de enfriamiento de dicho espacio.

27

La ganancia de calor debida a las personas será igual a la cantidad de personas presentes en el ambiente multiplicada por la ganancia de calor por persona.

Dicha cantidad de calor por persona está en función de la condición interior y fundamentalmente de la actividad que desarrolla la persona, es decir del grado de esfuerzo físico que realiza.

2- Iluminación: La iluminación es normalmente eléctrica, y la potencia consumida termina disipándose como calor en

⁹ Es la energía requerida por una cantidad de sustancia para cambiar de fase





el ambiente. La carga de calor será entonces el total de la potencia eléctrica.

El alumbrado constituye una fuente de calor sensible. Este calor se emite por radiación, convección y conducción. Un porcentaje de calor emitido por radiación es absorbido por los materiales que rodean el local, pudiendo también producirse estratificación del calor emitido por convección.

Actualmente se utilizan lámparas incandescentes (focos) fluorescentes, luz de día, luz mercurial, etc. Todas las anteriores con excepción de las incandescentes consumen un 25% más por el uso de reactores o balastras.

Para conocer la cantidad de watts térmicos que existe en el lugar, solamente deberemos contar el número de lámparas y multiplicarlas por la cantidad de watts de consumo.

3- Equipos y motores: Los equipos y motores que operan dentro de una zona que se requiere climatizar, como regularmente trabajan con energía eléctrica, solo parte de esta se convierte en energía calorífica.

En el caso de restaurantes, cocinas, bares y similares se tendrán en cuenta las distintas máquinas que puedan disipar calor, consultando datos de los fabricantes o de catálogos.

II. Ganancias externas

1- Transmisión de calor a través de materiales: La transmisión de calor a través de un muro homogéneo con diferentes temperaturas en sus caras se realiza en el sentido de las temperaturas decrecientes, por conducción, según la fórmula.

$$Q_{\text{transmisión}} = A * u (T_{\text{ext}} - T_{\text{int}}) \quad (19)$$

Donde:

Q_c = Calor por transmisión

A = La cantidad de m^2 del elemento que se está calculando en ese momento (vidrio, pared, piso y techo).

u = transmitancia del material $W/m^2h^{\circ}C$

T_{ext} = Temperatura exterior de diseño (bulbo seco)

T_{int} = Temperatura interior a la cual se quiere llegar

2- Ventilación:

$$V = A v r (\text{sen } \theta_v) \quad (20)$$

donde:

V = ventilación (m^3/s)

A = área de la ventana (m^2)

v = velocidad del viento (m/s)

θ_v = ángulo de incidencia del viento con respecto al plano de la ventana.

r = relación entre la abertura de entrada y la de salida.





$$r = 0.6 \text{ fr}$$

fr = factor de relación entre las aberturas de entrada y salida.

Cuando se habla de infiltración, es decir, la ventilación no intencional de magnitudes pequeñas:

$$V = 0.827 A \sqrt{\Delta p} \quad (22)$$

donde:

V = Tasa de ventilación (m³/s)

A = Área de aberturas de infiltración (m²)

Dp = Diferencia de presión entre el interior y el exterior (Pa)

3- Radiación solar: Este flujo de energía sólo puede ser positivo y se refiere a la aportación de calor por radiación solar.

Como ya se ha definido anteriormente la ganancia de calor absorbido por la superficie de un material es:

$$Q_s = G A \alpha \left(\frac{U}{f_e} \right) \quad (23)$$

La radiación solar incidente (G) está determinada por la cantidad de energía radiante solar que se recibe a nivel

extraterrestre sobre una superficie normal a los rayos solares (esta cantidad de energía se halla en función del grado de actividad solar y de la distancia entre el Sol y la Tierra en un momento determinado) por el espesor de la capa de atmósfera que debe atravesar la energía radiante, por el grado de turbiedad atmosférica y contenido de humedad y por el ángulo de incidencia de los rayos solares con respecto a una superficie dada.

29

Existe balance térmico cuando la suma de todos los flujos de calor es igual a cero:

$$Q_p + Q_{il} + Q_{eq} \pm Q_t \pm Q_v \pm Q_r - Q_e = 0 \quad (24)$$

2.5 Problemas de salud por el uso de aire acondicionado

Aunque el aire acondicionado nos ayuda a sobrellevar las altas temperaturas y nos garantiza estar dentro de los rangos de confort establecidos, sin embargo, el mal uso puede ser perjudicial para la salud.

Los principales problemas del aire acondicionado surgen con los cambios bruscos de temperatura que pueden desembocar en sudoraciones e incluso mareos, además de que el uso prolongado a bajas temperaturas predispone a enfermedades respiratorias.





Lo sistemas de climatización sin limpieza o mantenimiento propician que los virus, bacterias y hongos se esparzan fácilmente por todo el ambiente, provocando la aparición de diversas patologías, pues cuando se inhala directamente el aire frío, las barreras defensivas del epitelio bronquial se reducen y lo hacen más vulnerable a las infecciones bacterianas y virales.

Los contaminantes del aire más peligrosos que pueden propagarse por sistemas de climatización son: la bacteria *legionella phenumophila* y los hongos *aspergillus niger* y *fumigatus* pueden producir neumonía y enfermedades respiratorias como rinitis y asma.

Algunas de las afecciones producidas por el aire acondicionado son: resfriados nasales y catarros, faringitis, sinusitis, laringitis, bronquitis, y en casos más severos neumonías, irritaciones dérmicas y rinofaríngeas, sequedad en los ojos, migrañas a partir de cefaleas, irritaciones importantes a quienes hacen uso de lentillas, crisis de broncoespasmo a quienes sufren asma y fiebre del aire acondicionado, una afección que se manifiesta con fiebre, malestar general y dolor de cabeza.

Para evitar en la mayor manera posible dichas afecciones, se recomienda usar el aire acondicionado a una

temperatura ideal que oscile entre los 21°C Y 25°C durante el día y por las noches a 27°C.

Con lo anterior, es necesario tomar en cuenta el uso descuidado que se le da al uso de los aires acondicionados. A pesar de que se propone un sistema ecológico, no se debe olvidar el daño que produce en la salud si es usado de manera irresponsable, por lo que hay que tomar medidas preventivas en su uso.

2.6 Normas Mexicanas

El Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE) define una norma como un “*documento aprobado por una institución reconocida que establece, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para bienes o procesos y métodos de producción conexas. También incluye los requisitos en materia de terminología, símbolos, embalaje, marcado o etiquetado, según se apliquen a un bien, proceso o método de producción u operación*”.

Por su parte, la normalización hace referencia a la “*actividad de establecer frente a problemas reales o potenciales, disposiciones destinadas a un uso común y repetitivo, tendientes a conseguir el grado óptimo de orden*





en un contexto determinado". En México existen dos tipos de normas básicas para el sector de construcción

Norma Oficial Mexicana (NOM) Es de observancia obligatoria; fue expedida conforme a las finalidades previstas en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), que establece reglas con el fin de vigilar la protección de la vida, medioambiente, salud y al consumidor

Norma NMX Es elaborada por organismos nacionales de normalización registrados por la Secretaría de Economía (SE) o emitidas por ésta. Es de aplicación voluntaria, salvo cuando se haga referencia en alguna NOM

Normas que se refieren al aire acondicionado y el confort

NOM-008-ENER-2001

Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de 2001

NOM-011-ENER-2006

Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido. Límites, métodos de prueba y etiquetado. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de Junio de 2007

NOM-018-ENER-2011

Aislantes térmicos para edificaciones. Características y Métodos de prueba. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de diciembre de 2011

NOM-020-ENER-2011

Eficiencia energética en edificaciones. Envolvente de edificios para uso habitacional. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 9 de agosto de 2011

NOM-023-ENER-2010

Eficiencia energética en edificaciones. Envolvente de edificios para uso habitacional. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 9 de agosto de 2011

Normativa referente al aire acondicionado y confort (ASHRAE)

ASHRAE/IES 90.1-2010

Estándar de eficiencia energética en edificios

ANSI/ASHRAE 55.1-2010

32

31





Condiciones de confort

ANSI/ASHRAE 62.2

Criterios para una buena ventilación en los espacios ocupados

ASHRAE/UGBSC/ IES Standard 189-2011

Estándar para Edificios Verdes de Alto Rendimiento

Criterio para evaluar el límite permisible para la concentración de ozono.
Última fecha de modificación, 30 de octubre de 2002.

Normas referentes a la calidad del aire

NOM 025 SSA1

Criterio para evaluar el límite permisible para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5

NOM 023 SSA1

Criterio para evaluar la calidad del aire con respecto al dióxido de nitrógeno.

NOM 022 SSA1-2010

Criterio para evaluar el límite permisible para la concentración de dióxido de azufre

NOM 021 SSA1

Criterio para evaluar la calidad del aire con respecto al monóxido de carbono.

NOM 020 SSA1



Climatización con placas termoelectricas en espacios térmicamente ineficientes







3. Estado del arte

3.1 Prototipo de Enfriamiento

Autor: M. en Arq. Ernesto Ocampo Ruiz

Origen: México

Año: 2010

Descripción del proyecto: Buscando cosechar de forma eficiente la radiación solar que se recibe en la envolvente de los edificios, el prototipo de aire acondicionado desarrollado por el Mtro. Ocampo, en la Universidad De La Salle Bajío, trasforma directamente la radiación solar en aire frío mediante el aprovechamiento de las propiedades termoeléctricas, (utilizando placas termoeléctricas), y sin el uso de mecanismos, fluidos congelantes o el uso de la electricidad suministrada por el municipio, lo cual lo convierte en una solución ecológica (Ocampo, 2010)¹⁰

Funcionamiento: La radiación solar es captada por medio de una placa Seebeck y transformada en

electricidad, de acuerdo al fenómeno termoeléctrico que lleva su nombre.

Con la electricidad producida, se acciona un ventilador, que envía el aire al interior del prototipo, para posteriormente ser climatizado.

Las baterías almacenan la electricidad producida por el sol por la placa Seebeck, la cual en caso de necesitarse, se ocupará aunque la radiación sea escasa.

Con ayuda del circuito alternador, se envía la electricidad producida por la placa Seebeck para que la placa Peltier se accione.

La segunda placa, tipo Peltier, se encarga de enfriar el aire producido por el ventilador y con ayuda del difusor de calor aumenta el efecto. El aire frío es conducido al interior del edificio

Con el prototipo se pretende dar la pauta para el uso de la radiación, el cual México, se encuentra dentro de los países con mayor radiación, la cual no es aprovechada y es una fuente importante de energía.

¹⁰ Ocampo Ernesto. (2010) **Nanotecnología aplicada a la Arquitectura. La investigación arquitectónica de nuevos materiales**

y sistemas constructivos como detonante en la creación de nuevos nichos laborales para el arquitecto. México: NovaScientia, vol. 3, num. 5, Universidad de La Salle. México.





35

El prototipo muestra muchas similitudes al que se quiere desarrollar. El uso de placas termoeléctricas como corazón del sistema, permite un enfriamiento del aire de forma ecológica.

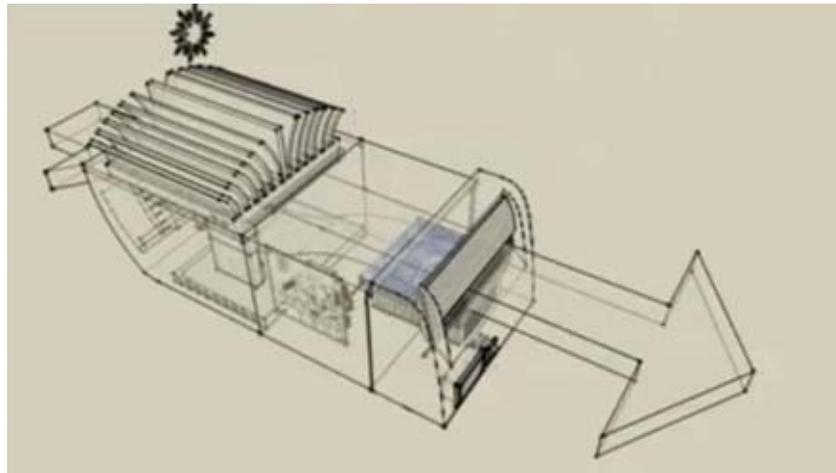


Figura 17 prototipo termoeléctrico. Vista exterior
Fuente: ecoimagination

3.2 Ventana termoactiva

Autor: Nectalí Fernández, Alejandro

Origen: Madrid, España

Año: 2010

34

El objetivo principal del proyecto es la construcción y diseño del control de un prototipo de ventana termoactiva.

Este proyecto se basa en el uso de la termoelectricidad como alternativa a los sistemas de refrigeración y calefacción, el uso de una ventana como sistema de acondicionamiento de temperatura.

Las ventajas del sistema son:

- No es necesario el uso de combustibles, la única fuente de alimentación necesaria es la red eléctrica.
- Puede funcionar en cualquier posición.
- No provoca un impacto medioambiental.
- Carece de partes móviles, lo que incrementa su fiabilidad y elimina los ruidos y vibraciones.



Desventajas:

- Su rendimiento es bajo, ya que depende de muchos factores, como pueden ser la correcta disipación del calor o encontrar la intensidad de corriente óptima proporcionada a las placas.
- No existe una linealidad entre la temperatura y la intensidad que atraviesa los módulos.

Descripción del prototipo

La ventana termoactiva fue instalada en un marco de plástico, en el cual se insertó, una placa de PVC formada por dos capas semitransparentes entre las cuales se fijan los módulos termoeléctricos y los disipadores (para conseguir disipar el calor generado en la cara caliente de las placas termoeléctricas) unidos a ellos que facilitan el intercambio de calor (figura 18).

Esta plancha de doble permite además la circulación del aire entre sus dos capas, de manera que se pueda producir el intercambio de calor entre los módulos y éste a su paso.

El sistema consta de 30 módulos termoeléctricos o placas Peltier, colocadas en 5 columnas. Debido a la colocación de

estos módulos entre las dos capas de la ventana, la transparencia de ésta se ve reducida un 18%.

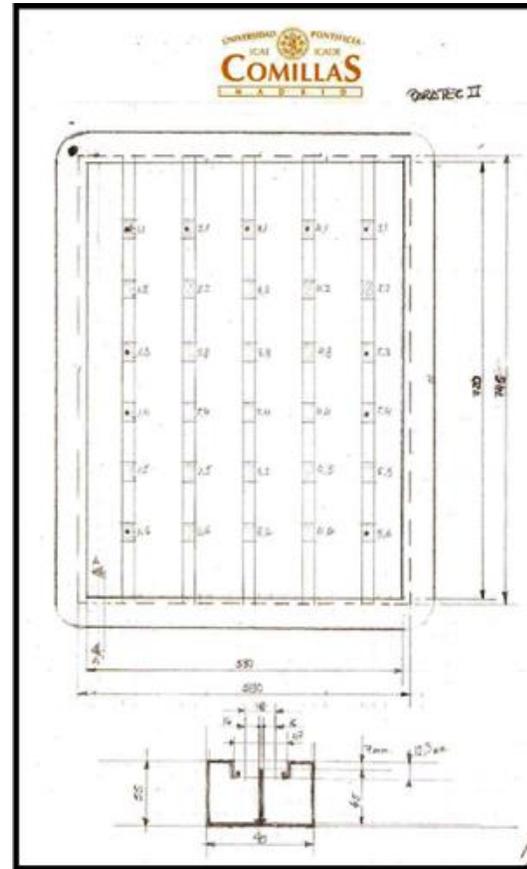


Figura 18 ventana termoactiva. Prototipo final. Fuente: Nectalí Fernández, Alejandro





Se puede observar en la figura 19 un boceto constructivo de la ventana, con la denominación elegida para los módulos termoeléctricos y con las dimensiones generales.



36

Figura 19 boceto de la ventana termoactiva, con medidas. Fuente: Nectali Fernández, Alejandro

37

Para permitir la realización de las funciones de la ventana, se realizaron en la parte inferior del marco hueco unos orificios (uno en cada cara) del tamaño necesario para





acoplar los ventiladores que introducirán el aire a acondicionar.

En el marco superior de la ventana también se crearon orificios que permitan salir el aire una vez acondicionado. Estos orificios están situados encima de cada columna de celdas y en cada cara, por lo que son 10 en total.

Para asegurar la eficiencia del prototipo, se taparon todas las comunicaciones del interior de la ventana con el exterior, además de impedir que el aire introducido en la cara caliente se mezcle en parte alguna con el aire de la cara fría. Adicionalmente, instaló un aislante en todas las partes de la zona transparente de la ventana que no corresponden a una columna con módulos Peltier, de forma que el aire, tanto frío como caliente sólo sea capaz de atravesar la ventana entrando a través de los ventiladores, ascendiendo por las columnas a este efecto y siendo expulsado por los orificios superiores sin haberse mezclado en ningún momento con el de la otra cara.

Metodología:

El sistema que se construyó se instaló en las ventanas de una habitación en sustitución de vidrios, a los que reemplazará con una mínima reducción de transparencia,

pudiendo bombear calor en cualquier dirección, para conseguir la temperatura deseada en el interior.

En primer lugar se procedió a la construcción del prototipo de ventana termoactiva, partiendo de la experiencia de la construcción del prototipo del proyecto previo a éste de la Universidad de Comillas y enmendando los defectos de diseño que ésta tenía. Tras la construcción del prototipo se realizó la instrumentación del mismo, esto es, la situación de los sensores (termopares) necesarios para la medición de temperaturas en las partes necesarias, la conexión de éstos al módulo de entradas analógicas de *National Instruments*, la conexión de las placas Peltier al módulo de potencia construido en proyectos anteriores y la conexión de éste al módulo de salidas analógicas acoplado al PC.



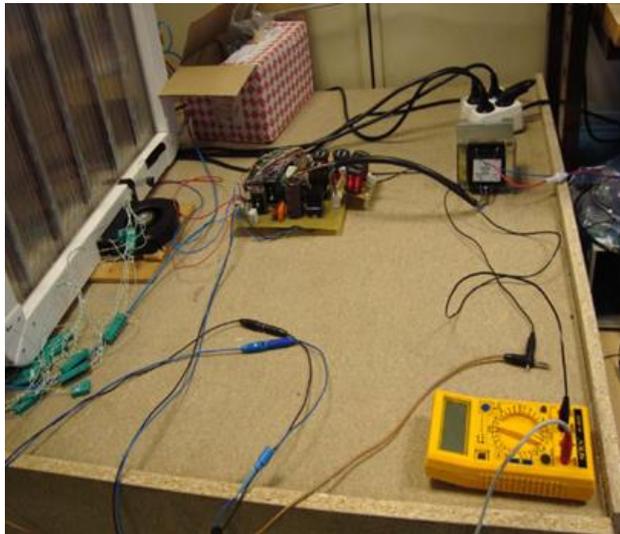
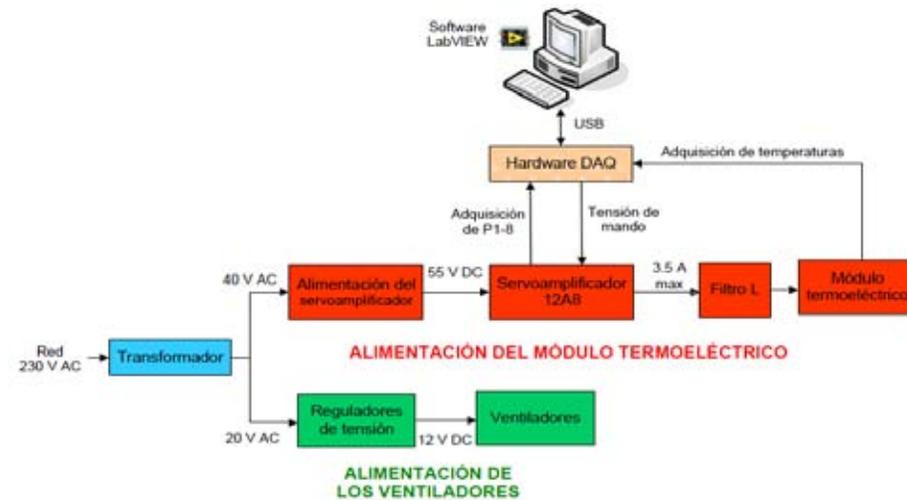


Figura 20. Circuitos eléctricos para el funcionamiento del prototipo. Fuente: Nectalí Fernández, Alejandro

control de temperatura de un flujo de aire denominada «Unidad de refrigeración Local» (URL).



El prototipo URL es un pequeño dispositivo que podría denominarse ventilador activo ya que crea un flujo de aire, pero además lo enfría o lo calienta según convenga en cada caso.

3.3 Unidad de Refrigeración local (URL)

Autor: Herranz Pindado, Rocio

Origen: España

Año: 2012

Descripción del proyecto:

Es proyecto estudia el control de temperatura de un flujo de aire enfriado por placas Peltier. Su principal objetivo es el



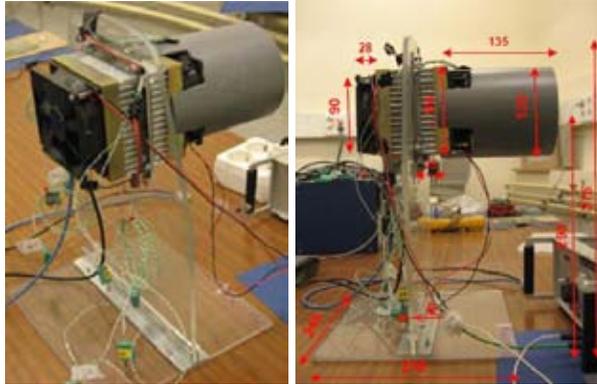


Figura 21. Unidad de refrigeración

El proyecto consiste en poner en funcionamiento el prototipo, empleando una placa de alimentación diseñada en proyectos anteriores y analizar la corriente de alimentación al módulo termoelectrico.

Se analizó el comportamiento del sistema con el objetivo de controlarlo de manera óptima, teniendo en cuenta el máximo aprovechamiento de las placas Peltier y la eficiencia energética.

La unidad consta de cuatro placas Peltier, dos disipadores, dos ventiladores, una tobera y un soporte metácrilado. El prototipo está destinado a la refrigeración local en ambiente no climatizado o como suplemento para conseguir condiciones de confort térmico para una persona a través de un chorro de aire frío dirigido hacia ella, en un ambiente climatizado.

39

Figura 22. Diagrama de funcionamiento



Climatización con placas termoelectricas en espacios térmicamente ineficientes



“¿Cuánto tiempo se tardará en transformar en acción lo que es reflexión? Tener una idea global es la forma más creíble de llegar a la acción.”

Álvaro Siza

4

Propuesta de Prototipo de Olimatización Termoeléctrico

Propuesta de Prototipo de Climatización Termoeléctrico (PCT)

4.1 Descripción del PCT

Se tiene por objetivo crear un prototipo de climatización, con placas termoeléctricas como corazón de su funcionamiento, en este caso placas tipo Peltier.

Como ya se ha explicado, en capítulos anteriores, las placas Peltier tienen la propiedad de poder generar dos diferencias de temperaturas en un mismo módulo (caliente y frío en cada cara), aislando dichas caras y al hacer circular una corriente de aire por una de ellas y, en este caso, se aprovechan para generar las condiciones adecuadas para el confort térmico de un espacio.

En cuanto a la energía necesaria para hacer funcionar el prototipo se utilizará la energía solar, para esta etapa, se usaran celdas solares teniendo la posibilidad de usar una placa Seebeck, la cual transformará la radiación solar en energía eléctrica.

4.1.1 Funcionamiento del PCT

El sistema de climatización inicia al obtener energía del sol por medio de la celda fotovoltaica o placa Seebeck

para activar las placas Peltier, mientras que la energía generada, se almacena en una batería.

La placa se encuentra conectada a dos disipadores, uno de frío y otro de calor. Un primer ventilador se encarga de expulsar el aire caliente producido mientras que un segundo ventilador, entra en contacto con el disipador de frío, haciendo que el aire se enfríe y salga hacia un espacio interior. El proceso inverso se usa para generar aire caliente.

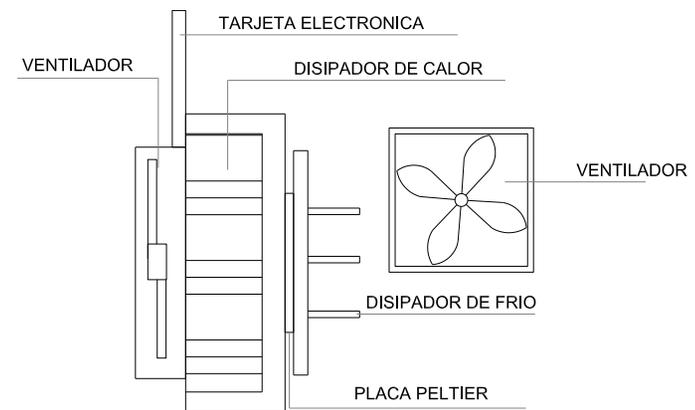


Figura 23 Esquema del prototipo de climatización





4.2 Aportaciones para la construcción sustentable

Calidad del medio ambiente y eficiencia de recursos

Ante el problema del calentamiento global, se han generado nuevas tecnologías que impulsen la reducción del impacto ambiental. Así mismo, el descuido en el diseño de los espacios arquitectónicos, cegados por el aprovechamiento máximo de los espacios y la ganancia económica de éstos, dan lugar a diseños que colocan al usuario fuera de un rango de confort.

El uso de termoeléctricos, además de generar energía de la radiación solar; permite la disminución en el uso de energía convencional. El desarrollo de equipos de refrigeración basados en elementos Peltier, como alternativa a los refrigerantes convencionales de origen orgánico (agua, amoníaco) y de origen inorgánico (CFC`s, HCFC`s) que disminuyen los efectos contaminantes de los anteriores.

Desempeño económico y compatibilidad

Pensado para un uso residencial y climas cálidos. Hoy en día, las placas Peltier son accesibles en el mercado, por lo que los costos para la fabricación lo hará factible. El aprovechamiento la radiación presente día a día, permite una reducción en los costos de operación, ya que no será

necesario el uso de energía proveniente de combustibles fósiles y se reflejará en un beneficio económico a largo plazo.

A pesar de que el tiempo de vida de las placas termoeléctricas se encuentran en un rango de 20 a 30 años (Tellurex Corporation, 2010), pueden ser sustituidas con nuevas, involucrando un pequeño gasto económico para continuar con el funcionamiento normal del prototipo.

Normas éticas y equidad social

Pensando en una producción en masa y un abaratamiento del costo por unidad, se tiene la posibilidad de un acceso mayor de diversas posiciones económicas, a diferencia de los sistemas de aire acondicionado convencionales.

La reducción en el consumo de energía, facilitará la operación y el mantenimiento del prototipo, generando un balance térmico en el interior de los espacios que lo necesiten, principalmente en épocas de calor, minimizando el estrés térmico y mejorando la calidad de vida de los usuarios

4.3 Metodología. Technology Readiness level





Se usa la metodología TRL (Technology Readness Level) usada para evaluar la evolución de dispositivos y materiales. Cuenta con nueve puntos, los cuales concluyen con un prototipo que puede ser incorporado tras una serie de comprobaciones, sin embargo, durante los dos años de maestría, se concluirá en el nivel cuatro, en el cual se cuenta con un prototipo básico y las primeras mediciones de éste.

4.3.1 TRL 1: Principios básicos observados y reportados

Tras la observación del entorno, es posible descubrir una serie de problemas que afectan al medio ambiente y al humano. En este caso, el prototipo, ayudará a la solución del problema de climatizar espacios que no pueden serlo de una manera pasiva, contribuyendo además a un ahorro energético.

Surge una serie de hipótesis acerca de las posibles soluciones, analizándolas y llegando a una que satisface la problemática establecida, con ello un objetivo principal y objetivos particulares que contribuirán con el desarrollo del prototipo.

Se inicia la búsqueda de información de diversas fuentes: libros, internet, revistas, trayendo consigo una inmensa cantidad de información, que va desde las definiciones, fundamentos principales de la

termoelectricidad, las fórmulas de ésta, estudios de confort térmico, funcionamiento de aire acondicionado, etc. Con dicho análisis, se sintetizará la información la cual es acomodada de acuerdo a un contenido elaborado.

PRODUCTO: Concepción de la problemática, metodología y conocimiento de los principios y fundamentos básicos.

4.3.2 TRL 2: Formulación del concepto y/o definición de aplicación tecnológica

En esta etapa, se realiza un análisis profundo del funcionamiento de los materiales termoeléctricos y de los equipos de aire acondicionado.

De la misma forma, la creación de simulaciones en el programa Alice, permiten tener una concepción y una perspectiva sobre la materialización de la propuesta.

A partir de las comprobaciones de viabilidad, se creará un módulo de experimentación, cuyas caras se encuentren aisladas de ganancia y pérdida energética, y permita aplicar el prototipo básico.

PRODUCTO: Propuesta de diseño, y módulo de experimentación

4.3.3. TRL 3: Prueba de concepto analítica y/o experimental



Climatización con placas termoeléctricas en espacios térmicamente ineficientes





Se realiza un prototipo básico. El prototipo se coloca en el módulo de experimentación y se miden las variables climáticas dentro del espacio, antes y después de la introducción del prototipo en el módulo.

Los datos obtenidos, se registran para poder mejorar el sistema y corregir fallas, realizando el análisis de éstos.

PRODUCTO: Prototipo inicial, mediciones de variables climatológicas

4.3.4 TRL 4: Validación de los componentes aislados

El prototipo sufre una serie de mejoras y correcciones a través de mediciones y registros. Tras esto se obtiene un sistema que funcione y cumpla con los objetivos planteados al inicio, comprobando la hipótesis establecida.

PRODUCTO: Prototipo mejorado, mediciones, conclusiones y reporte final

4.4 Simulaciones en Alice 2.0

Se crean dos simulaciones en lo referente al aspecto térmico. La primera simulación consiste en un espacio cerrado en donde se introduce un sistema de enfriamiento, en este caso, se usa un ventilador, mientras que el usuario

(que recibe el aire climatizado) se encuentra representado por un oso de felpa.

La simulación calcula la temperatura a la que debe estar el aire del ventilador para generar una temperatura de confort.

42



Figura 24. Simulación de introducción de equipo de ventilación en un espacio interior





Figura 25. simulación de introducción de equipo de ventilación en un espacio interior

La segunda simulación se refiere a la transmitancia térmica de los materiales comunes en la construcción en la Ciudad de México.

La transmisión de calor de cada material es calculada para conocer que tanto se encuentra aislado un espacio del exterior a fin de evitar pérdidas o ganancias de calor que no se encuentren consideradas al momento de usar el prototipo de climatización.

Se calcula en: **Muros:** Considerando materiales como madera, lana mineral, azulejo, concreto, tabique, tablaroca, adobe, vidrio. **Piso (o techo):** Materiales como madera, terrazos, firmes de concreto,



Figura 26. Simulación transmitancia térmica en materiales (muros)

4.5 Metodología del Experimento

1. Temática a abordar

Uso de placas termoeléctricas para climatizar un espacio interior cálido.

2. Aparatos y materiales empleados

- Termómetro de bulbo seco (temperatura)
- Piranómetro (Radiación)
- Sistema de adquisición de datos
- HOBO (Temperatura y h umedad)
- Cámara térmica

3. Procedimientos por aplicar

- Diseño y armado del prototipo



- Fabricación de dos módulos de experimentación
- Aplicación del prototipo al módulo de experimentación
- Registro de variables climatológicas (temperatura, humedad y radiación)
- Análisis de las variables mencionadas para comprobar la diferencia de temperatura en un módulo de prueba y en un módulo testigo. Conclusiones.

4. Descripción de experimentos, condiciones del mismo, elementos que lo forman

Se propone realizar los experimentos en un módulo con sus caras aisladas térmicamente y una cara donde se pueda instalar el prototipo de aire acondicionado. Dicha cara se colocará en una de las caras laterales del módulo, a fin de simular una fachada.

Se contará con varios sensores que midan la temperatura del interior del espacio, además de 4 HOBOS que midan la temperatura y humedad del aire interior y exterior.

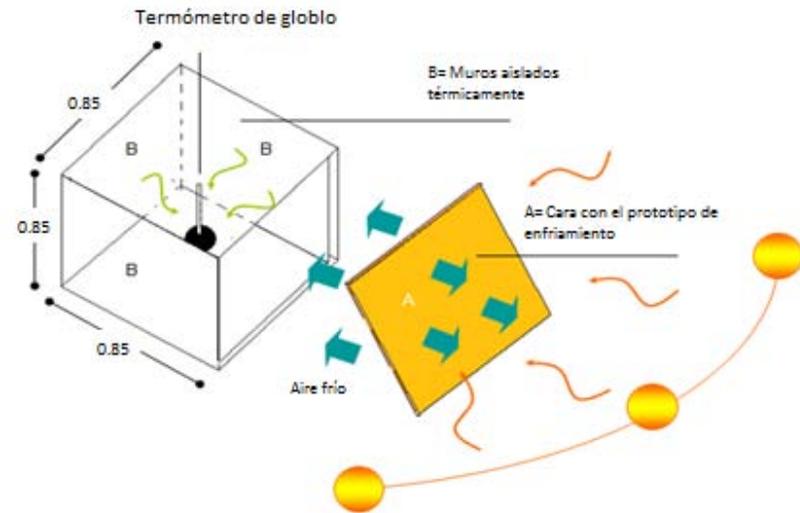


Figura 27. Esquema general del módulo de experimentación, una de las caras laterales alojará el prototipo de aire acondicionado (PCT)

44

Las mediciones de los parámetros se realizarán, evaluarán y compararán para comprobar la eficacia del prototipo de aire acondicionado dentro de un espacio controlado. Se procederá a la medición de la radiación, temperatura y humedad, dentro y fuera de módulo; los datos serán enviados al adquirente de datos Agilent®.

45



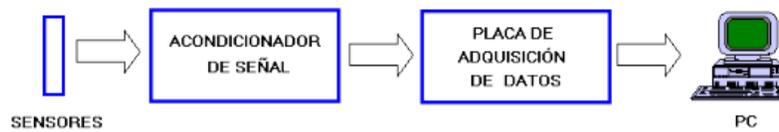


Figura 28. Imagen del proceso de adquisición de datos. Se realizan las mediciones por medio de sensores, hasta la digitalización en tres etapas: conversión (de la magnitud a una señal eléctrica), adaptación (de la señal eléctrica para su lectura digital) y sistema hardware de adquisición de datos (a través de la computadora).

Las datos obtenidos de dicho sistema medirán las variables cada minuto, serán descargadas, analizadas y promediadas cada 10 minutos, comparando los resultados entre los dos módulos de experimentación (testigo y experimental) por medio de graficas que expresen la eficacia del uso de placas termoeléctricas

5. Identificación de las variables que se desean comprobar

- **Irradiancia.** Provee de energía al prototipo, además influye en el calentamiento de la envolvente. Datos obtenidos: Radiación en watts

- **Temperatura y humedad exterior:** Ya que la envolvente se calienta y transmite el calor al interior, es necesario conocer el grado de calentamiento de la envolvente y del medio ambiente promedio. Datos obtenidos: Temperatura en grados Celsius, vapor de agua existente por unidad de volumen de aire (%)
- **Temperatura y humedad interior:** Ya que el objetivo es climatizar espacios interiores, es necesario conocer la temperatura que se genera en el interior con y sin la aplicación del PCT. Datos obtenidos: Temperatura en grados Celsius, vapor de agua existente por unidad de volumen de aire (%)

6. Paso a paso la descripción de la metodología experimental empleada

- 1) Creación del prototipo 1 de aire acondicionado, por medio de 1 placas Peltier 45 w, dos ventilador y dos disipadores y un prototipo final: una celda fotovoltaica, 1 placa Peltier 90w, 2 ventiladores, 2 disipadores, una batería y 1 tarjeta electrónica.
- 2) Creación del módulo de experimentación cubico con dimensiones 0.85 x 0.85 x 0.85



- 3) Aplicación del prototipo 1 en el módulo de experimentación. Se medirán las variables de temperatura y humedad al interior del módulo.
- 4) Registro de datos: comprobación de las temperaturas obtenidas inicial y final. Medición de la radiación solar como referencia para el funcionamiento del prototipo
- 5) Aplicación del prototipo 2 en el módulo de experimentación. Se medirán las variables de temperatura y humedad al interior del módulo, durante épocas cálidas.
- 6) comprobación de las temperaturas obtenidas inicial y final.
- 7) Conclusiones generales.

4.6 Prototipo de Climatización (PCT)

Prototipo 1

Se crea un prototipo 1 del equipo, formado inicialmente por una placa Peltier de 45w, dos disipadores de calor de aluminio y dos ventilador de plástico (figura 29).



Figura 29 Prototipo 1

Prototipo 2

Se crea un prototipo 2, formado inicialmente por una placa Peltier de 90w, dos disipadores y dos ventiladores de plástico, una batería y una tarjeta electrónica (figura 30).

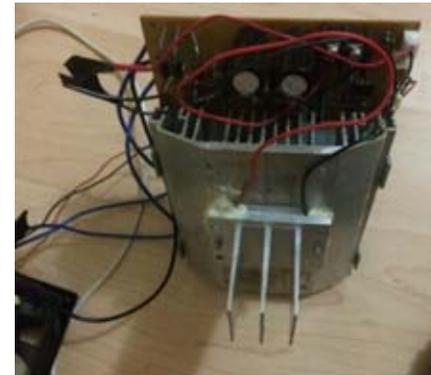


Figura 30. Vista del disipador de frío del prototipo de enfriamiento

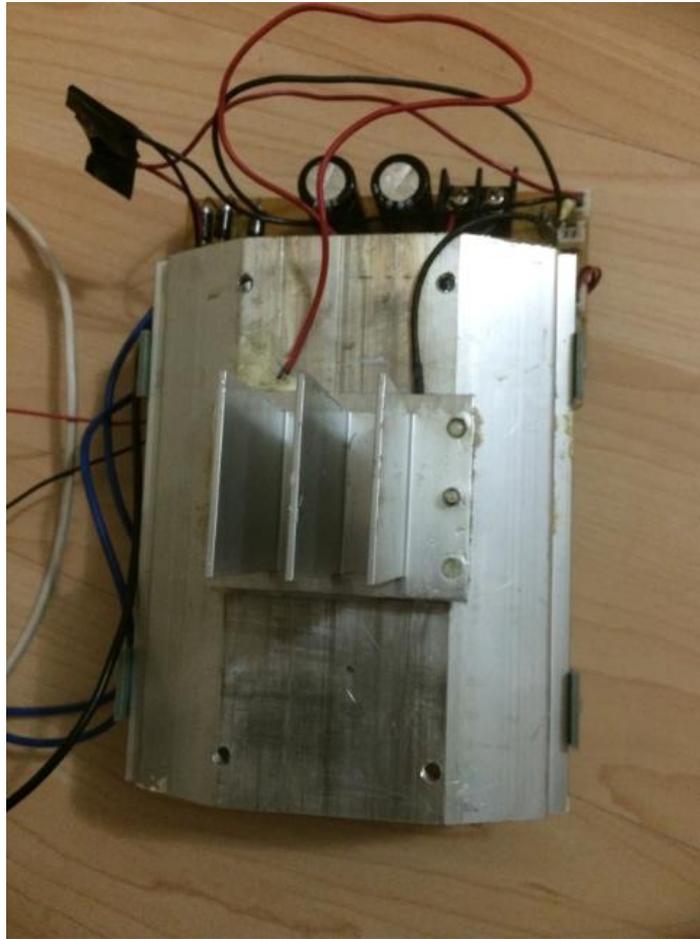


Figura 31. Vista del disipador de frío del prototipo de enfriamiento

"El razonamiento experimental necesariamente se ocupa de dos hechos a la vez: la observación, usada como punto de partida; el experimento, usado como conclusión o control"

Claude Bernard

Fase Experimental

5.1. Cálculo de transmitancia del módulo de experimentación

Se eligió el poliestireno, debido a su baja transmisión térmica, su permeabilidad (necesaria ya que el módulo se encontrará a la intemperie) y su accesible costo.

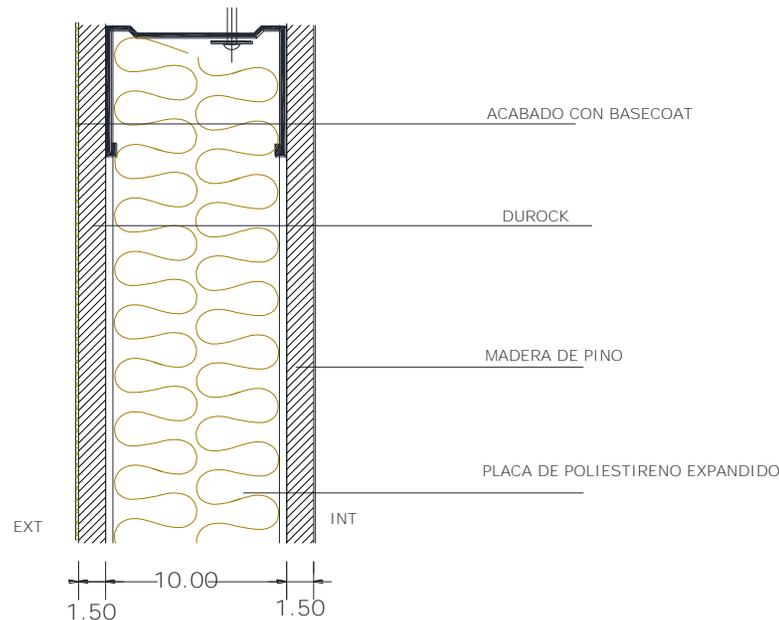


Figura 32. Muro del módulo de experimentación

$$T. \text{Int} = 0.123 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$T. \text{Ext} = 0.055 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$\text{Madera de pino} = 0.02/0.03 = 0.66 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$\text{Panel de yeso} = 0.015/1.58 = 0.01 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$\text{Poliestireno} = 0.10/0.020 = 5.00 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$\text{Basecoat} = 0.01/0.372 = 0.027 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$\Sigma = 5.70 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$1/\Sigma = 1/5.70 = 0.17 \text{ W/m}^2\text{°C}$$



5.2. Fabricación del módulo de experimentación

Se crearon dos módulos de experimentación de 83 x 83 con un espesor de muro de 13 cm, como se muestra en la figura 32.

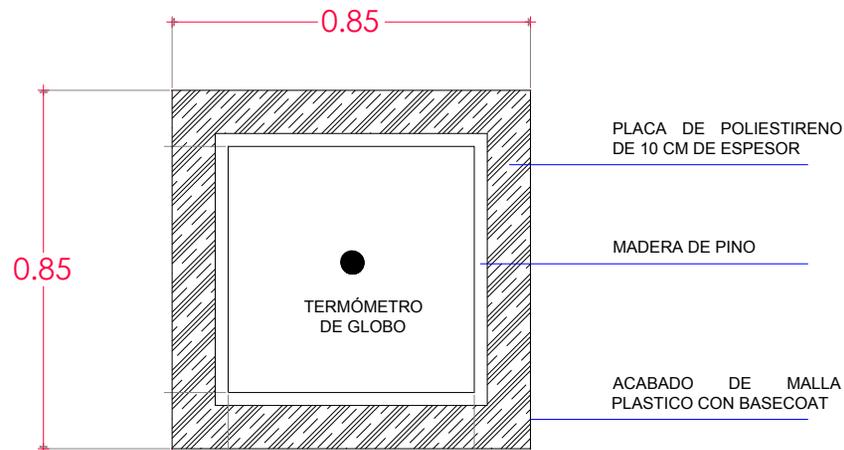


Figura 33. Planta del módulo de experimentación con materiales y medidas generales.

El Módulo 1 será donde se coloque en una cara el prototipo de climatización (Imagen 33) y un módulo 2 que sirva como módulo testigo, sin prototipo.



Figura 34. Construcción del módulo.



Figura 35. Vista lateral del módulo de experimentación.

5.3. Aplicación del prototipo I en el módulo de experimentación.

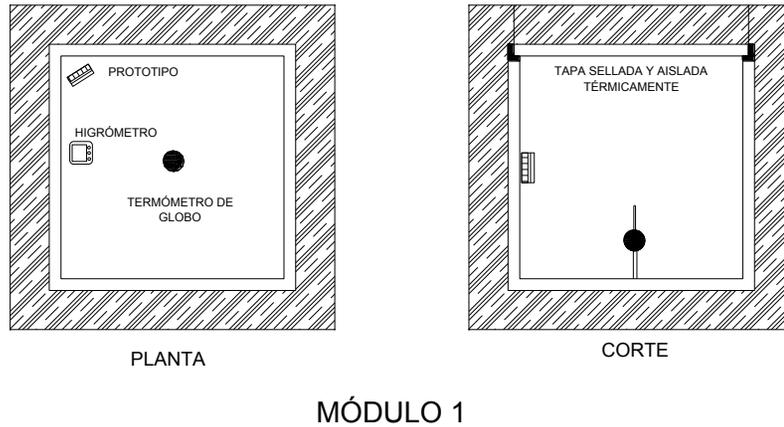


Figura 36. Planta y corte del contenido y acomodo del módulo 1, en donde se coloca el prototipo.

Se coloca en el Módulo 1 el prototipo de climatización, como se muestra en la imagen 36. En el centro, se coloca un termómetro de globo para simular al usuario y tomar la temperatura media radiante. Ubicado en un extremo, se coloca un higrometro, el cual dará la lectura de temperatura y humedad en el interior, provocada por el prototipo. En este experimento el prototipo enfriará el espacio.

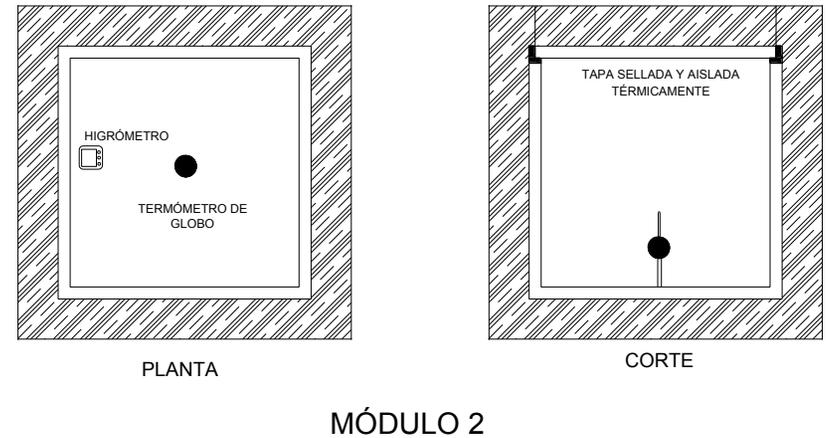


Figura 37. Planta y corte del contenido y acomodo del módulo 2. No contiene ningún prototipo.

En el módulo número 2, las condiciones serán similares. El higrometro indicará los mismos datos (temperatura y humedad) pero sin la presencia del prototipo. (Imagen 37)

Así mismo, en el exterior, se colocará un termómetro de bulbo seco, que dará las temperaturas ambientales. Se medirán las temperatura y humedad exterior e interior de ambos módulos. Las variables serán registradas cada hora, como un inicio en el manejo de los datos, durante tres días, en los que se presentaron cielo despejado, nublado y lluvias, ideales para comprobar el comportamiento de la placa.



Figura 38. Prototipo dentro del módulo de experimentación



Figura 39. Prototipo dentro del módulo de experimentación

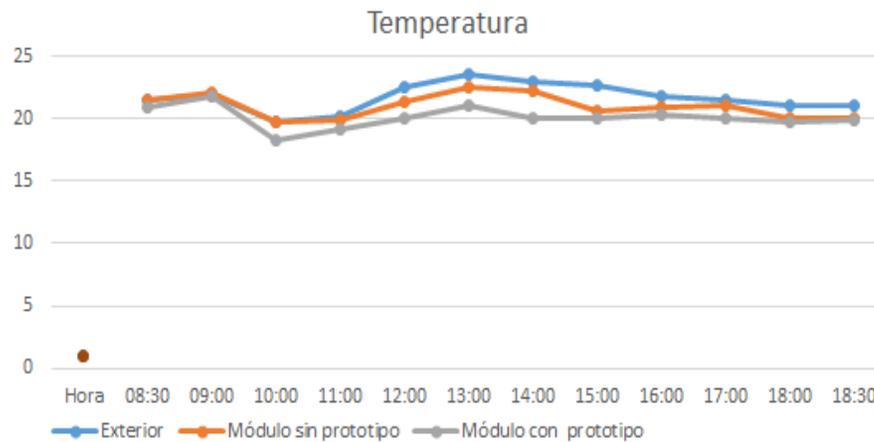




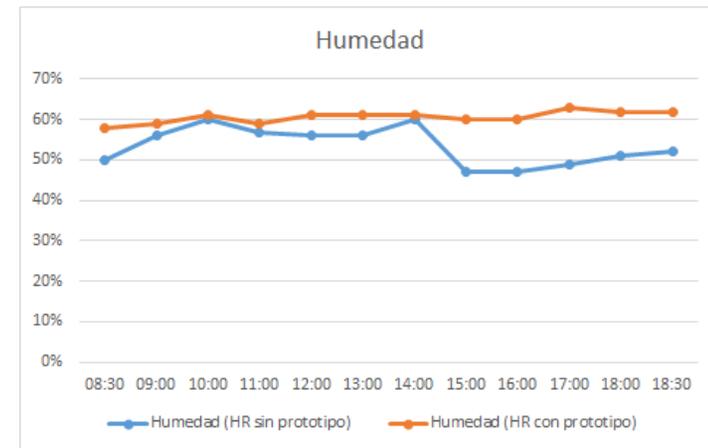
5.4 Datos de medición de temperatura y humedad. Prototipo I (Enfriamiento)

Tabla 4. Día de medición: 7 de Octubre de 2013

Hora	Variables exteriores		Módulo sin prototipo		Módulo con prototipo			Diferencia de humedad con y sin prototipo	Diferencia de temperaturas con y sin prototipo
	Temperatura (Text)	Radiación (W)	Temperatura (T _{intf})	Humedad (HR _{ext})	Temperatura (T _{int})	Humedad (HR _{int})	Temperatura Media Radiante		
8:30	21.5°C	194.01	21.5°C	50%	20.9°C	58%	23°C	+8%	-0.6
9:00	22.0°C	230.84	22.1°C	56%	21.8°C	59%	24°C	+3%	-0.3
10:00	19.8°C	362.74	19.8°C	60%	18.3°C	61%	21°C	+1%	-1.5
11:00	20.2°C	498.33	19.9°C	57%	19.1°C	59%	21°C	+2%	-0.8
12:00	22.5°C	542.11	21.4°C	56%	20.1°C	61%	22°C	+5%	-1.3
13:00	23.6°C	679.14	22.5°C	56%	21.1°C	61%	24°C	+5%	-1.4
14:00	22.9°C	645.47	22.3°C	60%	20.1°C	61%	24°C	+1%	-2.2
15:00	22.7°C	544.00	20.6°C	47%	20.0°C	60%	23°C	+13%	-0.6
16:00	21.8°C	443.12	20.9°C	47%	20.3°C	60%	22°C	+13%	-0.6
17:00	21.5°C	300.07	21.0°C	49%	20.1°C	63%	21°C	+14%	-0.1
18:00	21.1°C	231.68	20.0°C	51%	19.8°C	62%	20°C	11%	-0.2
18:30	21.0°C	156.74	20.1°C	52%	19.9°C	62%	20°C	+10%	-0.2



Gráfica 3. Temperatura 7 octubre



Gráfica 4. Humedad 7 Octubre

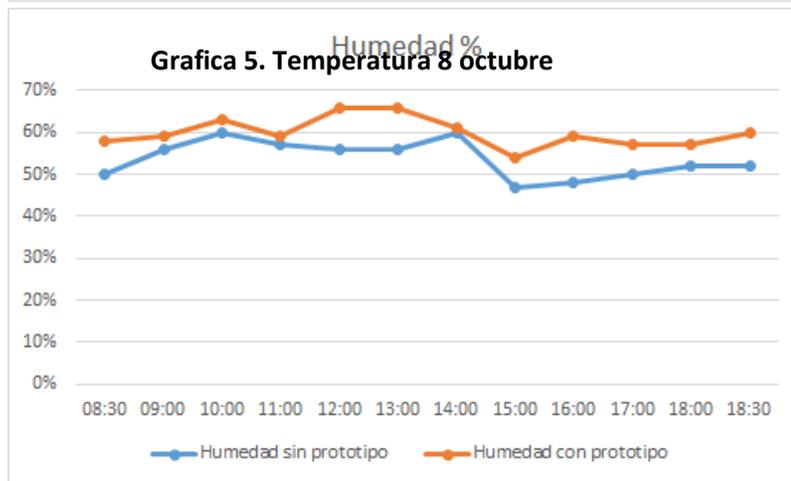
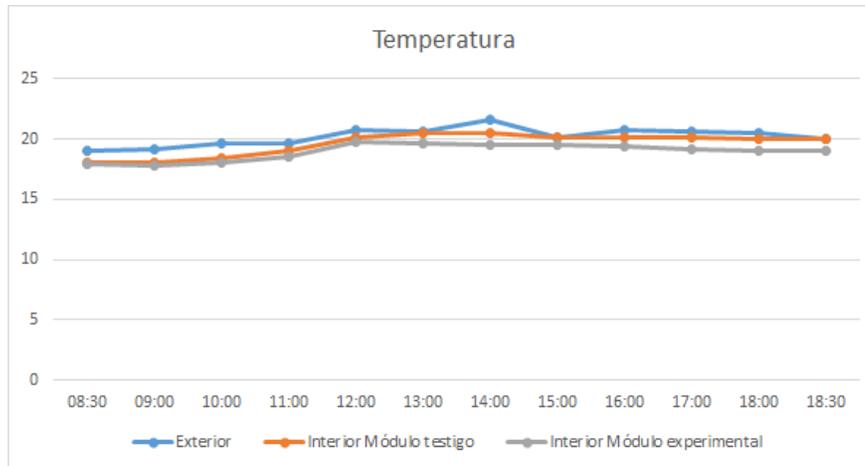




Tabla 5 Día de medición: 8 de Octubre de 2013

Hora	Variables exteriores		Módulo sin prototipo		Módulo con prototipo				
	Temperatura (T _{ext})	Radiación (W)	Temperatura (T _{int})	Humedad (HR _{ext})	Temperatura (T _{int})	Humedad (HR _{int})	Temperatura Media Radiante	Diferencia de humedad con y sin prototipo	Diferencia de temperaturas con y sin prototipo
8:30	19.0°C	10.53	18.0	50%	17.9°C	58%	19°C	+8%	-0.1
9:00	19.2°C	52.27	18.0	56%	17.8°C	59%	19°C	+3%	-0.2
10:00	19.6°C	105.07	18.4	60%	18.0°C	63%	21°C	+3%	-0.1
11:00	19.7°C	210.04	19.0	57%	18.6°C	59%	21°C	+2%	-0.1
12:00	20.8°C	472.51	20.2	56%	19.8°C	66%	23°C	+10%	-0.1
13:00	22.6°C	580.25	20.5	56%	19.7°C	66%	23°C	+10%	-0.4
14:00	20.6°C	419.50	20.5	60%	19.5°C	61%	22°C	+1%	-0.4
15:00	20.1°C	524.25	20.2	47%	19.5°C	54%	21°C	+7%	-0.4
16:00	19.8°C	211.25	20.2	48%	19.4°C	59%	22°C	+11%	-0.4
17:00	19.6°C	104.50	20.1	50%	19.2°C	57%	20°C	+7%	-0.2
18:00	19.5°C	83.00	20.0	52%	19.0°C	57%	19°C	+5%	0.0
18:30	19.°C	31.00	20.0	52%	19.1°C	60%	19°C	+8%	-0.2





Gráfica 6. Humedad 8 Octubre

Tabla 6. Día de medición: 9 de Octubre de 2013

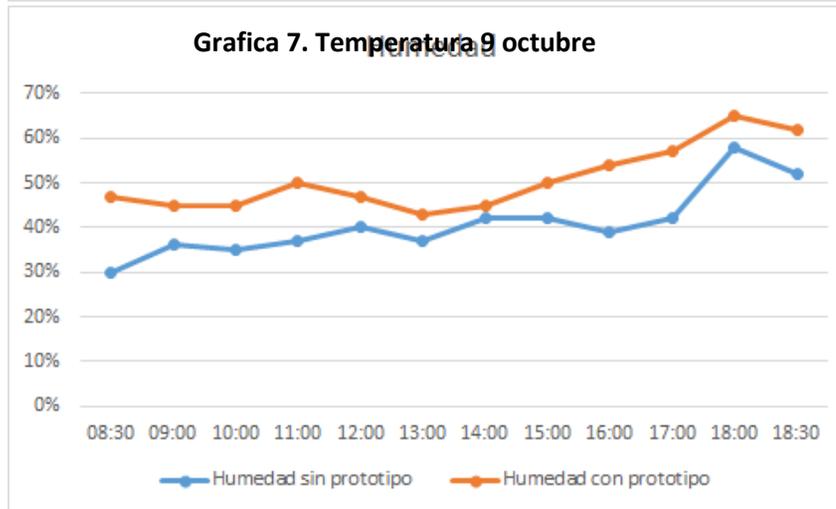
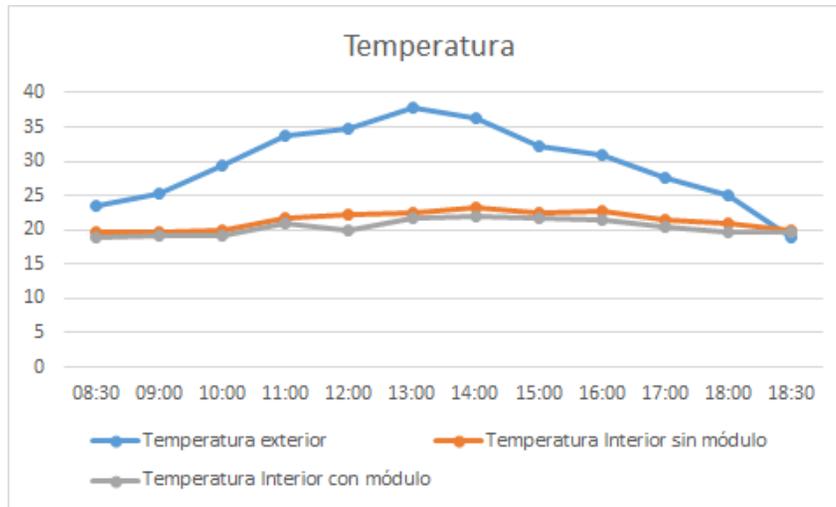
Hora	Variables exteriores		Módulo sin prototipo		Módulo con prototipo		Diferencia de temperaturas con y sin prototipo	Diferencia de temperaturas con y sin prototipo
	Temperatura (T _{ext})	Radiación (W)	Temperatura (T _{int})	Humedad (HR _{ext})	Temperatura (T _{int})	Humedad (HR _{int})		





8:30	23.6°C	157.22	19.6	30%	19.0°C	47%	19°C	+17%	-0.6
9:00	25.4°C	223.84	19.7	36%	19.1°C	45%	19°C	+9%	-0.6
10:00	29.3°C	304.33	20.0	35%	19.3°C	45%	19°C	+10%	-0.7
11:00	33.8°C	378.41	21.7	37%	20.9°C	50%	19°C	+13%	-0.8
12:00	34.8°C	400.87	22.2	40%	20.0°C	47%	20°C	+7%	-1.7
13:00	37.8°C	431.84	22.5	37%	21.7°C	43%	20°C	+6%	-0.5
14:00	36.4°C	409.74	23.2	42%	22.1°C	45%	20°C	+3%	-1.1
15:00	32.1°C	380.45	22.4	42%	21.8°C	50%	21°C	+8%	-0.6
16:00	30.9°C	250.14	22.7	39%	21.5°C	54%	20°C	+15%	-1.2
17:00	27.7°C	225.12	21.4	42%	20.5°C	57%	19°C	+15%	-0.9
18:00	25.0°C	220.06	21.0	58%	19.6°C	65%	19°C	+7%	-1.4
18:30	19.°C	107.31	20.0	52%	19.8°C	62%	19°C	+10%	-0.2





Gráfica 8. Humedad 9 Octubre

5.4.1. Análisis de resultados

De los datos obtenidos en la medición de temperatura y humedad con los módulo de experimentación se obtuvieron 54





los máximos y mínimos, las medias de temperatura y humedad de cada día medido.

Tabla 7. Análisis Día 7 de octubre

	Sin prototipo	Con prototipo
Temperatura Máxima	22.5°C	21.80°C
Temperatura Mínima	19.8°C	18.30°C
Temperatura Media	20.95°C	20.1°C
Temperatura promedio	21.0°C	20.1°C
Humedad Máxima	60%	63%
Humedad Mínima	47%	58%
Humedad media	54%	61%
Humedad promedio	53.42%	60.6%

Diferencia de temperatura media=20.95°C – 20.1°C = **-0.85°C** (perdida de calor dentro del módulo)

Diferencia de humedad media = 54% - 61% = **+ 7%** (Aumento de humedad dentro del módulo)

Tabla 8. Análisis Día 8 de octubre

	Sin prototipo	Con prototipo
Temperatura Máxima	20.5°C	19.80°C
Temperatura Mínima	18°C	17.8°C
Temperatura Media	20.05°C	19.15°C
Temperatura promedio	19.59°C	18.95°C
Humedad Máxima	60%	66%
Humedad Mínima	47%	54%
Humedad media	54%	59%
Humedad promedio	53.67%	59.92%

55

Diferencia de temperatura media=20.05°C – 19.15°C = -
0.90°C (perdida de calor dentro del módulo)

Diferencia de humedad media = 54% - 59% = **+ 5%** (Aumento de humedad dentro del módulo)

Tabla 9. Análisis Día 9 de octubre

	Sin prototipo	Con prototipo
Temperatura Máxima	23.2°C	22.10°C
Temperatura Mínima	19.6°C	19.0°C
Temperatura Media	21.55°C	20.25°C
Temperatura promedio	21.36°C	20.44°C
Humedad Máxima	58%	65%
Humedad Mínima	30%	43%
Humedad media	39.50%	48.50%
Humedad promedio	40.83%	50.83%

Diferencia de temperatura media=21.55°C – 20.25°C = **-1.3°C** (perdida de calor dentro del módulo)

Diferencia de humedad media = 39.50% - 48.50% = **+ 9%** (Aumento de humedad dentro del módulo)

Debido a que los datos obtenidos no son similares, se obtiene la variancia de las temperaturas y humedades medias:

Temperaturas medias con el prototipo PCT

7 Oct= 20.1°C

8 Oct= 19.15°C





9 Oct= 20.25°C

Obteniendo la media de los tres días= 20.1°C

Variación temperatura= $[(0.0)^2 + (-0.95)^2 + (0.15)^2]/3 = [0.0 + 0.90 + 0.02]/3 = 0.92 /3 = 0.31 \text{ °C}$

Desviación estándar temperatura = $\sqrt{0.31} = \mathbf{0.55}$

Humedades medias con el prototipo PCT

7 Oct= 61.00%

8 Oct= 59.00 %

9 Oct= 48.50%

Obteniendo la media de los tres días= 59%

Variación humedad= $[(2)^2 + (0)^2 + (-10.5)^2]/3 = [4 + 0 + 110.25]/3 = 36.75\%$

Desviación estándar humedad = $\sqrt{36.75} = \mathbf{6.06}$

saliendo del rango el día 9. Este incremento en la humedad el día 9 se puede deber a la presencia de lluvia.

Con este dato, podemos concluir que el 7 de octubre se encuentra dentro de un rango estándar en temperatura, mientras que respecto a humedad, el día 8 es estándar,

5.5 .Datos de medición de temperatura y humedad. Prototipo I (Calentamiento)



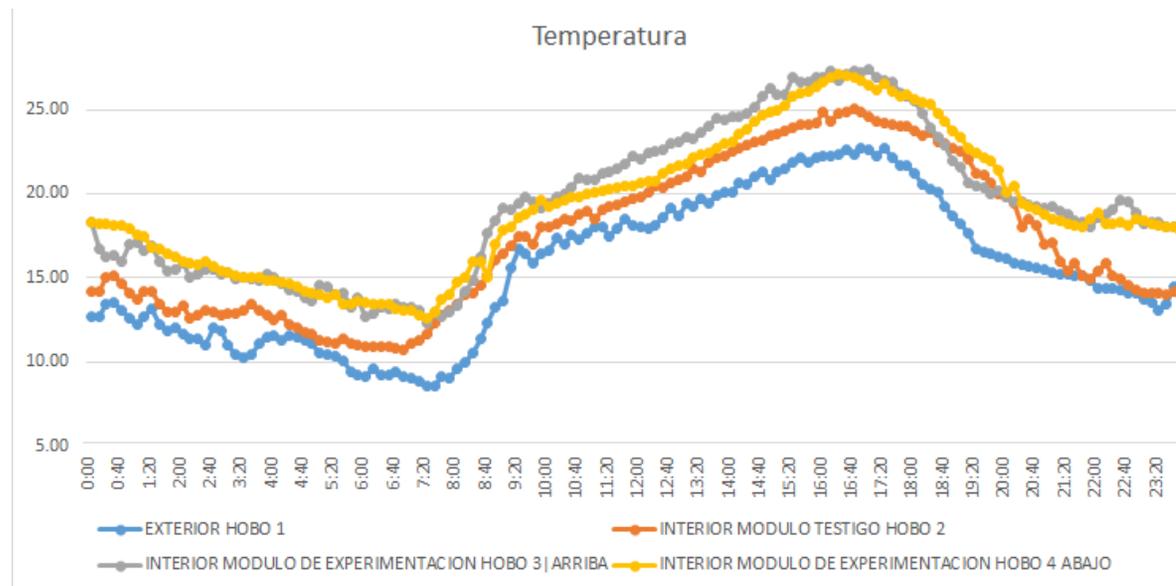
Climatización con placas termoeléctricas en espacios térmicamente ineficientes





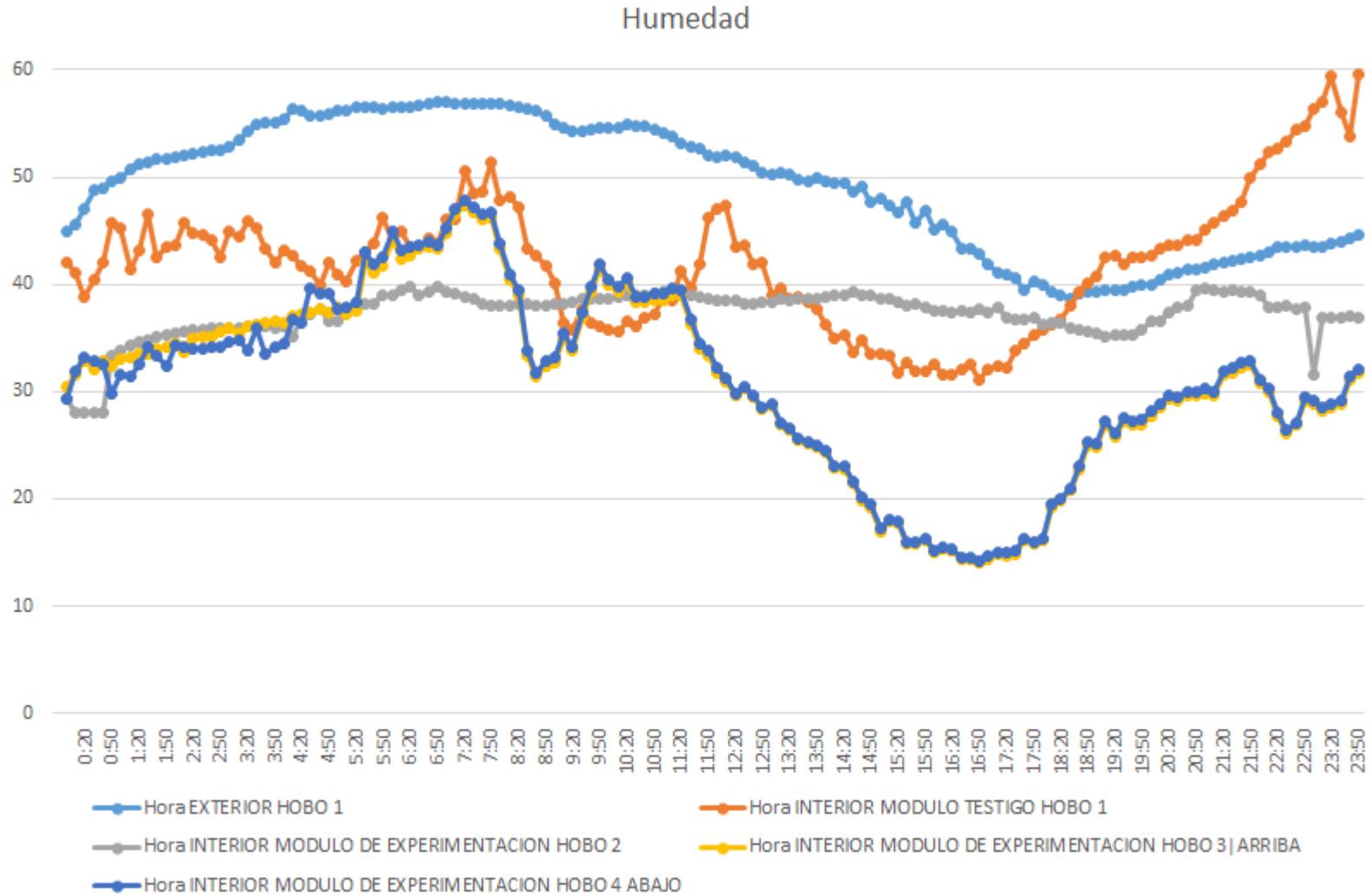
Tabla 10. Día de medición: 10 de Enero de 2014

	RADIACION			TEMPERATURA °C				HUMEDAD %			
	Directa	Difusa	Global	EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR	
				HOBO 1	MODULO TESTIGO HOBO 2	MODULO DE EXPERIMENTACION HOBO 3 ARRIBA	MODULO DE EXPERIMENTACION HOBO 4 ABAJO	HOBO 1	MODULO TESTIGO HOBO 2	MODULO DE EXPERIMENTACION HOBO 3 ARRIBA	MODULO DE EXPERIMENTACION HOBO 4 ABAJO
PROMEDIO	184.05	185.78	171.48	15.43	17.31	19.41	19.27	49.21	41.94	30.89	31.04
MAXIMO	594.65	58439	539.40	22.72	25.07	27.38	27.10	57.09	59.55	47.38	47.86
MINIMO	0	0	0	8.54	10.76	12.34	12.56	38.67	31.17	14.07	14.25



Grafica 9. Temperatura 10 de Enero





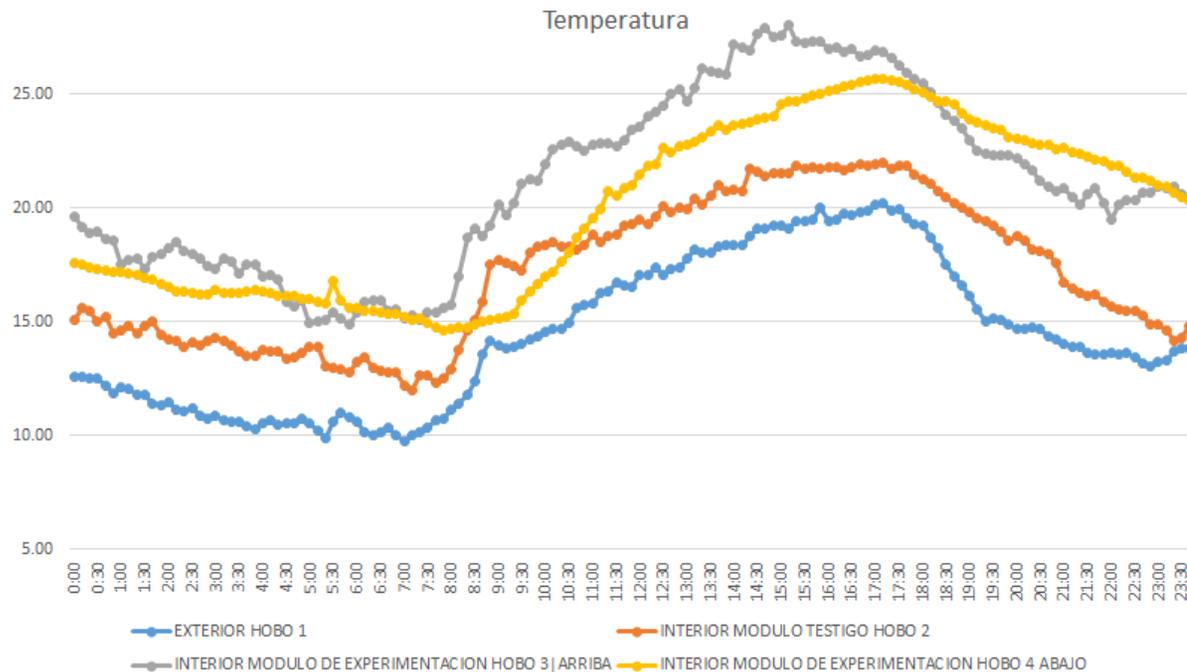
Grafica 10. Humedad 10 de Enero





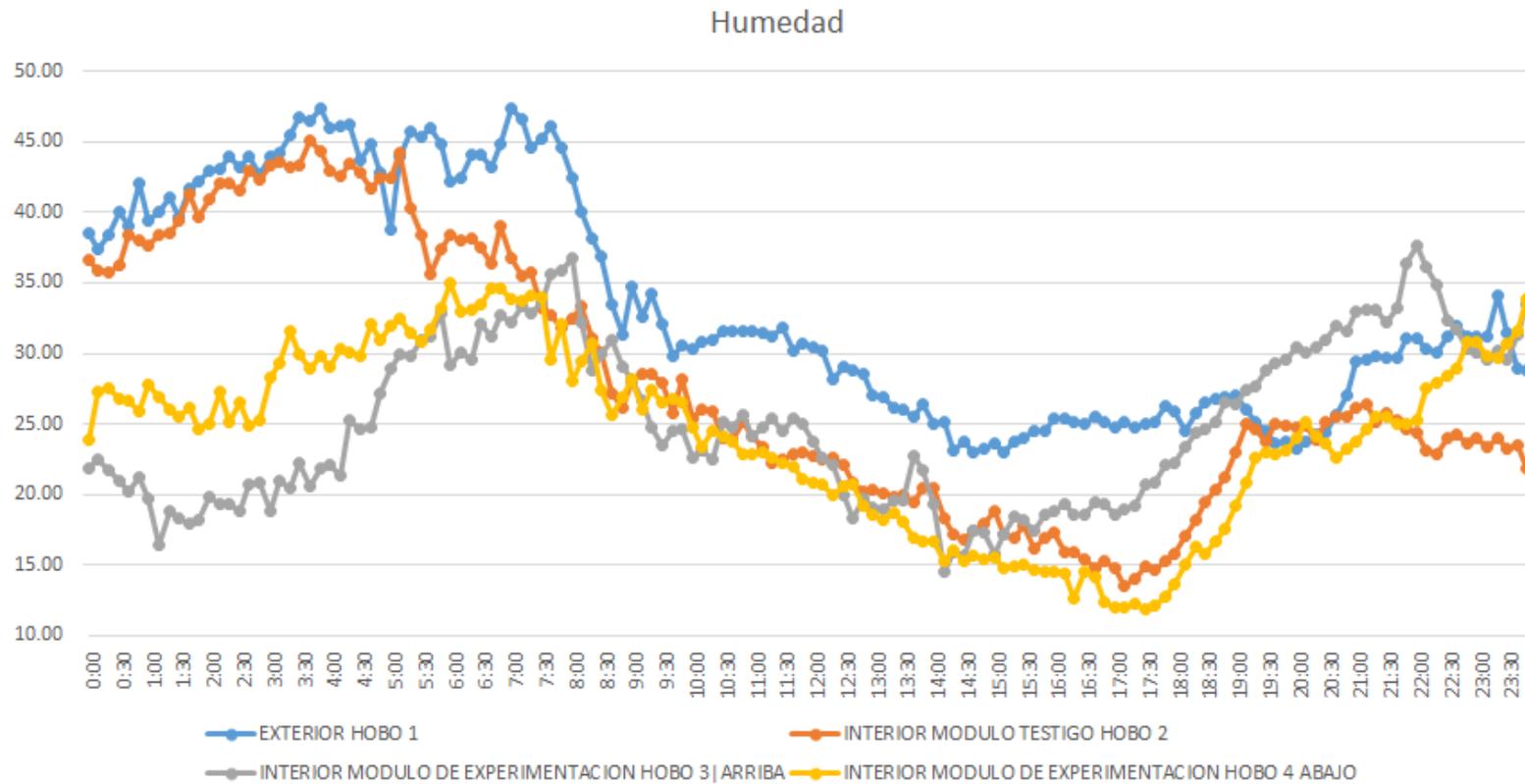
Tabla 11. Día de medición: 11 de Enero de 2014

	RADIACION			TEMPERATURA °C				HUMEDAD %			
	Directa	Difusa	Global	EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR	
				HOBO 1	MODULO TESTIGO HOBO 2	MODULO DE EXPERIMENTACION HOBO 3 ARRIBA	MODULO DE EXPERIMENTACION HOBO 4 ABAJO	HOBO 1	MODULO TESTIGO HOBO 2	MODULO DE EXPERIMENTACION HOBO 3 ARRIBA	MODULO DE EXPERIMENTACION HOBO 4 ABAJO
	PROMEDIO	321.18	260.93	72.57	15.55	19.13	22.39	21.10	30.13	23.68	25.92
MAXIMO	819.00	738.70	215.30	20.24	21.95	28.02	25.66	47.42	38.99	37.65	34.97
MINIMO	0	0	0	13.76	11.97	15.11	14.64	22.94	13.56	14.56	11.92



Grafica 11. Temperatura 11 de Enero





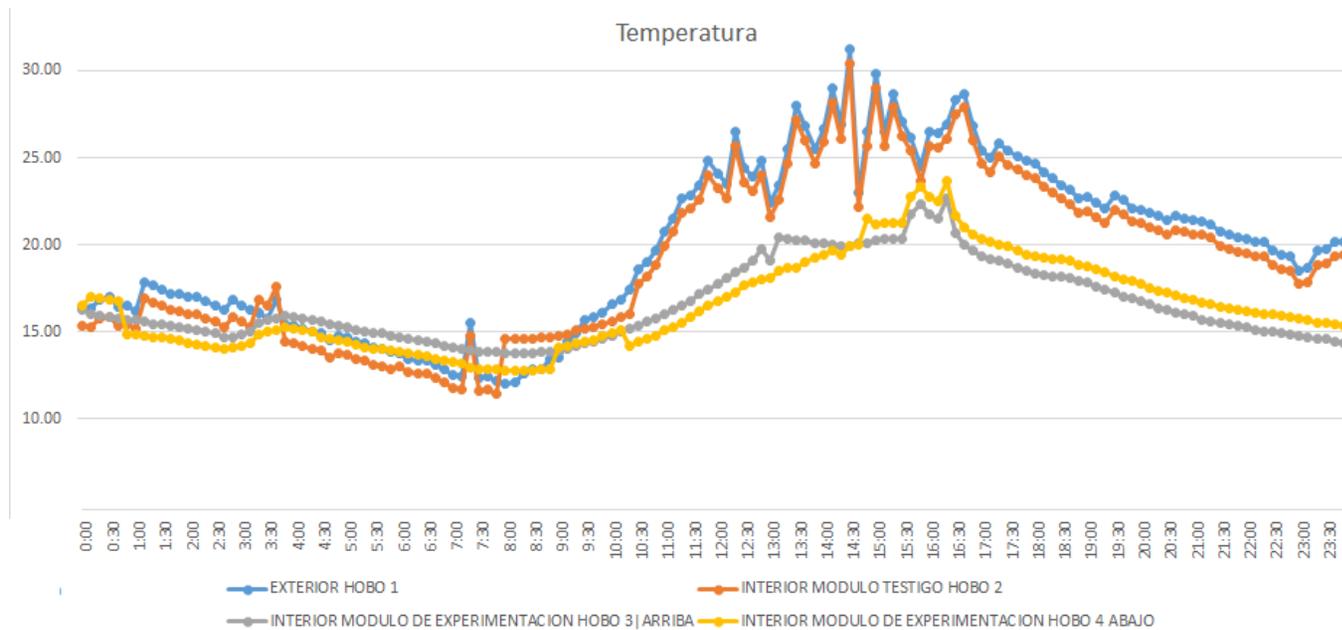
Grafica 12. Humedad 11 de Enero





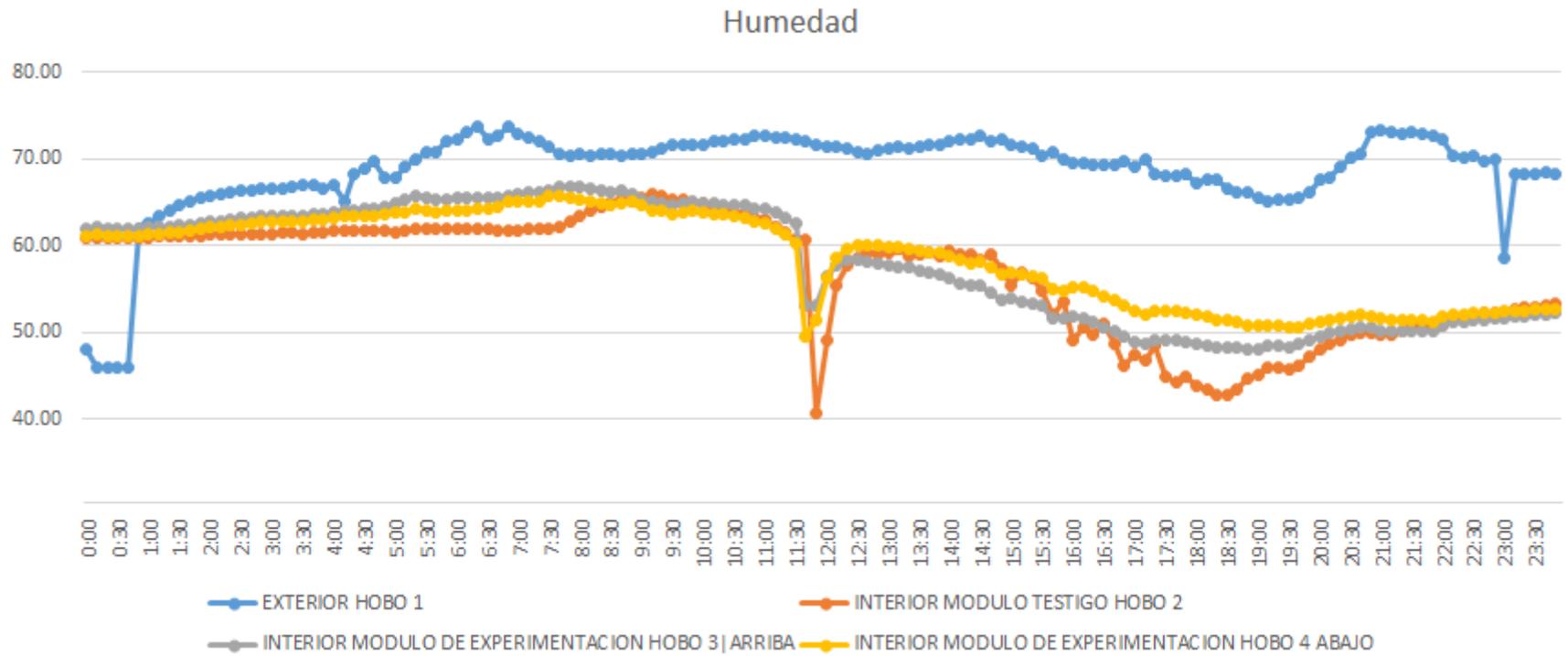
Tabla 12. Día de medición: 12 de Enero de 2014

	RADIACION			TEMPERATURA °C				HUMEDAD %			
	Directa	Difusa	Global	EXTERIOR HOBO 1	INTERIOR		EXTERIOR HOBO 1	INTERIOR			
					MODULO TESTIGO HOBO 2	MODULO DE EXPERIMENTACION HOBO 3 ARRIBA HOBO 4 ABAJO		MODULO TESTIGO HOBO 2	MODULO DE EXPERIMENTACION HOBO 3 ARRIBA HOBO 4 ABAJO		
PROMEDIO	386.78	274.04	53.95	21.08	24.47	16.95	17.06	70.34	55.21	56.15	57.16
MAXIMO	917.00	747.20	142.30	31.20	30.39	22.67	23.65	73.74	65.96	66.79	65.75
MINIMO	0	0	0	12.05	11.47	13.75	12.79	58.56	40.71	48.00	49.41



Grafica 13. Temperatura 12 de Enero





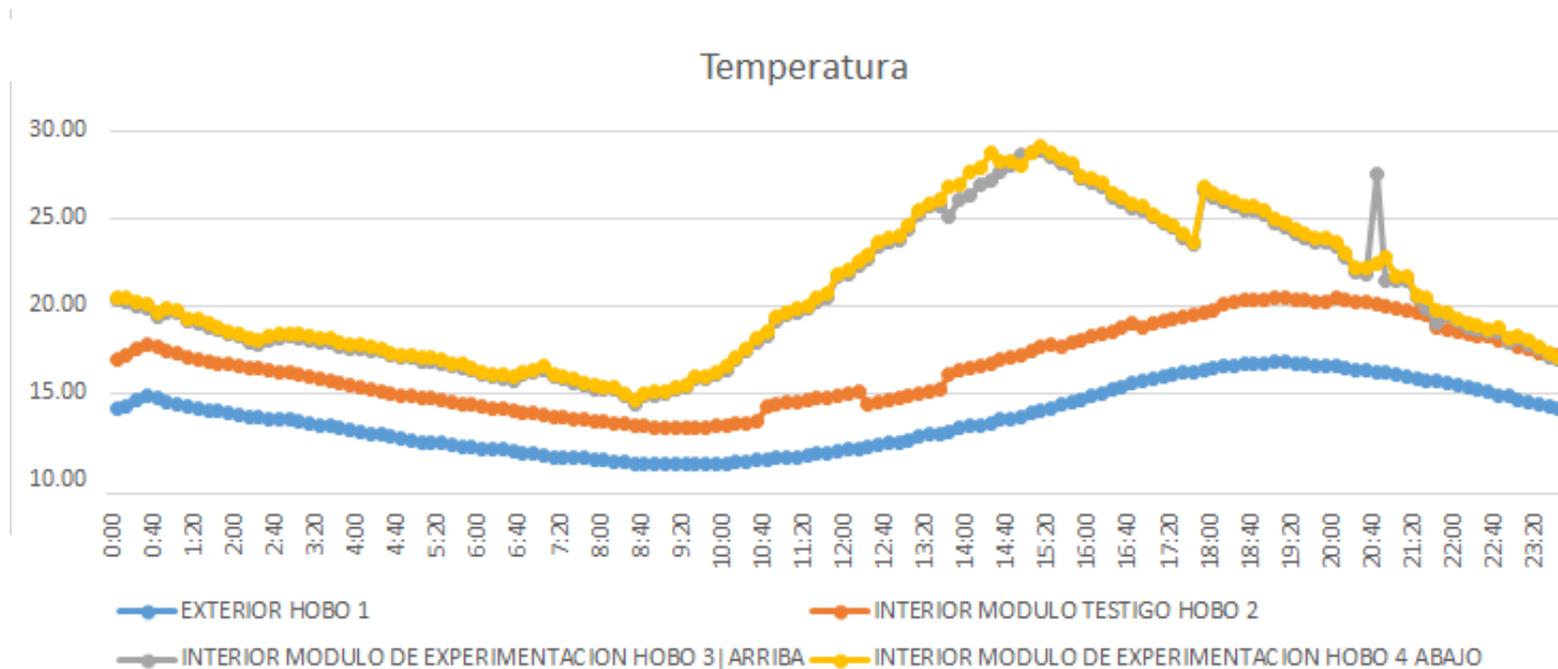
Grafica 14. Humedad 12 de Enero





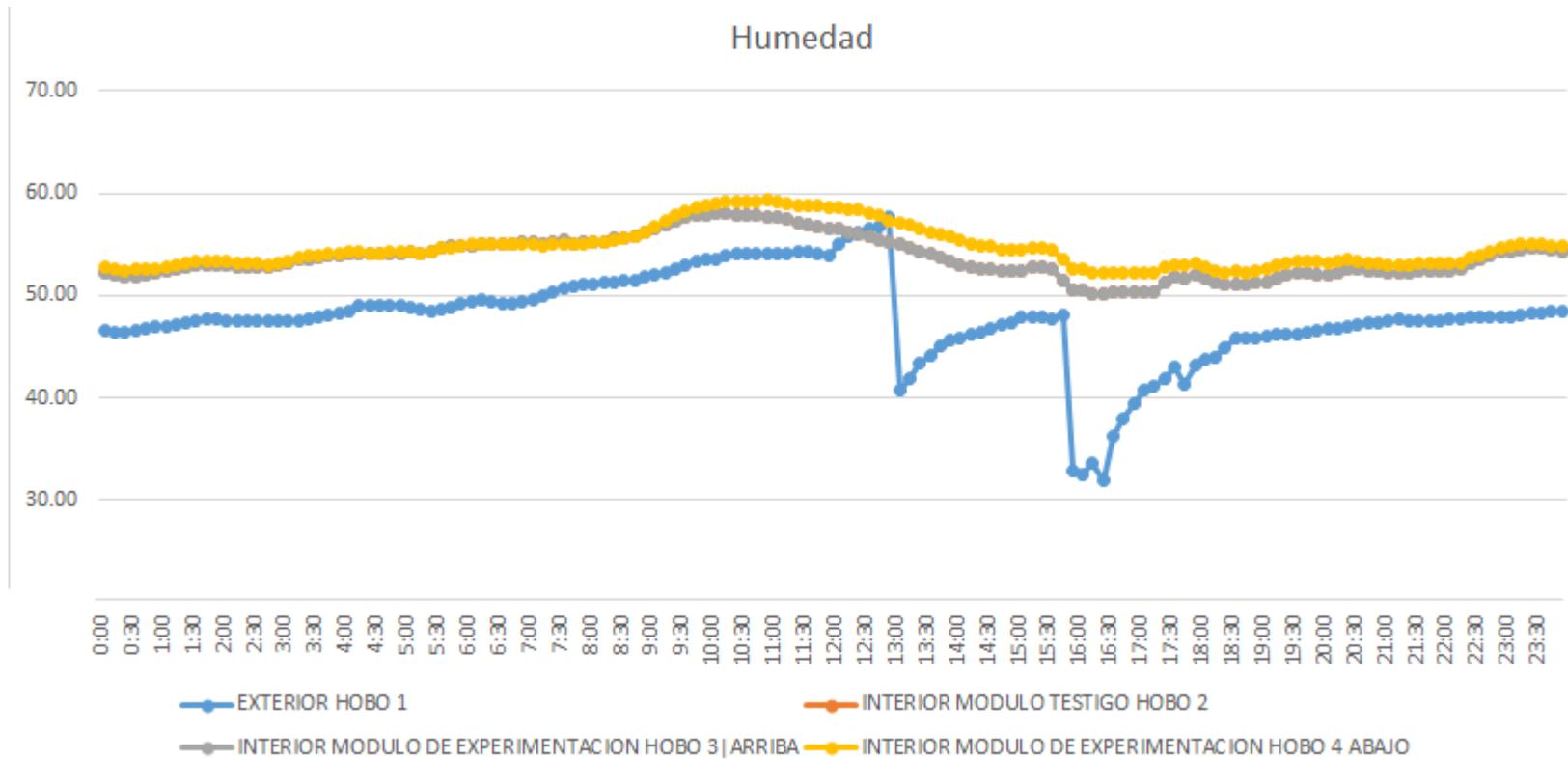
Tabla 13. Día de medición: 13 de Enero de 2014

	RADIACION			TEMPERATURA °C				HUMEDAD %			
	Directa	Difusa	Global	EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR	
				HOBO 1	MODULO TESTIGO HOBO 2	MODULO DE EXPERIMENTACION HOBO 3 ARRIBA	MODULO DE EXPERIMENTACION HOBO 4 ABAJO	HOBO 1	MODULO TESTIGO HOBO 2	MODULO DE EXPERIMENTACION HOBO 3 ARRIBA	MODULO DE EXPERIMENTACION HOBO 4 ABAJO
	PROMEDIO	120.08	69.98	55.75	13.68	16.70	21.32	21.54	47.95	53.89	55.89
MAXIMO	538.00	338.00	76.81	16.81	20.48	28.81	29.10	57.61	58.08	59.15	59.32
MINIMO	0	0	0	10.90	13.08	14.41	14.56	31.90	50.14	50.85	52.15



Grafica 15. Temperatura 13 de Enero





Grafica 16. Humedad 13 de Enero

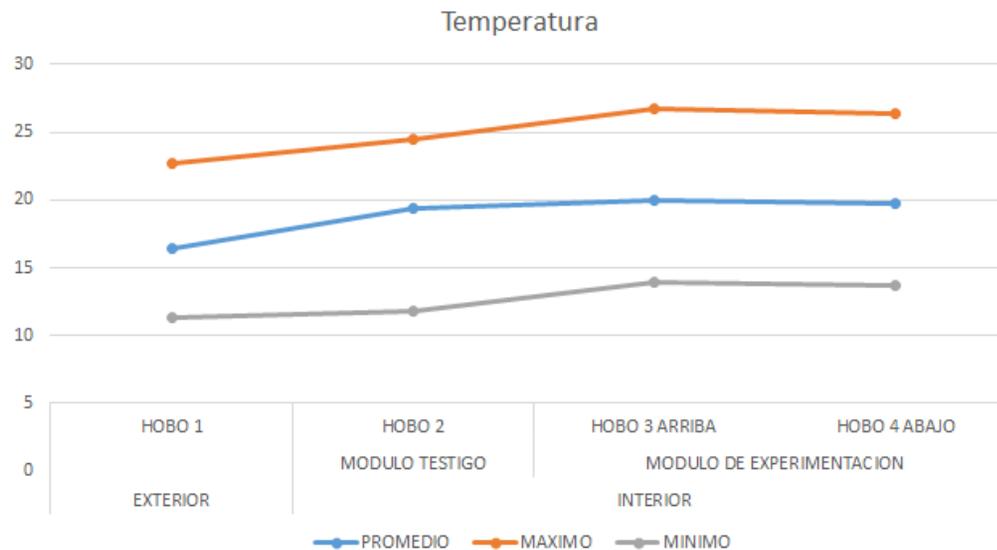




Con los resultados obtenidos, se obtiene un promedio de los 4 días:

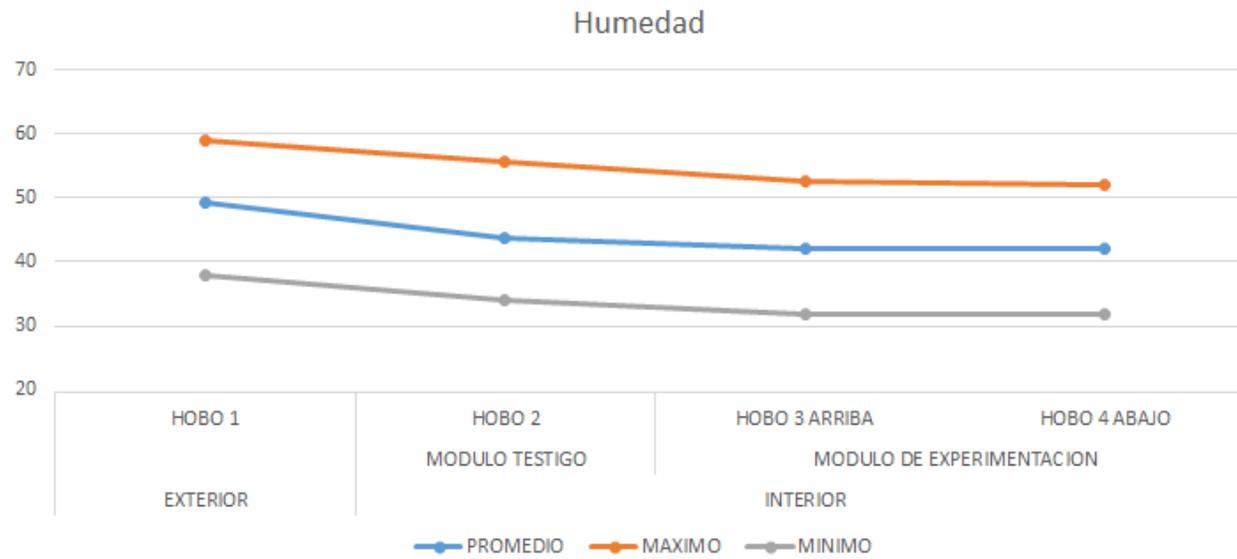
Tabla 14

	TEMPERATURA						HUMEDAD				Diferencia HOBO 1 y 3	Diferencia HOBO 2 y 3
	EXTERIOR	INTERIOR				Diferencia HOBO 1 y 3	Diferencia HOBO 2 y 3	EXTERIOR	INTERIOR			
	HOBO 1	MODULO TESTIGO HOBO 2	MODULO DE EXPERIMENTACION HOBO 3 ARRIBA HOBO 4 ABAJO		HOBO 1			MODULO TESTIGO HOBO 2	MODULO DE EXPERIMENTACION HOBO 3 ARRIBA HOBO 4 ABAJO			
PROMEDIO	16.43	19.40	20.01	19.74	+3.58	+0.61	49.40	43.68	42.21	42.06	-7.19	-1.47
MAXIMO	22.74	24.47	26.72	26.37			58.96	55.64	52.74	51.97		
MINIMO	11.31	11.82	13.90	13.63			33.89	33.89	31.87	31.93		



Grafica 17. Temperatura del 10 al 13 de Enero





Grafica 18. Humedad del 10 al 13 de Enero

Se puede observar que fue posible lograr un aumento de la temperatura con la placa termoeléctrica, en promedio de un 0.61 grados comparado con la temperatura del módulo testigo. De igual manera, se observó una disminución de la humedad en el módulo donde se colocó el prototipo. Es posible ocupar de igual manera, las placas termoeléctricas para calentar un espacio, lo cual será útil en época de invierno para calentar los espacios cuando la temperatura exterior sea baja.



5.6. Aplicación del prototipo 2 en el módulo de experimentación

5.6.1 Experimento 1: Del 2 al 7 de mayo

Se colocó en el Módulo 1 (módulo testigo) un HOBO para medir temperatura y humedad del viento, a fin de conocer las condiciones en el interior sin afectaciones del prototipo y sirva de como comparación para conocer el enfriamiento que se logra con la aplicación de éste (figura 42).

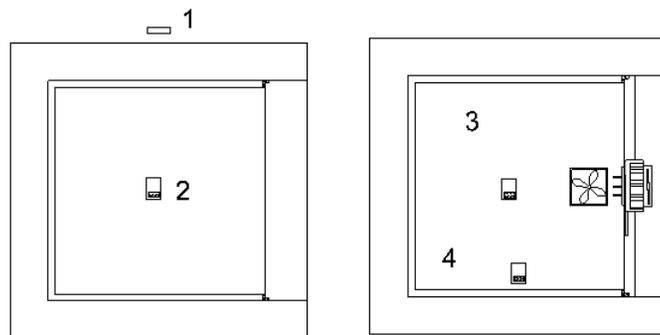


Figura 40. Esquema de los módulos de experimentación y ubicación del prototipo (Alzado)

En el Módulo 2 (módulo de pruebas) se ubicó el prototipo de aire acondicionado en el centro de la cara móvil de éste, orientándolo hacia el sur, a modo de fachada, ya que esta

orientación es la más desfavorable y servirá para conocer las el funcionamiento del prototipo en estos casos.

Dentro se colocaron dos HOBO's para medir humedad y temperatura del aire en el interior (figura 42), además que en el exterior, se ubicó un aparato más para medir las condiciones climáticas fuera del módulo.

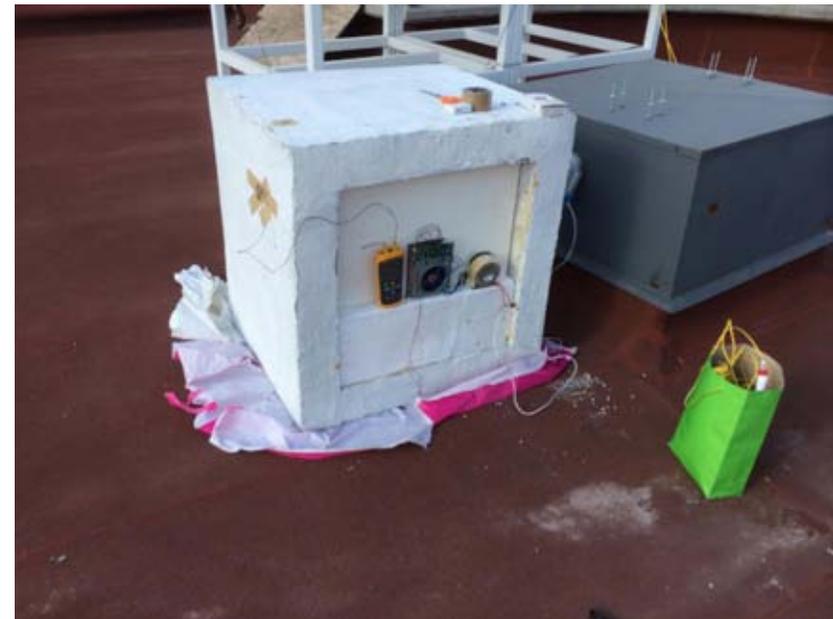


Figura 41. PCT colocado en el módulo de experimentación



Figura 42. Ubicación de HOBO's en el interior del módulo



Figura 43. Vista exterior del PCT antes de ser colocado en el módulo

Para este experimento, se midieron 6 días, del 2 al 7 de mayo, obteniendo 4 mediciones de temperatura y humedad cada 10 minutos, numerando los HOBO's de la siguiente manera (figura 42):

HOBO 1: Temperatura y humedad exterior (medio ambiente)

HOBO 2: Temperatura y humedad interior en módulo testigo (sin afectación del PCT)

HOBO 3: Temperatura y humedad interior (módulo de experimentación con PCT)

HOBO 4: Temperatura y humedad interior (módulo de experimentación con PCT)

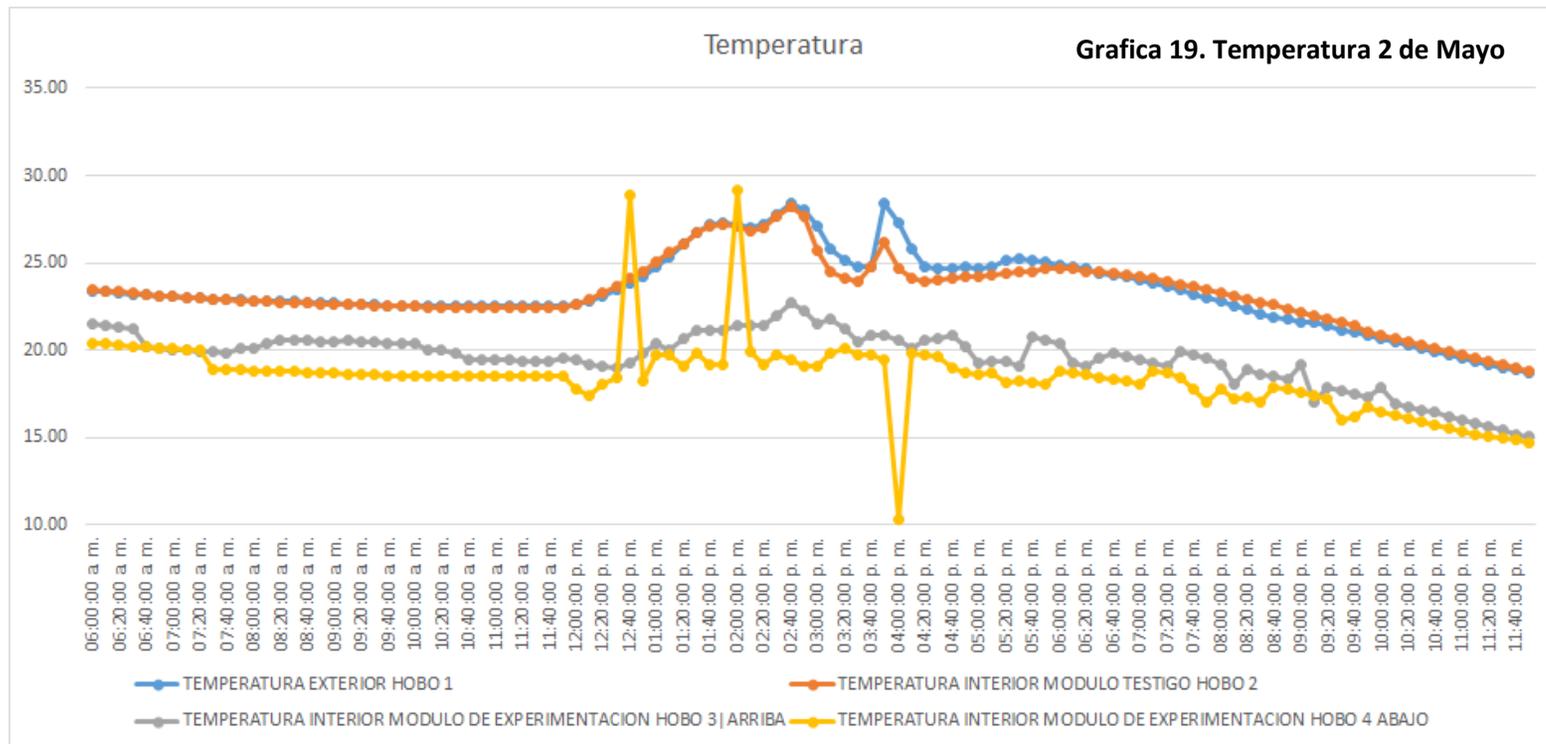
Los resultados de las mediciones obtenidas se encuentran en el anexo del documento. Los datos resumidos se muestran en la siguiente página

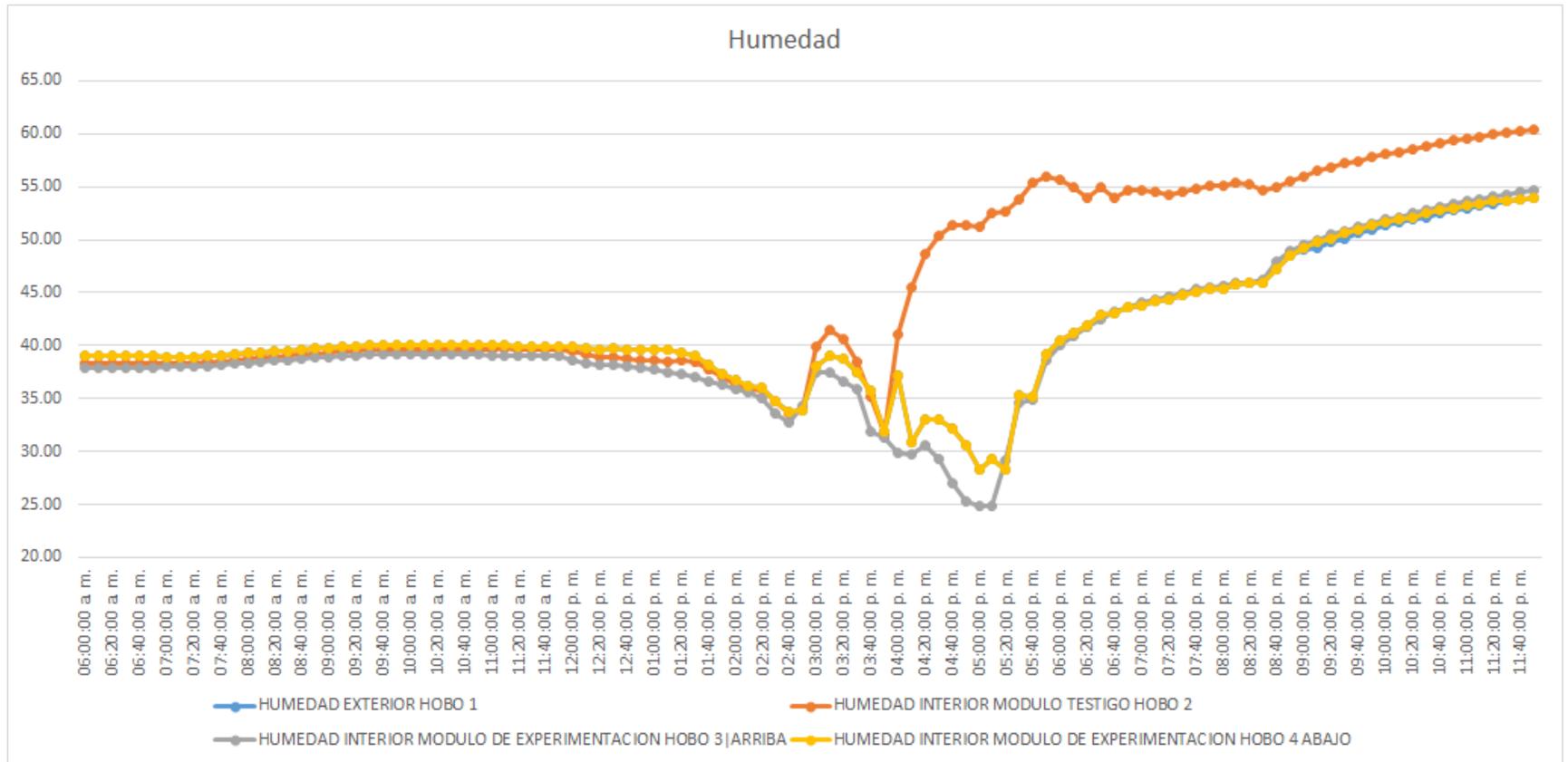


Tabla 15

2 MAYO

	TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR	INTERIOR		EXTERIOR	INTERIOR			
		MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION		MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION		
	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO
PROMEDIO	23.39	23.32	19.57	18.47	41.23	45.91	40.41	41.27
MAXIMO	28.46	28.26	22.70	29.17	53.99	60.41	54.69	53.99
MINIMO	18.71	18.81	15.09	10.27	28.28	31.68	24.79	28.28





Grafica 20. Humedad 2 de Mayo

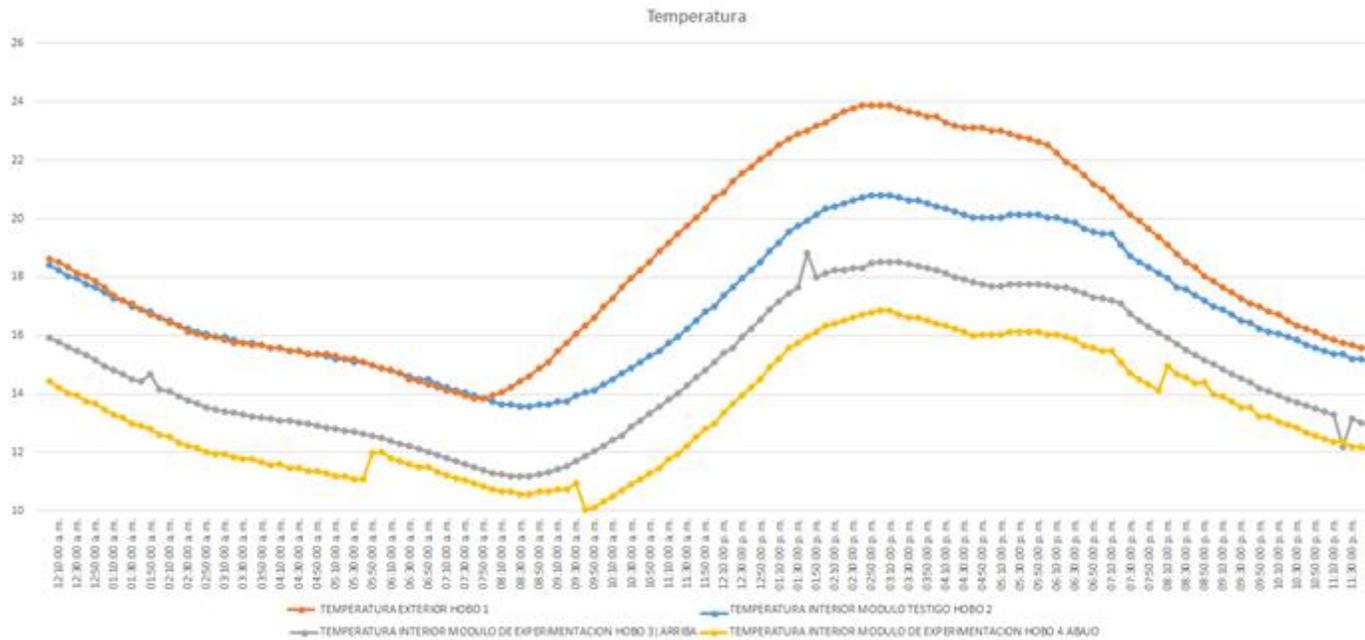




Tabla 16

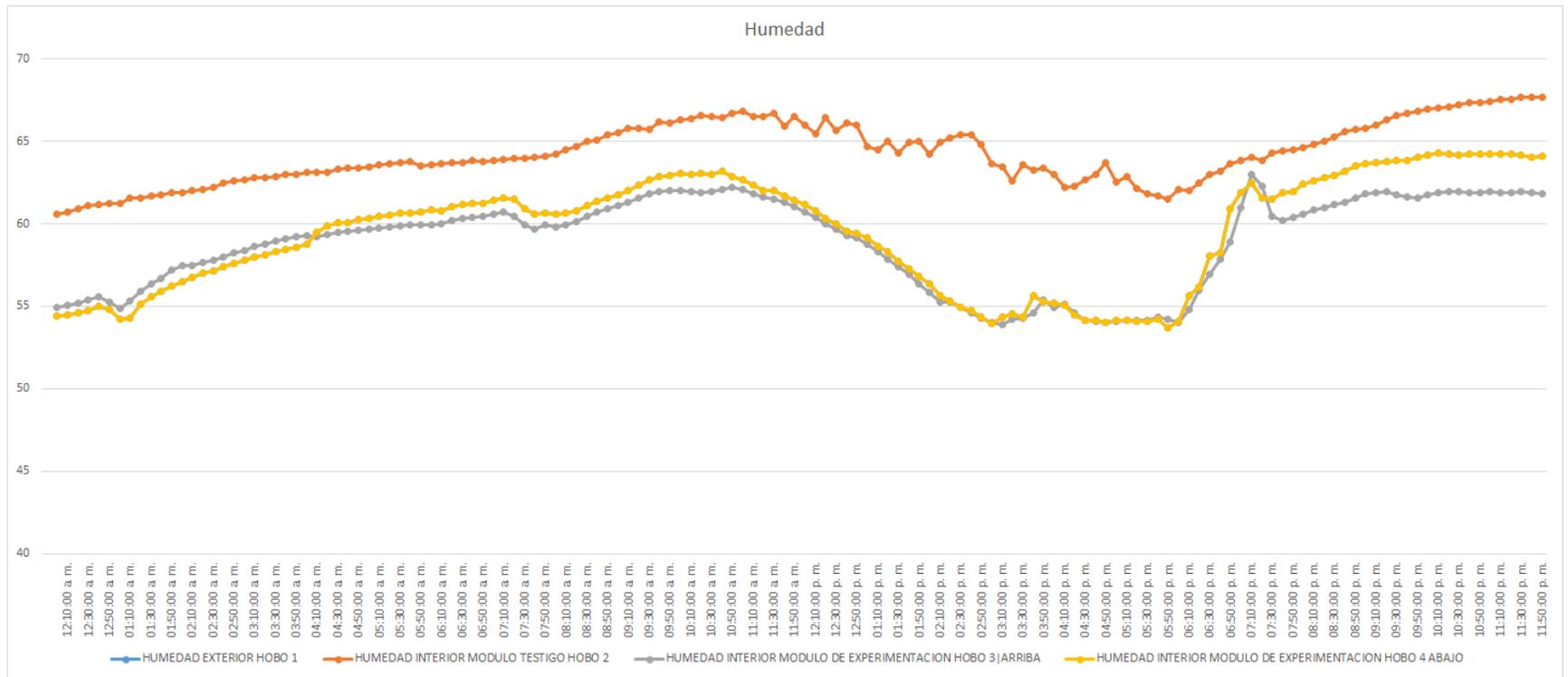
3 MAYO

	TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR	INTERIOR		EXTERIOR	INTERIOR			
		MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION		MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION		
	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO
PROMEDIO	17.01	18.43	14.76	13.33	59.45	64.28	58.87	59.45
MAXIMO	20.81	23.87	18.84	16.85	64.31	67.68	62.97	64.31
MINIMO	13.56	13.85	11.17	10.03	53.72	60.59	53.86	53.72



Grafica 21. Temperatura 3 de Mayo





Grafica 22. Humedad 3 de Mayo

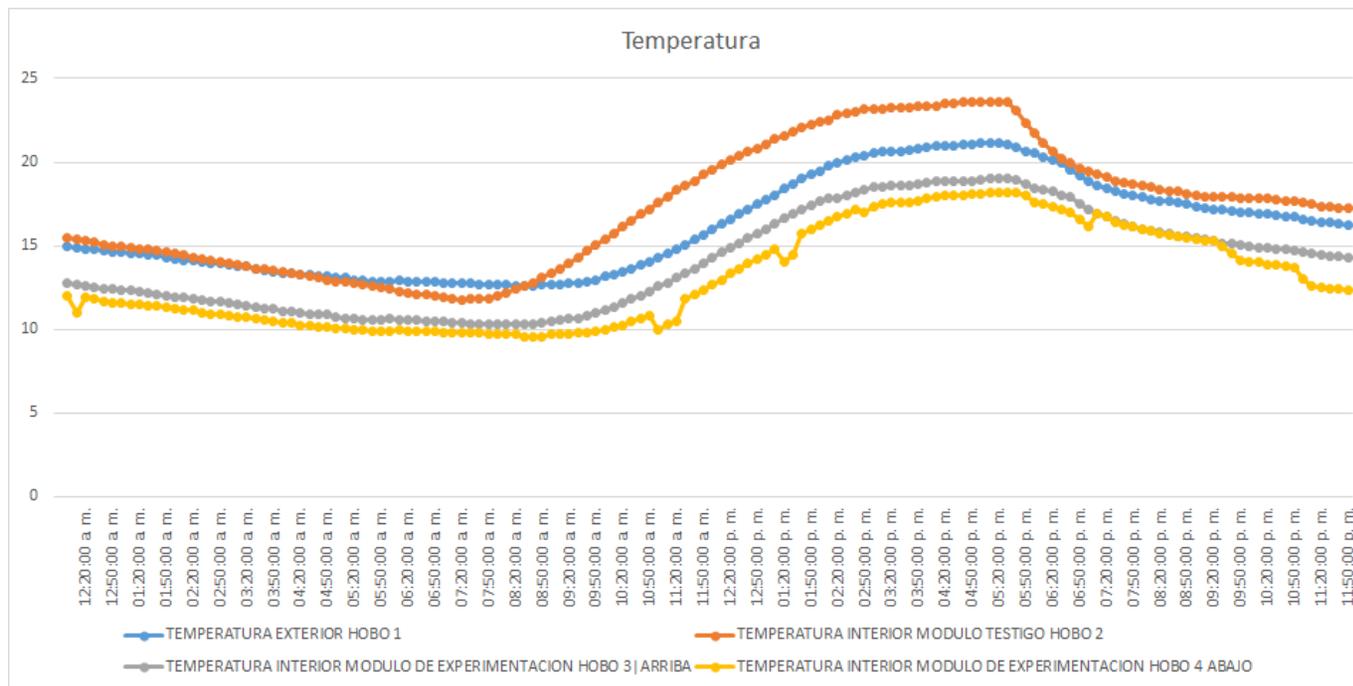




Tabla 17

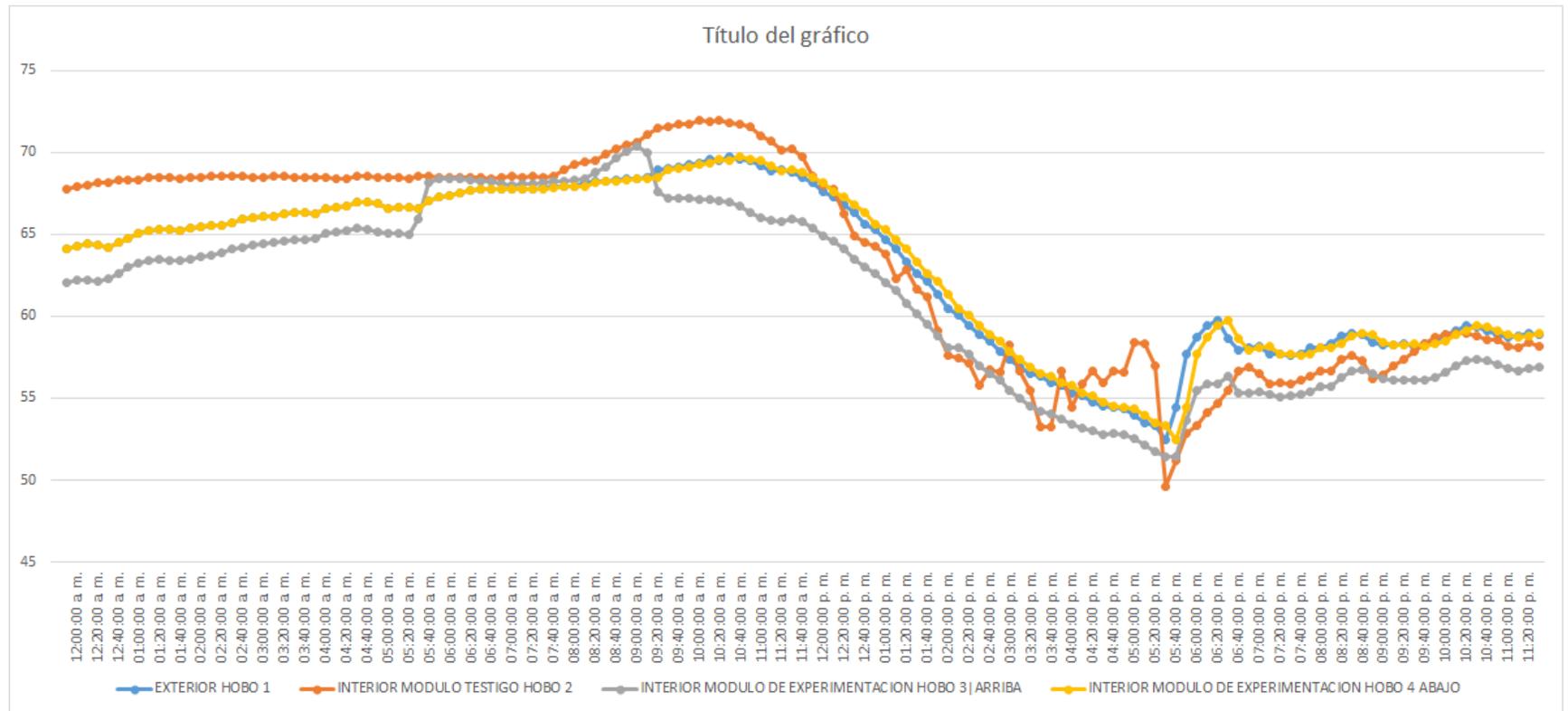
4 MAYO

	RADIACION		TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR			
		MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION			MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION			
	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO		
PROMEDIO	16.14	17.31	14.07	13.14	63.03	63.58	61.32	63.09		
MAXIMO	21.19	23.58	18.99	18.19	69.75	72.00	70.40	69.75		
MINIMO	12.59	11.72	10.30	9.59	52.48	49.59	51.42	52.48		



Grafica 23. Temperatura 4 de Mayo





Gráfica 24. Humedad 4 de Mayo



Climatización con placas termoeléctricas en espacios térmicamente ineficientes



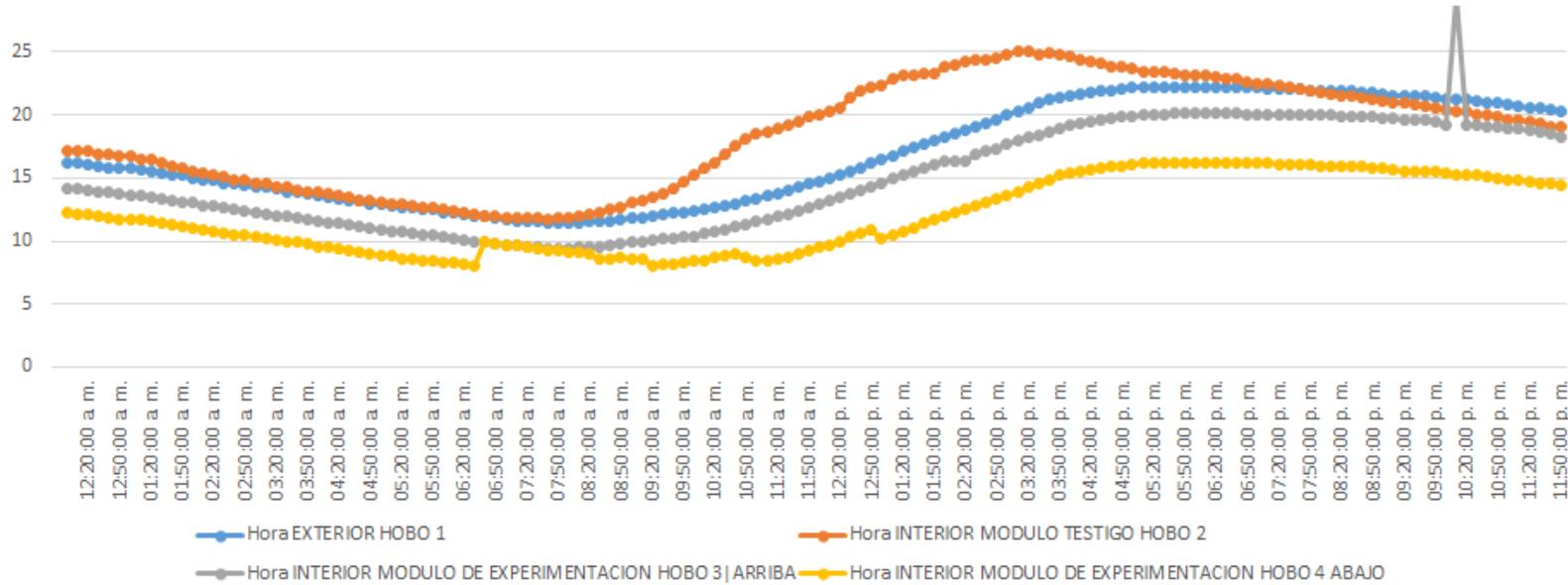


Tabla 18

5 MAYO

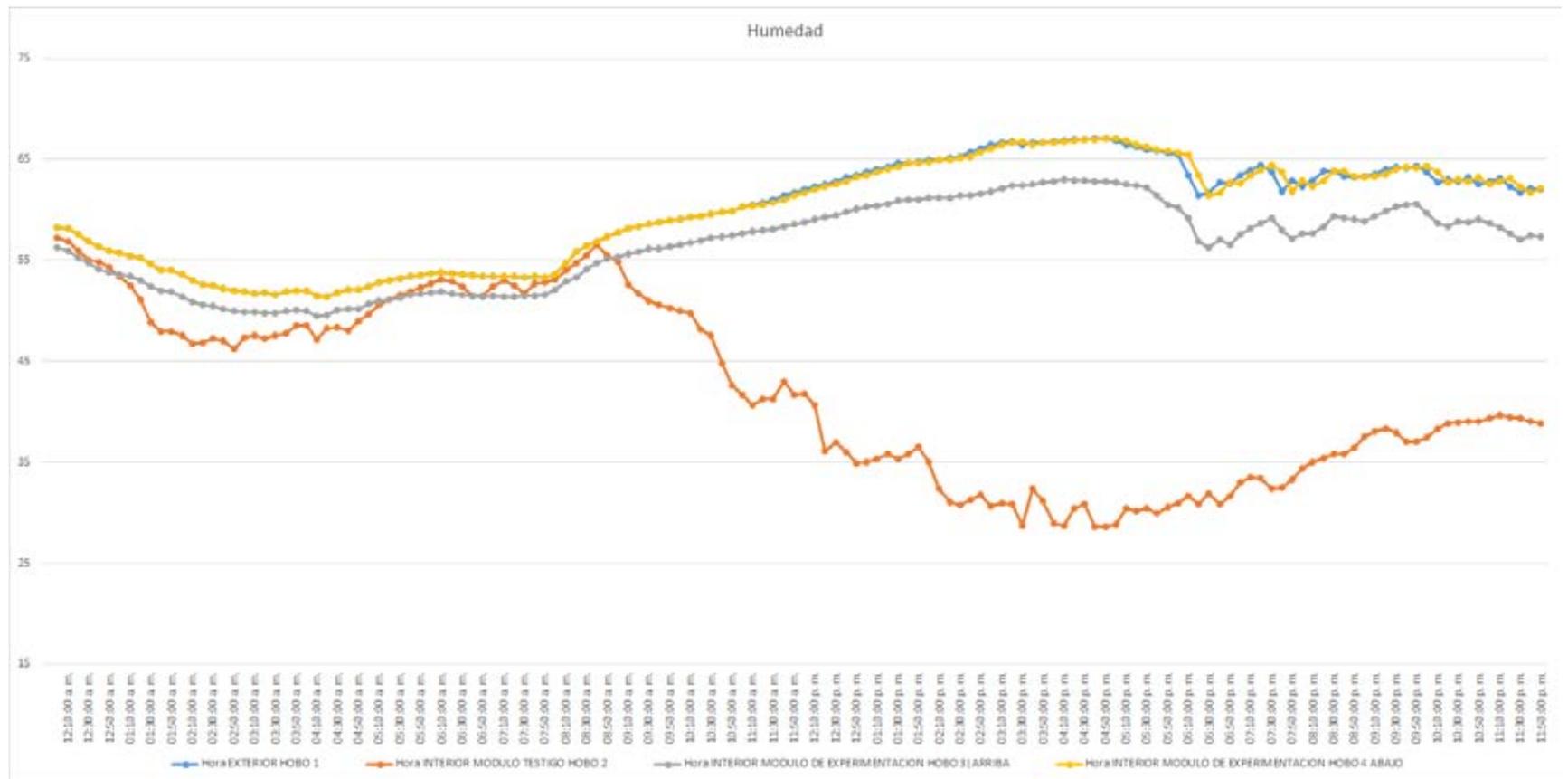
	RADIACION		TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR			
			MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION		MODULO TESTIGO		MODULO DE EXPERIMENTACION		
	HOBO 1		HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO	
PROMEDIO		16.90	18.44	14.96	12.02	59.74	42.14	56.53	59.73	
MAXIMO		22.24	25.03	29.36	16.24	67.06	57.24	62.97	67.06	
MINIMO		11.43	11.72	9.43	8.00	51.36	28.60	49.45	51.36	

Temperatura



Grafica 25. Temperatura 5 de Mayo





Grafica 26. Humedad 5 de Mayo

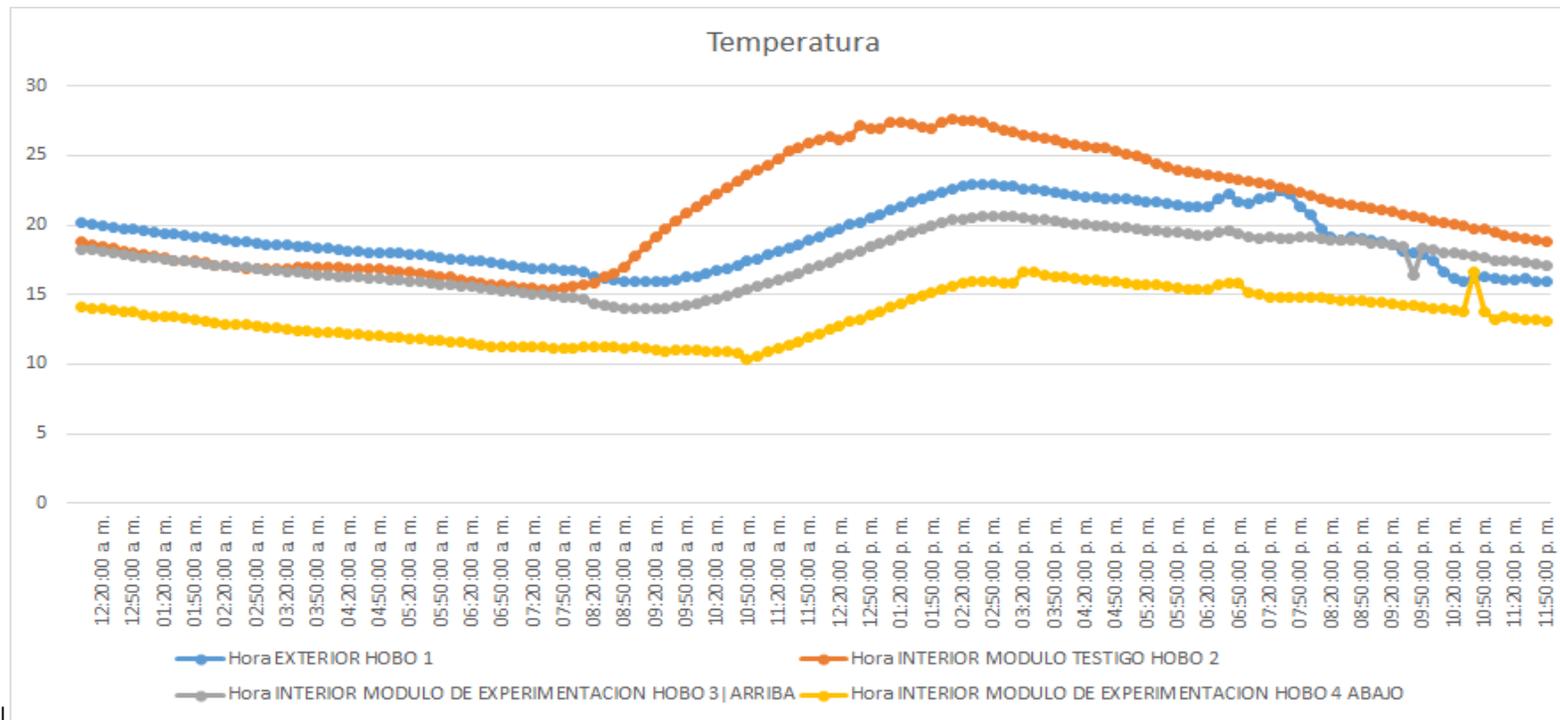




Tabla 19

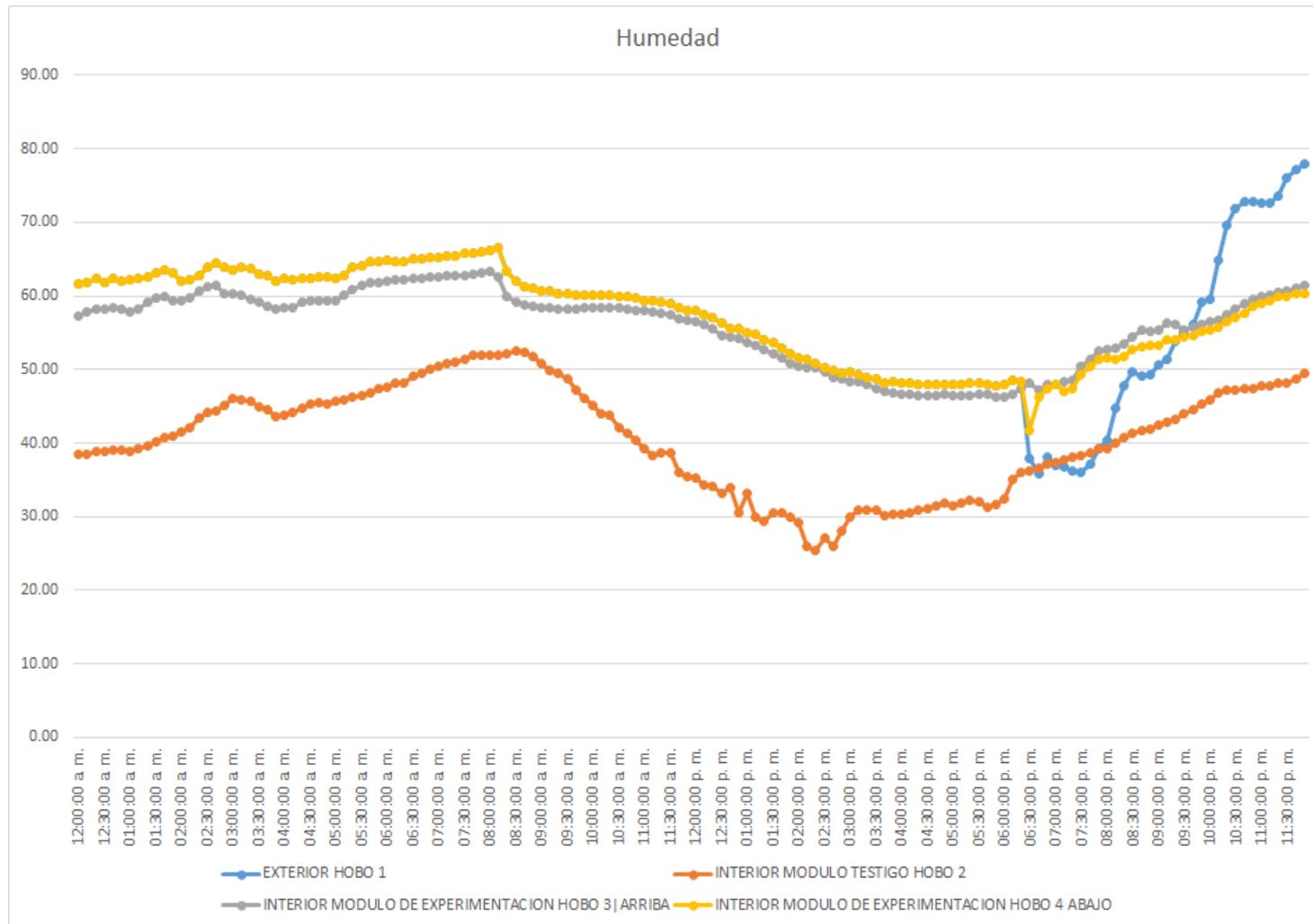
6 MAYO

	RADIACION		TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR			
	HOBO 1	HOBO 2	MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION	HOBO 1	MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION			
			HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA		HOBO 4 ABAJO	HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO	
PROMEDIO	19.11	20.98	17.49	13.40	57.55	40.76	55.83	57.31		
MAXIMO	22.91	27.67	20.62	16.66	78.00	52.50	63.26	66.48		
MINIMO	15.95	15.38	13.95	10.38	35.87	25.32	46.24	41.68		



Grafica 27. Temperatura 6 de Mayo





Grafica 28. Humedad 6 de Mayo

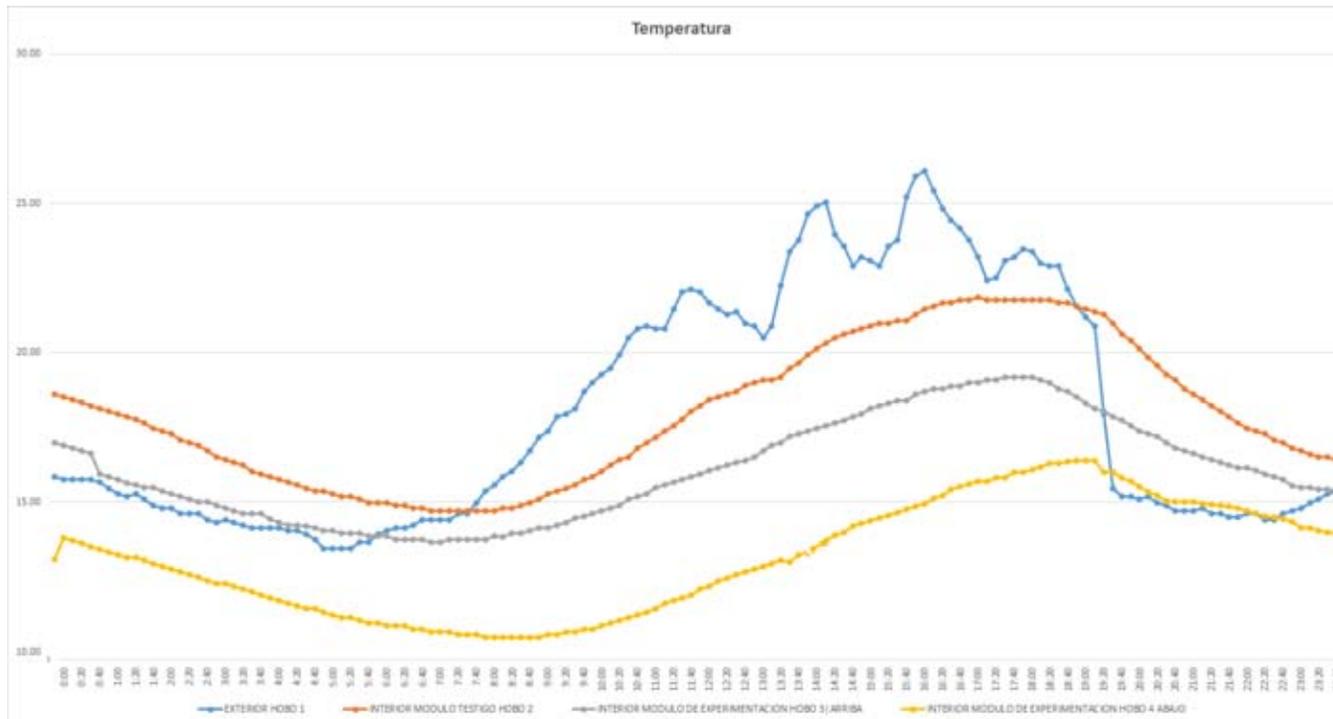




Tabla 20

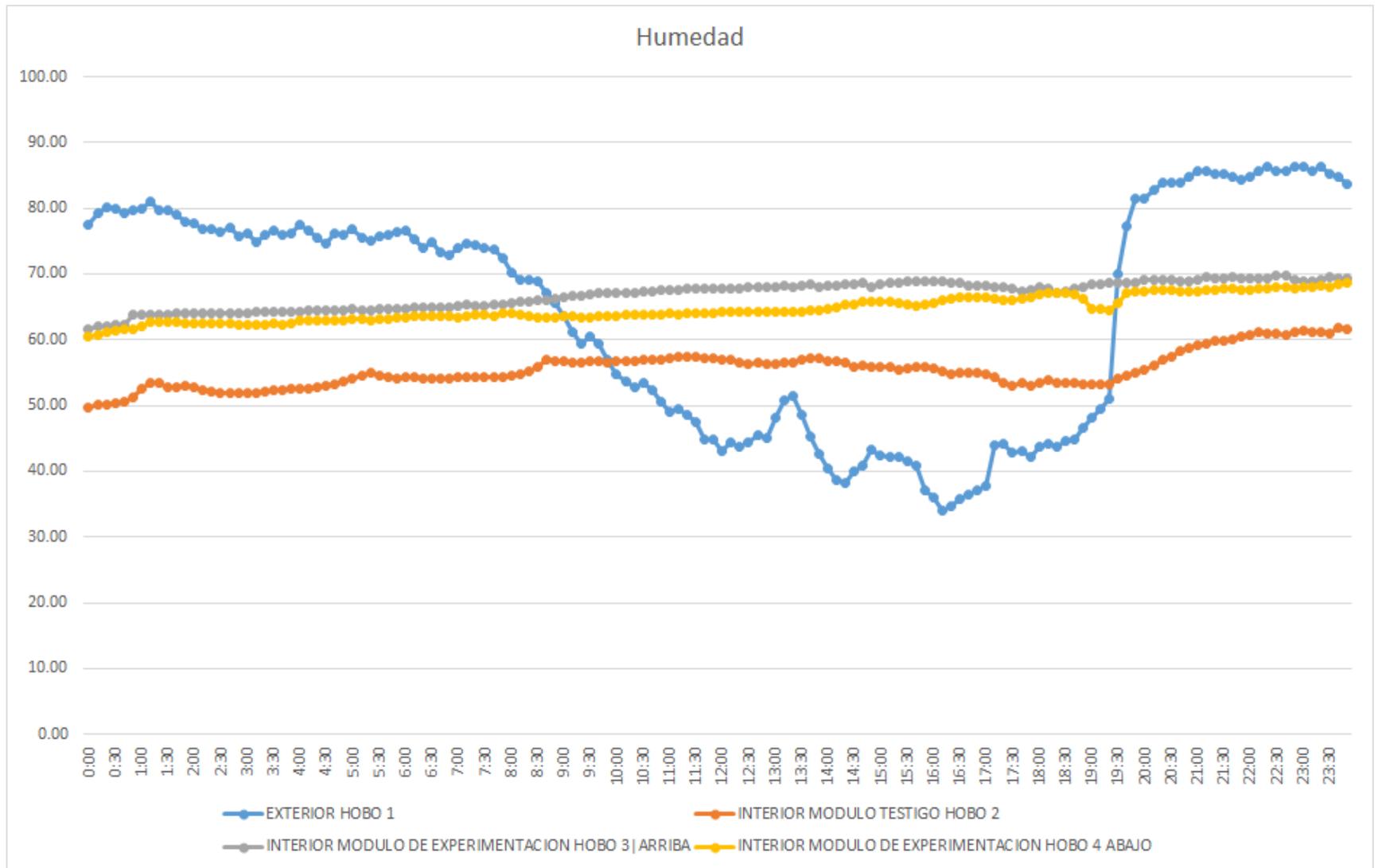
	RADICION		TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR			
		MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION			MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION			
	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO		
PROMEDIO	17.98	17.97	16.07	13.05	64.14	55.45	66.84	64.67		
MAXIMO	26.10	21.86	19.19	16.39	86.22	61.79	69.70	68.73		
MINIMO	13.46	14.71	13.66	1.52	34.09	49.73	61.64	60.52		

7 MAYO



Grafica 29. Temperatura 7 de Mayo





Grafica 30. Humedad 7 de Mayo



Climatización con placas termoeléctricas en espacios térmicamente ineficientes

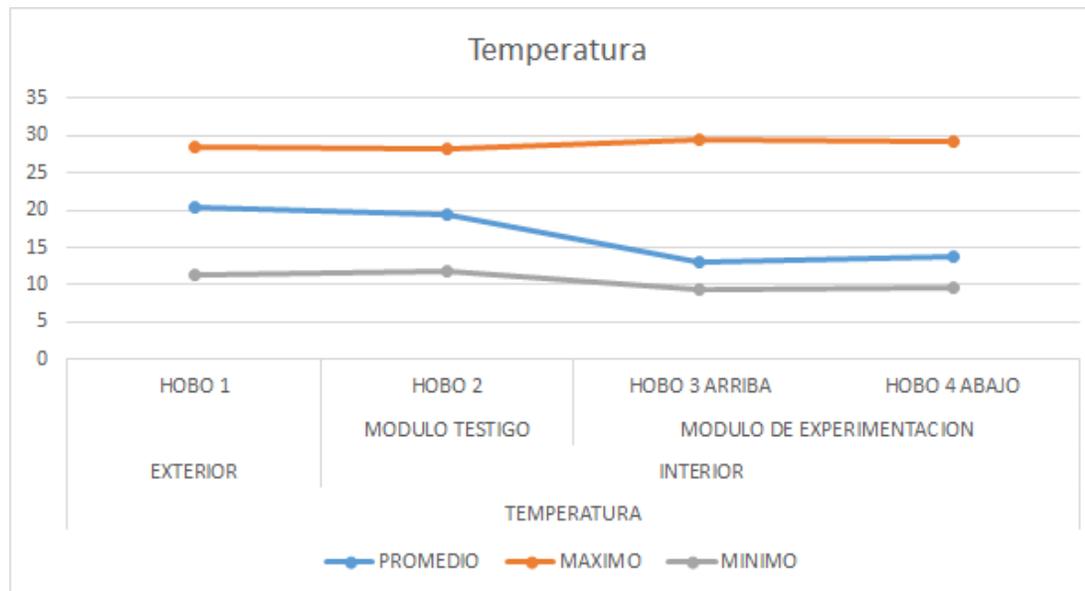




Las tablas de cada uno de los días, se encuentran en el anexo del documento. Con los resultados obtenidos, se obtiene un promedio de los 6 días:

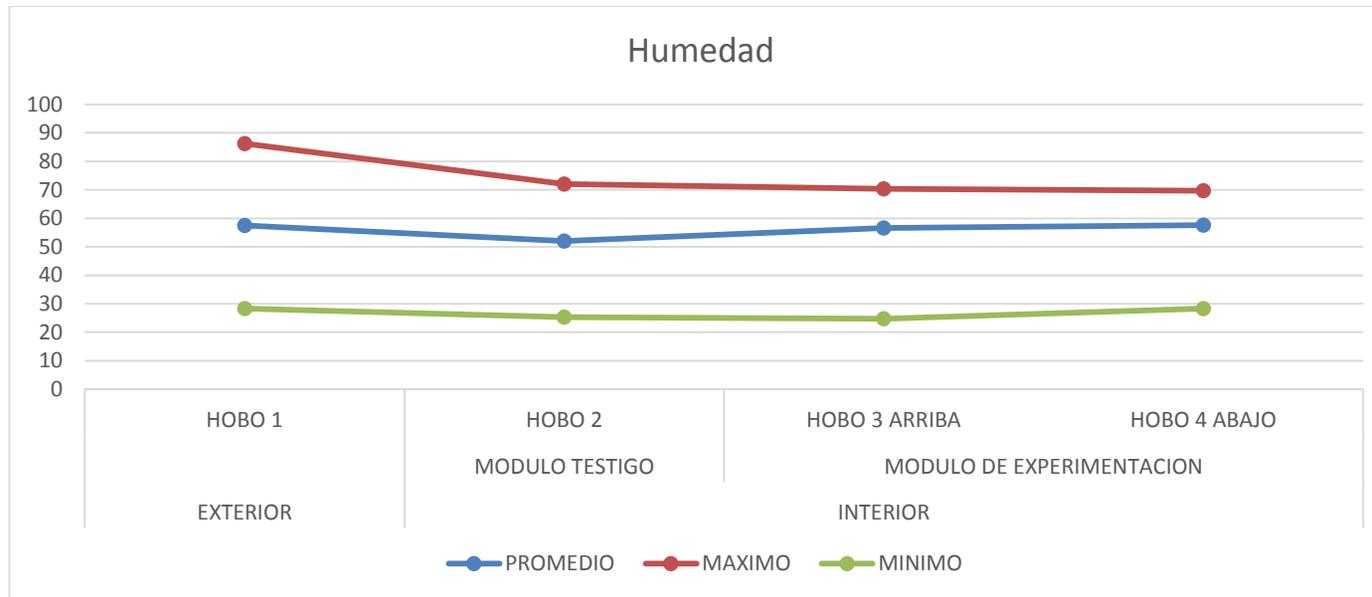
Tabla 21

	TEMPERATURA				HUMEDAD				DIFERENCIA DE TEMPERATURA		DIFERENCIA DE HUMEDAD	
	EXTERIOR	INTERIOR		EXTERIOR	INTERIOR		M TESTIGO- M EXPERIME NTAL	EXTERIOR- M EXPERIME NTAL	M TESTIGO- M EXPERIMENT AL	EXTERIOR - M EXPERIM ENTAL		
	HOBO 1	MODULO TESTIGO HOBO 2	MODULO DE EXPERIMENTACION HOBO 3 ARRIBA HOBO 4 ABAJO	HOBO 1	MODULO TESTIGO HOBO 2	MODULO DE EXPERIMENTACION HOBO 3 ARRIBA HOBO 4 ABAJO						
PROMEDIO	20.42	19.41	13.15	13.90	57.52	52.02	56.63	57.59	-6.26	-7.28	+4.61	+0.89
MAXIMO	28.46	28.26	29.36	29.17	86.22	72.00	70.40	69.75				
MINIMO	11.43	11.72	9.43	9.52	28.28	25.32	24.79	24.28				



Grafica 31. Temperatura 2 – 7 de Mayo





Grafica 32. Humedad 2 - 7 de Mayo

Con una temperatura promedio en el exterior de 20.42°C y 57.52% de humedad, la diferencia entre el modulo testigo (HOBO 2) y el módulo experimental (promediando los valores del HOBO 3 Y HOBO4 = 15.03°C y 57.11%) se logra una **disminución de la temperatura de 4.38° C** y **un amento de humedad del 5.09%**



5.6.2 Experimento 2: Del 8 al 13 de mayo

Con el fin de incrementar la eficiencia del prototipo, se agregó un tercer módulo, donde la cara móvil del módulo este cubierta por un film de aluminio con el objetivo de conocer el área de la superficie de aluminio enfriada al tener contacto directo con el disipador (conducción del frío) y a su vez enfriar en mayor cantidad el aire del interior.

El primer módulo funciona como módulo testigo, el módulo 2 continua con el prototipo ubicado en el centro y el tercer módulo ubica un prototipo en contacto con una superficie de aluminio (figura 46).

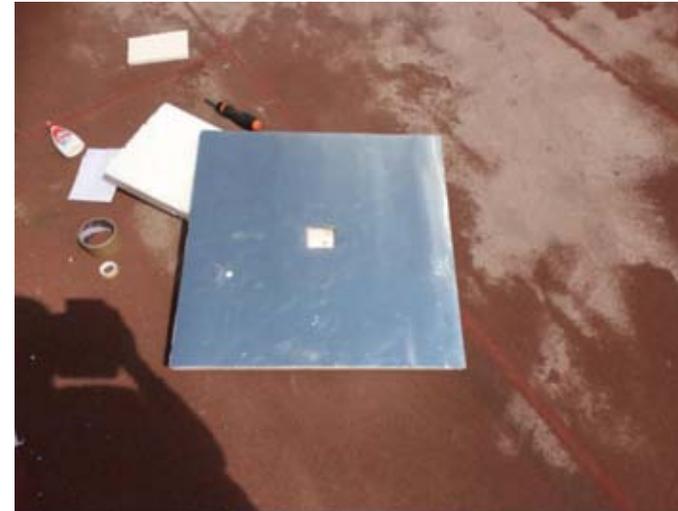


Figura 45. Aluminio para ubicarse en una cara del módulo

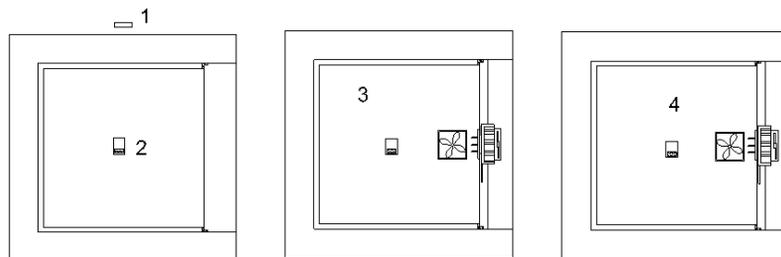


Figura 44. Esquema de los módulos de experimentación y ubicación del prototipo (Alzado)

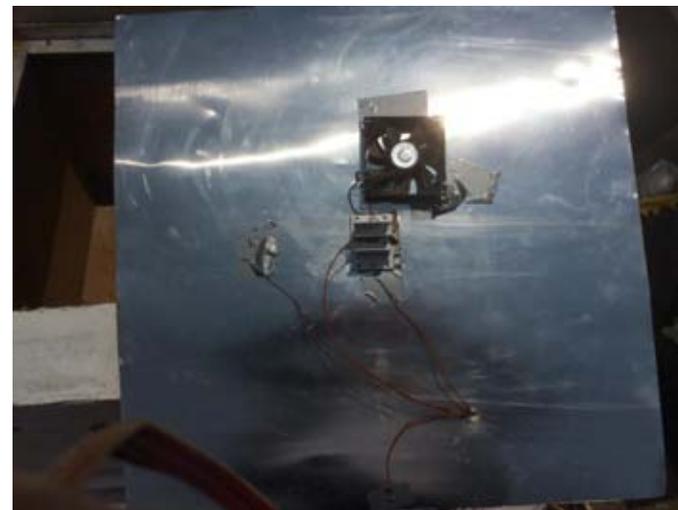


Figura 46. Prototipo con superficie de aluminio



Figura 47. Enfriamiento del aluminio al entrar en contacto con el dissipador

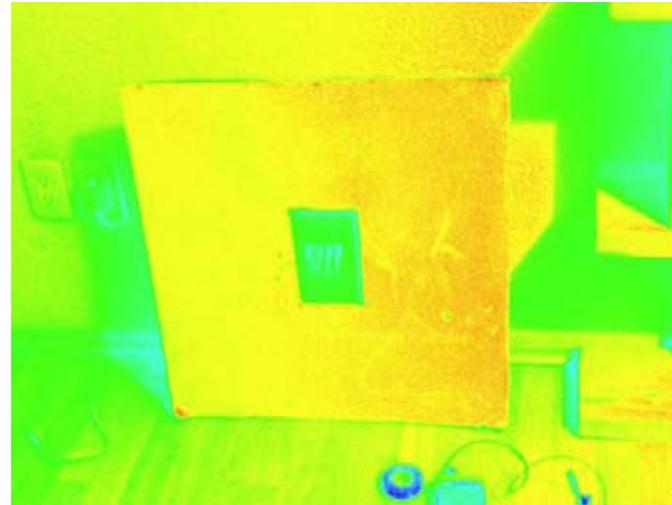


Figura 48. Fotografía térmica al iniciar la marcha del prototipo

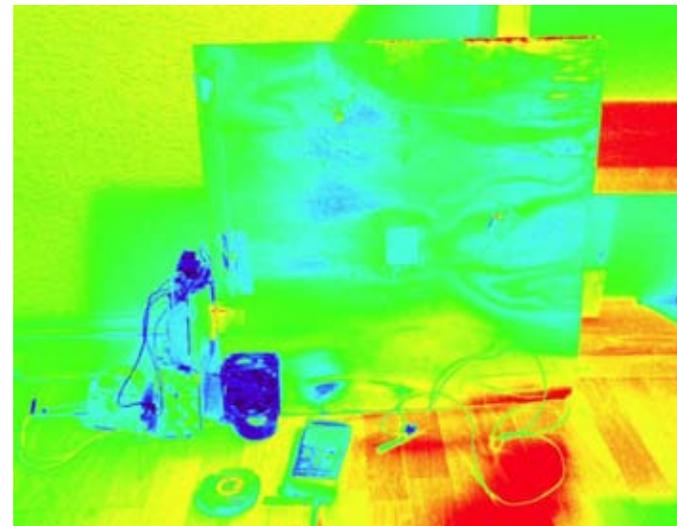


Figura 49. Fotografía térmica al enfriar el aluminio



Las fotografías térmicas muestran la conducción del frío a lo largo de la superficie, lo que avala la suposición de enfriamiento por conducción a lo largo de la placa y poder enfriar una mayor cantidad de aire con un solo prototipo.

Para este experimento, se midieron 6 días, del 8 al 13 de mayo, obteniendo 4 mediciones de temperatura y humedad cada 10 minutos, numerando los HOBO's de la siguiente manera (figura 46):

HOBO 1: Temperatura y humedad exterior (medio ambiente)

HOBO 2: Temperatura y humedad interior en módulo testigo (sin afectación del PCT)

HOBO 3: Temperatura y humedad interior (módulo de experimentación con PCT)

HOBO 4: Temperatura y humedad interior (módulo de experimentación con PCT y superficie del aluminio)

Los datos resumidos se muestran en la siguiente página.

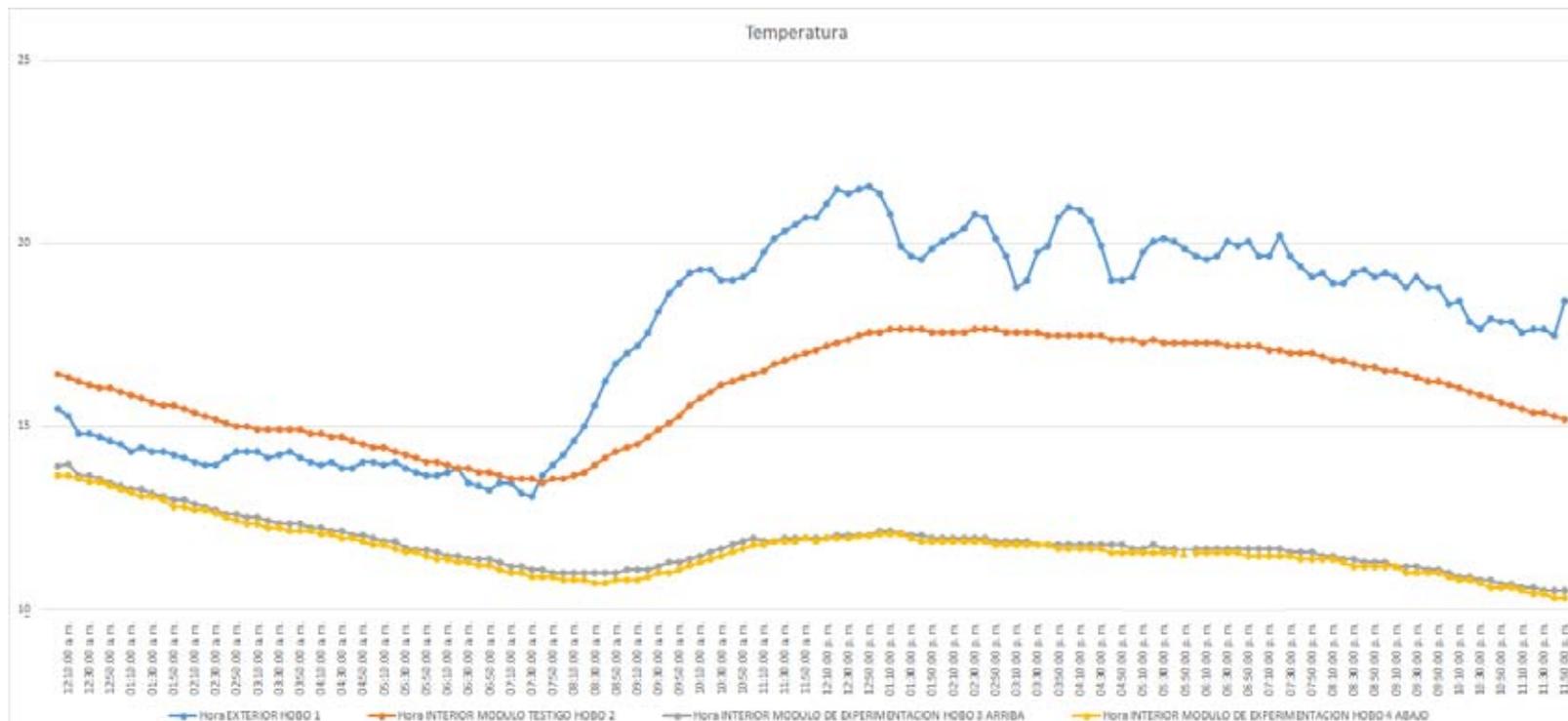




Tabla 22

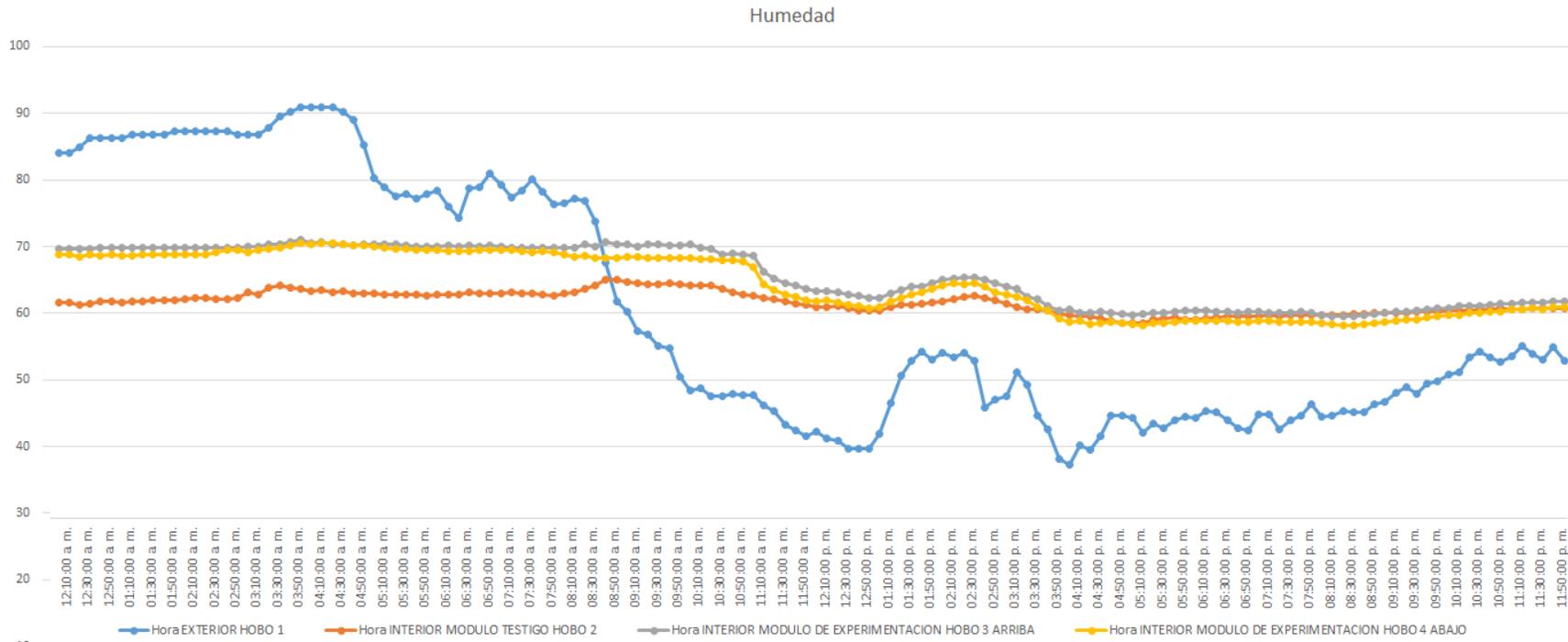
8 MAYO

	TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR	INTERIOR		EXTERIOR	INTERIOR			
	HOBO 1	MODULO TESTIGO HOBO 2	MODULO DE EXPERIMENTACION HOBO 3 s/aluminio	HOBO 4 c/aluminio	HOBO 1	MODULO TESTIGO HOBO 2	MODULO DE EXPERIMENTACION HOBO 3 s/aluminio	HOBO 4 c/aluminio
PROMEDIO	17.49	15.98	11.78	11.58	60.53	61.60	65.53	64.40
MAXIMO	21.57	17.67	13.96	13.67	90.95	65.04	71.01	70.52
MINIMO	13.08	13.46	10.51	1.55	37.35	58.48	59.53	58.14



Grafica 33. Temperatura 8 Mayo





Grafica 34. Humedad 8 Mayo

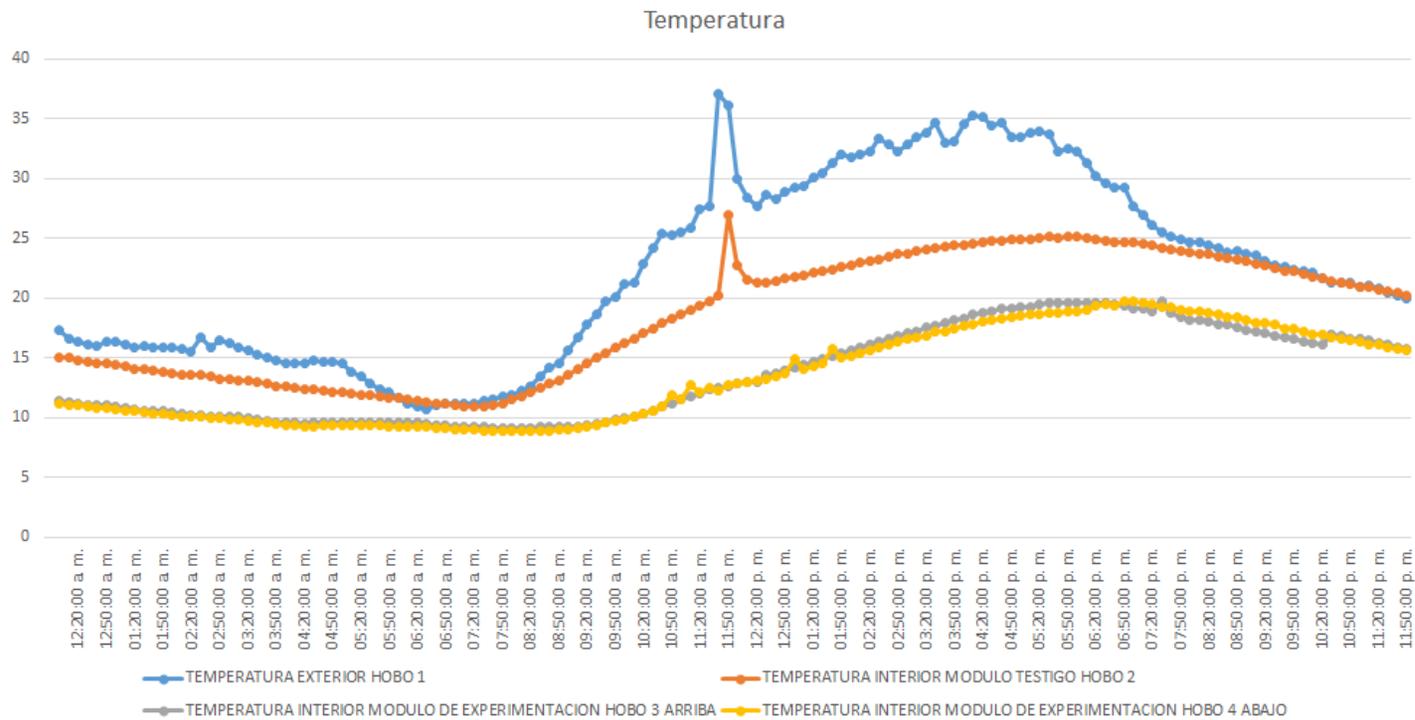




Tabla 23

9 MAYO

	TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR	INTERIOR		EXTERIOR	INTERIOR			
		MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION		MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION		
	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 s/aluminio	HOBO 4 c/aluminio	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 s/aluminio	HOBO 4 c/aluminio
PROMEDIO	22.42	18.58	13.68	13.55	42.78	56.74	57.96	58.50
MAXIMO	37.06	26.98	19.81	19.81	77.51	65.96	66.79	65.75
MINIMO	10.75	10.94	9.20	8.92	15.00	40.71	48.00	49.41

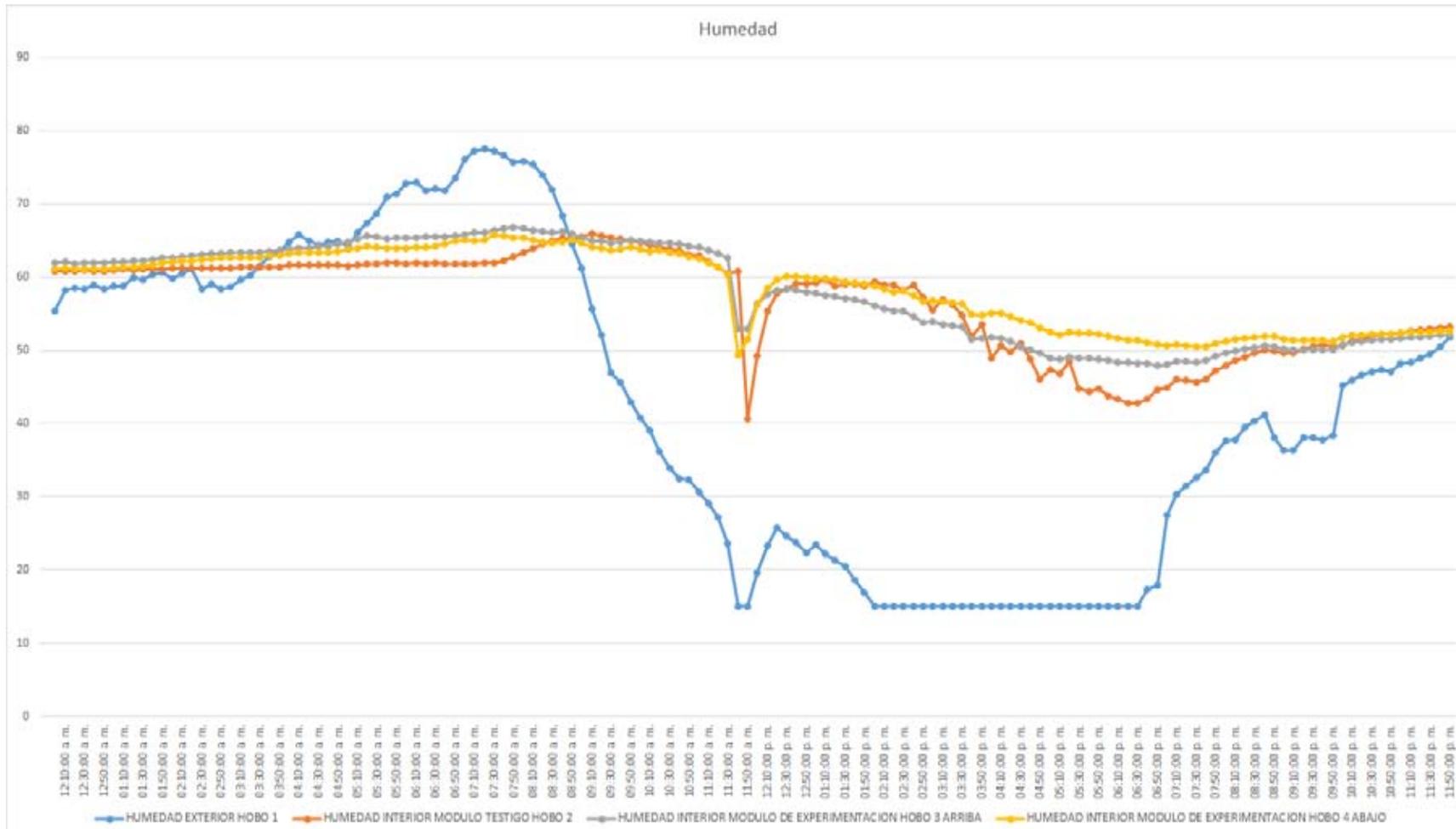


Grafica 35. Temperatura 9 Mayo



Climatización con placas termoeléctricas en espacios térmicamente ineficientes





Grafica 36. Humedad 9 Mayo

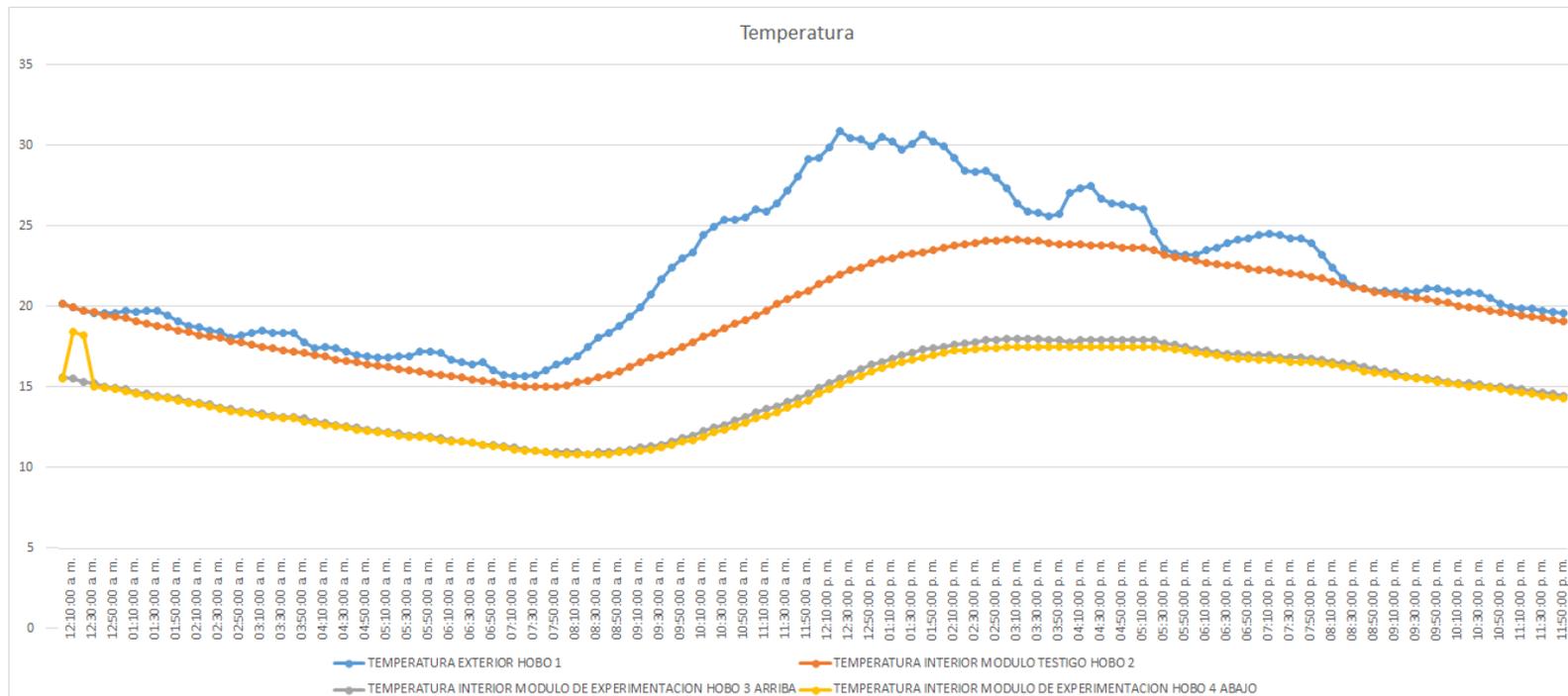




Tabla 24

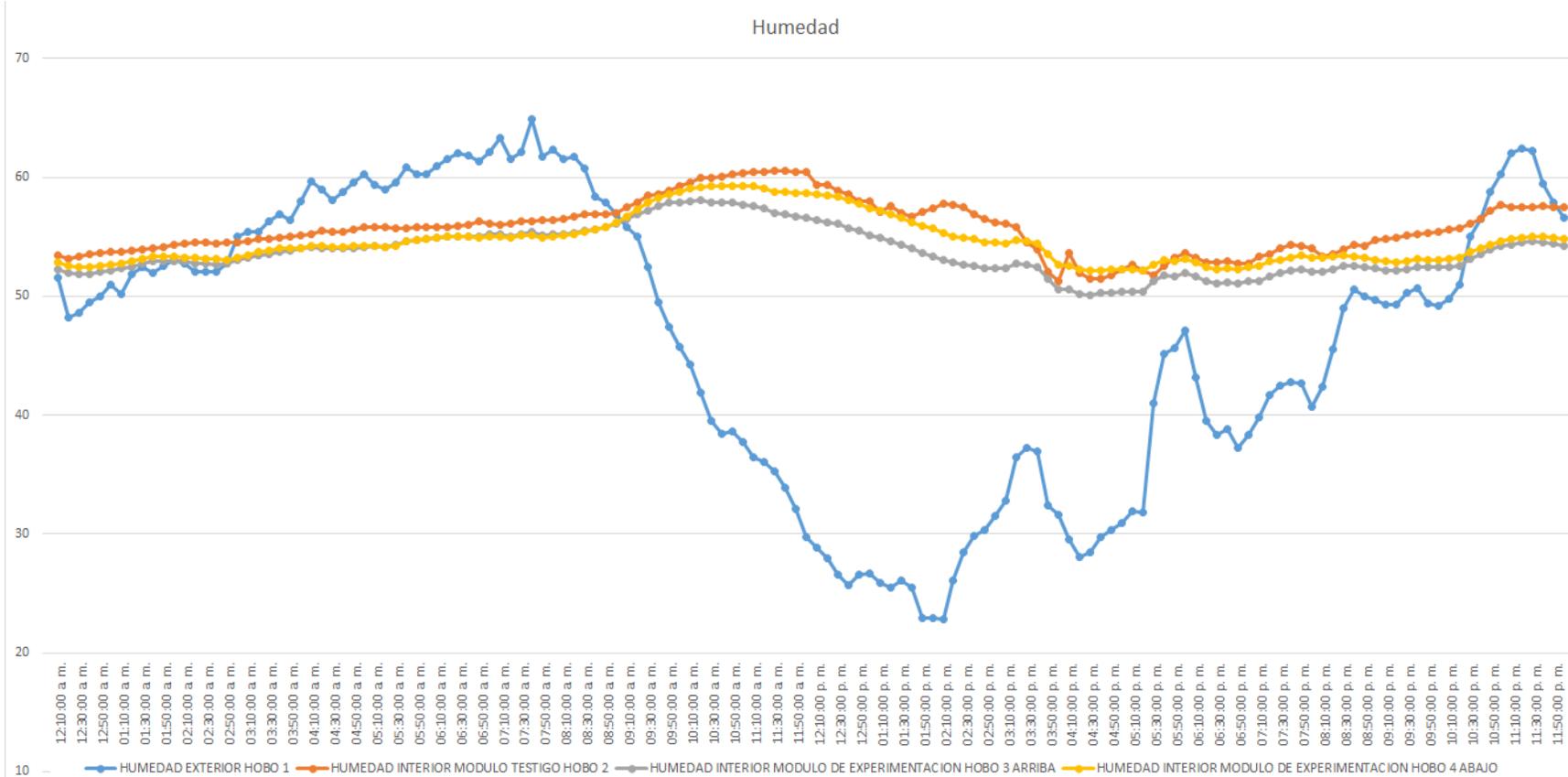
10 MAYO

	TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR	INTERIOR		EXTERIOR	INTERIOR			
		MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION		MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION		
	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 s/aluminio	HOBO 4 c/aluminio	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 s/aluminio	HOBO 4 c/aluminio
PROMEDIO	22.15	19.78	14.71	14.54	46.56	55.75	53.74	54.68
MAXIMO	30.86	24.16	18.00	18.43	64.94	60.56	58.08	59.32
MINIMO	15.66	15.00	10.85	10.85	22.82	51.27	50.14	52.15



Grafica 37. Temperatura 10 Mayo





Grafica 38. Humedad 10 Mayo

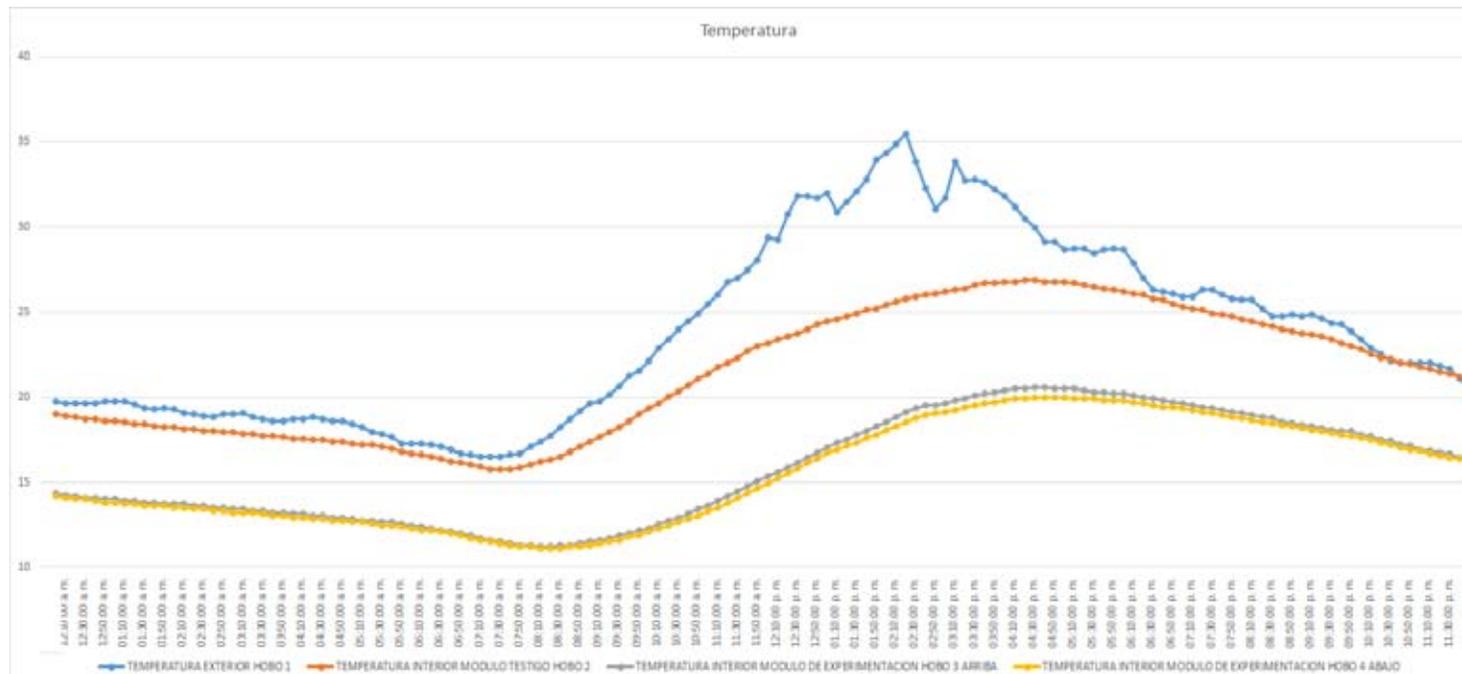




Tabla 25

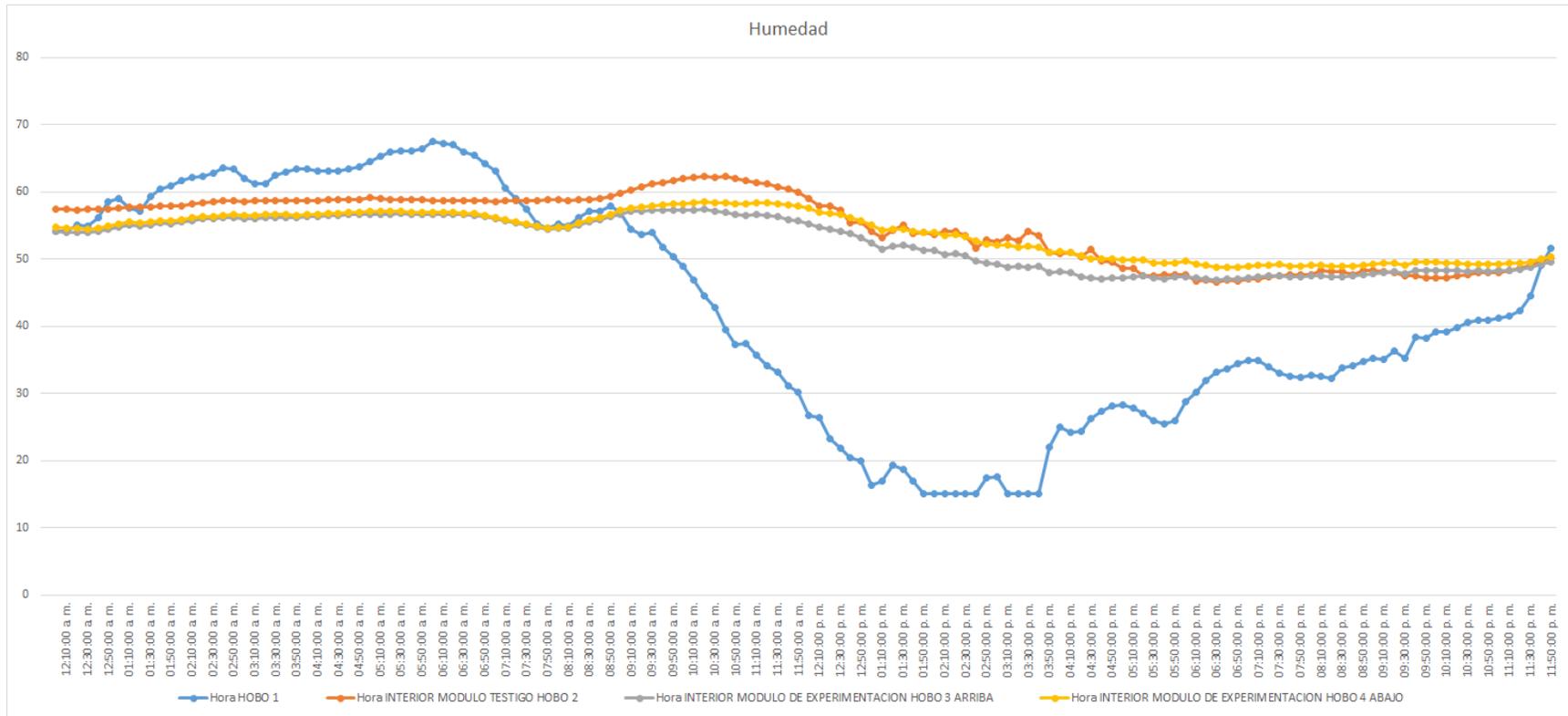
11 MAYO

	TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR	INTERIOR		EXTERIOR	INTERIOR			
		MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION		MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION		
	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 s/aluminio	HOBO 4 c/aluminio	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 s/aluminio	HOBO 4 c/aluminio
PROMEDIO	23.80	21.40	15.79	15.51	42.72	54.69	52.46	53.77
MAXIMO	35.44	26.88	20.58	20.00	67.57	62.29	57.42	58.54
MINIMO	16.52	15.76	11.23	11.13	15.00	46.64	46.88	48.72



Grafica 39. Temperatura 11Mayo





Grafica 40. Humedad 11 Mayo

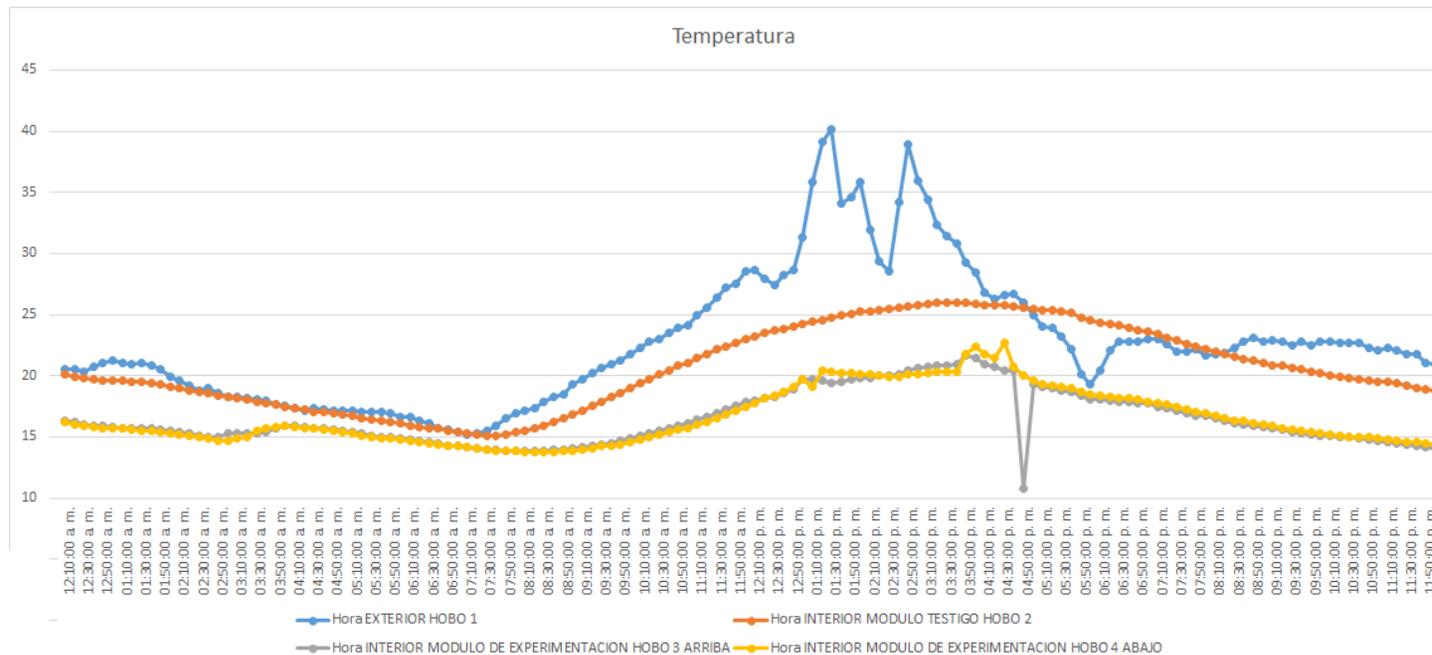




Tabla 26

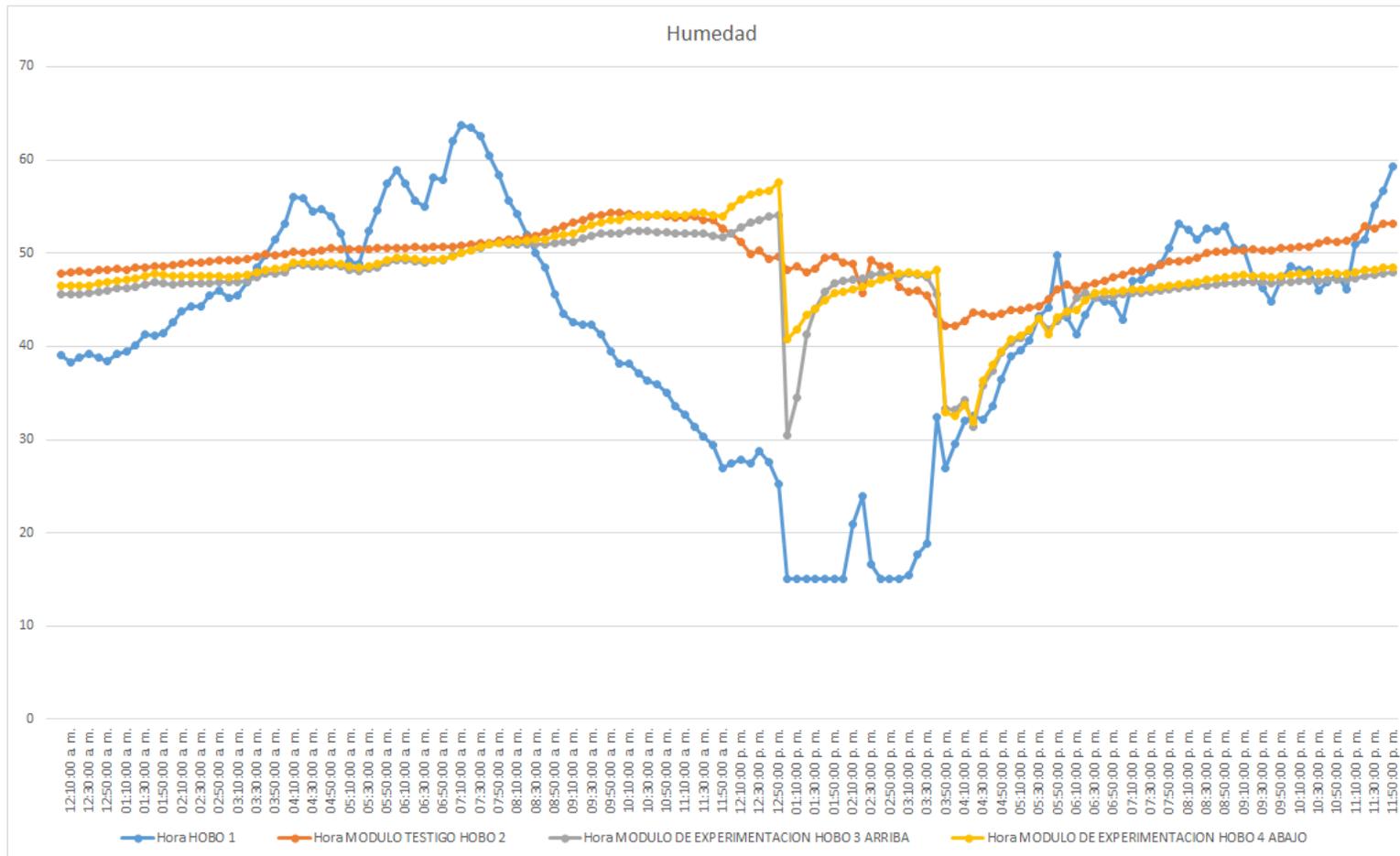
12 MAYO

	TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR	
	MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION	MODULO DE EXPERIMENTACION	MODULO DE EXPERIMENTACION	MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION	MODULO DE EXPERIMENTACION	MODULO DE EXPERIMENTACION
	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 s/aluminio	HOBO 4 c/aluminio	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 s/aluminio	HOBO 4 c/aluminio
PROMEDIO	22.72	20.64	16.48	16.57	41.95	49.54	47.16	47.92
MAXIMO	40.19	26.00	21.68	22.67	63.70	54.36	54.08	57.61
MINIMO	15.19	15.09	10.82	13.75	15.00	42.23	30.47	31.90



Grafica 41. Temperatura 12 Mayo





Grafica 42. Humedad 12 Mayo

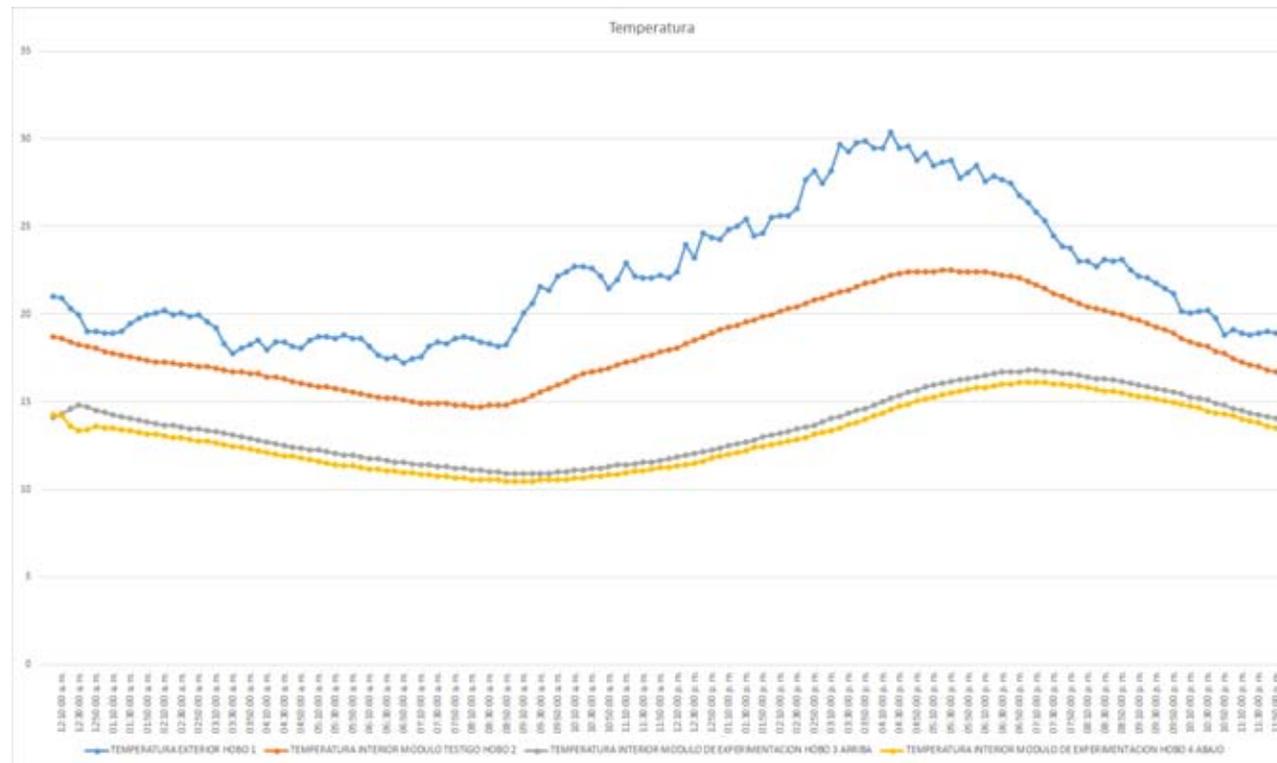




Tabla 27

13 MAYO

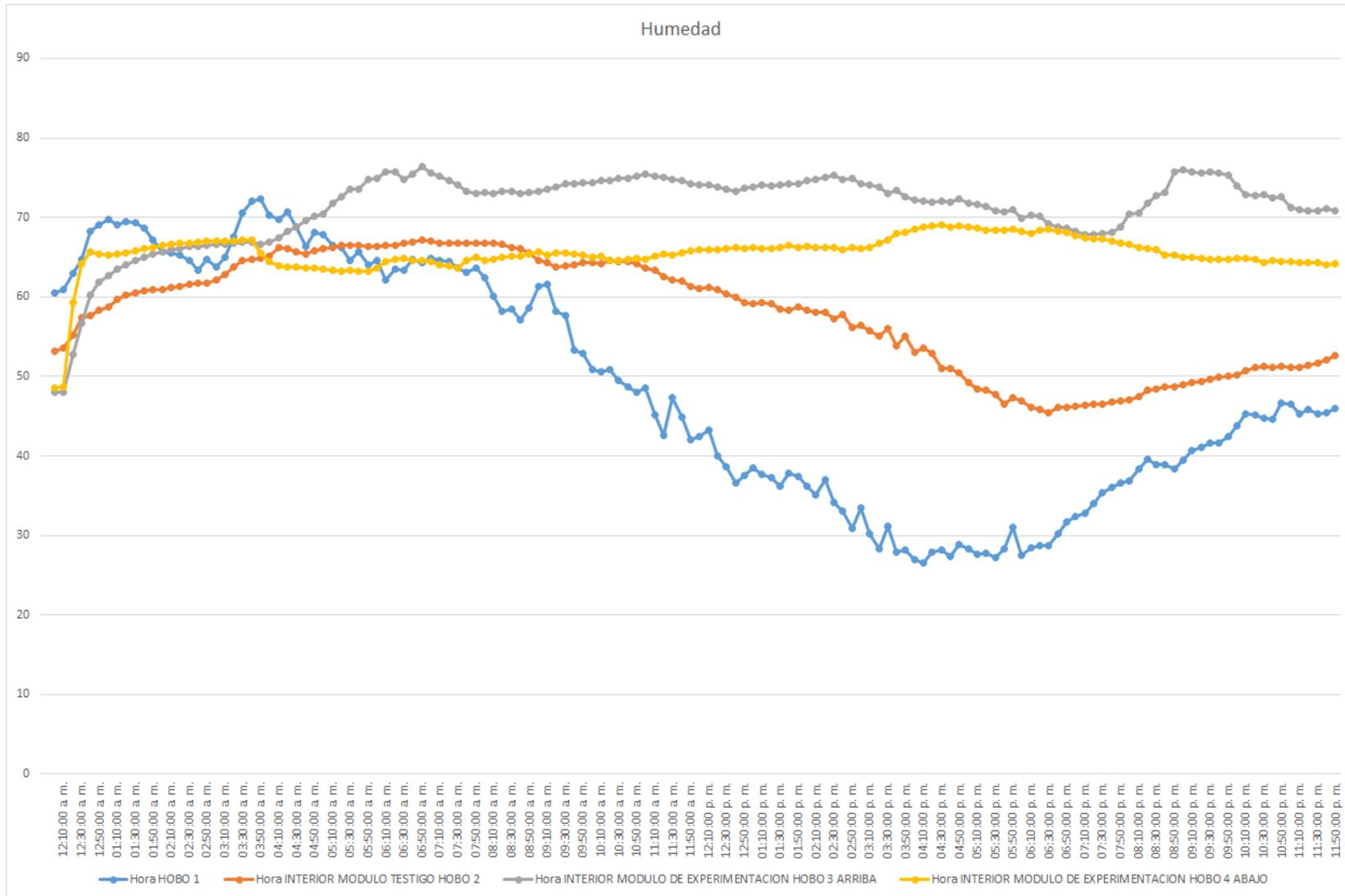
	TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR	INTERIOR		EXTERIOR	INTERIOR			
		MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION			MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION	
	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 s/aluminio	HOBO 4 c/aluminio	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 s/aluminio	HOBO 4 c/aluminio
PROMEDIO	22.18	18.30	13.59	13.01	48.86	57.89	71.20	65.53
MAXIMO	30.36	22.53	16.81	16.09	72.38	67.16	76.42	69.13
MINIMO	17.19	14.71	10.90	10.47	26.61	45.49	47.97	48.59



Grafica 43. Temperatura 13 Mayo

Climatización con placas termoeléctricas en espacios térmicamente ineficientes





Grafica 44. Humedad 13 Mayo

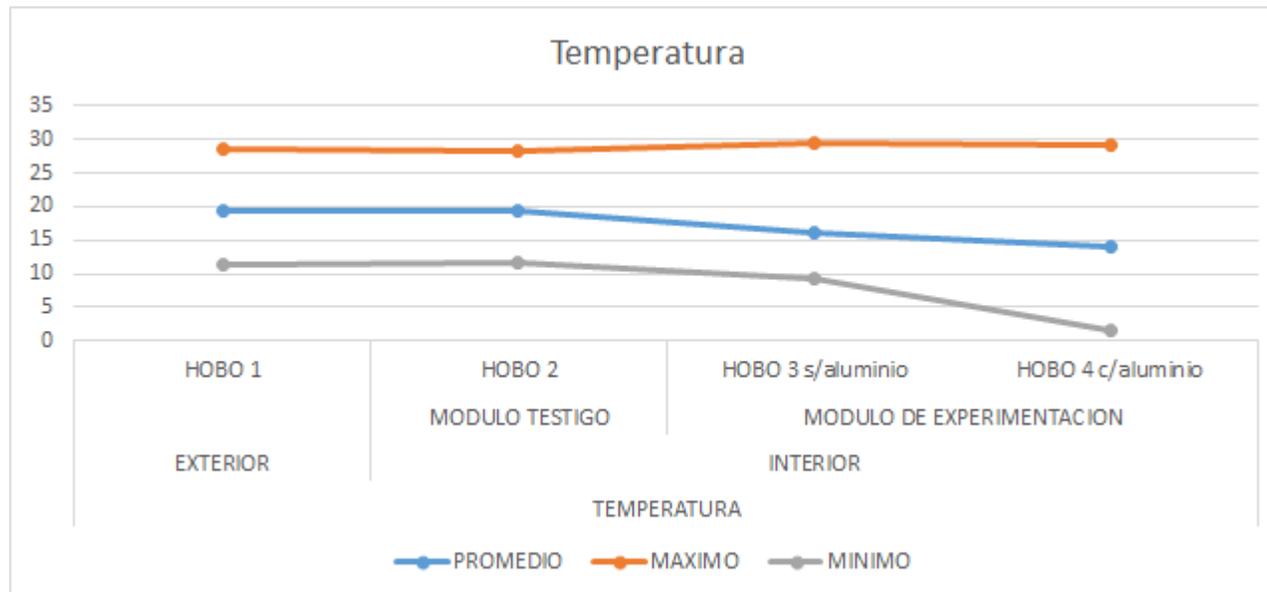




Con los resultados obtenidos, se obtiene un promedio de los 6 días:

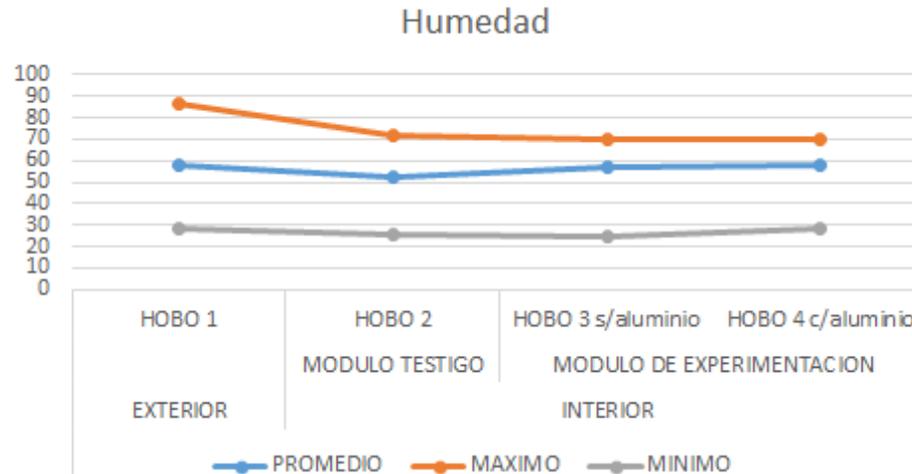
Tabla 28

	TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR	INTERIOR		EXTERIOR	INTERIOR			
	MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION		MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION			
	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 s/aluminio	HOBO 4 c/aluminio	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 s/aluminio	HOBO 4 c/aluminio
PROMEDIO	21.79	19.11	14.34	14.13	47.23	56.04	58.01	57.47
MAXIMO	40.19	26.98	21.68	22.67	90.95	67.16	76.42	70.52
MINIMO	10.75	10.94	9.20	1.55	15.00	40.71	30.47	31.90



Grafica 45. Temperatura 7-13 Mayo





Grafica 46. Humedad 8 Mayo

Al comparar el modulo testigo (19.11°C y 56.04%) y el módulo experimental **sin aluminio** (14.34°C y 58.01%) se obtiene una **disminución de la temperatura de 4.77° C y un aumento de la humedad de 1.97.**

La diferencia entre el modulo testigo (19.11°C y 56.04%) y el módulo experimental **con aluminio** (14.13°C y 57.47%) es de **-4.98° C (Disminución de la temperatura) y +1.43% de humedad (Aumento de humedad).**

A pesar de que diferencia de temperatura disminuida entre los módulos con y sin aluminio es de **0.21°C** en promedio, se tiene como comprobación que es viable aumentar el enfriamiento con el uso de aluminio como conductor del frío.



5.5.3 Experimento 3: Del 14 al 20 de mayo

Una vez comprobada la mejora del prototipo con el film de aluminio, se procede a un experimento más para mejorarlo. Con el fundamento que el aire caliente sube por densidad, se decide colocar el prototipo a modo de plafón, de tal manera que el aire caliente al subir, sea enfriado por el prototipo y se mejore la circulación del viento a climatizar.

En esta prueba, se ocupan nuevamente 2 módulos, siendo el Módulo 1, módulo testigo y el Módulo 2, el módulo de experimentación.

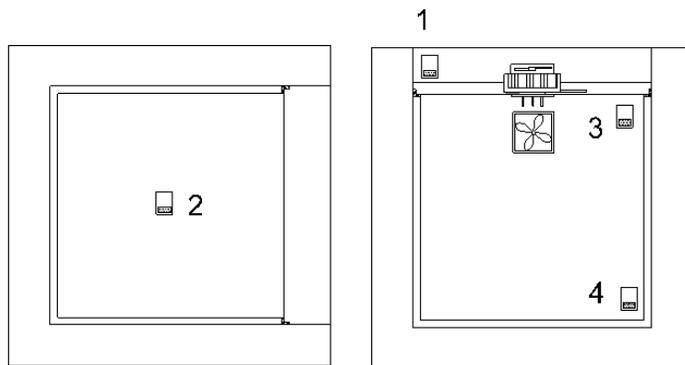


Figura 50. Esquema de los módulos de experimentación y ubicación del prototipo (Alzado)

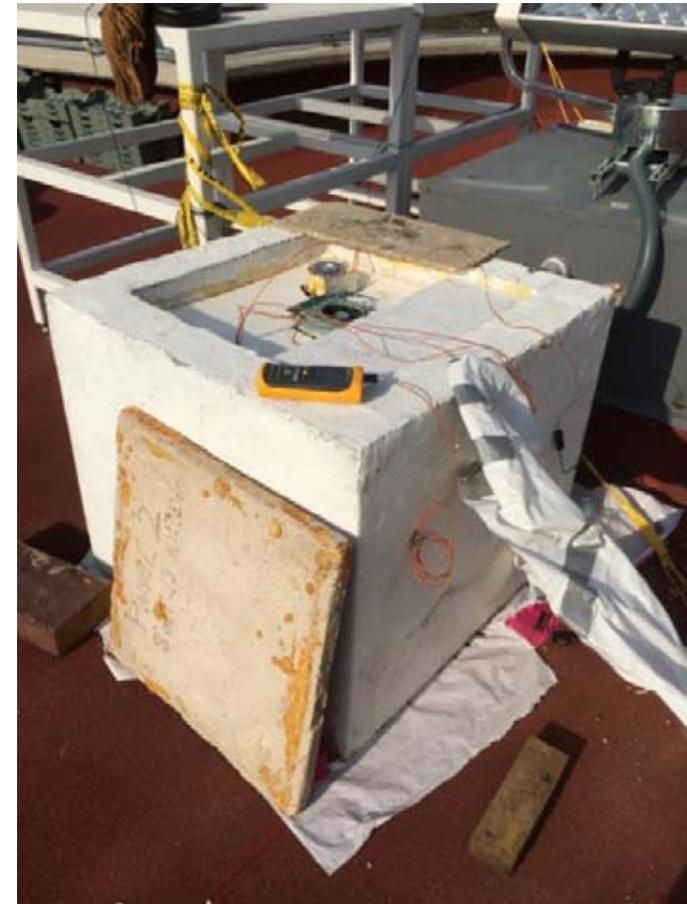


Figura 51. Prototipo ubicado en la parte superior del módulo

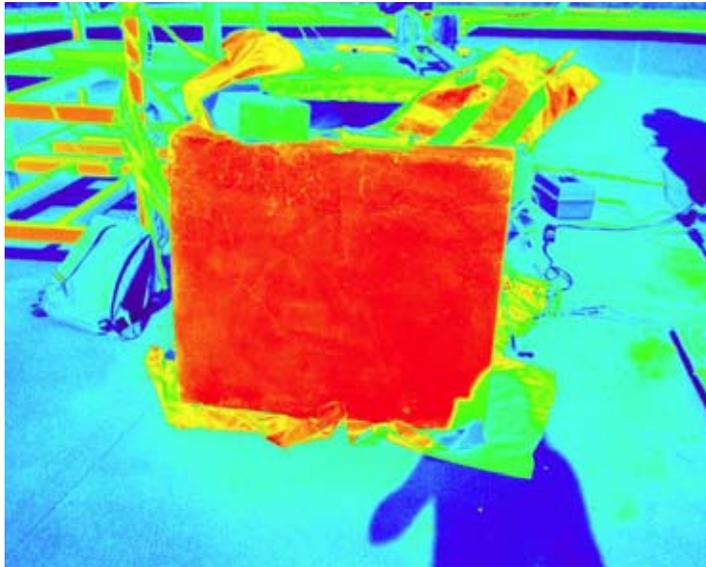


Figura 52. Fotografía térmica de las condiciones exteriores del módulo

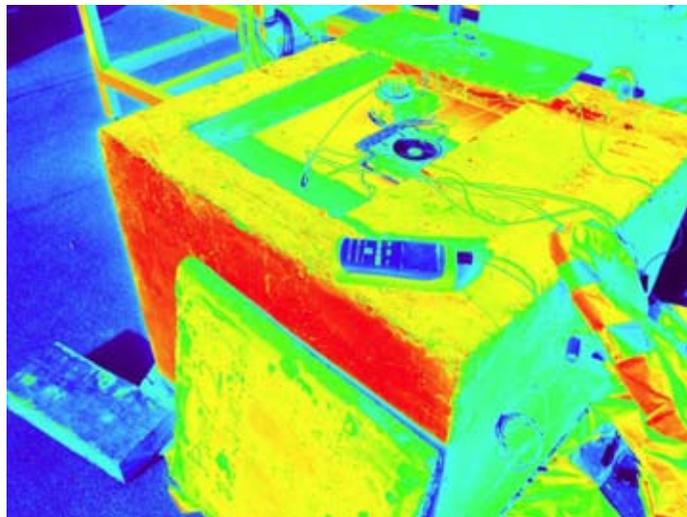


Figura 53. Fotografía térmica de las condiciones exteriores del módulo

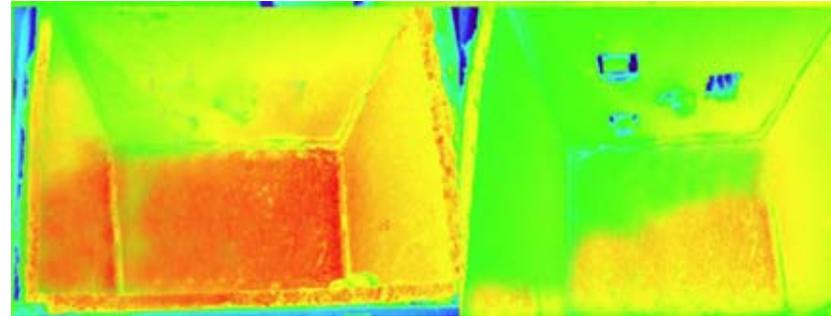


Figura 54. Comparación de fotografías térmicas entre modulo testigo (izquierda) y modulo con prototipo (derecha) .

Se obtuvieron mediciones de 7 días, del 14 al 20 de mayo, obteniendo 4 mediciones de temperatura y humedad cada 10 minutos, numerando los HOBO's de la siguiente manera (figura 49):

HOBO 1: Temperatura y humedad exterior (medio ambiente)

HOBO 2: Temperatura y humedad interior en módulo testigo (sin afectación del PCT)

HOBO 3: Temperatura y humedad interior (módulo de experimentación con PCT y aluminio)

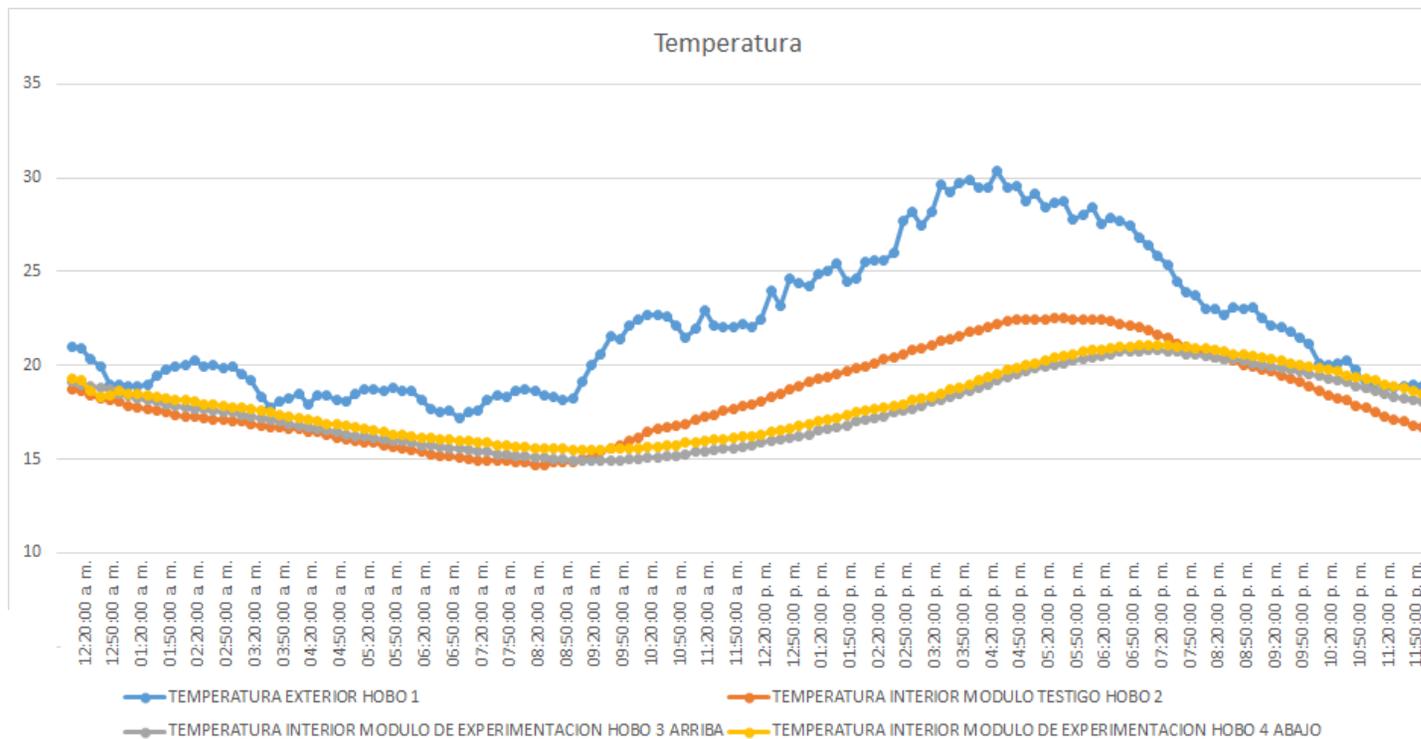
HOBO 4: Temperatura y humedad interior (módulo de experimentación con PCT y aluminio)



Tabla 29

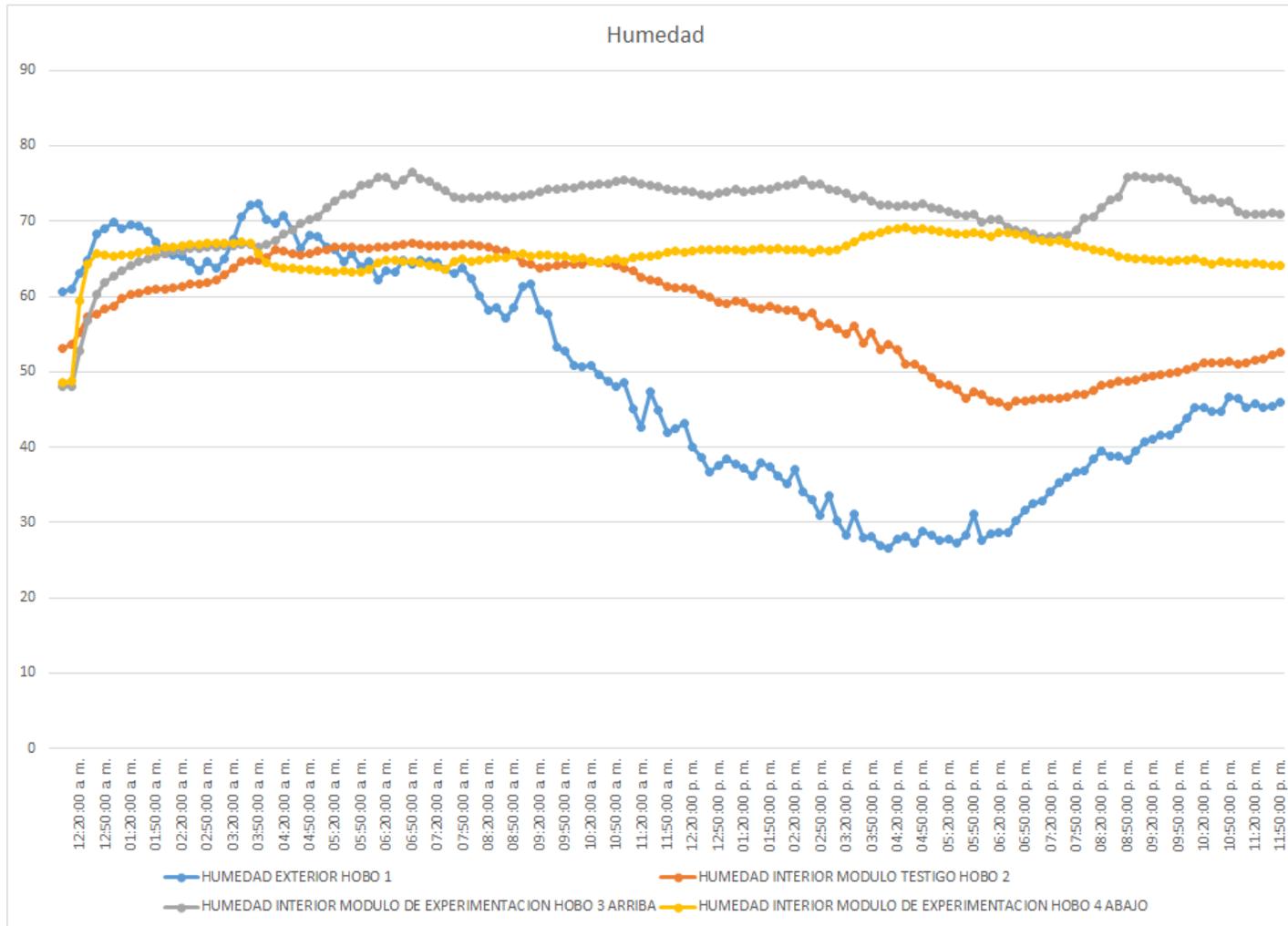
	TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR	
	HOBO 1	MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION		HOBO 1	MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION	
		HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO		HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO
PROMEDIO	23.48	21.10	15.61	16.01	48.86	57.89	71.20	65.53
MAXIMO	30.36	22.53	20.81	21.09	72.38	67.16	76.42	69.13
MINIMO	17.19	14.71	14.90	15.47	26.61	45.49	47.97	48.59

14 MAYO



Grafica 47. Temperatura 14 Mayo





Grafica 48. Humedad 14 Mayo

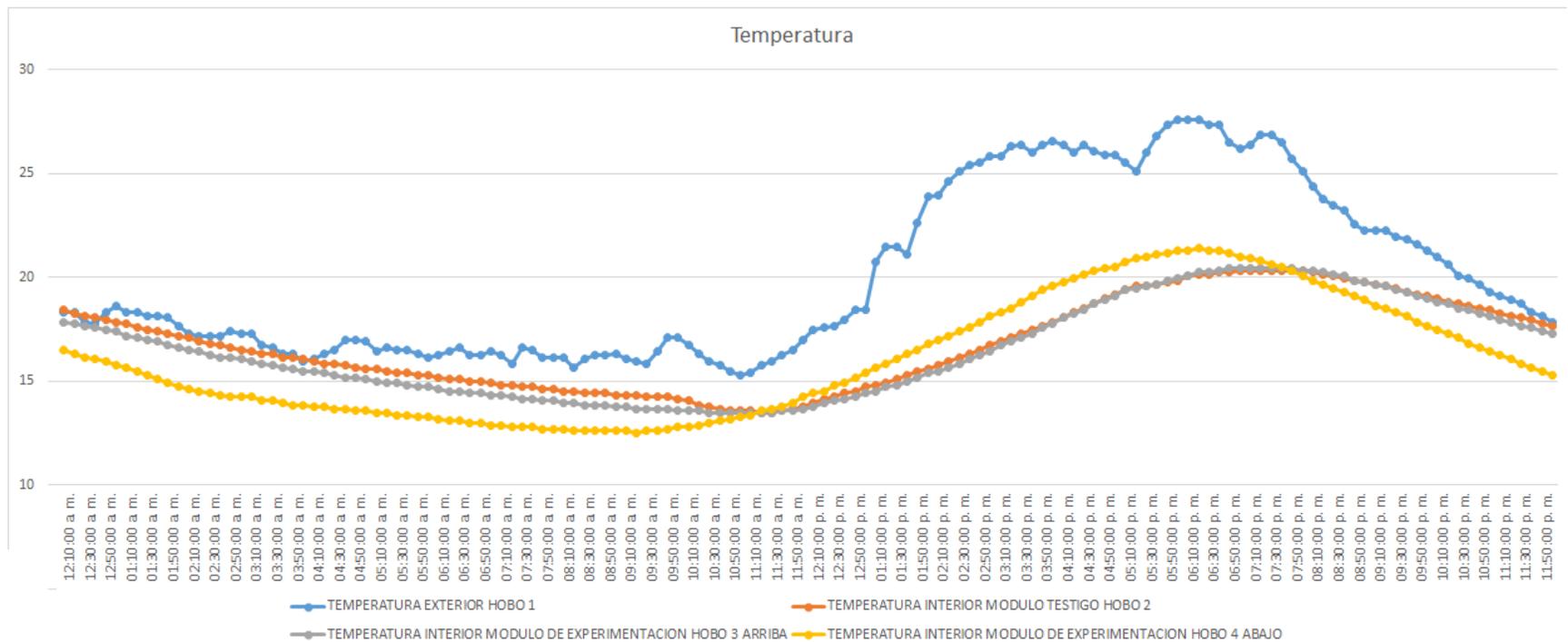




Tabla 30

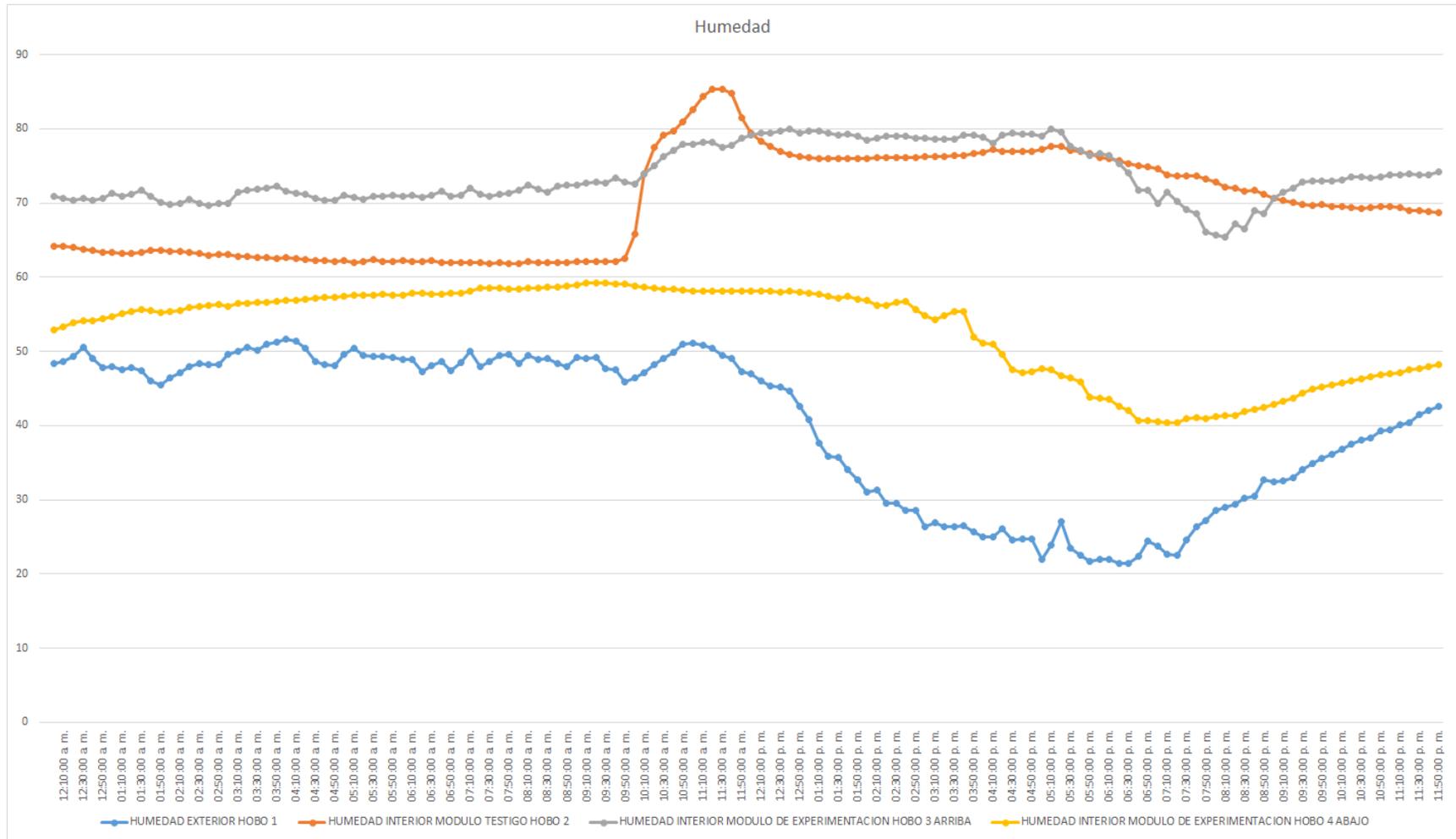
15 MAYO

	TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR	
	HOBO 1	MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION		HOBO 1	MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION	
		HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO		HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO
PROMEDIO	21.34	19.61	16.51	16.06	40.05	69.85	73.74	52.96
MAXIMO	27.57	20.33	20.42	21.38	51.62	85.30	79.98	59.28
MINIMO	15.28	13.46	13.46	12.50	21.49	61.85	65.49	40.40



Grafica 49. Temperatura 15 Mayo





Grafica 50. Humedad 15 Mayo

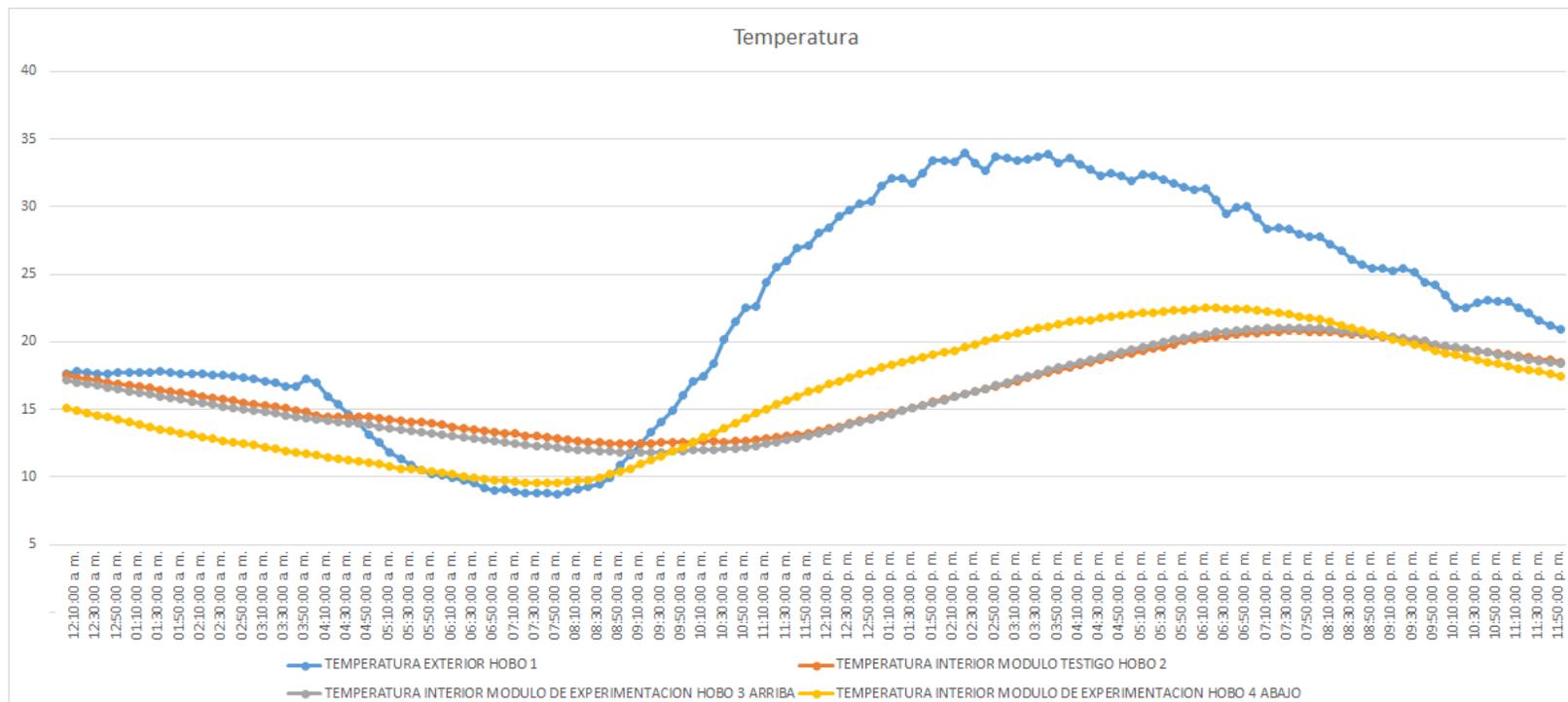




Tabla 31

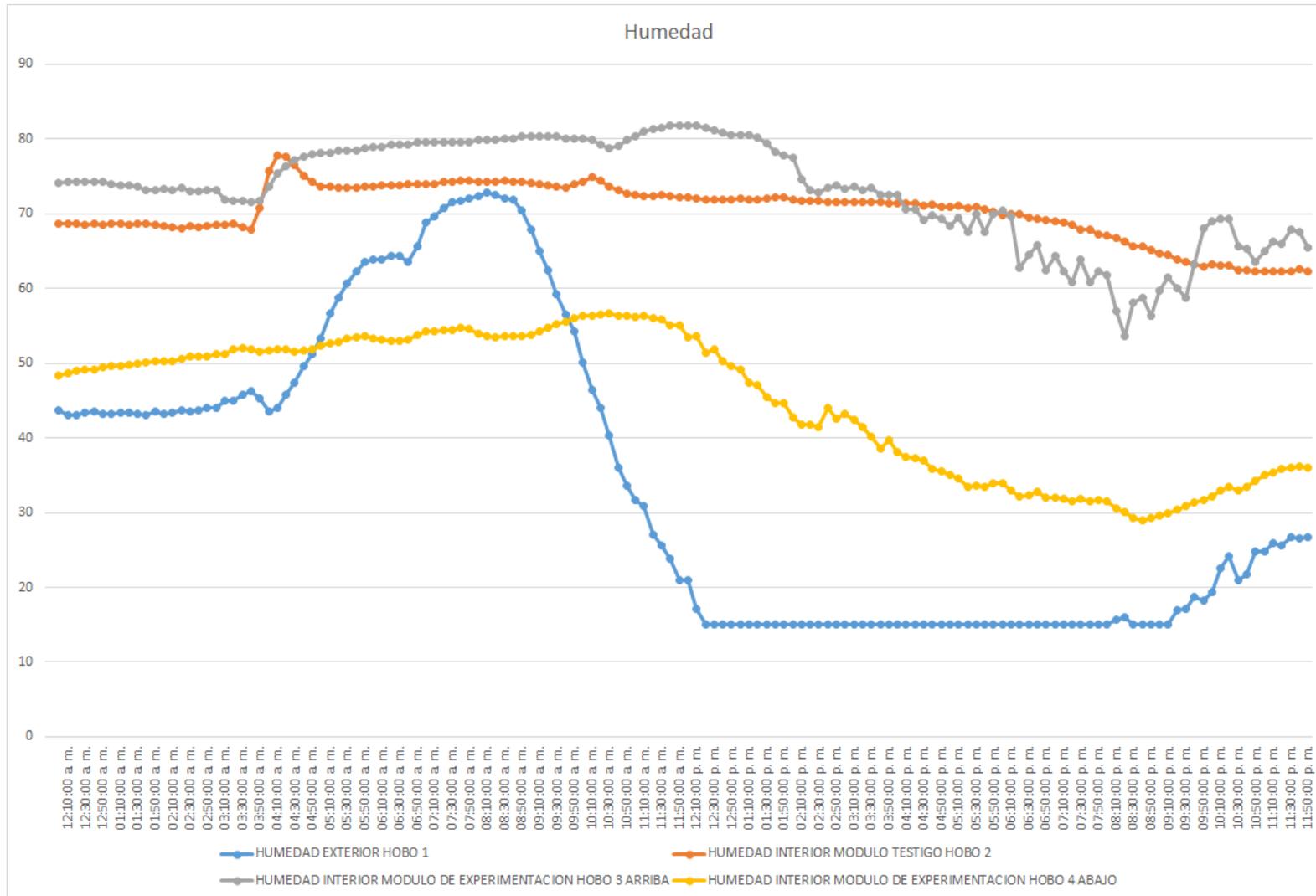
16 MAYO

	TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR	INTERIOR		EXTERIOR	INTERIOR			
		MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION		MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION		
	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA HOBO 4 ABAJO	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA HOBO 4 ABAJO		
PROMEDIO	23.44	19.11	14.09	14.15	34.16	70.37	73.18	45.04
MAXIMO	33.95	20.81	21.00	22.53	72.93	77.89	81.89	56.61
MINIMO	8.68	12.50	11.82	9.57	15.00	62.24	53.58	29.01



Gráfica 51. Temperatura 16 Mayo





Grafica 52. Humedad 16 Mayo

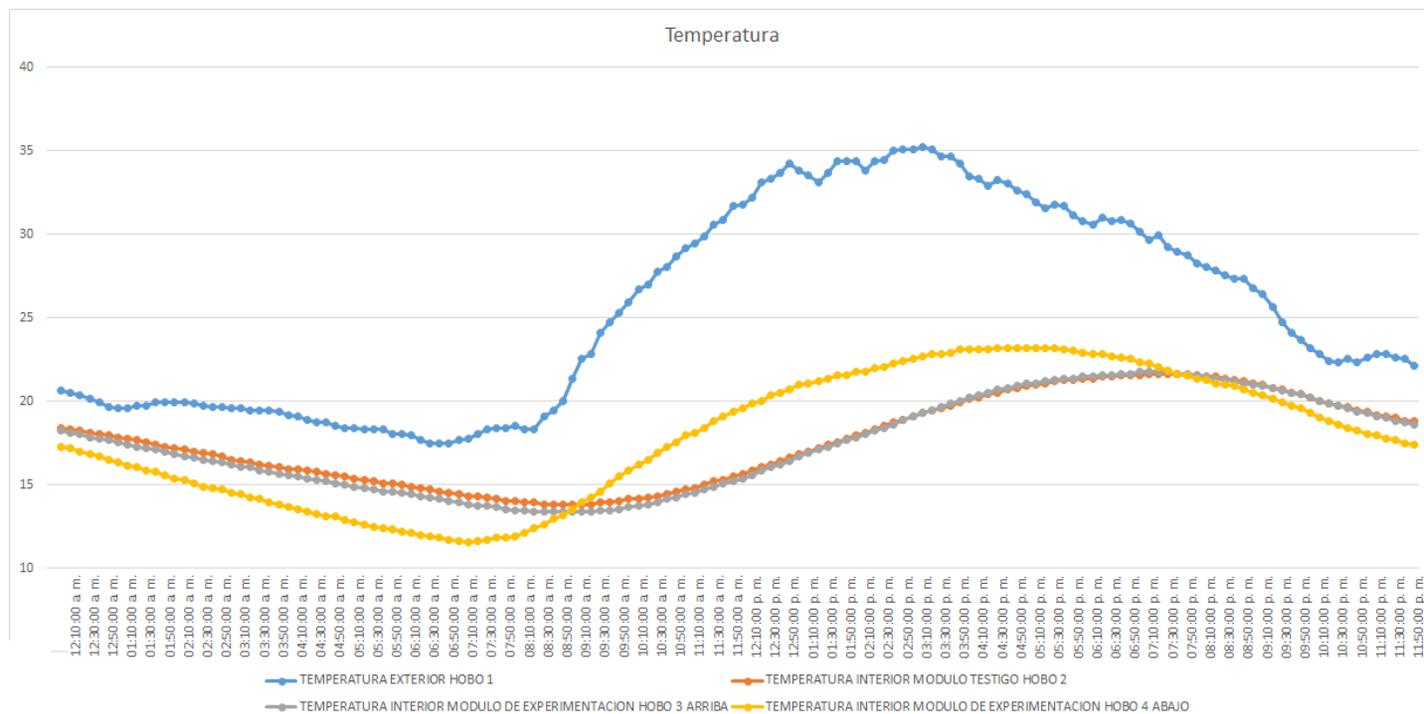




Tabla 32

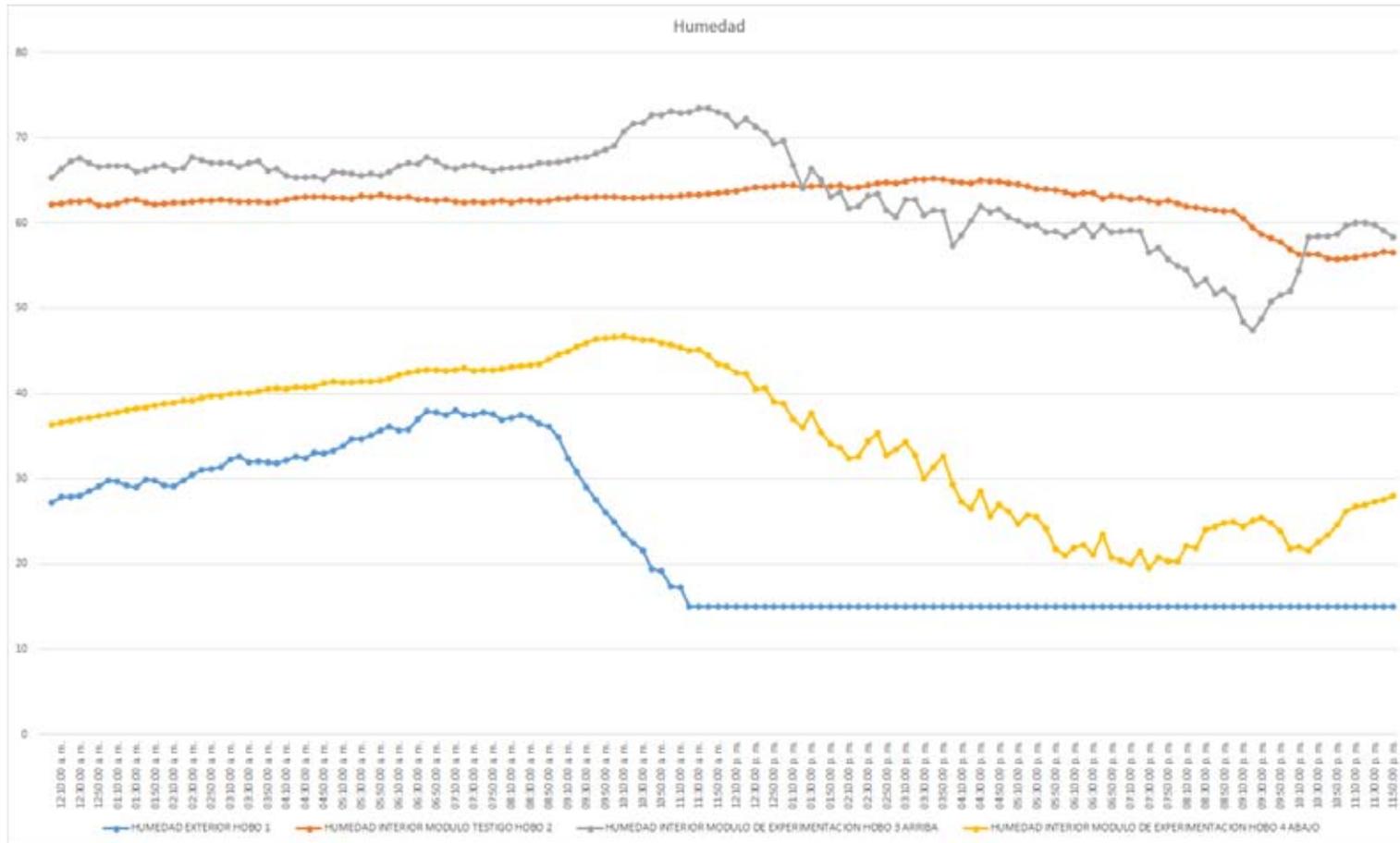
	TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR	
	HOBO 1	MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION		HOBO 1	MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION	
		HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO		HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO
PROMEDIO	26.79	20.44	15.43	15.87	22.74	62.48	63.66	34.88
MAXIMO	35.22	21.66	21.76	23.20	38.08	65.20	73.49	46.68
MINIMO	17.48	13.85	13.37	11.53	15.00	55.78	47.36	19.55

17 MAYO



Grafica 53. Temperatura 17 Mayo





Grafica 54. Humedad 17 Mayo

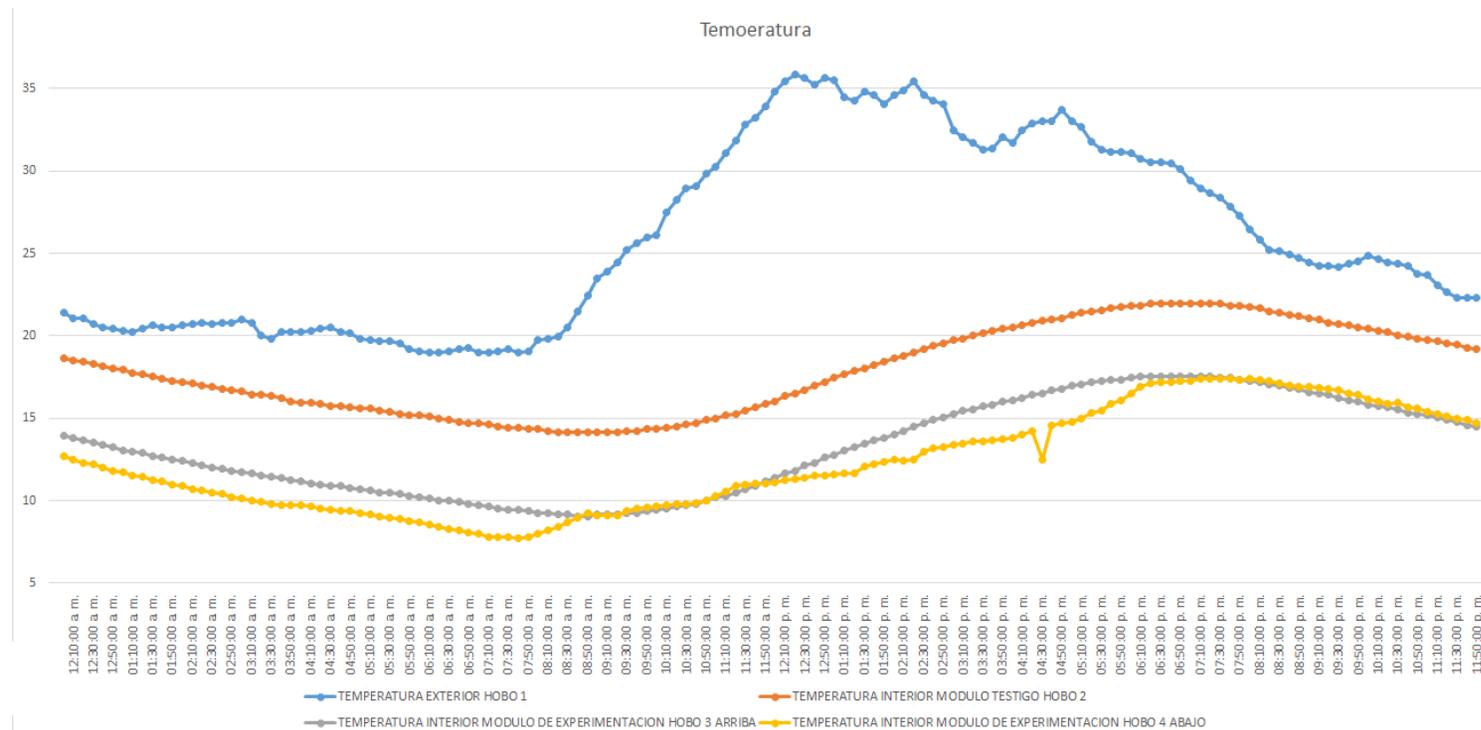




Tabla 33

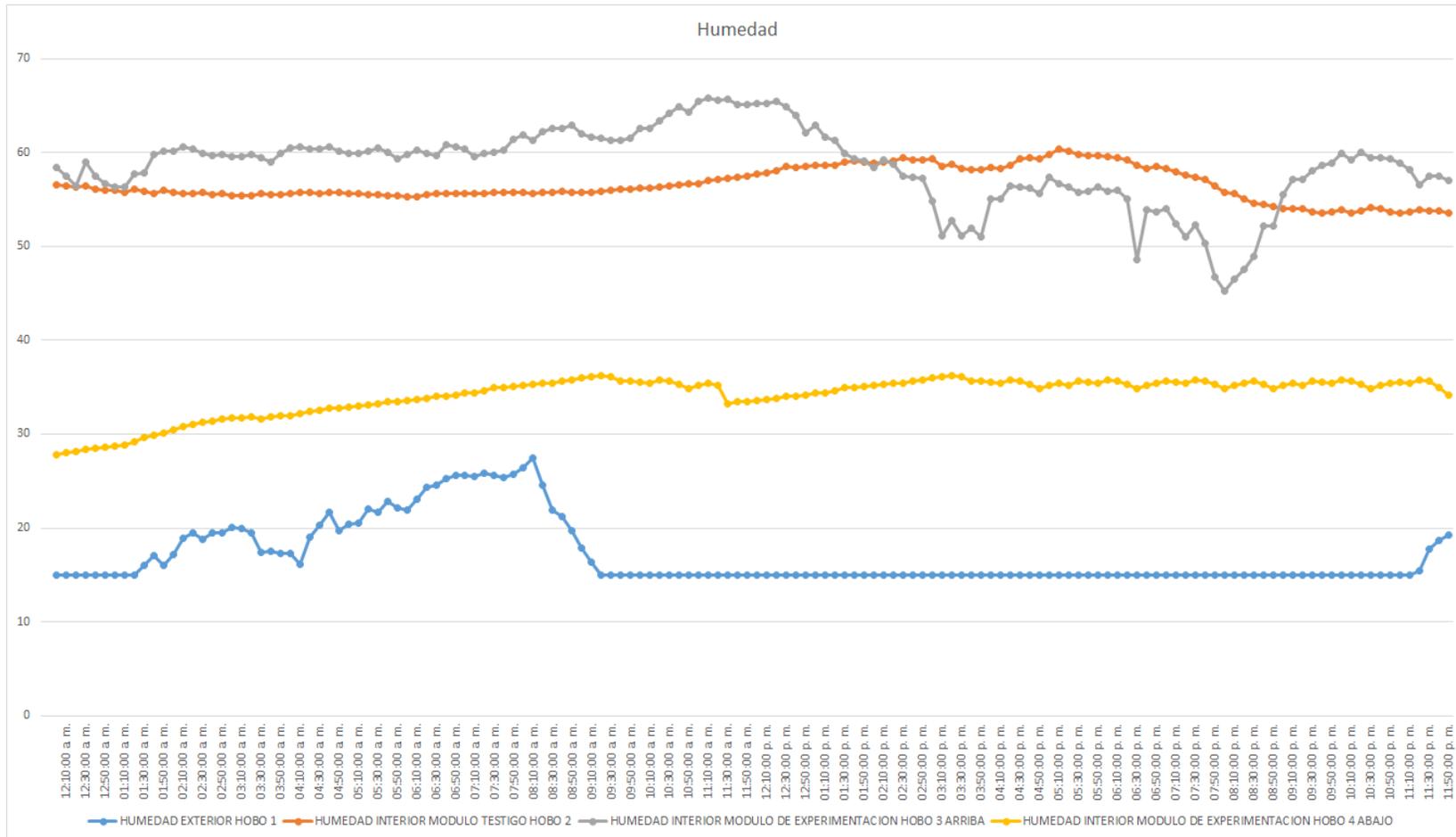
18 MAYO

	TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR	
	HOBO 1	MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION		HOBO 1	MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION	
		HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO		HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO
PROMEDIO	27.28	20.72	11.23	10.31	17.07	56.56	58.55	34.12
MAXIMO	35.86	21.95	17.55	17.42	27.49	60.41	65.83	36.21
MINIMO	19.00	14.13	9.06	7.71	15.00	53.55	45.25	27.80



Grafica 55. Temperatura 18 Mayo





Grafica 56. Humedad 18 Mayo

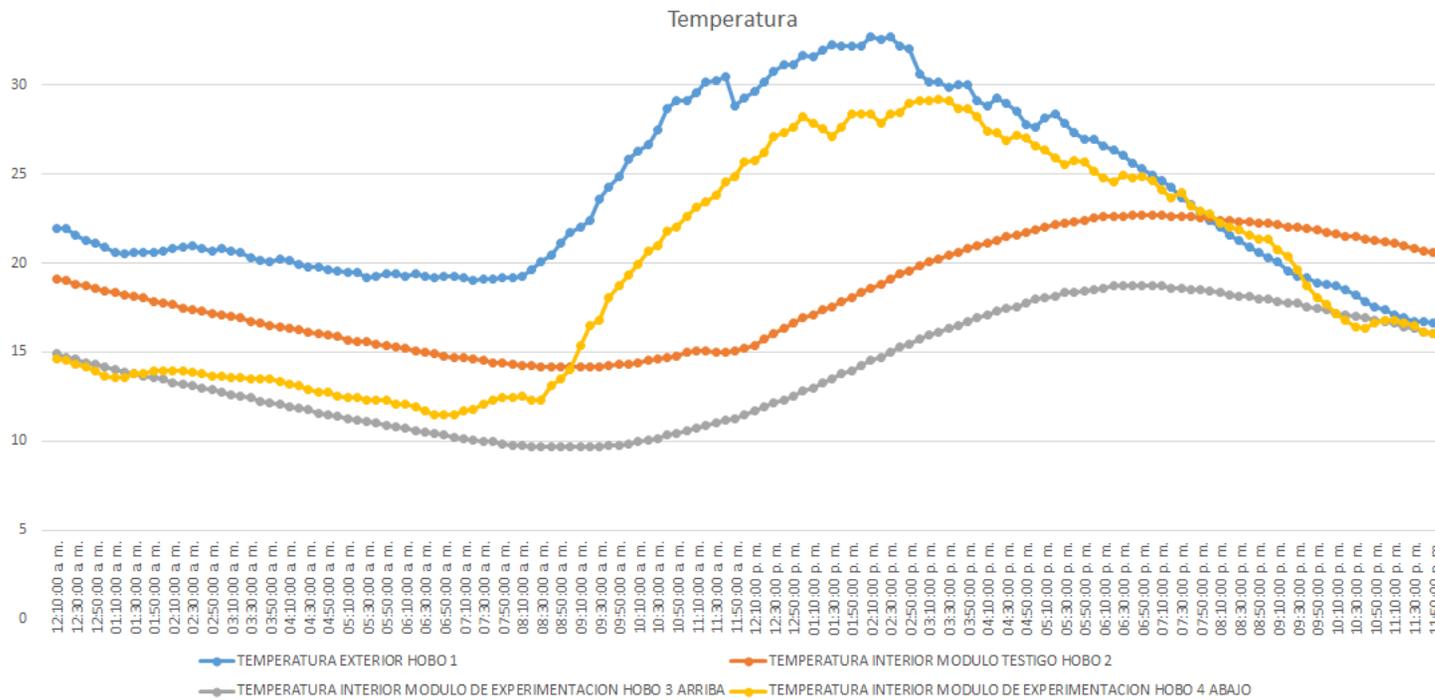




Tabla 34

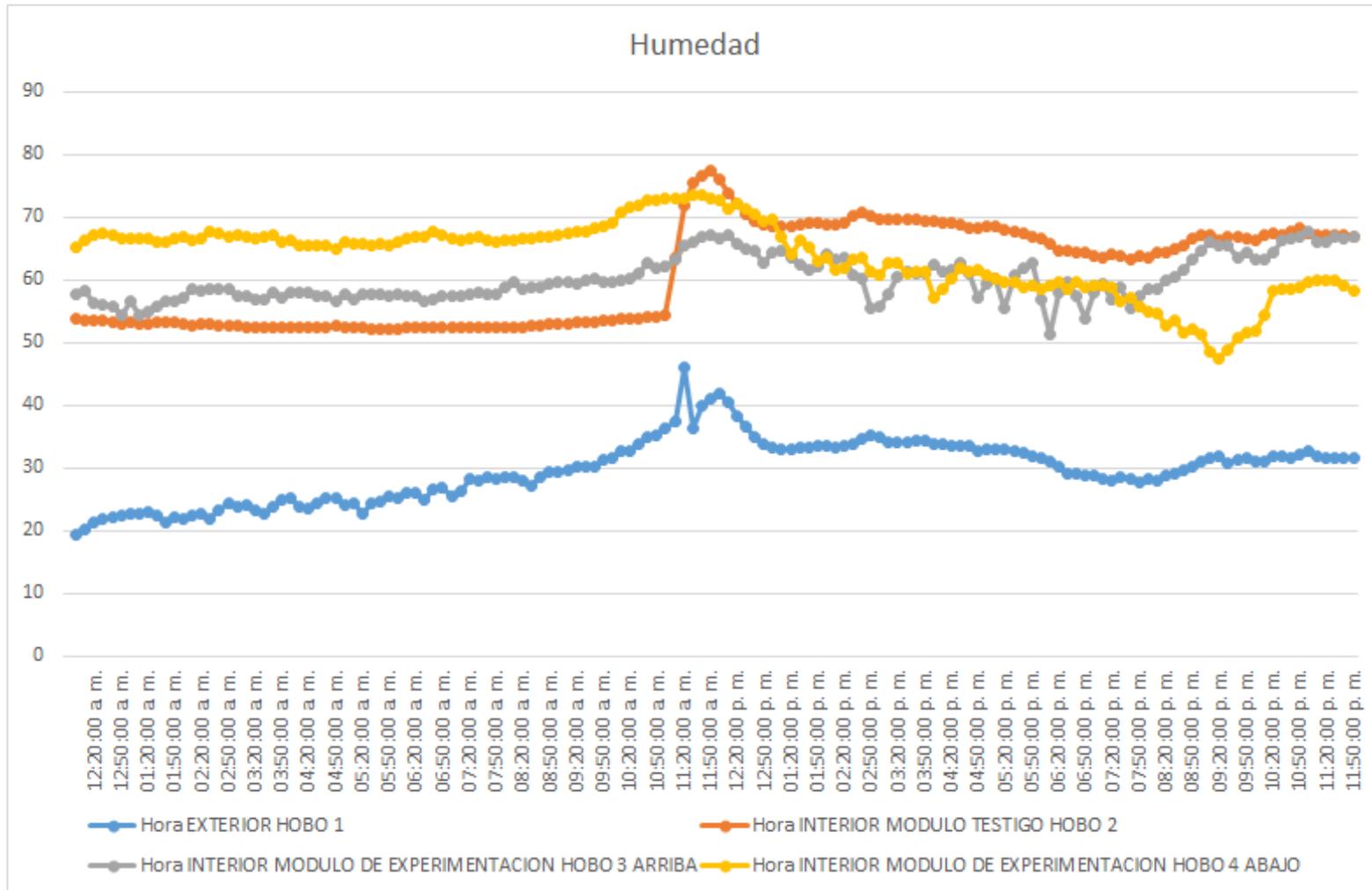
19 MAYO

	TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR	
	HOBO 1	MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION		HOBO 1	MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION	
		HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO		HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO
PROMEDIO	24.98	21.10	12.04	17.48	29.63	60.95	60.18	63.66
MAXIMO	22.72	18.72	29.22	28.58	45.92	67.76	73.49	22.72
MINIMO	14.13	9.65	11.48	15.00	19.50	51.39	47.36	14.13



Gráfica 57. Temperatura 19 Mayo





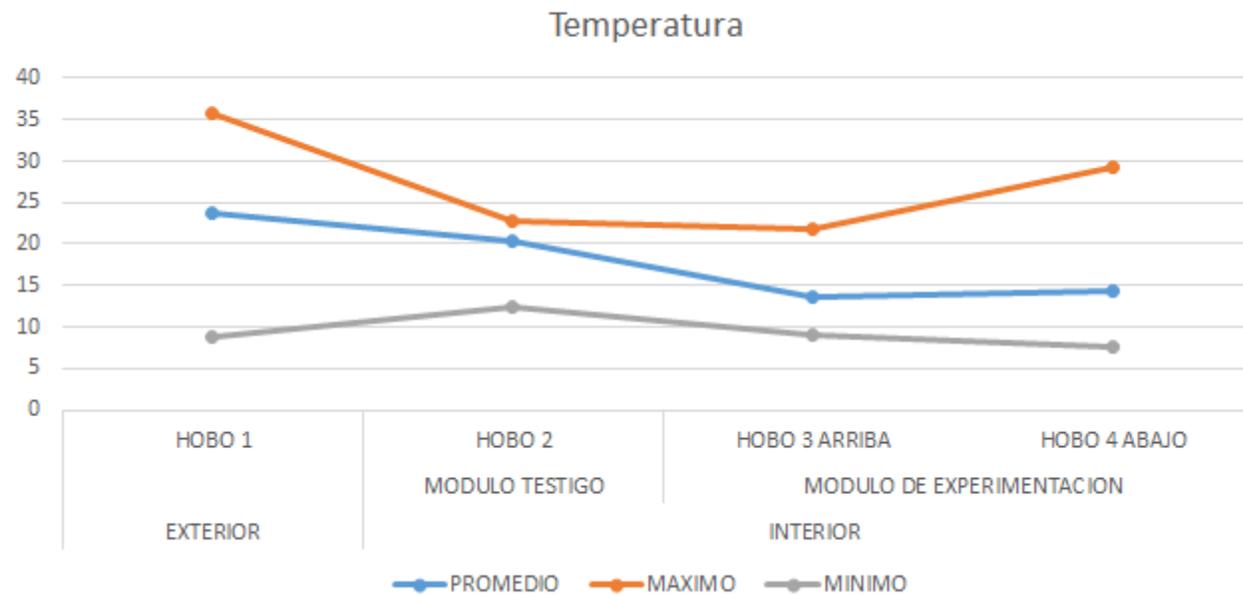
Grafica 58. Humedad 19 Mayo



Con los resultados obtenidos, se obtiene un promedio de los 6 días:

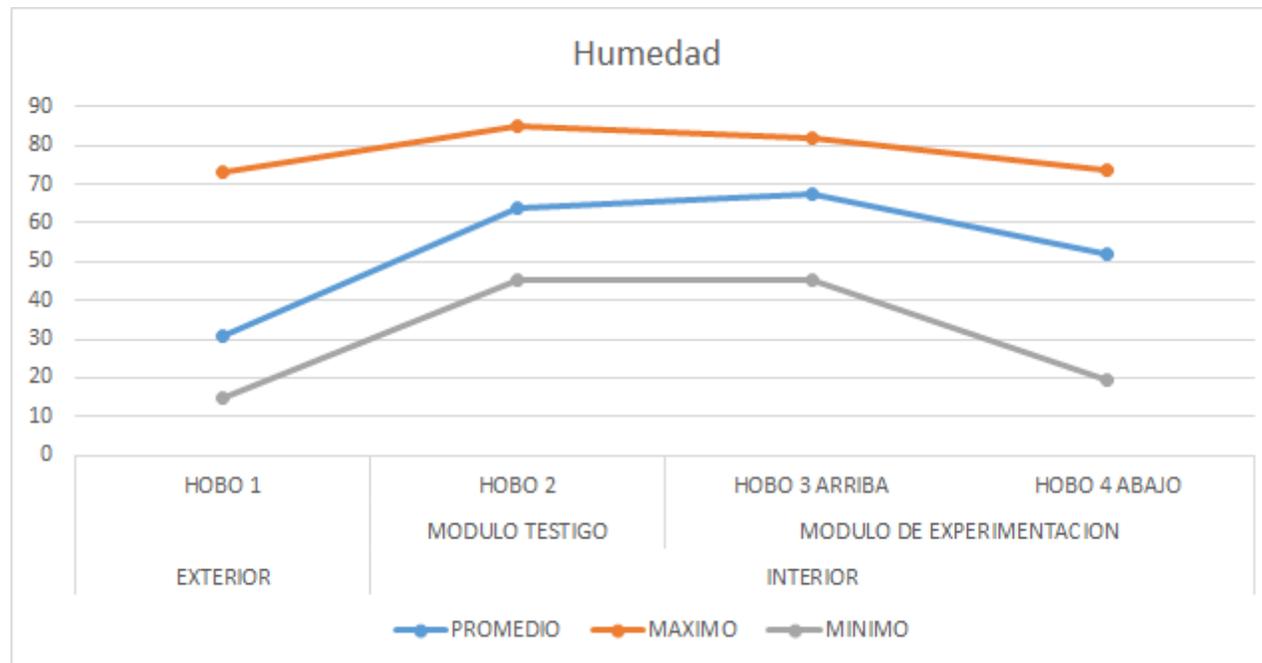
Tabla 35

	TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR	
	HOBO 1	MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION		HOBO 1	MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION	
		HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO		HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO
PROMEDIO	23.84	20.36	13.69	14.40	30.76	63.66	67.27	51.96
MAXIMO	35.86	22.72	21.76	29.22	72.93	85.30	81.89	73.49
MINIMO	8.68	12.50	9.06	7.71	15.00	45.49	45.25	19.55



Grafica 59. Humedad del 14 al 19 de Mayo





Grafica 60. Humedad 14 al 19 de Mayo

Comparando el modulo testigo (20.36°C y 63.66%) y el módulo experimental (promediando los valores del HOBO 3 Y HOBO4 =14.05°C y 59.62%) se obtiene una **disminución de 6.31° C y un amento de humedad del 4.04%**



5.7 Aplicación del prototipo 3 en el módulo de experimentación

5.7.1 Prototipo final

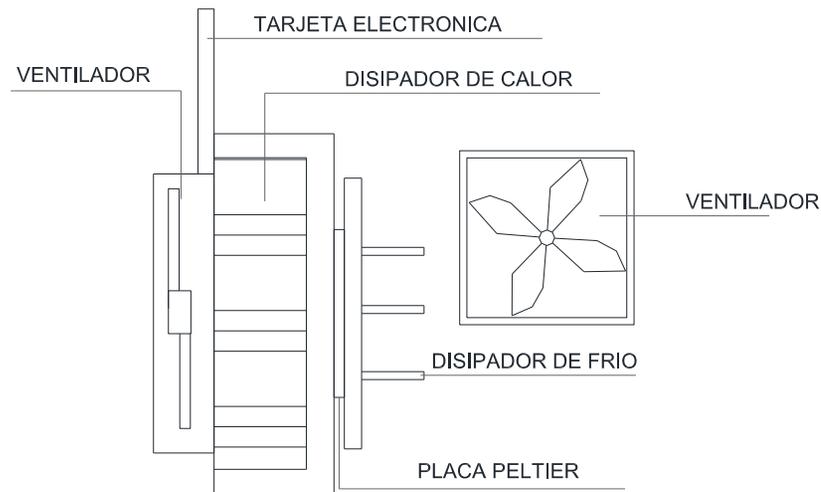


Figura 55. Imagen del prototipo

A partir del prototipo anterior, se agrega cable de cobre unidos al disipador con el objetivo de transmitir el frío o calor a lo largo del panel y obtener un área mayor para enfriar el aire.

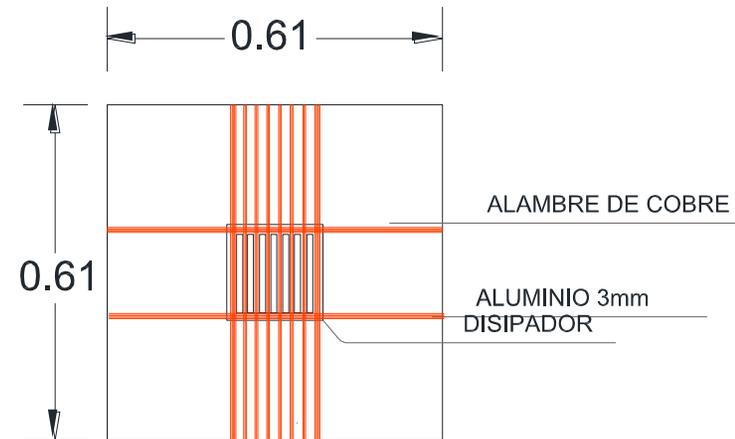


Figura 56. Imagen de film de aluminio con cable de cobre

5.7.2 Definición del área óptima de enfriamiento

A partir de un panel de 061 x 0.61 (tomando como referencia una proporción de un panel prefabricado de 2.44 x 1.22), se colocaron termopares para medir la



temperatura a lo largo del panel como se muestra en la figura 57.

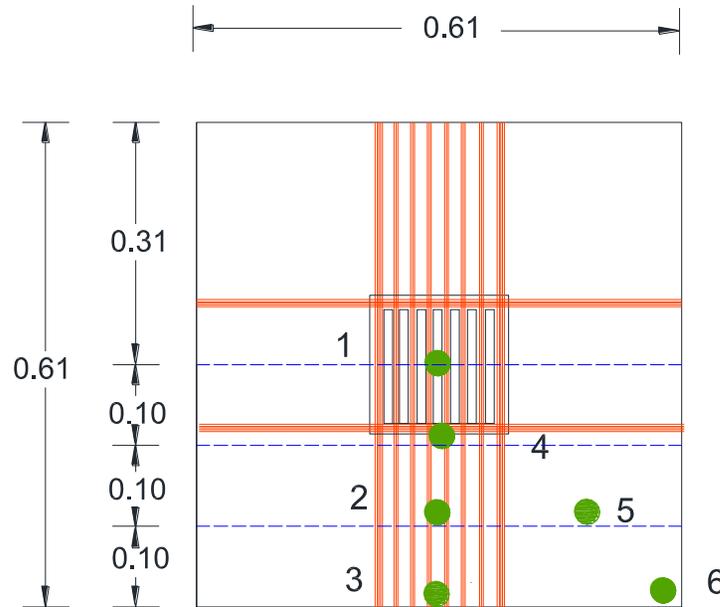


Figura 57. Imagen de ubicación de los termopares

Se obtuvieron los siguientes resultados al medir la temperatura de los 6 termopares cada hora.

Tabla 36. Temperaturas en el panel del prototipo

	Temp ext	Temp. 1	Temp. 2	Temp. 3	Temp. 4	Temp. 5	Temp. 6
Temperatura promedio	23.00	-5.00	+3.00	+8.00	-3.00	+12.00	+18.00

Se puede observar que los puntos medidos donde se encuentra el alambre de cobre lograron enfriarse más que aquellos que no se encontraban en contacto con directo con el dissipador. Sin embargo, delimitando el área que puede ser útil para enfriar de manera eficiente el aire se delimita el panel a una medida de 0.40 x 0.40.

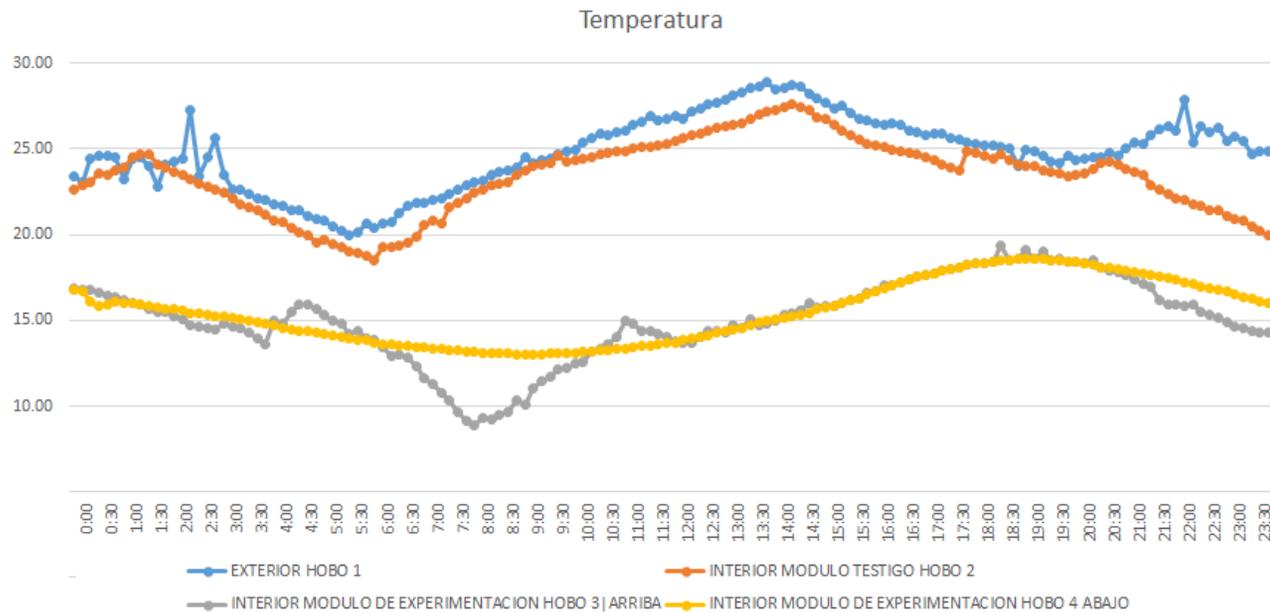
El prototipo final, fue colocado en la parte superior del módulo, ya que se comprobó que en esta posición el enfriamiento es mayor. Se midieron 3 días con los siguientes resultados:



Tabla 37

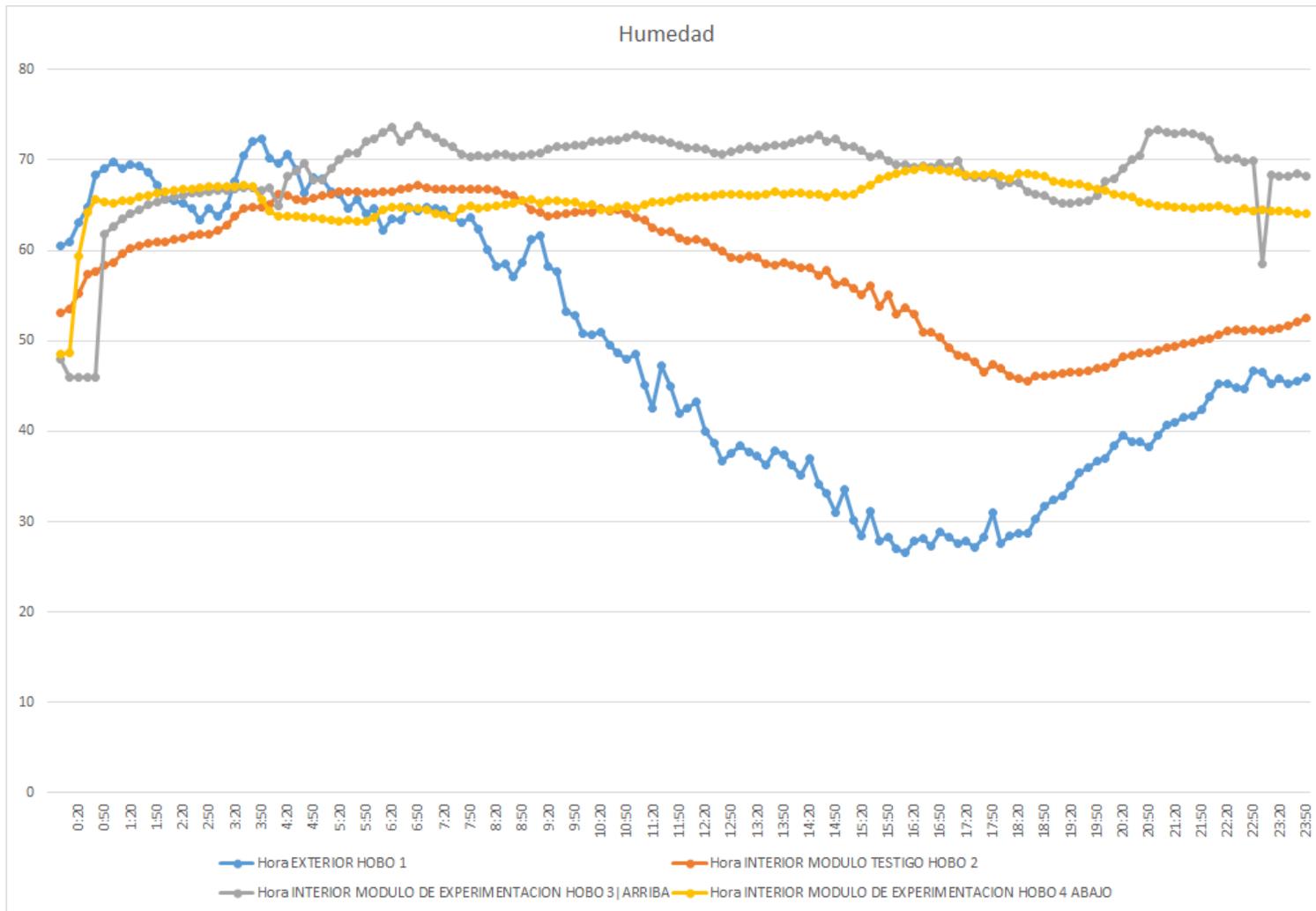
	TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR	
		MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION			MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION	
	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO
MEDIANA	24.88	23.75	15.07	15.40	45.68	59.23	70.24	65.54
PROMEDIO	24.81	23.41	15.07	15.51	48.86	57.89	68.75	65.53
MAXIMO	28.90	27.65	19.35	18.59	72.38	67.16	73.74	69.13
MINIMO	20.00	18.50	8.92	12.97	26.61	45.49	45.97	48.59

10 JUNIO



Grafica 61. Temperatura 10 de Junio





Grafica 62. Humedad 10 de Junio

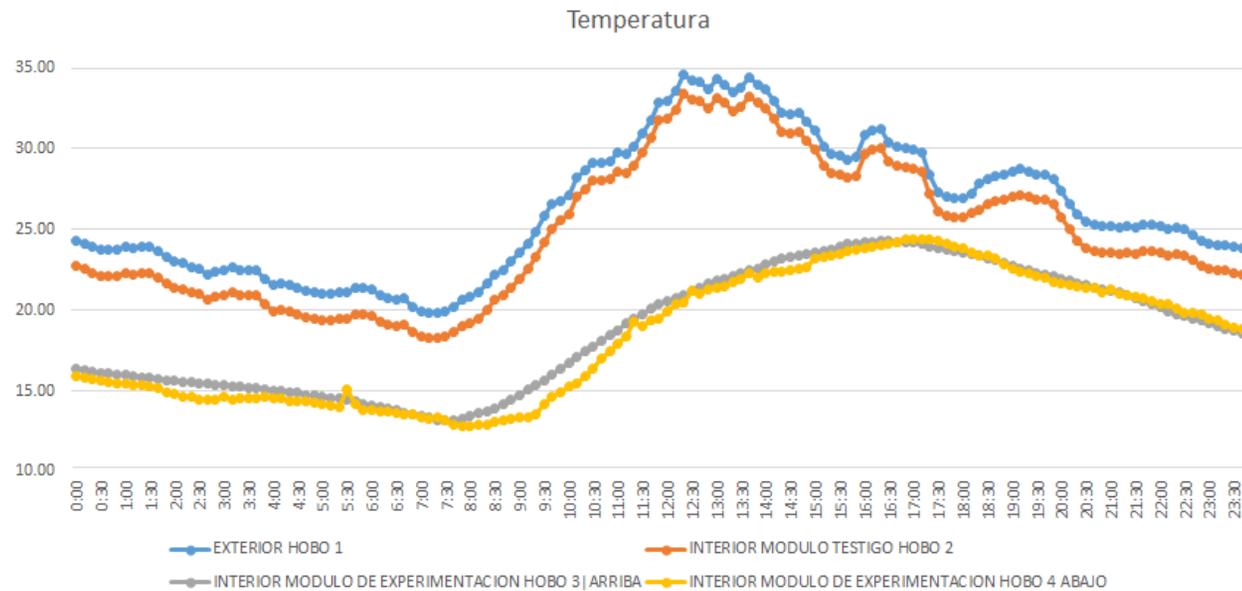
Tabla 38





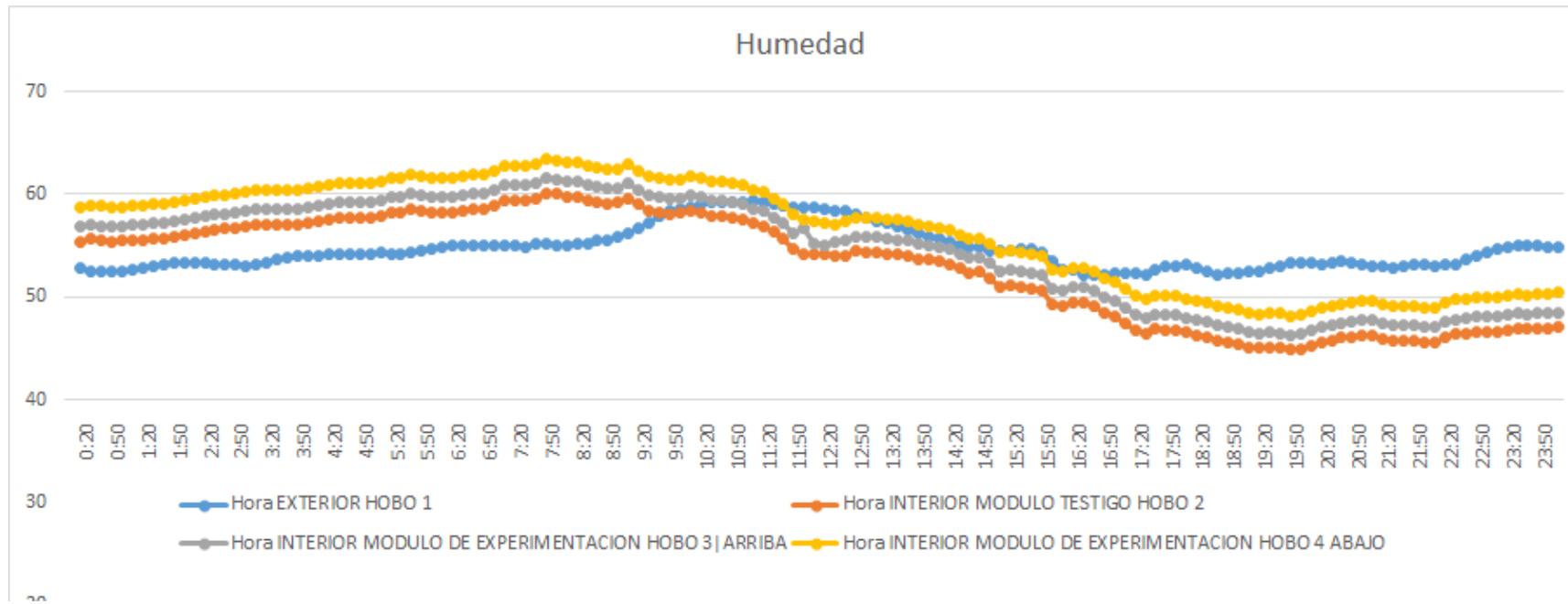
11 JUNIO

	TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR	
		MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION			MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION	
	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO
MEDIANA	25.18	23.78	18.10	18.09	54.24	54.39	55.91	57.73
PROMEDIO	27.38	25.98	18.93	18.60	55.04	51.74	53.22	55.07
MAXIMO	34.61	33.44	24.24	24.40	59.32	60.11	61.59	63.45
MINIMO	23.75	18.24	13.15	12.80	52.15	44.83	46.31	48.17



Gráfica 63. Temperatura 11 de Junio





Grafica 64. Humedad 11 de Junio

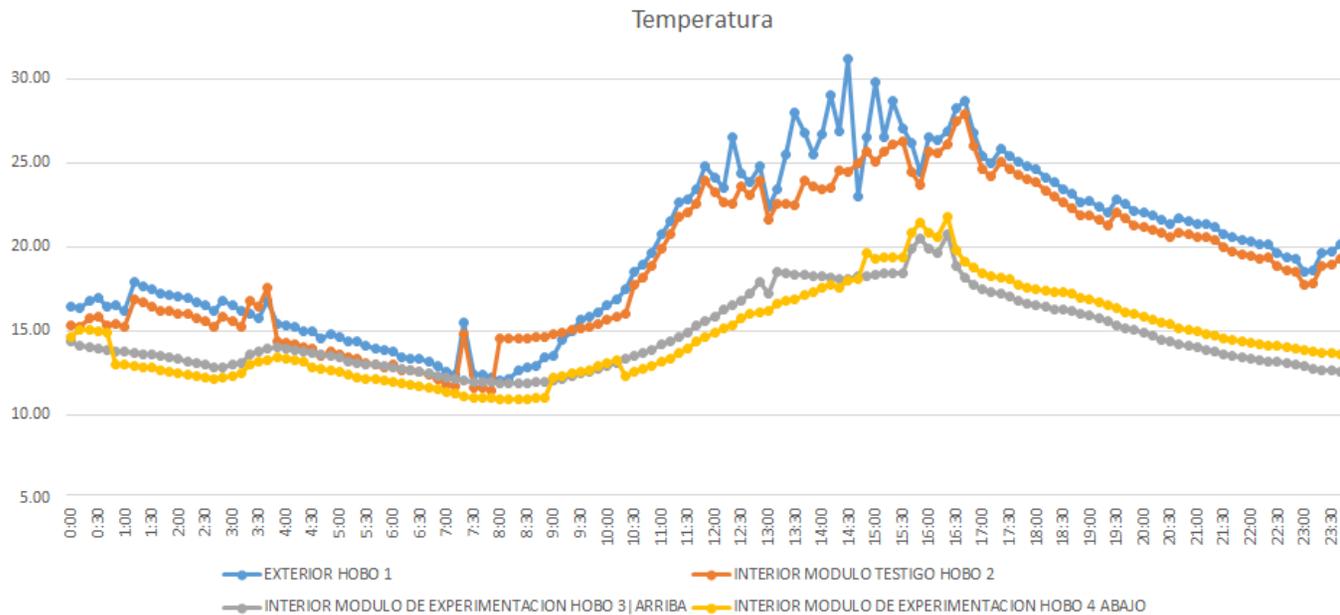




Tabla 39

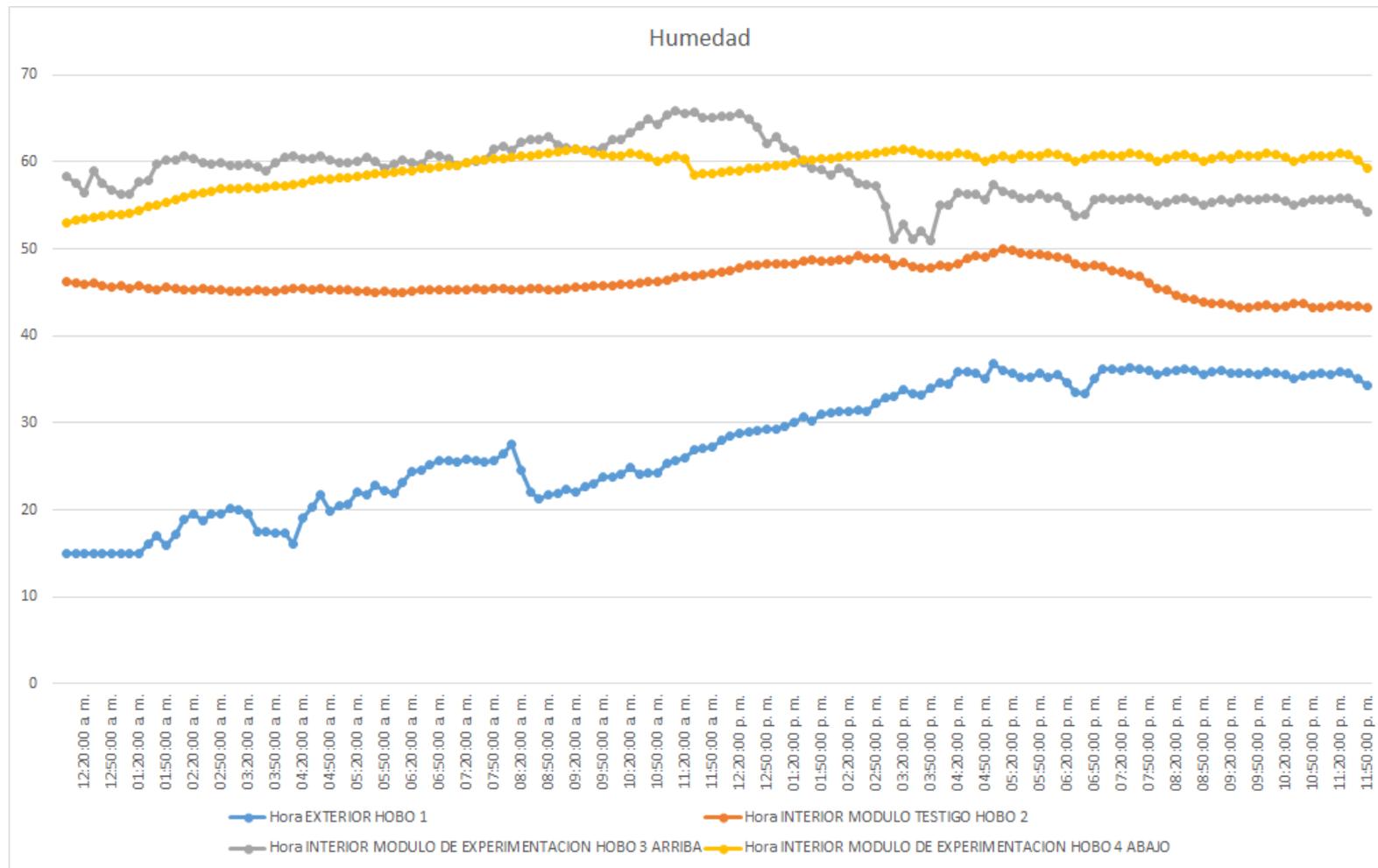
12 JUNIO

	TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR	
		MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION			MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION	
	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO
MEDIANA	19.70	19.00	13.50	13.69	42.06	55.21	56.15	57.16
PROMEDIO	21.08	20.18	14.75	14.86	36.40	55.21	56.15	57.16
MAXIMO	31.20	27.89	20.57	21.55	77.51	65.96	66.79	65.75
MINIMO	12.05	11.47	11.65	10.69	15.00	40.71	48.00	49.41



Grafica 65. Temperatura 12 de Junio





Grafica 66. Humedad 12 de Junio

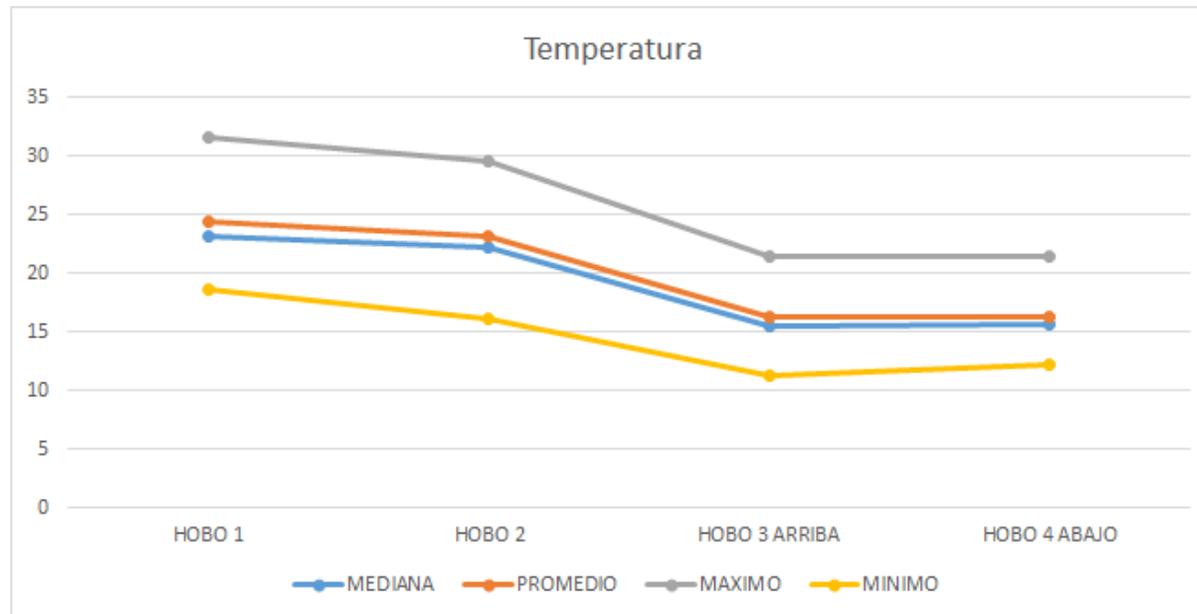




Con los resultados obtenidos, se obtiene un promedio de los 3 días:

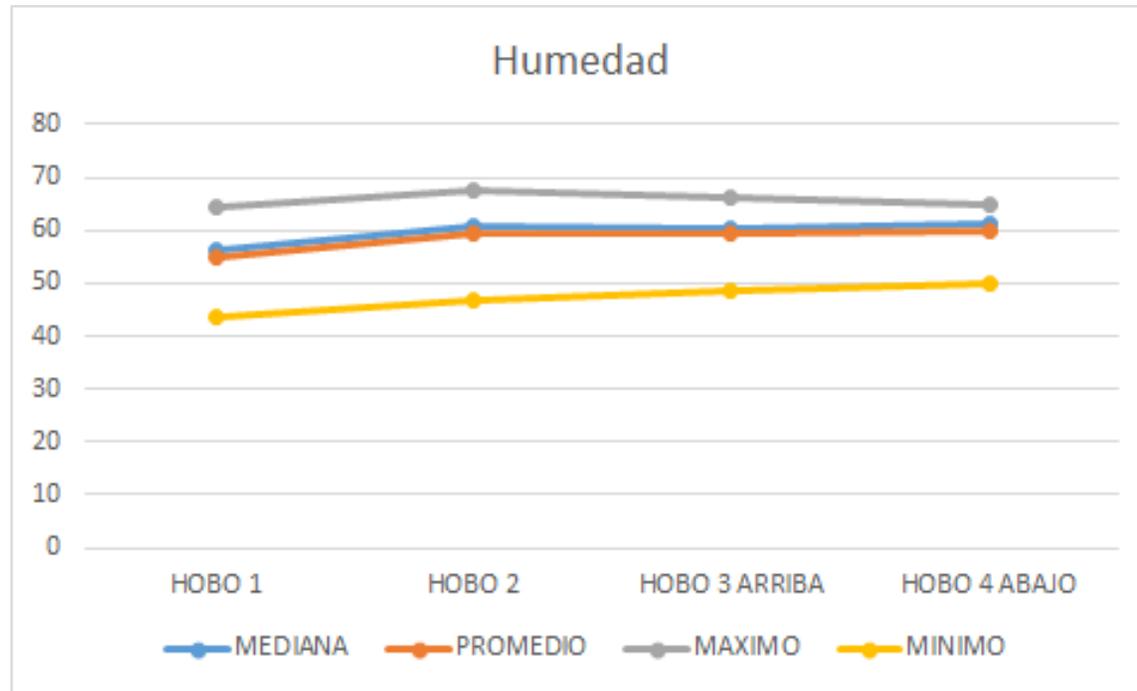
Tabla 40

	TEMPERATURA				HUMEDAD			
	EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR	
	MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION	MODULO DE EXPERIMENTACION		MODULO TESTIGO	MODULO DE EXPERIMENTACION	MODULO DE EXPERIMENTACION	
	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO	HOBO 1	HOBO 2	HOBO 3 ARRIBA	HOBO 4 ABAJO
MEDIANA	23.25	22.17	15.55	15.72	56.27	60.76	60.14	61.21
PROMEDIO	24.42	23.19	16.25	16.32	59.94	59.37	59.37	59.98
MAXIMO	31.57	29.66	21.38	21.51	64.41	67.37	66.11	64.67
MINIMO	18.6	16.07	11.24	12.15	43.67	46.76	48.72	49.93



Grafica 67. Temperatura 10 – 12 de Junio





Grafica 68. Humedad 10 – 12 de Junio

Comparando el modulo testigo (22.17°C y 60.76%) y el módulo experimental (promediando los valores del HOBO 3 Y HOBO4 =15.62°C y 60.67%) se obtiene una **disminución de 6.55° C y un amento de humedad del 0.09%. Con el alambre de cobre se logró una disminución de temperatura extra de 0.24°C**



5.7.3 Aplicación del prototipo

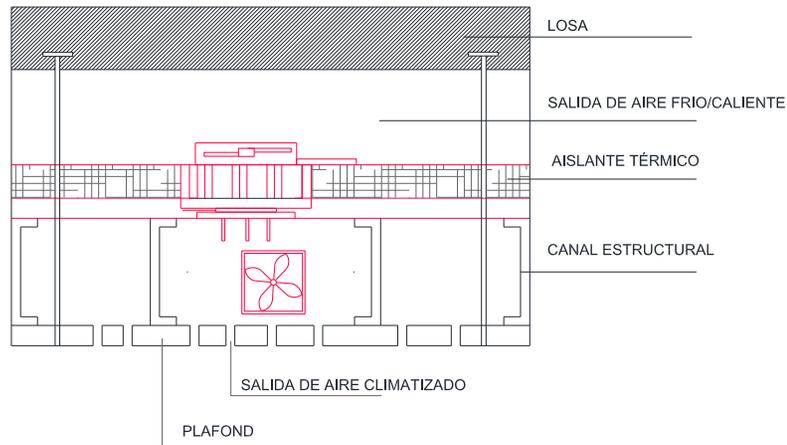


Figura 58. Instalación del prototipo en plafón

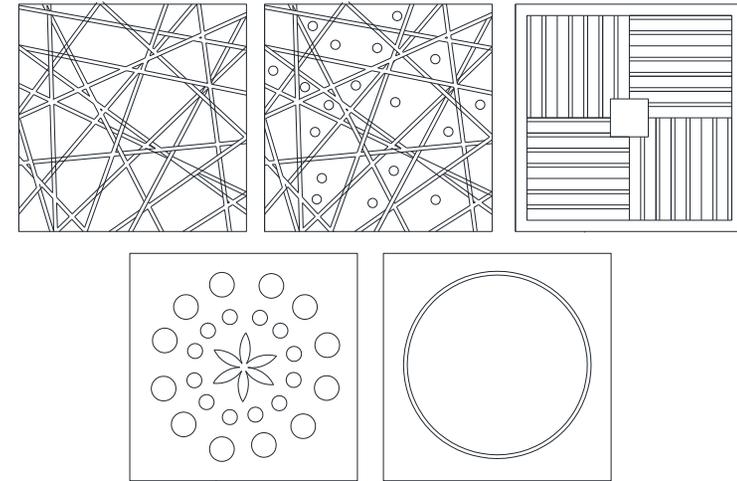


Figura 59. Posibilidades de diseño de rejilla en plafón

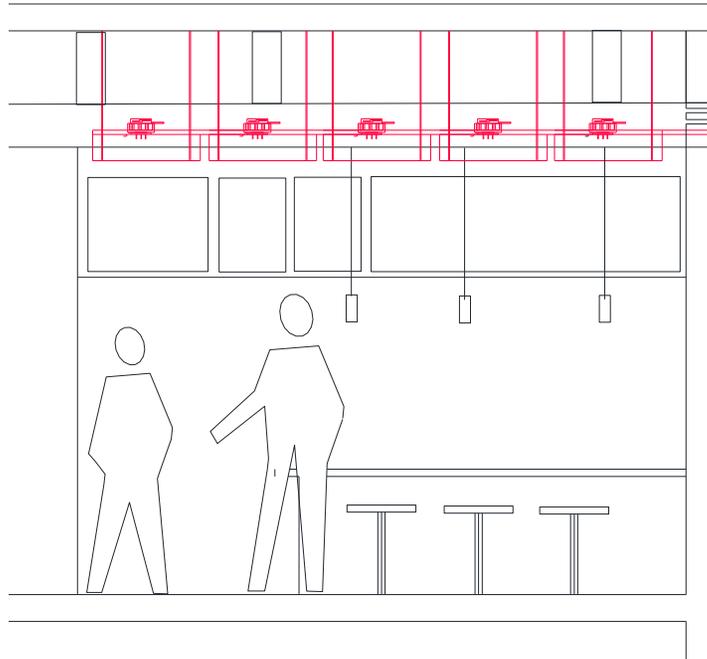
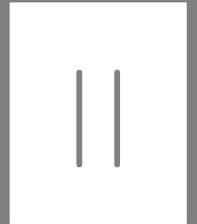


Figura 60. Imagen del prototipo instalado



"La ciencia avanza venciendo errores, no estableciendo verdades"

Volin



Conclusiones



Conclusiones

El confort térmico es un aspecto básico al que se le debe dar la importancia que merece, debido a que interactuamos diariamente con el medio natural y el medio construido, realizando un intercambio energético que define la comodidad, habitabilidad y la manera en la que realizamos las cosas, siendo indispensable para el desarrollo del hombre.

En este proyecto se ha diseñado como sistema básico de aire acondicionado basado en el efecto termoeléctrico producido por las placas Peltier. A pesar de que el prototipo inicial solo cuenta con una sola placa, se nota un cambio de temperatura variable a lo largo de los días analizados.

El uso de placas termoeléctricas, sustituye en gran medida uso de refrigerantes que generan una gran contaminación ambiental.

Uno de los beneficios de este tipo de equipos es la ganancia energética y monetaria en la vivienda. Retomando la tabla 1 de la introducción y agregando el gasto energético del prototipo se tiene lo siguiente:

Aparato	Potencia (promedio) Watts	Tiempo uso (periodos típicos)	Consumo mensual (kw/h)	Costo kw/h	Costo mensual Kw/h
Ventilador de mesa o techo	65	8 hrs diarias	16	\$0.93	\$14.88
Ventilador de pedestal o torre	70	8 hrs diarias	17	\$0.93	\$15.81
Prototipo de climatización termoeléctrica	500	8hrs	120	\$0.93	\$111.60
Ventilador de piso	130	8 hrs diarias	30	\$0.93	\$27.90
Aire acondicionado de ventana 1 ton. antiguo	1850	10 hrs diarias	555	\$0.93	\$516.15
Aire acondicionado de ventana 1 ton. nuevo	1200	8 hrs diarias	288	\$0.93	\$267.84
Aire acondiciona dividido (minisplit) 1 ton	1160	8 hrs diarias	278	\$0.93	\$258.54
Calentador de aire	1500	4 hrs diarias	180	\$0.93	\$167.40





Tomando como parámetro un ventilador, un equipo de aire acondicionado y el prototipo termoeléctrico, es notable el ahorro frente a los aires acondicionados, sin embargo, a pesar de que el consumo de los ventiladores es menor, la poca vida útil de estos hace que el costo aumente.

El prototipo tiene la opción de utilizar energía solar por medio de una celda solar, almacenándose dicha energía en una batería, con lo cual, el consumo energético se ve disminuido.

A pesar de las ventajas que representa este proyecto, existen algunos inconvenientes, tal es el caso de la humedad

generada; es necesario que el equipo cuente con una buena ventilación, ya que el aumento de la humedad, representa una generación de hongos que pueden afectar a los seres humanos.

A pesar de los resultados obtenidos y la disminución de la temperatura, es necesario realizar experimentos en un espacio escala 1:1, donde se pueda observar el verdadero funcionamiento del prototipo.





Referencias y bibliografía



Referencias y Bibliografía

A

Andris A. & Steven V. S. (2007) **Thermal Confort**. Queensland, Australia. PLEA : Passive and Low Energy Architecture International in association with Department of Architecture, The University of Queensland.

Ángeles, R. & Márquez, J. (2005) **Estudio de las características de los sistemas termoeléctricos y sus aplicaciones en la refrigeración**. (Tesis de licenciatura). IPN Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y eléctrica. Unidad Profesional Azcapotzalco. México.

Asepeyo, (2005) **Mutua de Accidentes de Trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad Social No 151**. España. Dirección de Seguridad e Higiene. Área de Higiene de agentes físicos (p. 3)

B

Bollati Eduardo. Corporex S.A. (2007) **Generadores Termoeléctricos. Generación de energía sin partes móviles**. Revista Petrotecnia. Sección Tecnología [Revista Electrónica] [Fecha de consulta 3 de mayo de 2012]

<http://biblioteca.iapg.org.ar/ArchivosAdjuntos/Petrotecnia/2007-2/Generadores.pdf>

Información general de los termoeléctricos y sus aplicaciones para la generación de energía

C

Carnicer Royo. (2000) **Calefacción: cálculo y diseño de las instalaciones**. Editorial: Paraninfo

Chialvo, Cesar Eduardo. (2004) **Efectos Termoeléctricos. Teoría básica y aplicaciones**. Universidad Nacional de Cuyo, Centro Atómico Bariloche/Comisión Nacional de Energía Atómica, Argentina. [monografía]

Explicación de los fenómenos físicos básicos de los termoeléctricos y sus aplicaciones principales.

Colavidas, F. (2009, Marzo 20) Habitabilidad Básica Revista Arquitectos No 186. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. P 16-20

Cruz, Nestor (2009) **Usar aire acondicionado por tiempo prolongado provocaría graves enfermedades**. Periódico: El Sol de Tijuana. [Consulta:15 nov 2012.]

D

Darwich Solica, Aiman. (2006) **Estudio de los factores ambientales en bibliotecas de Barcelona y su influencia en la percepción de los usuarios**. Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Catalunya. España

Dirección General de Ordenación e Inspección. (2012). Calidad del ambiente en espacios Interiores. Portal de Salud de la Comunidad de Madrid. Recuperado de <http://www.madrid.org/>

Direct Industry Catalog Search.(2010) **Catálogo de instrumentos de medida**

División de Economía y Comercio. (2012) **Tarifas eléctricas: Impacto en los hogares mexicanos por el incremento de las tarifas eléctricas residenciales**. Análisis por deciles de ingresos Servicio de Investigación y Análisis. México



Climatización con placas termoeléctricas en espacios térmicamente ineficientes





Dominguez Inzunza, L. (2013) **Sistema de aire acondicionado solar tipo horizontal operando con la mezcla de nitrato de litio-amoniaco.** Instituto de Energías Renovables. Facultad de Ingeniería UNAM. Tesis de Maestría en Ingeniería. Temixco, Morelos.

E

Evans, John Martin. (2000) **Técnicas bioclimáticas de diseño: Las tablas de Mahoney y los triángulos de confort.** Centro de Investigación Hábitat y Energía. Facultad de Arquitectura, diseño y urbanismo. Universidad de Buenos Aires, Argentina

F

Fermosell, Ruth Simón (2013) **México destaca como el tercer país con más potencial para el desarrollo de negocios en energía solar.** Revista Electrónica Suelo Solar. España. [Consulta 13 Mayo 2013]

Fernández y Alfredo Carella, Rodolfo (1981) **Conservación de Energía en viviendas y edificios.** ESSO y la conservación de energía. www.arquinstal.com.ar/eficiencia/ure_esso/ure.html

Fernández Ferrer, Julián. (1992) **Introducción a la física II.** Editorial Reverté. España

Fondo Multilateral de Inversiones. (2011) Datos Regionales de desarrollo para América Latina y El Caribe. Recuperado. <http://www5.iadb.org/mif/es-es/portada/conocimiento/datosdedesarrollo.aspx>

Fuentes Freixanet, Víctor Armando (2010) **Arquitectura Bioclimática.** Universidad Autónoma Metropolitana- Azcapotzalco División de Ciencias y Artes para el Diseño Departamento del Medio Ambiente. México

G

Guimarães Merçon, Mariana. (2008) **Confort Térmico y Tipología Arquitectónica en Clima Cálido-Húmedo.** Universidad Politécnica de Catalunya Master Oficial

Arquitectura Energía y Medio Ambiente. Análisis térmico de la cubierta ventilada. Departamento de Construcciones Arquitectónicas I. Barcelona. España

Givoni, Baruch. (1981) **Man, Climate and Architecture** Van Nostrand Reinhold, New York, U.S.A.

H

Havrella, Raymond; Ling Altamirano Federico.(1992) **Fundamentos de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire.** Mc Graw Hill. México

Hernandez E.(2008) **La crisis energética mundial y sus repercusiones en el desarrollo de los programas nacionales de biocombustibles.** Tesis de licenciatura. Universidad del Mar Hautulco México

Hernández-Montaño, Sonia. (2011) **La salud en el hábitat.** Revista digital Pisos. [Consulta: 11 de noviembre de 2012] Pisos.com

I

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. **Guía técnica diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos.** Editorial: Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía

J

Jennings, Burgess H., Lewis Samuel. (1970) **Aire acondicionado y refrigeración.** Compañía Editorial Continental S.A. de C.V. México





K

Kajikawa Takenobu. (2012) Overview of Progress in R&D for Thermoelectric Power Generation Technologies in Japan. Shonan Institute of Technology Fujisawa, Kanagawa, Japan.

Kipp&Zonen (2012) **Catálogo de productos 2012.** www.kippzonen.com

L

LG Electronics México S.A. de C.V. (2012) **Manual del propietario.** Aire Acondicionado. Sor Juana Ines de la Cruz No 555, San Lorenzo Tlalnepantla Estado de México CP. 54033

<http://www.lg.com/mx/aire-acondicionado-split/lg-A122CX-artcool-gallery>

López Martínez. **La termoelectricidad, una tecnología sostenible y respetuosa con el medio ambiente** [consulta 15 abril de 2013]

Luque, Mauricio. (2011) **Estrés Térmico por calor.** <http://www.webdehogar.com/salud-familiar/07080701.htm>

M

Machuca, Leonid; Molina Jesica. (2012) **Estudio climático de vilcallamas arriba y análisis de indicadores bioclimáticos de aplicación potencial.** XIX Simposio Peruano de Energía Solar (XIX-SPES). Perú.

Mayorga Cervantes, Juan Raymundo. (2012) **Arquitectura y Confort Térmico. Teoría, cálculo y ejercicios.** Editorial Plaza y Valdez. México D.F.

O

Observatorio Tecnológico del Metal. (2012) **Aproximación a los materiales termoeléctricos.** Unidad de materiales y tratamiento de superficies AIMME 2012

Ocampo Ernesto. (2010) **Nanotecnología aplicada a la Arquitectura. La investigación arquitectónica de nuevos materiales y sistemas constructivos como detonante en la creación de nuevos nichos laborales para el arquitecto.** México: NovaScientia, vol. 3, num. 5, Universidad de La Salle. México.

P

Pérez Salgado, Emilio José. (2010) **Climatización mediante ventanas termoactivas basadas en células peltier** Universidad de Comillas, Catalunya España

Pérez Salgado Emilio. (2006) **Diseño de un sistema de aire acondicionado portátil termoeléctrico.** Tesis de Grado. Universidad Politécnica de Cataluña. España.

Q

Quadri, Luciano (2013) **México hace poco ante el problema ambiental.** ADN político www.adnpolitico.com [Consulta 09 Marzo de 2013]

R

Ruiz, Gonzalo.(2011) **Energía solar: ventajas y desventajas** [artículo en línea] España. Blog de energías renovables eRenovable.

<http://erenovable.com/energia-solar-ventajas-y-desventajas/> Blog dedicado a informar sobre energías renovables y su funcionamiento

S

Salazar Rosas Jesus Ricardo. **Fundamentos de fenómenos de transporte. P r o b l e m a r i o.** Instituto Politécnico Nacional E.I.S.Q.I.E. <http://www.monografias.com/trabajos94/conveccion-natural-y->





conveccion-forzada/conveccion-natural-y-conveccion-forzada.shtml

Sandoval G. Arturo. (2010) **Celdas Peltier: Una alternativa para sistemas de enfriamiento con base en semiconductor**. Instituto de Electrónica, Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca

Secretaría de Energía. (2012) **Estrategia Nacional de Energía 2012-2026**. [en línea [Consulta: Agosto 2012]

www.energia.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/ENE_2012_2026.pdf

Secretaría de Energía.(2007) **Programa Sectorial de Energía 2007-2012** [En línea] [Consulta Agosto 2012] <http://vmwl1.iie.org.mx/sitioIIE/sitio/control/11/PSE.pdf>

Secretaría de Energía.(2012) **Prospectiva del Mercado del Petróleo Crudo 2010-2025**. Dirección General de Planeación Energética: Subsecretaría de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico . [en línea] http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/perspectiva_crudo_2010_2025.pdf

Sener. Secretaria de Energía. (2013) **Balance Nacional de Energía 2012**. Dirección General de Planeación e Información Energéticas. Subdirección de Planeación y Transición Energética. México D.F.

Smith Ryan E.(2010) **Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction**. John Wiley & Sons 2010 (pp168-197).

Sol i clima.(2005-2012) **Energía solar**. España [en línea] [Consulta Julio 2012] <http://www.soliclma.es/empresa.html>

Solís, Daniel (2010) **Análisis térmico de una vivienda económica en clima cálido-seco bajo diferentes orientaciones y medidas de sombreado**. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas. Instituto Politécnico Nacional.

Szokolay, Steven. (1981)**Environmental Science Handbook**. The Construction Press, Lancaster, England.

T

Tagueña Parga, Julia. (2013) **Celdas Solares para la innovación social**. Conferencia Magistral. 3º Congreso de Alumnos de Posgrado. UNAM. Instituto de Energías Renovables México D.F.

Tellurex Corporation (2010) **An Introduction to temperatura control of thermoelectric systems** Estados Unidos, 1462 International Drive Traverse City, MI www.tellurex.com

Breve descripción de los sistemas termoelectricos manejados por Tellurex

Torrella Alcaraz, Enrique. (XXX)**Cálculos en climatización: Ejercicios resueltos**. Editorial: A. Madrid Vicente

Tudela, Fernando (1992) **Ecodiseño**. U.A.M. Xochimilco, México. D.F.

U

Uemura Kin-Ichi. (1993) **Short Course on Thermoelectrics**. The International Thermoelectric Society. Pacific Convention Plaza Yokohama, Japan

Uemura, Kin-Ichi. (1995) **Thermoelectric Cooling Applications in Japan and Western Countries**, Journal of Thermoelectricity, No. 1

Uemura Kin-ichi. (2002)**History of thermoelectricity development in Japan**. ITJ Institute for Thermoelectric Technologies Japan. Journal of Thermoelectricity No. 3

V

Villasevil Marco Francisco. (2011) **Desarrollo y caracterización de estructuras termoelectricas con pellets constituidos por nuevos materiales y geometrías no estándar**. Tesis doctoral. Catalunya,





Imágenes

Figura 1. Izquierda. Aire acondicionado Derecha. Sistema de enfriamiento casero

Figura 2. Prospectiva de consumo de energía por aire acondicionado de aire en México (TW/h).

Figura 3. Consumo de energía eléctrica en un hogar.

Figura 4. Esquema del Efecto Seebeck

Figura 5. Circuito efecto Seebeck

Figura 6. Circuito que muestra el Efecto Peltier

Figura 7. Efecto Joule

Figura 8. Efecto Thompson

Figura 9. Efecto Fourier

Figura 10. Partes del módulo termoeléctrico. Fuente: www.ehu.es

Figura 11. Placa Peltier abierta

Figura 12. Efecto de la corriente eléctrica en una placa Peltier

Figura 13. Curvas de comportamiento de los módulos termoeléctricos (www.tetech.com)

Figura 14 Curvas de la célula Peltier DT12-6 (www.marlow.com)

Figura 15. comparación de costo a lo largo del ciclo de vida. Fuente: revista petrotecnia, abril 2007

Figura 16 Ciclo del aire acondicionado

Figura 17 prototipo termoeléctrico. Vista exterior. Fuente: ecoimagination

Figura 18. ventana termoactiva. Prototipo final. Fuente: Nectalí Fernández, Alejandro

Figura 19 boceto de la ventana termoactiva, con medidas. Fuente: Nectalí Fernández, Alejandro

Figura 20 Circuitos eléctricos para el funcionamiento del prototipo. Fuente: Nectalí Fernández, Alejandro

Figura 21 Unidad de refrigeración

figura 22 Esquema del sistema

Figura 23 Esquema del prototipo de climatización

Figura 24. Simulación de introducción de equipo de ventilación en un espacio interior

Figura 25. simulación de introducción de equipo de ventilación en un espacio interior

Figura 26. Simulación transmitancia térmica en materiales (muros)

Figura 27. Esquema general del módulo de experimentación, una de las caras laterales alojará el prototipo de aire acondicionado (PCT)

Figura 28. Imagen del proceso de adquisición de datos. Se realizan las mediciones por medio de sensores, hasta la digitalización en tres etapas: conversión (de la magnitud a una señal eléctrica),





adaptación (de la señal eléctrica para su lectura digital) y sistema hardware de adquisición de datos (a través de la computadora).

Figura 29 Prototipo 1

Figura 30. Vista del disipador de frío del prototipo de enfriamiento

Figura 31. Vista del disipador de frío del prototipo de enfriamiento

Figura 32. Muro del módulo de experimentación

Figura 33. Planta del módulo de experimentación con materiales y medidas generales.

Figura 34. Construcción del módulo

Figura 35. Vista lateral del módulo de experimentación.

Figura 36. Planta y corte del contenido y acomodo del módulo 1, en donde se coloca el prototipo.

Figura 37. Planta y corte del contenido y acomodo del módulo 2. No contiene ningún prototipo.

Figura 38. Prototipo dentro del módulo de experimentación

Figura 39. Prototipo dentro del módulo de experimentación

Figura 40. Esquema de los módulos de experimentación y ubicación del prototipo (Alzado)

Figura 41. PCT colocado en el módulo de experimentación

Figura 42. Ubicación de HOBOS en el interior del módulo

Figura 43. Vista exterior del PCT antes de ser colocado en el módulo

Figura 44. Esquema de los módulos de experimentación y ubicación del prototipo (Alzado)

Figura 45. Aluminio para ubicarse en una cara del módulo

Figura 46. Prototipo con superficie de aluminio

Figura 47. Enfriamiento del aluminio al entrar en contacto con el disipador

48. Fotografía térmica al iniciar la marcha del prototipo

Figura 49. Fotografía térmica al enfriar el aluminio

Figura 50. Esquema de los módulos de experimentación y ubicación del prototipo (Alzado)

Figura 51. Prototipo ubicado en la parte superior del módulo

Figura 52. Fotografía térmica de las condiciones exteriores del módulo

Figura 53. Fotografía térmica de las condiciones exteriores del módulo

Figura 54. Comparación de fotografías térmicas entre modulo testigo (izquierda) y modulo con prototipo (derecha)

Figura 55. Imagen del prototipo

Figura 56. Imagen de film de aluminio con cable de cobre

Figura 57. Imagen de ubicación de los termopares

Figura 58. Instalación del prototipo en plafón

Figura 59. Posibilidades de diseño de rejilla en plafon





Tablas

Tabla 1. Producción de energía primaria (petajoules)

Tabla 2. Promedio de consumo medio mensual en equipos de aire acondicionado

Tabla 3. Fabricantes de módulos termoeléctricos

Tabla 4. Día de medición: 7 de Octubre de 2013

Tabla 5. Día de medición: 8 de Octubre de 2013

Tabla 6. Día de medición: 9 de Octubre de 2013

Tabla 7. Análisis día 7 de octubre

Tabla 8. Análisis día 8 de octubre

Tabla 9 Análisis día 9 de octubre

Tabla 10 .Día de medición: 10 de Enero de 2014

Tabla 11 Día de medición: 11 de Enero de 2014

Tabla 12 Día de medición: 12 de Enero de 2014

Tabla 13 Día de medición: 13 de Enero de 2014

Tabla 14 Promedios del 10 al 13 de Enero

Tabla 15 Día de medición: 2 de Mayo de 2014

Tabla 16 Día de medición: 3 de Mayo de 2014

Tabla 17 Día de medición: 4 de Mayo de 2014

Tabla 18 Día de medición: 5 de Mayo de 2014

Tabla 19 Día de medición: 6 de Mayo de 2014

Tabla 20 Día de medición: 7 de Mayo de 2014

Tabla 21 Promedios del 2 al 7 de Mayo

Tabla 22 Día de medición: 8 de Mayo de 2014

Tabla 23 Día de medición: 9 de Mayo de 2014

Tabla 24 Día de medición: 10 de Mayo de 2014

Tabla 25 Día de medición: 11 de Mayo de 2014

Tabla 26 Día de medición: 12 de Mayo de 2014

Tabla 27 Día de medición: 13 de Mayo de 2014

Tabla 28 Promedios del 8 al 13 de Mayo

Tabla 29 Día de medición: 14 de Mayo de 2014

Tabla 30 Día de medición: 15 de Mayo de 2014

Tabla 31 Día de medición: 16 de Mayo de 2014

Tabla 32 Día de medición: 17 de Mayo de 2014

Tabla 33 Día de medición: 18 de Mayo de 2014

Tabla 34 Día de medición: 19 de Mayo de 2014

Tabla 35 Promedios del 14 al 19 de Mayo

Tabla 36 Medición con termopares para definir área óptima de enfriamiento

Tabla 37 Día de medición: 10 de Junio de 2014

Tabla 38 Día de medición: 11 de Junio de 2014

Tabla 39 Día de medición: 12 de Junio de 2014

Tabla 40 Promedios del 10 al 12 de Junio





Gráficas

Gráfica 1. Emisiones de gases de efecto invernadero en México por sector, fuente: inventario de emisiones de gases de efecto invernadero en México 2006.

Gráfica 2. Principales componentes del aire

Gráfica 3 Temperatura 7 de Octubre

Gráfica 4 Humedad 7 de Octubre

Gráfica 5 Temperatura 8 de Octubre

Gráfica 6 Humedad 8 de Octubre

Gráfica 7 Temperatura 9 de Octubre

Gráfica 8 Humedad 9 de Octubre

Gráfica 9 Temperatura 10 de Enero

Gráfica 10 Humedad 10 de Enero

Gráfica 11 Temperatura 11 de Enero

Gráfica 12 Humedad 11 de Enero

Gráfica 13 Temperatura 12 de Enero

Gráfica 14 Humedad 12 de Enero

Gráfica 15 Temperatura 13 de Enero

Gráfica 16 Humedad 13 de Enero

Gráfica 17 Temperatura del 10 al 13 de Enero

Gráfica 18 Humedad del 10 al 13 de Enero

Gráfica 19 Temperatura 2 de Mayo

Gráfica 20 Humedad 2 de Mayo

Gráfica 21 Temperatura 3 de Mayo

Gráfica 22 Humedad 3 de Mayo

Gráfica 23 Temperatura 4 de Mayo

Gráfica 24 Humedad 4 de Mayo

Gráfica 25 Temperatura 5 de Mayo

Gráfica 26 Humedad 5 de Mayo

Gráfica 27 Temperatura 6 de Mayo

Gráfica 28 Humedad 6 de Mayo

Gráfica 29 Temperatura 7 de Mayo

Gráfica 30 Humedad 7 de Mayo

Gráfica 31 Temperatura del 2 al 7 de Mayo

Gráfica 32 Humedad del 2 al 7 de Mayo

Gráfica 33 Temperatura 8 de Mayo





Gráfica 34 Humedad 8 de Mayo

Gráfica 35 Temperatura 9 de Mayo

Gráfica 36 Humedad 9 de Mayo

Gráfica 37 Temperatura 10 de Mayo

Gráfica 38 Humedad 10 de Mayo

Gráfica 39 Temperatura 11 de Mayo

Gráfica 40 Humedad 11 de Mayo

Gráfica 41 Temperatura 12 de Mayo

Gráfica 42 Humedad 12 de Mayo

Gráfica 43 Temperatura 13 de Mayo

Gráfica 44 Humedad 13 de Mayo

Gráfica 45 Temperatura del 8 al 13 de Mayo

Gráfica 46 Humedad del 8 al 13 de Mayo

Gráfica 47 Temperatura 14 de Mayo

Gráfica 48 Humedad 14 de Mayo

Gráfica 49 Temperatura 15 de Mayo

Gráfica 50 Humedad 15 de Mayo

Gráfica 51 Temperatura 16 de Mayo

Gráfica 52 Humedad 16 de Mayo

Gráfica 53 Temperatura 17 de Mayo

Gráfica 54 Humedad 17 de Mayo

Gráfica 55 Temperatura 18 de Mayo

Gráfica 56 Humedad 18 de Mayo

Gráfica 57 Temperatura 19 de Mayo

Gráfica 58 Humedad 19 de Mayo

Gráfica 59 Temperatura 13 al 19 de Mayo

Gráfica 60 Humedad del 13 al 19 de Mayo

Gráfica 61 Temperatura 10 de Junio

Gráfica 62 Humedad 10 de Junio

Gráfica 63 Temperatura 11 de Junio

Gráfica 64 Humedad 11 de Junio

Gráfica 65 Temperatura 12 de Junio

Gráfica 66 Humedad 12 de Junio

Gráfica 67 Temperatura del 10 al 12 de Junio

Gráfica 68 Humedad del 10 al 12 de Junio

