



La cubierta ventilada metálica en el clima cálido húmedo

Por Violeta Escobar Ruiz

Tesis para la obtención de
Doctorado en Arquitectura,
Energía y Medio Ambiente

Directores
Helena Coch Roura
Anna Pages - Ramon

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona
Universidad Politécnica de Cataluña
Barcelona 2017

V. ANEXOS

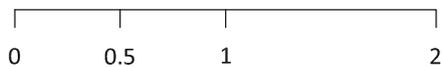
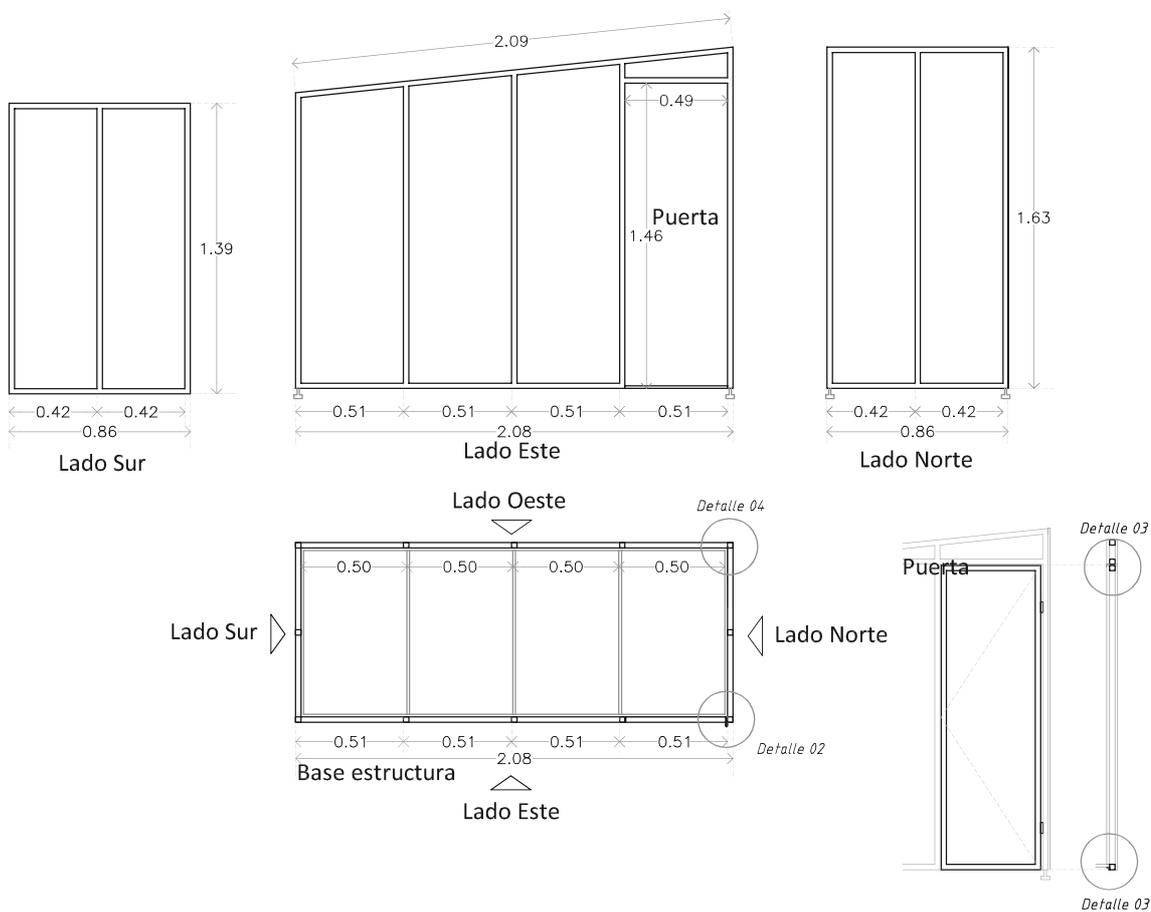
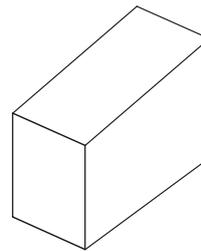
Planos constructivos módulos experimentales

LA CUBIERTA VENTILADA EN EL CLIMA CÁLIDO HÚMEDO

MODELOS DE CUBIERTA VENTILADA

Cubierta Simple con 6°

1 / 8



EST 01

Planos de estructura portante de perfiles metálicos

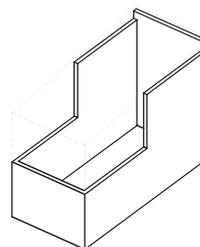
1 : 35

LA CUBIERTA VENTILADA EN EL CLIMA CÁLIDO HÚMEDO

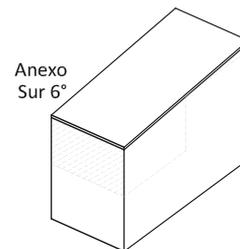
MODELOS DE CUBIERTA VENTILADA

Cubierta con 6° de inclinación

2 / 8

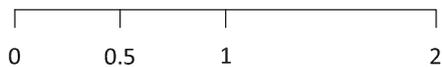
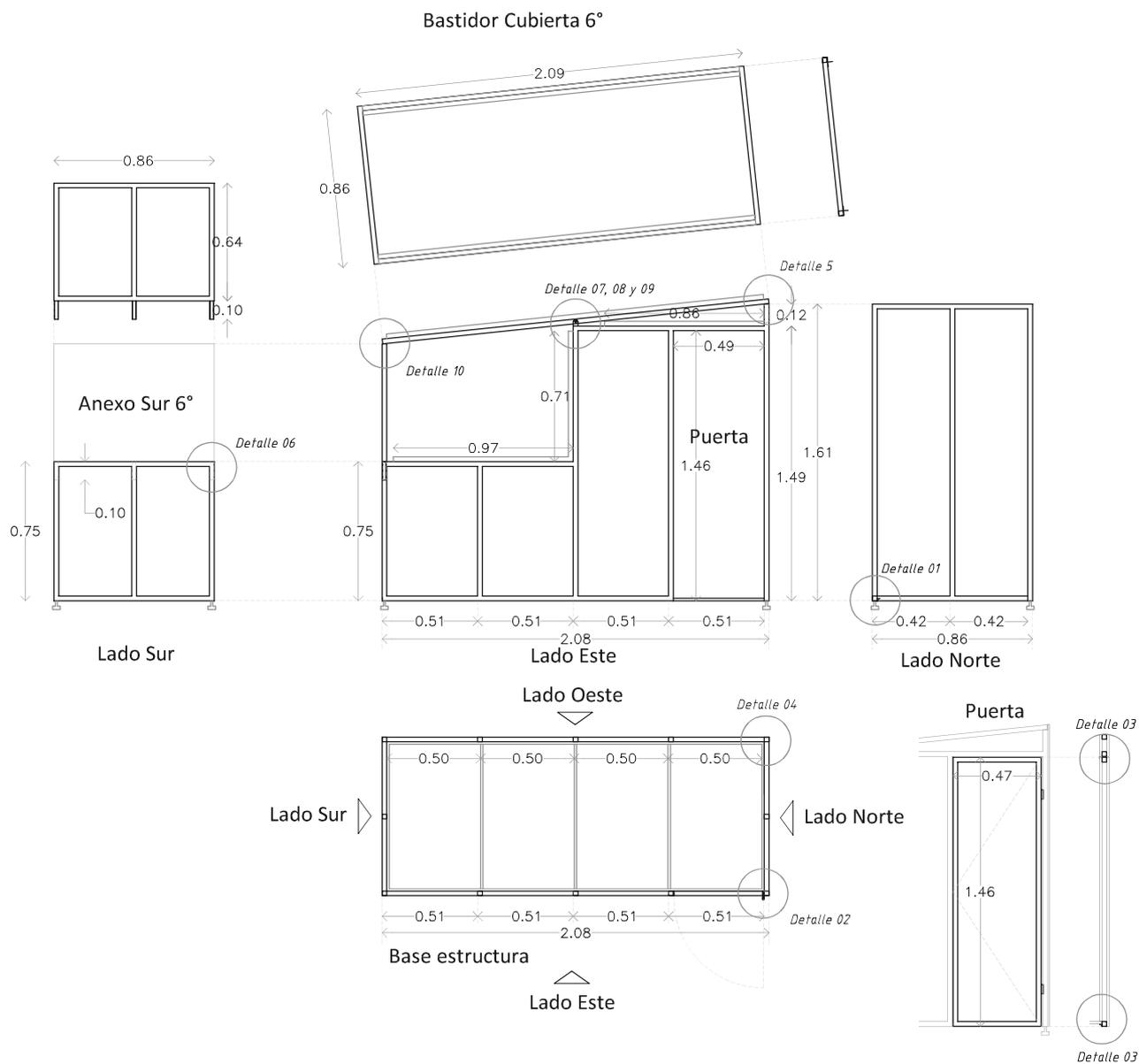


Módulo Base



Anexo Sur 6°

Configuración final



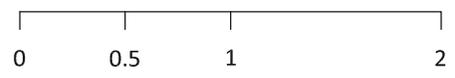
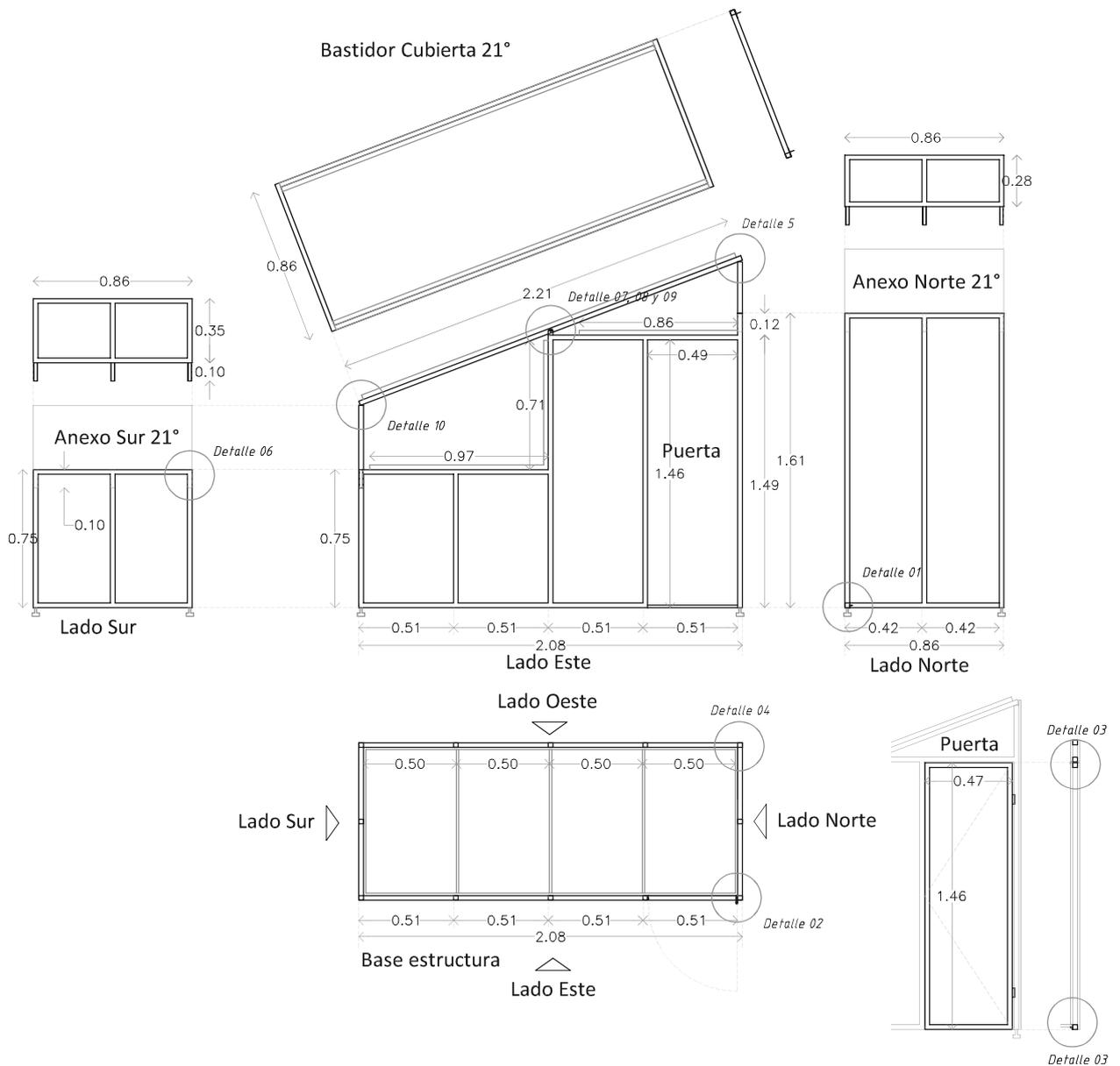
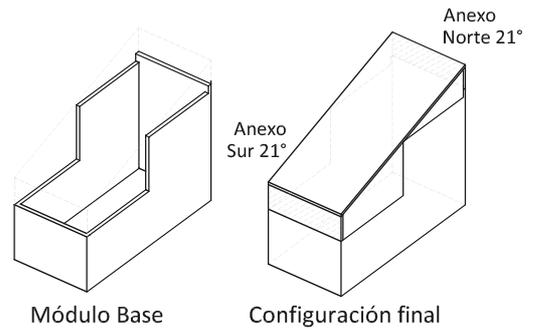
EST 02

Planos de estructura portante de perfiles metálicos

1 : 35

Cubierta con 21° de inclinación

3 / 8

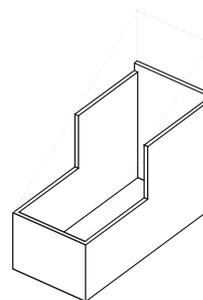


LA CUBIERTA VENTILADA EN EL CLIMA CÁLIDO HÚMEDO

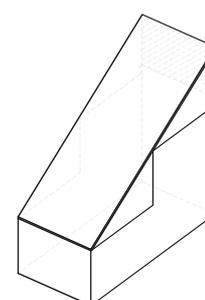
MODELOS DE CUBIERTA VENTILADA

Cubierta con 36° de inclinación

4 / 8

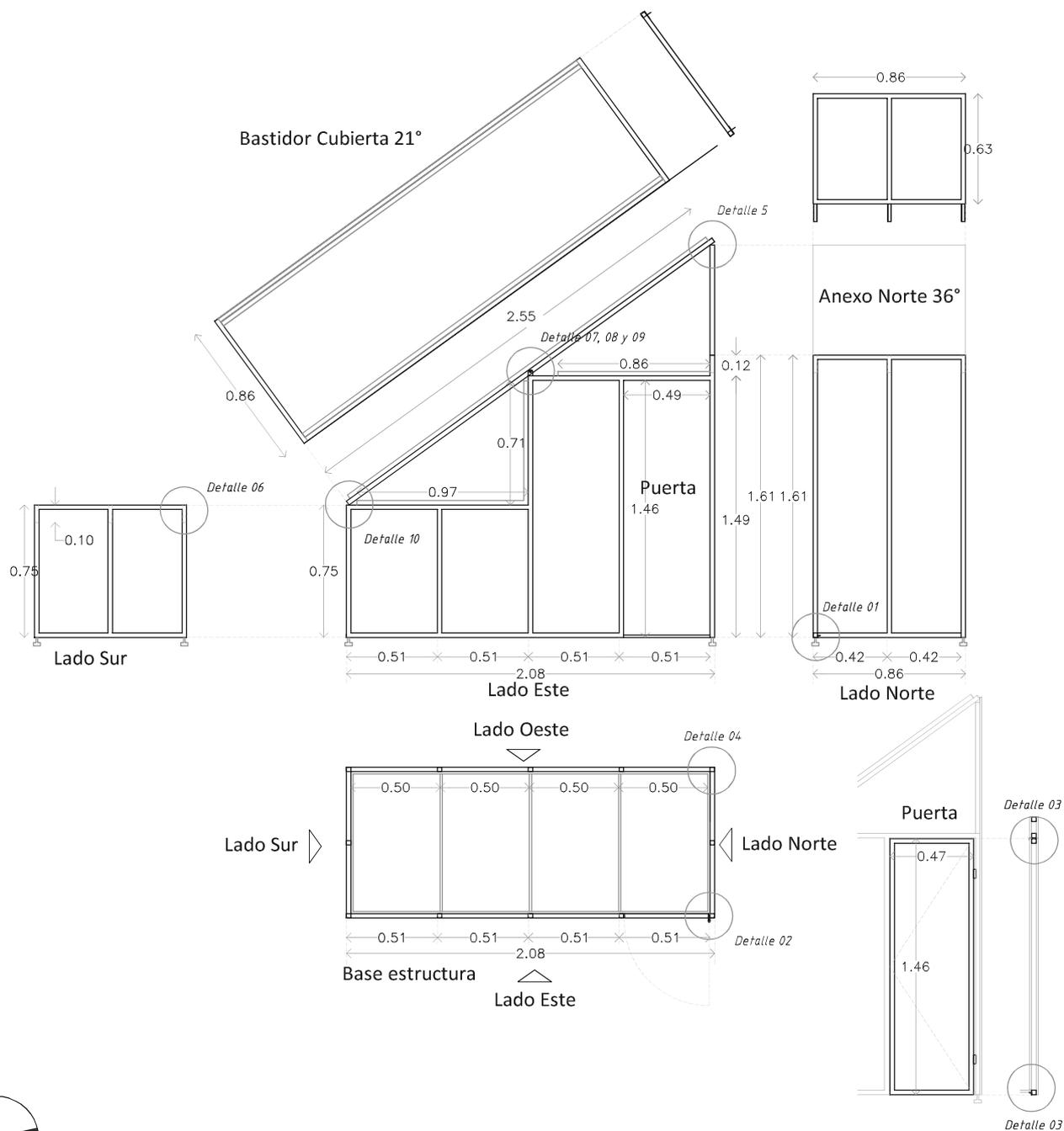


Módulo Base



Configuración final

Anexo Norte 36°



EST 04

Planos de estructura portante de perfiles metálicos

1 : 35

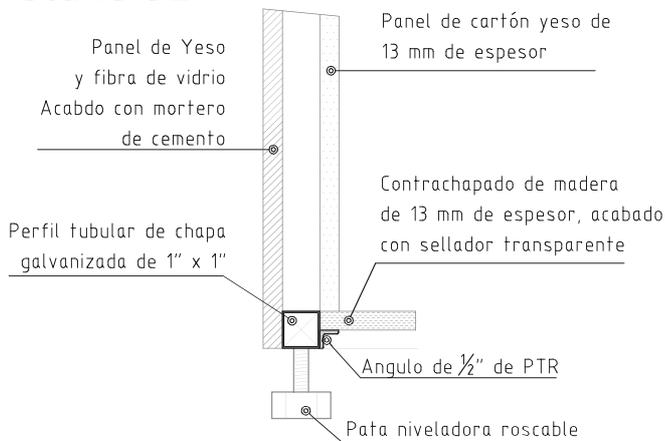
LA CUBIERTA VENTILADA EN EL CLIMA CÁLIDO HÚMEDO

MODELOS DE CUBIERTA VENTILADA

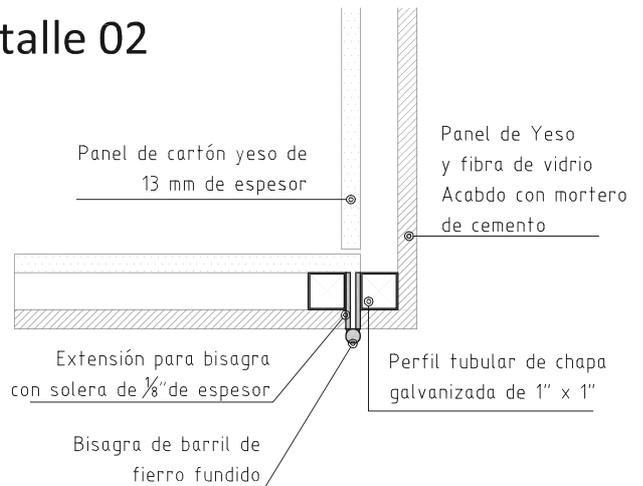
Detalles constructivos

5 / 8

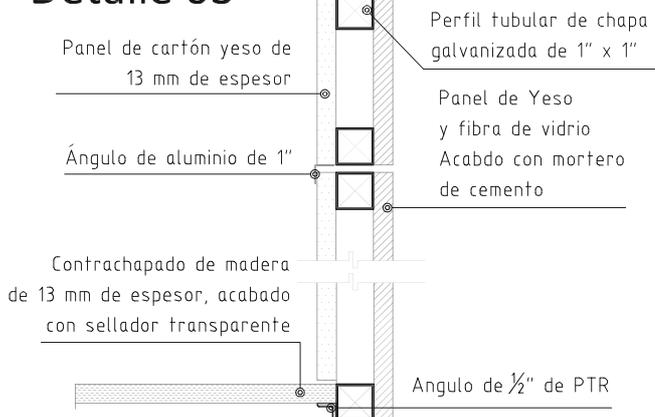
Detalle 01



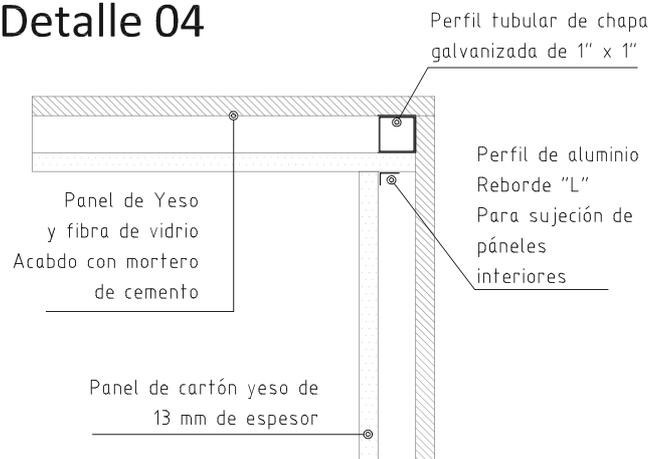
Detalle 02



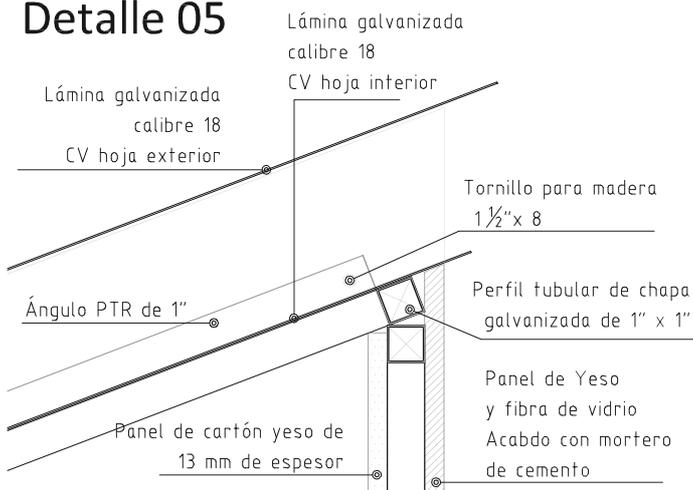
Detalle 03



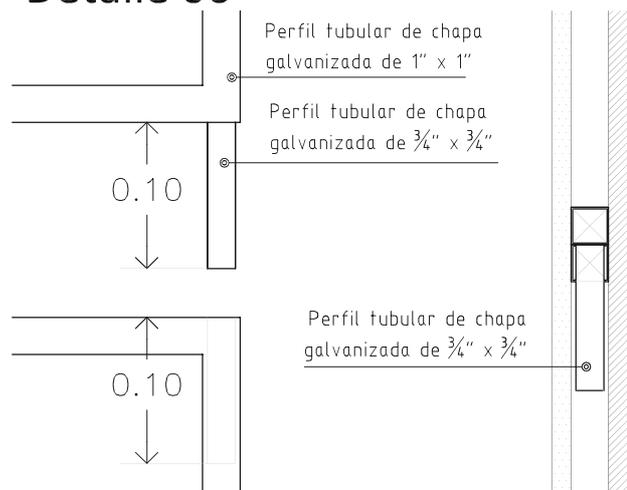
Detalle 04



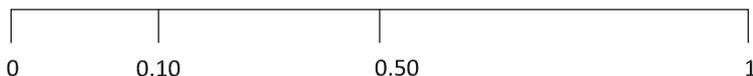
Detalle 05



Detalle 06



DET 01



Planos de estructura portante de perfiles metálicos

1 : 5

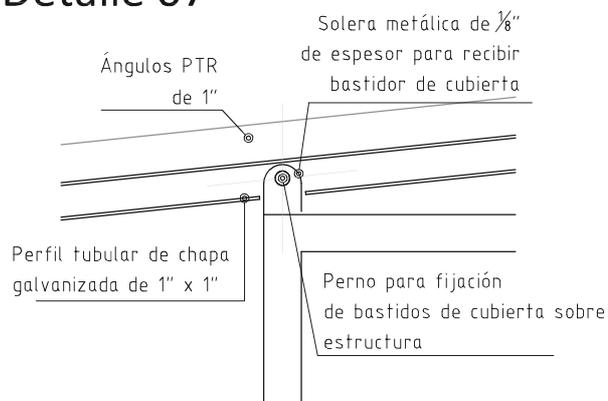
LA CUBIERTA VENTILADA EN EL CLIMA CÁLIDO HÚMEDO

MODELOS DE CUBIERTA VENTILADA

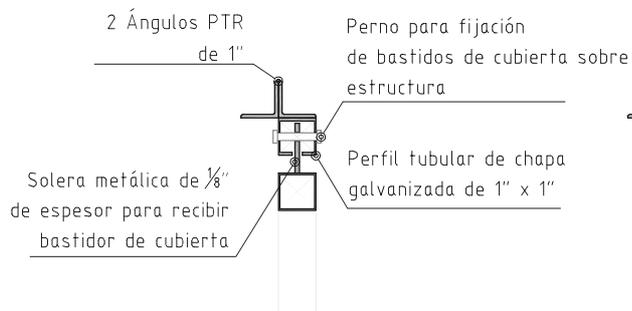
Detalles constructivos

6 / 8

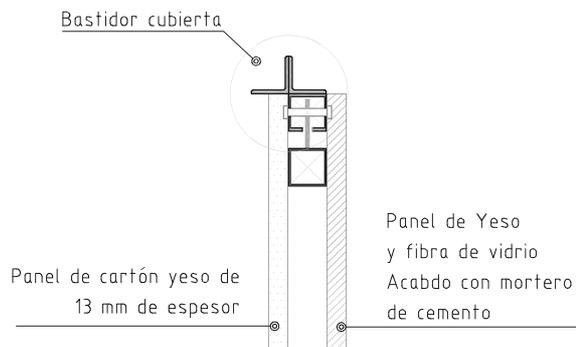
Detalle 07



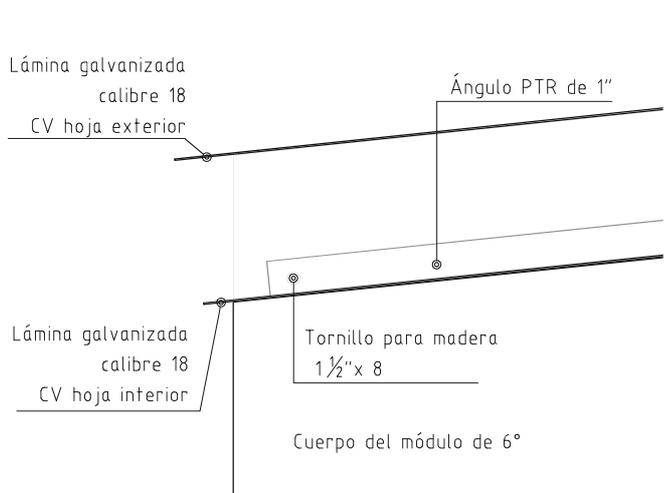
Detalle 08



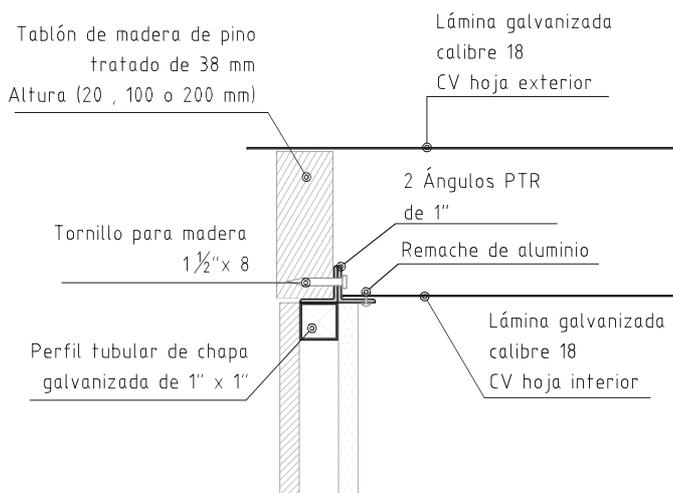
Detalle 09



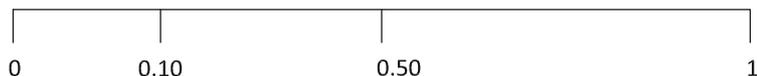
Detalle 10



Detalle 11



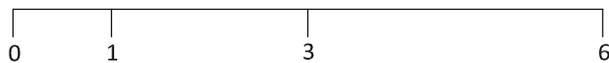
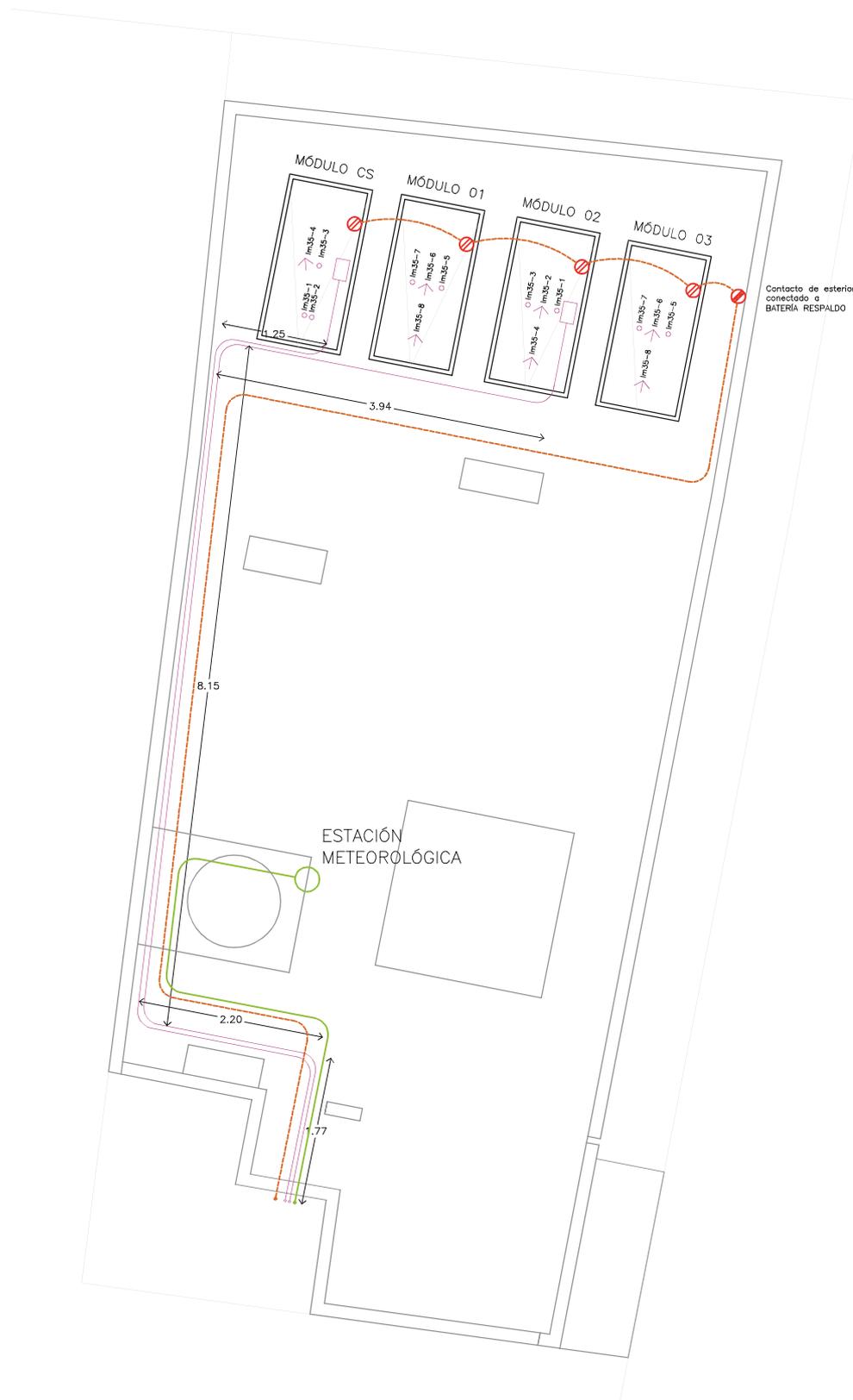
DET 02



Planos de estructura portante de perfiles metálicos

1 : 5

Planos instalación de equipos

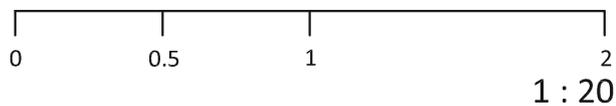
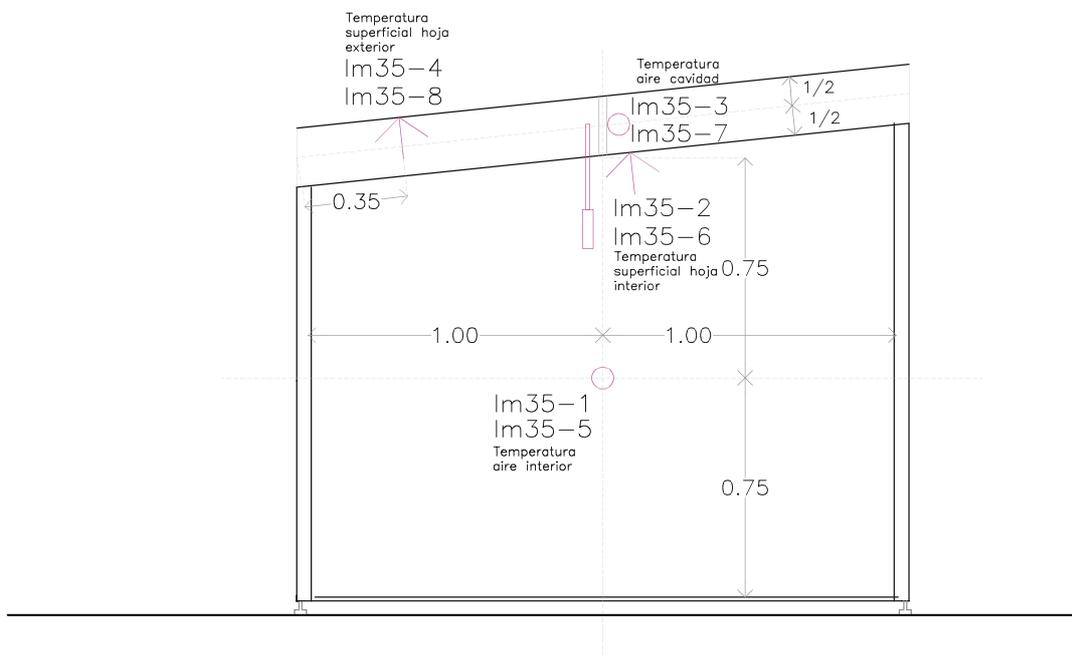
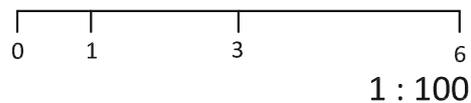
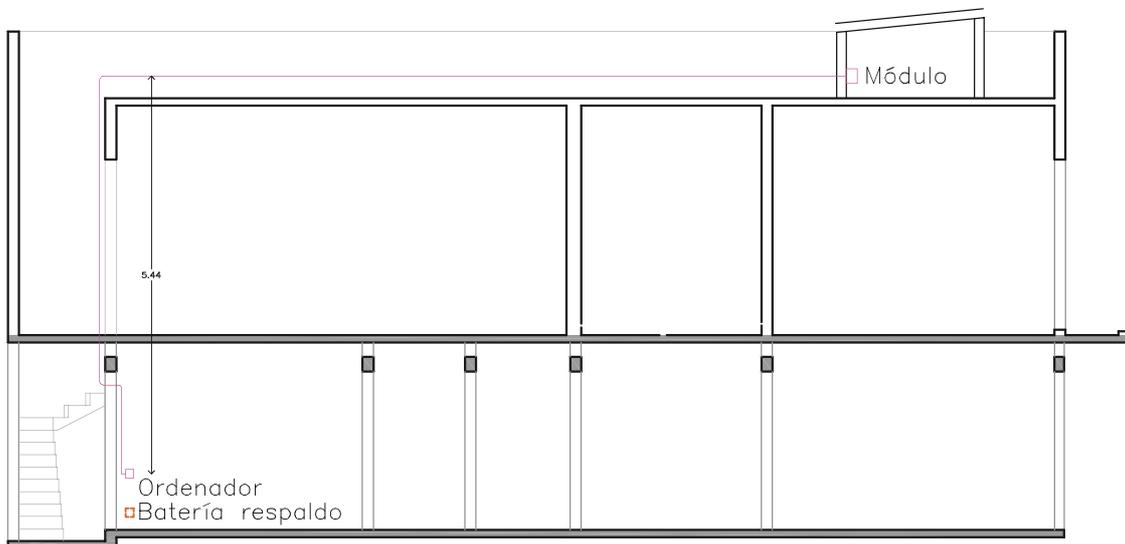


EST 02

Plano ubicación sensores y estación meteorológica

1 : 75

Planos instalación de equipos



INST02

Plano ubicación sensores y ubicación de experimento respecto al edificio

Rendimiento reflectancia solar del acabado superficial de hojas metálicas.

La información encontrada en la revisión bibliográfica referente a estudios de sobrecalentamiento por cubierta indica que el acabado superficial de los materiales que la conforman juega un papel muy importante en el grado de transferencia de energía al interior de los espacios habitados. Por lo tanto, una buena parte de la efectividad de la cubierta ventilada recae en este aspecto.

Es por esto que, de manera paralela a la experimentación expuesta anteriormente, se propone un estudio de reflectancia a diferentes acabados superficiales para cubiertas metálicas. Con el fin de identificar aquellos que al cabo de un año de condiciones de intemperie, presenten la reflectancia más alta. O bien, conocer la durabilidad de los niveles de reflectancia deseados para el óptimo funcionamiento de la cubierta metálica.

Conociendo el comportamiento de la reflectancia del acabado superficial de las cubiertas metálicas se podrá predecir el comportamiento de la cubierta ventilada a lo largo de su vida útil o – para el caso de las cubiertas con aplicación de acabados en la hoja exterior – su comportamiento entre los periodos de mantenimiento.

Para ello se dispusieron una serie de láminas metálicas galvanizadas de 28 x 46 cms. Las cuales se colocaron sobre una estructura metálica orientada hacia el sur con 6° de inclinación. La mínima asignada a las cubiertas metálicas que forman parte del experimento y que permite el escurrimiento mínimo para garantizar su estanqueidad. Pero que resulta poco favorable por permitir la acumulación de polvo en su superficie, Además de proporcionar una mayor exposición a los rayos solares por recibirlos de manera casi perpendicular a las horas de mayor radiación. Ambos factores: Acumulación de polvo y deterioro por exposición a los rayos del sol, permitieron evaluar la durabilidad de la reflectancia en los acabados estudiados en condiciones adversas.

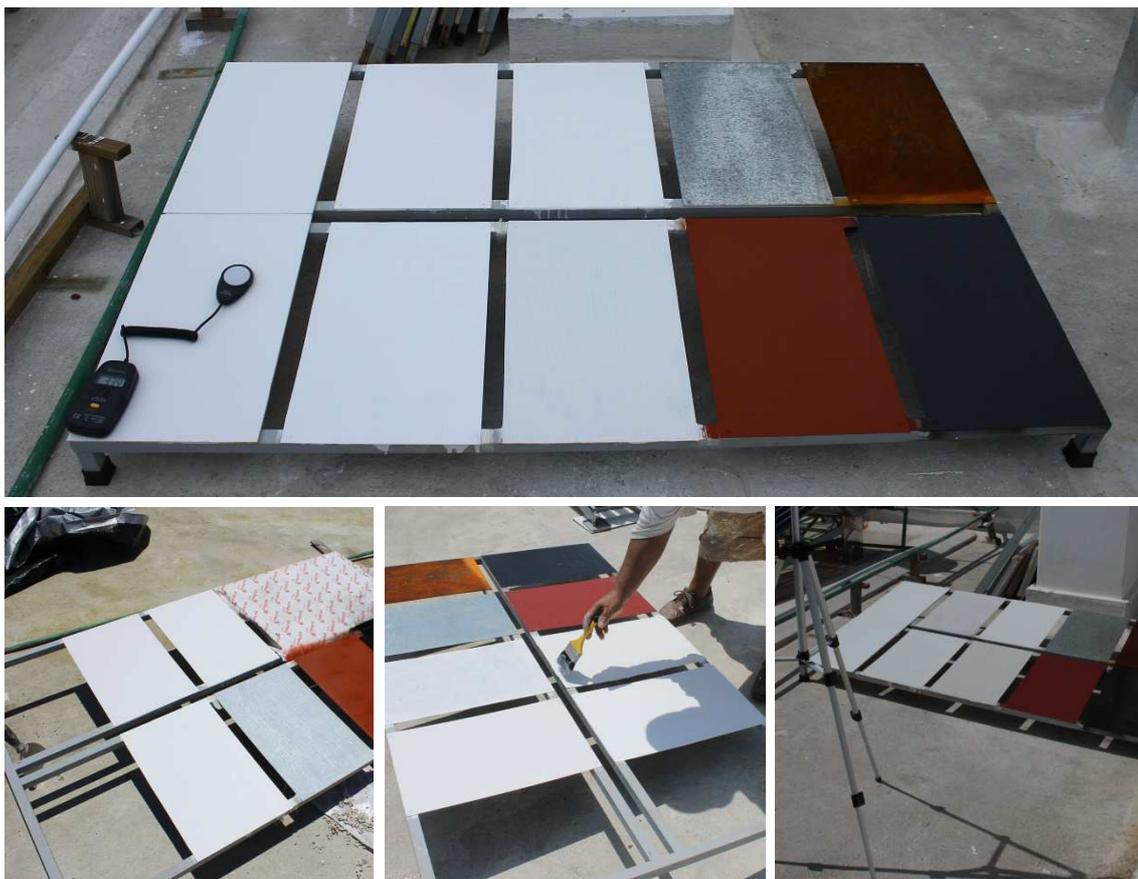
Para definir las características de los acabados de cada una de las láminas se tomaron en cuenta los siguientes objetivos:

1. Evaluar el rendimiento de la reflectancia de diferentes productos de alta reflectancia solar de venta en el mercado entre los que se encuentran principalmente aquellos fabricados ex profeso para evitar el sobrecalentamiento, comúnmente llamados Cool Roof. Así como pinturas blancas de uso común. Con lo cual evaluaremos en costo-beneficio de la inversión en productos Cool Roof que comúnmente son muy costosos.
2. Observar el comportamiento de productos de baja reflectancia solar (oscuros) comúnmente utilizados en cubiertas metálicas y constatar que efectivamente a lo largo del tiempo resultan menos adecuados en comparación con productos blancos. O bien, descubrir si la diferencia entre la reflectancia de acabados oscuros y la de acabados claros se mantiene a lo largo del tiempo o llega a disminuir de manera tal que se pueda considerar conveniente la aplicación de un acabado que, aunque con una reflectancia menor, logre mantenerla por periodos prolongados de tiempo, y por ende, permita disminuir la periodicidad de su mantenimiento.
3. Evaluar el rendimiento de la reflectancia de una lámina metálica natural sin ningún acabado y constatar su comportamiento a lo largo del tiempo. Teniendo como referencia la reflectancia de una lámina con una importante oxidación.

De esta forma se definieron los siguientes acabados para cada una de las láminas metálicas galvanizadas sujetas a estudio:

1. Pintura blanca vinílica
2. Revestimiento “Cool Roof”
3. Pintura blanca vinil-acrítica
4. Impermeabilizante blanco 100% acrílico base agua
5. Lámina natural (sin acabado)
6. Lámina Oxidada
7. Pintura Rojo óxido mate
8. Pintura Negra

Dentro de la estructura en donde se colocaron los segmentos de lámina se reservó un espacio para la colocación de una pieza de madera de triplay de 6 mm pintada de color blanco, la cual sería colocada sólo para las mediciones y posteriormente retirada para su resguardo en un lugar libre de polvo y luz, para garantizar la conservación de su alta reflectancia.



Las mediciones se hicieron tomando fotografías digitales a lo largo de un año. Y luego ingresando el archivo RGB en un programa realizado en MATLAB, el cual permitió obtener las luminancias relativas de cada uno de los acabados estudiados.

Teniendo todos los acabados a estudiar en un mismo sitio y expuestos a idénticas condiciones pudimos ir midiendo el comportamiento de su reflectancia a lo largo de un año y comparando en todo momento con la reflectancia máxima posible, la de un acabado completamente blanco sin exposición a ningún tipo de agente que pudiera disminuir su reflectancia.

Una superficie blanca, con una alta reflectancia, será capaz de reflejar en mayor medida los rayos de luz visible que impacten su superficie, con lo que, la luminancia que esta superficie alcance será directamente proporcional no solo a la iluminancia que reciba sino también a su coeficiente de reflectancia.

Suponiendo un coeficiente de reflectancia máximo para el acabado blanco de referencia de alrededor de 0.8. Y que este valor no cambia a lo largo del experimento, se puede considerar que la luminancia relativa registrada en las capturas fotográficas será igualmente estable. Por lo tanto, que las diferencias del valor de la luminancia relativa de los

acabados estudiados con respecto al valor de la luminancia relativa del acabado blanco de referencia serán directamente proporcionales a las variaciones de sus luminancias absolutas.

Por lo tanto, despreciando la magnitud de las luminancias absolutas y enfocándonos solo en las diferencias entre la luminancia relativa del acabado blanco de referencia y las de los acabados estudiados, podremos conocer la tendencia en el comportamiento de la reflectancia de los acabados puestos a prueba.

Con esta idea en mente se diseñó un sistema de medición de luminancias de una serie de fotografías digitales hechas a los acabados objeto de estudio, con lo que podríamos conocer su capacidad reflectiva a lo largo del periodo de estudio.

1.1 Sistema de medición de luminancias relativas por medio de fotografías digitales

En la reproducción de imágenes no es factible la reproducción de las luminancias absolutas de la escena original, con lo cual se reproducen las luminancias de manera proporcional a la máxima luminancia disponible en el medio de reproducción. Una vez normalizados los valores de las luminancias absolutas de la escena a un blanco de referencia obtenemos la **luminancia relativa**. La cual tiene un valor de 0 a 100, siendo 0 el negro absoluto y 100 el valor de la máxima luminancia para esa imagen. [44].

De forma similar, en las fotografías digitales de formato RGB, se registran los valores para los componentes rojo, verde y azul de cada uno de los colores que componen la imagen. Con valores que van de 0 a 1.

De esta forma el color (1,1,1) representa un blanco puro de referencia y el (0,0,0) un negro absoluto de referencia. Para conocer la luminancia de cada color en la imagen se aplica un coeficiente a cada uno de los valores RGB que la componen, el cual es función de la ponderación espectral para el rojo, el verde y el azul respectivamente.

Aplicando la siguiente fórmula es posible obtener la luminancia relativa (Y) de cada uno de los píxeles en la imagen:

$$Y = (0.299)R + (0.587)G + (0.114)B$$

$$Y = 1 = \text{Blanco}$$

$$Y = 0 = \text{Negro}$$

El método por el cual se obtuvieron las luminancias relativas de los acabados a estudiar fue el siguiente: Se capturaron fotografías digitales del conjunto de acabados a lo largo de un año con la ayuda de un tripí, cuidando que las condiciones fueran lo más similares posibles entre cada una de ellas. Poniendo especial atención en el posicionamiento del tripí, la ubicación y orientación de las láminas y el horario en el que se hicieron las tomas.

Con la ayuda de una cámara digital Reflex Cannon EOS 1100D programada con Prioridad en la Apertura del diafragma con una relación focal de 3.5, se realizaron las tomas de las imágenes.

Dentro de la escena capturada, junto a las láminas con los diferentes acabados se colocó una referencia de color blanco, la cual era retirada del sitio una vez hecha la toma y resguardada de la luz y el polvo. Con lo cual cada una de las imágenes digitales conservaría una luminancia relativa constante y sería posible, al obtener la luminancia relativa del resto de los acabados, conocer la diferencia entre ellas.

Las imágenes se ingresaron en un programa realizado en Matlab. Este programa obtiene la luminancia relativa de cada uno de los píxeles que componen la imagen y

posteriormente entrega el promedio de dicha luminancia para una sección previamente seleccionada.

El programa permite abrir la imagen en una ventana emergente, en la cual, con la ayuda del mouse es posible cruzar una sección de la imagen. Obteniendo solo el promedio de los píxeles incluidos en la selección. De manera tal que para cada imagen capturada se obtuvieron los valores de luminancia relativa de cada acabado a estudiar, incluido el acabado de referencia.

En vista de que el objetivo de este estudio no es más que conocer el comportamiento de la capacidad de los diferentes acabados a estudiar de reflejar la radiación solar a lo largo de un periodo de tiempo, pensamos que, al obtener las luminancias relativas del conjunto de acabados analizados junto con la luminancia relativa de referencia, y suponiendo que esta referencia no cambia a lo largo del tiempo, podríamos detectar las variaciones en la luminancia relativa del resto de los acabados con respecto a la luminancia de referencia. Con lo cual podríamos inferir la reflectancia de dichos acabados así como la velocidad con la cual esta reflectancia fue disminuyendo.

1.2 Comportamiento de la reflectancia solar de los diferentes acabados para la hoja metálica.

Los resultados arrojados por el análisis a las luminancias relativas de las imágenes capturadas de los acabados puestos a prueba dan una referencia del probable comportamiento de la luminancia de los mismos a lo largo del tiempo al estar expuestos a la intemperie.

Como se explicó con anterioridad, para realizar esta parte del análisis se hicieron una serie de capturas fotográficas de segmentos de láminas metálicas a las cuales se les aplicaron los acabados a estudiar. Del aumento o disminución de esta luminancia relativa se obtendría una tendencia en el comportamiento de la luminancia absoluta de los acabados estudiados, y por lo tanto, del posible comportamiento de su reflectancia solar.

Para ello, se analizaron las luminancias relativas de 15 fotografías capturadas a lo largo de 10 meses.

De estos resultados se esperaba encontrar una luminancia relativa constante para el acabado blanco de referencia, con el cual compararíamos las luminancias relativas del resto de los acabados. Sin embargo, lo que se encontró fue una variación significativa de la luminancia relativa del acabado de referencia. De la misma forma, las diferencias entre la luminancia relativa del acabado blanco de referencia con respecto al resto de los acabados que se esperaba fueran mayores a lo largo del tiempo, no fueron las esperadas.

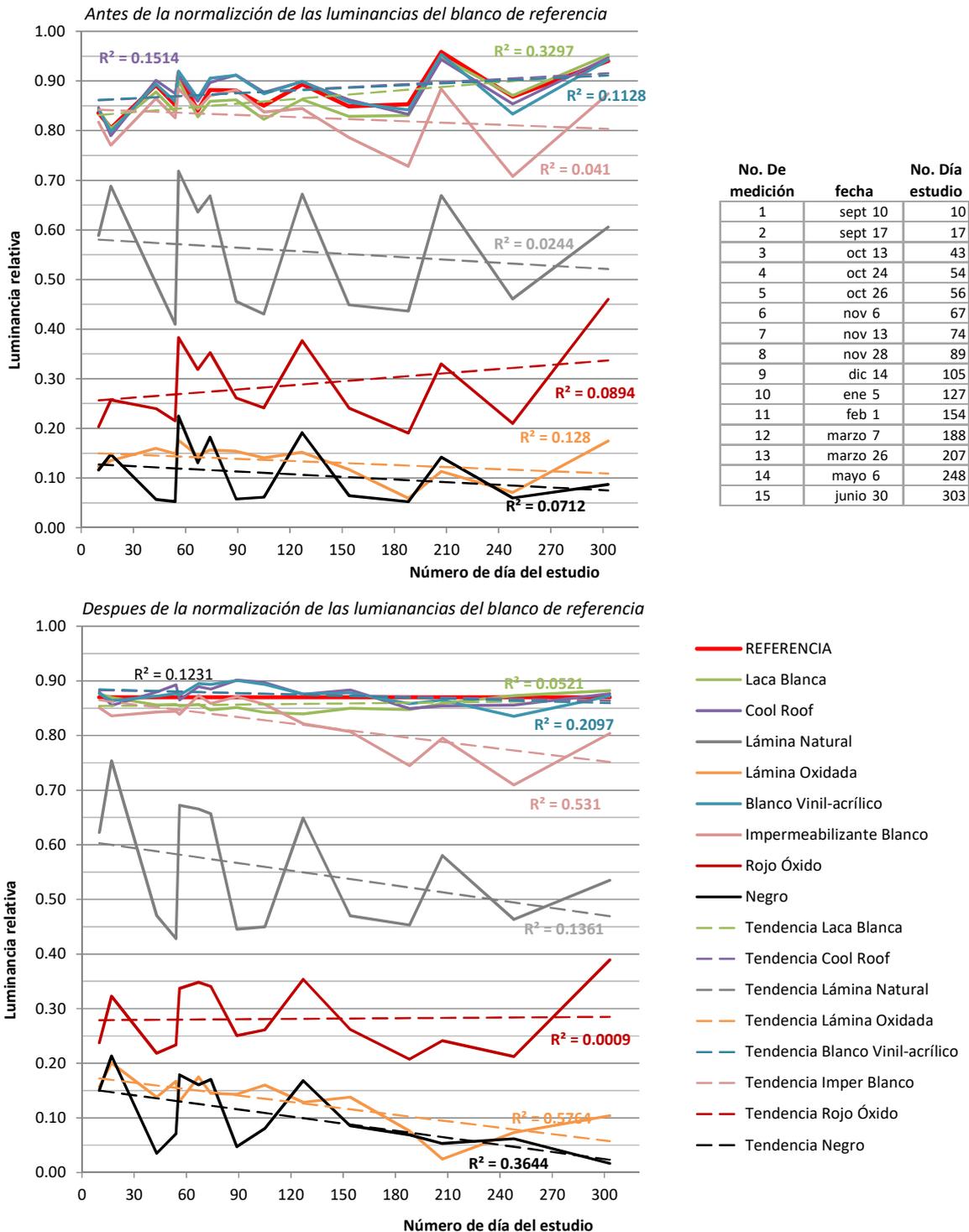
Las razones pueden encontrarse en que - aunque las capturas fueron hechas de tal manera que las variables tales como: horario de la toma de las fotografías, posición de la cámara con respecto a la escena a capturar y la programación de la apertura de la cámara fueran las mismas para todas las tomas, un pequeño cambio en la dirección de la luz incidente, debido a las condiciones climatológicas o bien a la variación que se da de la dirección de los rayos del sol a lo largo de un año aunado a las características de rugosidad de los diferentes materiales, no permiten a los sensores de la cámara tener una gran precisión. Sobre todo para los acabados con mayor especularidad.

La dispersión de los valores de luminancia relativa encontrada fue mayor para los acabados de lámina metálica natural, y las pinturas de laca color rojo óxido y negra. Dichos acabados ofrecen superficies mucho más lisas que las del resto. Por otro lado, las superficies de pintura vinil acrílica blanca, Cool Roof, laca blanca y el metal oxidado presentaron dispersiones menos acentuadas.

Con el objetivo de minimizar un poco la dispersión de los datos se procedió a realizar una recalibración de las luminancias de los diferentes acabados igualando en todas las fotografías el valor de la luminancia de referencia.

Las gráficas obtenidas con estos datos no arrojan los resultados esperados. Los acabados blancos en general presentaron luminancias muy parecidas a las del acabado de referencia y no parecen disminuir su luminancia sustancialmente a lo largo del experimento.

Los valores de luminancia relativa de los acabados blancos no presentan disminuciones observables a lo largo de los 10 meses de estudio, salvo en el caso del impermeabilizante blanco, el cual presenta una tendencia a disminuir su luminancia un 12% con respecto a sus valores de luminancia iniciales.



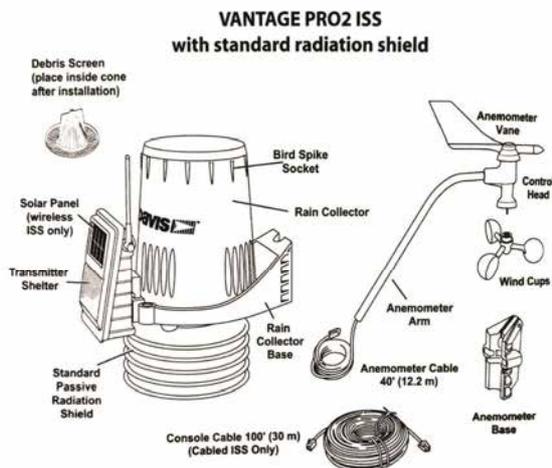
1.3 Conclusiones del estudio al rendimiento de la reflectancia solar del acabado superficial para las láminas metálicas.

1. La mayoría de los acabados aplicados a las láminas metálicas presentaron una disminución de sus valores de luminancia relativa a lo largo del tiempo.
2. La correlación entre la luminancia relativa de los acabados estudiados y el paso del tiempo es negativa de débil a moderada.
3. El acabado blanco que presentó la mayor disminución de luminancia relativa fue el impermeabilizante, con una disminución del 12% de su luminancia relativa, seguido de la pintura Vinil Acrílica y del Cool Roof con una pérdida del 2% de su luminancia relativa.
4. Otros acabados como: la pintura Negra, la lámina con óxido y la lámina natural también presentan disminuciones de su luminancia de un 13 a un 11%. Sin embargo, al presentar luminancias bajas, su uso en el control térmico de cubiertas no es relevante.
5. A excepción del impermeabilizante los otros acabados en color blanco estudiados conservan su reflectancia por periodos de casi un año de manera significativa.
6. El rendimiento de la reflectancia de los acabados blancos objetos de estudio permitiría garantizar una periodicidad razonable de su mantenimiento o sustitución. Por lo que son adecuados para su utilización como estrategia de control térmico en las cubiertas metálicas.

Fichas de especificaciones de equipos de medición

FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS DE MEDICIÓN

1. ESTACIÓN METEOROLÓGICA



Conjunto Integrado de Sensores
(Integrated Sensor Suite (ISS))
Para estación meteorológica
Vantage Pro2

Especificaciones:

ISS Intervalos de actualización de la variable meteorológica

Velocidad del viento	2.5 a 3 segundos
Dirección del viento	2.5 a 3 segundos
Precipitación acumulada	20 a 24 segundos
Promedio de precipitación	20 a 24 segundos
Temperatura exterior	10 a 12 segundos
Humedad exterior	50 segundos a 1 minuto
Radiación Solar	50 segundos a 1 minuto

Humedad relativa exterior

Unidad	1%
Rango	1 a 100% RH
Precisión	±3%

Radiación solar

Unidad	1 W/m ²
Rango	0 a 1800 W/m ²
Precisión	±5% de escala completa (Reference: Eppley PSP a 1000W/m ²)

Temperatura exterior

Unidad	0.1°F or 1°F or 0.1°C or 1°C
Rango	-40° to +150°F (-40° to +65°C)
Precisión	±0.5°F (±0.3°C)

Dirección del viento

Rango	0 - 360°
Resolución del	16 points (22.5°) rosa viento, 1° numérico.
Accuracy	±3°

Velocidad del viento

Unidad	1 mph, 1 km/h, 0.4 m/s, or 1 knot
Rango	0 a 200 mph, 0 a 173 knots, 0 a 89 m/s, 0 a 322 km/h
Precisión	±1 mph (1 kts, 1.5 km/h, 0.5 m/s) or ±5%, el que sea mayor

Wireless Vantage Pro2™ & Vantage Pro2™ Plus Stations

(Including Fan-Aspirated Models)



6152 6162
6153 6163

Vantage Pro2™ (6152, 6153) and Vantage Pro2™ Plus (6162, 6163) Wireless Weather Stations include two components: the Integrated Sensor Suite (ISS) which houses and manages the external sensor array, and the console which provides the user interface, data display, and calculations. The ISS and Vantage Pro2 console communicate via an FCC-certified, license-free, spread-spectrum frequency-hopping (FHSS) transmitter and receiver. User-selectable transmitter ID codes allow up to eight stations to coexist in the same geographic area. The frequency hopping spread spectrum technology provides greater communication strength over longer distances and areas of weaker reception. The Wireless Vantage Pro2 Plus weather station includes two additional sensors that are optional on the Vantage Pro2: the UV sensor and the solar radiation sensor.

The console may be powered by batteries or by the included AC-power adapter. The wireless ISS is solar powered with a battery backup. Use WeatherLink® for Vantage Pro2 and Vantage Vue® to let your weather station interface with a computer, to log weather data, and to upload weather information to the internet.

The 6152 and 6162 rely on passive shielding to reduce solar-radiation induced temperature errors in the outside temperature sensor readings. The Fan-aspirated 6153 and 6163 combine passive shielding with a solar-powered fan that draws outside air in over the temperature and humidity sensors, providing a much more accurate temperature reading than that available using passive shielding alone.

Integrated Sensor Suite (ISS)

(Includes product numbers: 6152, 6153, 6162, 6163, 6322, 6323, 6327 & 6328)

Operating Temperature	-40° to +150°F (-40° to +65°C)
Non-operating Temperature	-40° to +158°F (-40° to +70°C)
Current Draw (ISS SIM only)	0.14 mA (average), 30 mA (peak) at 4 to 6 VDC
Solar Power Panel	0.5 Watts (ISS SIM), plus 0.75 Watts (Fan-Aspirated)
Battery (ISS SIM /Fan-Aspirated)	CR-123 3-Volt Lithium cell / 2 - 1.2 Volt NiCad C-cells
Battery Life (3-Volt Lithium cell)	8 months without sunlight - greater than 2 years depending on solar charging
Battery Life (NiCad C-cells, Fan-Aspirated)	1 year
Fan Aspiration Rate (Fan-Aspirated only)	
Intake Flow Rate, full sun	190 feet/min. (0.9 m/s)
Intake Flow Rate, battery only	80 feet/min. (0.4 m/s)
Sensor Chamber Flow Rate, full sun	500 feet/min. (2.5 m/s)
Sensor Chamber Flow Rate, battery only	280 feet/min. (1.4 m/s)
Connectors, Sensor	Modular RJ-11
Cable Type	4-conductor, 26 AWG
Cable Length, Anemometer	40' (12 m) (included) 240' (73 m) (maximum recommended)

Note: Maximum displayable wind decreases as the length of cable increases. At 140' (42 m) of cable, the maximum wind speed displayed is 135 mph (60 m/s); at 240' (73 m), the maximum wind speed displayed is 100 mph (34 m/s).

Wind Speed Sensor	Solid state magnetic sensor
Wind Direction Sensor	Wind vane with potentiometer
Rain Collector Type	Tipping bucket, 0.01" per tip (0.2 mm with metric rain adapter), 33.2 in ² (214 cm ²) collection area
Temperature Sensor Type	PN Junction Silicon Diode
Relative Humidity Sensor Type	Film capacitor element
Housing Material	UV-resistant ABS, ASA plastic

ISS Dimensions (not including anemometer or bird spikes):

2

Wireless Vantage Pro2™

Vantage Pro2 with Standard Rad Shield	14.0" x 9.4" x 14.5" (356 mm x 239 mm x 368 mm)
Vantage Pro2 with Fan-Asprated Rad Shield	20.8" x 9.4" x 16.0" (528 mm x 239 mm x 406 mm)
Vantage Pro2 Plus with Standard Rad Shield	14.3" x 9.7" x 14.5" (363 mm x 246 mm x 368 mm)
Vantage Pro2 Plus with Fan-Aspirated Rad Shield	21.1" x 9.7" x 16.0" (536 mm x 246 mm x 406 mm)

Console

(Includes product number 6312)

Console Operating Temperature	+32° to +140°F (0° to +60°C)
Non-Operating (Storage) Temperature	+14° to +158°F (-10° to +70°C)
Current Draw	0.9 mA average, 30 mA peak, (add 120 mA for display lamps, add 0.125 mA for each optional wireless transmitter received by the console) at 4 - 6 VDC
AC Power Adapter	5 VDC, 300 mA, regulated
Batteries	3 C-cells
Battery Life	up to 9 months
Connectors	Modular RJ-11
Housing Material	UV-resistant ABS plastic
Console Display Type	LCD Transflective
Display Backlight	LEDs
Console Dimensions	
Console with antenna down (L x H x D)	10.625" x 6.125" x 1.625" (270 mm x 156 mm x 41 mm)
Console with antenna extended up (L x H x D)	10.625" x 9.625" x 1.625" (270 mm x 245 mm x 41 mm)
Display (L x H)	5.94" x 3.375" (151 mm x 86 mm)
Weight (with batteries)	1.88 lbs. (.85 kg)

Data Displayed on Console

Data display categories are listed with General first, then in alphabetical order.

General

Historical Data	Includes the past 24 values listed unless otherwise noted; all can be cleared and all totals reset
Daily Data	Includes the earliest time of occurrence of highs and lows; period begins/ends at 12:00 am
Monthly Data	Period begins/ends at 12:00 am on the first of the month
Yearly Data	Period begins/ends at 12:00 am on the first of January unless otherwise noted
Current Display Data	Current display data describes the current reading for each weather variable. In most cases, the variable lists the most recently updated reading or calculation. Some current variable displays can be adjusted so there is an offset for the reading
Current Graph Data	Current graph data appears in the right-most column in the console graph and represents the latest value within the last period on the graph; totals can be set or reset. Display intervals vary. Examples include: Instant, 15-min., and Hourly Reading; Daily, Monthly, High and Low
Graph Time Interval	1 min., 10 min., 15 min., 1 hour, 1 day, 1 month, 1 year (user-selectable, availability depends upon variable selected)
Graph Time Span	24 Intervals + Current Interval (see Graph Intervals to determine time span)
Graph Variable Span (Vertical Scale)	Automatic (varies depending upon data range); Maximum and Minimum value in range appear in ticker
Alarm Indication	Alarms sound for only 2 minutes (time alarm is always 1 minute) if operating on battery power. Alarm message is displayed in ticker as long as threshold is met or exceeded. Alarms can be silenced (but not cleared) by pressing the DONE key.
Transmission Interval	Varies with transmitter ID code from 2.25 seconds (#1=shortest), to 3 seconds (#8=longest)
Update Interval	Varies with sensor - see individual sensor specs

Barometric Pressure

Resolution and Units	0.01" Hg, 0.1 mm Hg, 0.1 hPa/mb (user-selectable)
--------------------------------	---

Range.....	16.00" to 32.50" Hg, 410 to 820 mm Hg, 540 to 1100 hPa/mb
Elevation Range	-999' to +15,000' (-600 m to 4570 m) (Note that console screen limits entry of lower elevation to -999' when using feet as elevation unit.)
Uncorrected Reading Accuracy.....	±0.03" Hg (±0.8 mm Hg, ±1.0 hPa/mb) (at room temperature)
Sea-Level Reduction Equation Used.....	United States Method employed prior to use of current "R Factor" method
Equation Source	Smithsonian Meteorological Tables
Equation Accuracy	±0.01" Hg (±0.3 mm Hg, ±0.3 hPa/mb)
Elevation Accuracy Required	±10' (3m) to meet equation accuracy specification
Overall Accuracy	±0.03" Hg (±0.8 mm Hg, ±1.0 hPa/mb)
Trend (change in 3 hours).....	Change 0.06" (2 hPa/mb, 1.5 mm Hg) = Rapidly Change 0.02" (0.7hPa/mb, 0.5 mm Hg)= Slowly
Trend Indication	5 position arrow: Rising (rapidly or slowly), Steady, or Falling (rapidly or slowly)
Update Interval	1 minute or when console BAR key is pressed twice
Current Display	Instant
Current Graph Data	Instant, 15-min., and Hourly Reading; Daily, Monthly, High and Low
Historical Graph Data	15-min. and Hourly Reading; Daily, Monthly Highs and Lows
Alarms	High Threshold from Current Trend for Storm Clearing (Rising Trend) Low Threshold from Current Trend for Storm Warning (Falling Trend)
Range for Rising and Falling Trend Alarms	0.01 to 0.25" Hg (0.1 to 6.4 mm Hg, 0.1 to 8.5 hPa/mb)

Clock

Resolution	1 minute
Units.....	Time: 12 or 24 hour format (user-selectable)
Date	US or International format (user-selectable)
Accuracy	±8 seconds/month
Adjustments	Time: Automatic Daylight Savings Time (for users in North America and Europe that observe it in AUTO mode, MANUAL setting available for all other areas) Date: Automatic Leap Year
Alarms	Once per day at set time when active

Dewpoint (calculated)

Resolution and Units.....	1°F or 1°C (user-selectable) °C is converted from °F rounded to the nearest 1°C
Range.....	-105° to +130°F (-76° to +54°C)
Accuracy	±3°F (±1.5°C) (typical)
Update Interval.....	10 to 12 seconds
Source	World Meteorological Organization (WMO)
Equation Used	WMO Equation with respect to saturation of moist air over water
Variables Used	Instant Outside Temperature and Instant Outside Relative Humidity
Current Display Data	Instant Calculation
Current Graph Data	Instant Calculation; Daily, Monthly High and Low
Historical Graph Data	Hourly Calculations; Daily, Monthly Highs and Lows
Alarms	High and Low Threshold from Instant Calculation

Evapotranspiration (calculated, requires solar radiation sensor)

Resolution and Units.....	0.01" or 0.1 mm (user-selectable)
Range.....	Daily to 32.67" (832.1 mm); Monthly & Yearly to 199.99" (1999.9 mm)
Accuracy	Greater of 0.01" (0.25 mm) or ±5%, Reference: side-by-side comparison against a CIMIS ET weather station
Update Interval.....	1 hour
Calculation and Source.....	Modified Penman Equation as implemented by CIMIS (California Irrigation Management Information System) including Net Radiation calculation
Current Display Data	Latest Hourly Total Calculation
Current Graph Data	Latest Hourly Total Calculation, Daily, Monthly, Yearly Total
Historical Graph Data	Hourly, Daily, Monthly, Yearly Totals

4

Wireless Vantage Pro2™

Alarm High Threshold from Latest Daily Total Calculation

Forecast

Variables Used..... Barometric Reading & Trend, Wind Speed & Direction, Rainfall, Temperature, Humidity, Latitude & Longitude, Time of Year
Update Interval 1 hour
Display Format..... Icons on top center of display; detailed message in ticker at bottom
Variables Predicted Sky Condition, Precipitation, Temperature Changes, Wind Direction and Speed

Heat Index (calculated)

Resolution and Units 1°F or 1°C (user-selectable) °C is converted from °F rounded to the nearest 1°C
Range -40° to +165°F (-40° to +74°C)
Accuracy ±3°F (±1.5°C) (typical)
Update Interval 10 to 12 seconds
Source United States National Weather Service (NWS)/NOAA
Formulation Used..... Steadman (1979) modified by US NWS/NOAA and Davis Instruments to increase range of use
Variables Used..... Instant Outside Temperature and Instant Outside Relative Humidity
Current Display Data Instant Calculation
Current Graph Data Instant Calculation; Daily, Monthly High
Historical Graph Data..... Hourly Calculations; Daily, Monthly Highs
Alarm High Threshold from Instant Calculation

Humidity

Inside Relative Humidity (sensor located in console)

Resolution and Units..... 1%
Range..... 1 to 100% RH
Accuracy ±3% (0 to 90% RH), ±4% (90 to 100% RH)
Update Interval 1 minute
Current Display Data Instant (user-adjustable offset available)
Current Graph Data Instant; Hourly Reading; Daily, Monthly High and Low
Historical Graph Data Hourly Readings; Daily, Monthly Highs and Lows
Alarms High and Low Threshold from Instant Reading

Outside Relative Humidity (sensor located in ISS)

Resolution and Units..... 1%
Range..... 1 to 100% RH
Accuracy ±3% (0 to 90% RH), ±4% (90 to 100% RH)
Temperature Coefficient 0.03% per °F (0.05% per °C), reference 68°F (20°C)
Drift ±0.5% per year
Update Interval..... 50 seconds to 1 minute
Current Display Data Instant (user-adjustable offset available)
Current Graph Data Instant; Hourly Reading; Daily, Monthly High and Low
Historical Graph Data Hourly Readings; Daily, Monthly Highs and Lows
Alarms High and Low Threshold from Instant Reading

Extra Outside Relative Humidity (sensor located inside Temperature/Humidity Station)

Resolution and Units..... 1%
Range..... 1 to 100% RH
Accuracy ±3% (0 to 90% RH), ±4% (90 to 100% RH)
Temperature Coefficient 0.03% per °F (0.05% per °C), reference 68°F (20°C)
Drift ±0.5% per year
Update Interval..... 50 seconds to 1 minute
Current Display Data Instant Reading (user adjustable)
Alarms High and Low Threshold from Instant Reading

Leaf Wetness (requires leaf wetness sensor)

Resolution	1
Range	0 to 15
Dry/Wet Threshold	User-selectable
Accuracy	±0.5
Update Interval	46 to 54 seconds
Current Graph Data	Instant Reading; Daily High and Low; Monthly High
Historical Graph Data	Hourly Readings; Daily Highs and Lows; Monthly Highs
Alarms	High and Low Thresholds from Instant Reading

Moon Phase

Console Resolution	1/8 (12.5%) of a lunar cycle, 1/4 (25%) of lighted face on console
WeatherLink Resolution	0.09% of a lunar cycle, 0.18% of lighted face maximum (depends on screen resolution)
Range	New Moon, Waxing Crescent, First Quarter, Waxing Gibbous, Full Moon, Waning Gibbous, Last Quarter, Waning Crescent
Accuracy	±38 minutes

Rainfall

Resolution and Units	0.01" or 0.2 mm (user-selectable) (1 mm at totals ≥ 2000 mm)
Daily/Storm Rainfall Range	0 to 99.99" (0 to 999.8 mm)
Monthly/Yearly/Total Rainfall Range	0 to 199.99" (0 to 6553 mm)
Accuracy	For rain rates up to 4"/hr (100 mm/hr): ±4% of total or ± one tip of the bucket (0.01"/0.2mm), whichever is greater.
Update Interval	20 to 24 seconds
Storm Determination Method	0.02" (0.5 mm) begins a storm event, 24 hours without further accumulation ends a storm event
Current Display Data	Totals for Past 15-min
Current Graph Data	Totals for Past 15-min, Past 24-hour, Daily, Monthly, Yearly (start date user-selectable) and Storm (with begin date); Umbrella is displayed when 15-minute total exceeds zero
Historical Graph Data	Totals for 15-min, Daily, Monthly, Yearly (start date user-selectable) and Storm (with begin and end dates)
Alarms	High Threshold from Latest Flash Flood (15-min. total, default is 0.50", 12.7 mm), 24-Hour Total, Storm Total,
Range for Rain Alarms	0 to 99.99" (0 to 999.7 mm)

Rain Rate

Resolution and Units	0.01" or 0.1 mm (user-selectable) at typical rates (see Fig. 2 and 3)
Range	0, 0.04"/hr (1 mm/hr) to 96"/hr (0 to 2438 mm/hr)
Accuracy	±5% for rates less than 5" per hour (127 mm/hr)
Update Interval	20 to 24 seconds
Calculation Method	Measures time between successive tips of tipping bucket. Elapsed time greater than 15 minutes or only one tip of the rain collector constitutes a rain rate of zero.
Current Display Data	Instant
Current Graph Data	Instant and 1-min. Reading; Hourly, Daily, Monthly and Yearly High
Historical Graph Data	1-min Reading; Hourly, Daily, Monthly and Yearly Highs
Alarm	High Threshold from Instant Reading

Soil Moisture (requires soil moisture sensor)

Resolution	1 cb
Range	0 to 200 cb
Update Interval	77 to 90 seconds
Current Graph Data	Instant Reading; Daily and Monthly High and Low

Wireless Vantage Pro2™

Historical Graph Data	Hourly Readings; Daily and Monthly Highs and Lows
Alarms	High and Low Thresholds from Instant Reading

Solar Radiation (requires solar radiation sensor)

Resolution and Units	1 W/m ²
Range	0 to 1800 W/m ²
Accuracy	±5% of full scale (Reference: Eppley PSP at 1000 W/m ²)
Drift	up to ±2% per year
Cosine Response	±3% for angle of incidence from 0° to 75°
Temperature Coefficient	-0.067% per °F (-0.12% per °C); reference temperature = 77°F (25 °C)
Update Interval	50 seconds to 1 minute (5 minutes when dark)
Current Graph Data	Instant Reading and Hourly Average; Daily, Monthly High
Historical Graph Data	Hourly Average, Daily, Monthly Highs
Alarm	High Threshold from Instant Reading

Sunrise and Sunset

Resolution	1 minute
Accuracy	±1 minute
Reference	United States Naval Observatory

Temperature**Inside Temperature (sensor located in console)**

Resolution and Units	Current Data: 0.1°F or 1°F or 0.1°C or 1°C (user-selectable) °C is converted from °F rounded to the nearest 1°C Historical Data and Alarms: 1°F or 1°C (user-selectable)
Range	+32° to +140°F (0° to +60°C)
Sensor Accuracy	±1°F (±0.5°C), (see Fig. 1)
Update Interval	1 minute
Current Display Data	Instant (user-adjustable offset available)
Current Graph Data	Instant Reading; Daily and Monthly High and Low
Historical Graph Data	Hourly Readings; Daily and Monthly Highs and Lows
Alarms	High and Low Thresholds from Instant Reading

Outside Temperature (sensor located in ISS)

Resolution and Units	Current Data: 0.1°F or 1°F or 0.1°C or 1°C (user-selectable) nominal °C is converted from °F rounded to the nearest 1°C Historical Data and Alarms: 1°F or 1°C (user-selectable)
Range	-40° to +150°F (-40° to +65°C)
Sensor Accuracy	±1°F (±0.5°C) above 20°F (-7°C), ±2°F (±1°C) under 20°F (-7°C) (see Fig. 1)
Radiation Induced Error (Passive Shield)	+4°F (2°C) at solar noon (insolation = 1040 W/m ² , avg. wind speed ≤ 2 mph (1 m/s)) (reference: RM Young Model 43408 Fan-Aspirated Radiation Shield)
Radiation Induced Error (Fan-Aspirated Shield)	+0.6°F (0.3°C) at solar noon (insolation = 1040 W/m ² , avg. wind speed ≤ 2 mph (1 m/s)) (reference: RM Young Model 43408 Fan-Aspirated Radiation Shield)
Update Interval	10 to 12 seconds
Current Display Data	Instant (user-adjustable offset available)
Current Graph Data	Instant Reading; Daily, Monthly, Yearly High and Low
Historical Graph Data	Hourly Readings; Daily, Monthly, Yearly Highs and Lows
Alarms	High and Low Thresholds from Instant Reading

Extra Temperature Sensors or Probes

Resolution and Units	Current Data: 1°F or 1°C (user-selectable) °C is converted from °F rounded to the nearest 1°C Historical Data and Alarms: 1°F or 1°C (user-selectable)
Range	-40° to +150°F (-40° to +65°C)
Sensor Accuracy	±1°F (±0.5°C) above 20°F (-7°C), ±2°F (±1°C) under 20°F (-7°C) (see Fig. 1)
Update Interval	10 to 12 seconds (77 to 90 seconds for Leaf Wetness/Temperature and Soil Moisture/Temperature Stations)
Current Display Data	Instant Reading (user-adjustable offset available)
Alarms	High and Low Thresholds from Instant Reading

Temperature Humidity Sun Wind Index (requires solar radiation sensor)

Resolution and Units	1°F or 1°C (user-selectable) °C is converted from °F rounded to the nearest 1°C
Range	-90° to +165°F (-68° to +74°C)
Accuracy	±4°F (±2°C) (typical)
Update Interval	10 to 12 seconds
Sources and Formulation Used	United States National Weather Service (NWS)/NOAA Steadman (1979) modified by US NWS/NOAA and Davis Instruments to increase range of use and allow for cold weather use
Variables Used	Instant Outside Temperature, Instant Outside Relative Humidity, 10-minute Average Wind Speed, 10-minute Average Solar Radiation
Formulation Description	Uses Heat Index as base temperature, effects of wind and solar radiation are either added or subtracted from this base to give an overall effective temperature
Current Graph Data	Instant and Hourly Calculation; Daily, Monthly High
Historical Graph Data	Hourly Calculation; Daily, Monthly Highs
Alarm	High Threshold from Instant Reading

Ultra Violet (UV) Radiation Dose (requires UV sensor)

Resolution and Units	0.1 MEDs to 19.9 MEDs; 1 MED above 19.9 MEDs
Range	0 to 199 MEDs
Accuracy	±5% of daily total
Drift	up to ±2% per year
Update Interval	50 seconds to 1 minute (5 minutes when dark)
Current Graph Data	Latest Daily Total (user resettable at any time from Current Screen)
Historical Graph Data	Hourly, Daily Totals (user reset from Current Screen does not affect these values)
Alarm	High Threshold from Daily Total
Alarm Range	0 to 19.9 MEDs

Ultra Violet (UV) Radiation Index (requires UV sensor)

Resolution and Units	0.1 Index
Range	0 to 16 Index
Accuracy	±5% of full scale (Reference: Yankee UVB-1 at UV index 10 (Extremely High))
Cosine Response	±4% FS (0° to 90° zenith angle)
Update Interval	50 seconds to 1 minute (5 minutes when dark)
Current Graph Data	Instant Reading and Hourly Average; Daily, Monthly High
Historical Graph Data	Hourly Average, Daily, Monthly Highs
Alarm	High Threshold from Instant Calculation

Wind

Wind Chill (Calculated)

Resolution and Units	1°F or 1°C (user-selectable) °C is converted from °F rounded to the nearest 1°C
Range	-110° to +135°F (-79° to +57°C)
Accuracy	±2°F (±1°C) (typical)
Update Interval	10 to 12 seconds
Source	United States National Weather Service (NWS)/NOAA
Equation Used	Osczevski (1995) (adopted by US NWS in 2001)
Variables Used	Instant Outside Temperature and 10-min. Avg. Wind Speed
Current Display Data	Instant Calculation
Current Graph Data	Instant Calculation; Hourly, Daily and Monthly Low
Historical Graph Data	Hourly, Daily and Monthly Lows
Alarm	Low Threshold from Instant Calculation

Wind Direction

Range	0 - 360°
Display Resolution	16 points (22.5°) on compass rose, 1° in numeric display
Accuracy	±3°
Update Interval	2.5 to 3 seconds

Wireless Vantage Pro2™

Current Display Data	Instant (user-adjustable offset available)
Current Graph Data	Instant; 10-min. Dominant; Hourly, Daily, Monthly Dominant
Historical Graph Data	Past 6 10-min. Dominants on compass rose only; Hourly, Daily, Monthly Dominants
Wind Speed	
Resolution and Units	1 mph, 1 km/h, 0.4 m/s, or 1 knot (user-selectable). Measured in mph, other units are converted from mph and rounded to nearest 1 km/hr, 0.1 m/s, or 1 knot.
Range	1 to 200 mph, 1 to 173 knots, 0.5 to 89 m/s, 1 to 322 km/h
Update Interval	Instant Reading: 2.5 to 3 seconds, 10-minute Average: 1 minute
Accuracy	±2 mph (2 kts, 3 km/h, 1 m/s) or ±5%, whichever is greater
Maximum Cable Length	240' (73 m) (See note on page 1)
Current Display Data	Instant
Current Graph Data	Instant; 10-minute and Hourly Average; Hourly High; Daily, Monthly and Yearly High with Direction of High
Historical Graph Data	10-min. and Hourly Averages; Hourly Highs; Daily, Monthly and Yearly Highs with Direction of Highs
Alarms	High Thresholds from Instant Reading and 10-minute Average

Wireless Communications**Transmit/Receive Frequency**

US Models	902 - 928 MHz FHSS,
EU Models	868.0 - 868.6 MHz FHSS
Japan Models	928.15 - 929.65 MHz FHSS
NZ Models	921 - 928 MHz FHSS
India Models	865.0 - 867.0 MHz FHSS

ID Codes Available 8

Output Power

US Models	902 - 928 MHz FHSS: FCC-certified low power, less than 8 mW, no license required
EU Models	868.0 - 868.6 MHz FHSS. CE-certified, less than 8 mW, no license required.
Japan Models	928.15 - 929.65 MHz FHSS, less than 1 mW, no license required.
NZ Models	921- 928 MHz FHSS, less than 10mW, no license required.
India Models.	865.0 - 867.0 MHz, less than 10mW, no license required.

Range: All models except Japan

Line of Sight	up to 1000 feet (300 m)
Through Walls	200 to 400 feet (60 to 120 m)

Range: Japan models

Line of Sight	up to 300 feet (100 m)
Through Walls	50 to 200 feet (15 to 60m)

Sensor Inputs

RF Filtering	RC low-pass filter on each signal line
--------------	--

Sensor Charts

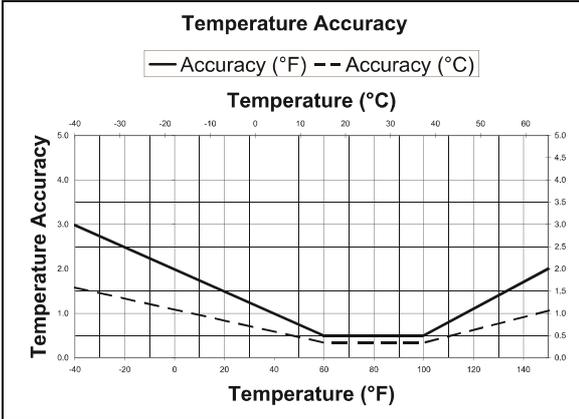


Figure 1. Temperature Accuracy

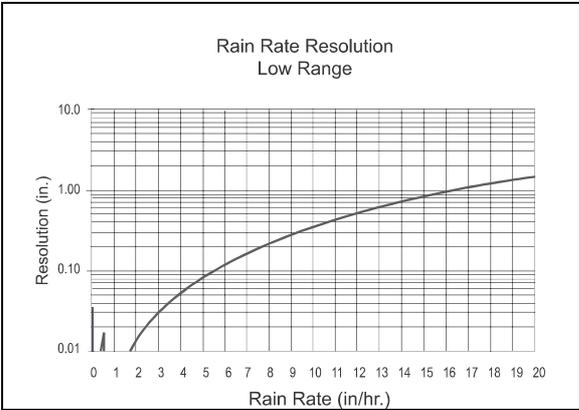


Figure 2. Low Range Rain Rate Resolution

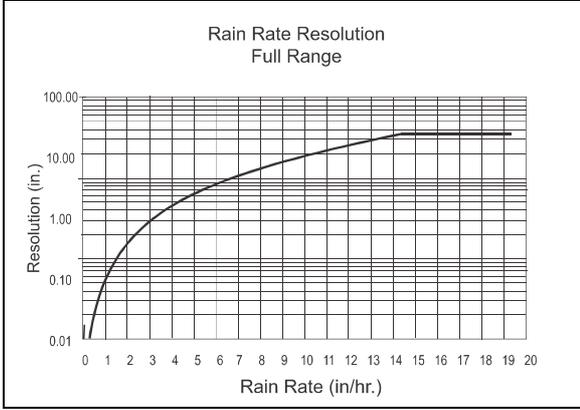
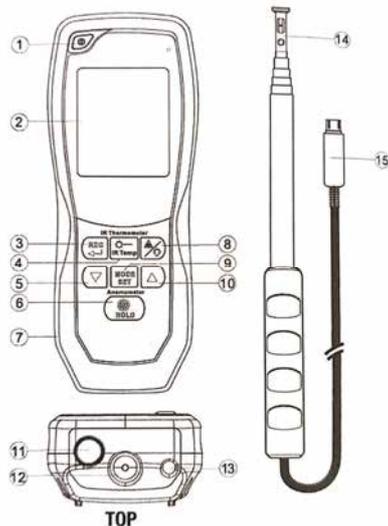


Figure 3. Full Range Rain Rate Resolution

Package Dimensions

Product #	Package Dimensions (Length x Width x Height)	Package Weight	UPC Codes
6152 6152EU 6152UK	17.50" x 10.4" x 16.0" (445 mm x 264 mm x 406 mm)	11 lbs. 13 oz. (5.4 kg)	011698 00229 0 011698 00347 1 011698 00348 8
6162 6162EU 6162UK		11 lbs. 15 oz. (5.4 kg)	011698 00306 8 011698 00307 5 001698 00308 2
6153 6153EU 6153UK	14.9 x 12.9" x 23.4" (378 mm x 327 mm x 594 mm)	16 lbs. 11 oz. (7.6 kg)	011698 00335 8 011698 00336 5 001698 00337 2
6163 6163EU 6163UK		17 lbs. 5 oz. (7.9 kg)	011698 00341 9 011698 00342 6 001698 00342 3
6322 6322OV	17.50" x 10.4" x 16.0" (445 mm x 264 mm x 406 mm)	9 lbs.. 1 oz. (4.1 kg)	011698 00776 9 011698 00778 3
6327 6327OV		11 lbs. 1 oz. (5.0 kg)	011698 00781 3 011698 00783 7
6323 6323OV	14.9" x 12.9" x 23.4" (378 mm x 327 mm x 594 mm)	15 lbs. 15 oz. (7.2 kg)	011698 00779 0 011698 00780 6
6328 6328OV		16 lbs. 8 oz. (7.5 kg)	011698 00784 4 011698 00785 1
6312 6312EU 6312UK	12.6" x 9.3" x 2.5" (320 mm x 235 mm x 64 mm)	2 lbs. 10 oz. (1.2 kg)	011698 00724 0 011698 00766 0 011698 00767 7

2. ANEMÓMETRO



Anemómetro de Hilo caliente
registrador de datos con CFM/CMM
y termómetro infrarrojo de 8:1
CIH20DL

Especificaciones:

- Mide y despliega la velocidad del aire o el caudal de aire en unidades del sistema métrico decimal y del sistema inglés.
- Mide y muestra simultáneamente la temperatura del aire desde 32° hasta 158° F (0° | a 70° C) con +/- 2% de exactitud
- Mide velocidades de aire desde 20 mm/sg a 40 m/sg con +/- 3% de exactitud
- Muestra caudales de aire desde 0 hasta 2.5 millones CFM (0 a 72,000 CMM) con +/- 3% de exactitud
- Cuenta con termómetro infrarrojo de 8:1 para mediciones remotas de superficies desde los -25° a 999° F (-32° a 538° C) con +/- 3% de precisión.
- Sonda telescópica y extensión cableada para los sensores de hilo caliente y el termistor de hasta 1.8 m.
- Pantalla LCD retroiluminada con espacio para tres lecturas.
- Archiva hasta 9 sets de 3 lecturas en memoria no volátil.
- Establece el tiempo y archiva hasta 20.000 datos a una frecuencia de muestreo seleccionada por el usuario de 5 segundos a 1 hora.
- El cable USB incluido y el software / interfaz de registro de datos permiten la transferencia de datos almacenados desde la memoria interna del medidor a una PC para la visualización y análisis gráfico.
- Funciones de retención de datos y apagado automático



**DATA LOGGING
HOT WIRE ANEMOMETER with
CFM/CMM and 8:1 IR THERMOMETER
USER'S MANUAL**



CIH20DL

Please read this manual carefully and thoroughly before using this product.

TABLE OF CONTENTS

Introduction	3 – 4
Key Features	4
Safety Instructions	5
What’s in the Case	5
Product Overview	5 – 7
Setup Instructions	8
Install Battery	8
Operating Instructions	8 – 21
Getting Started	8 – 9
Measuring Air Speed and Temperature	9
Measuring Airflow Volume	9
Measuring Surface Temperature	10
Holding and Storing Measurements	10
Displaying Maximum, Minimum and Average Values	10 – 11
Recalling and Erasing Stored Measurements	11 – 12
Using the Advanced Settings Menu	12 – 13
Data Logging with a Computer	14 – 21
Install Software and Drivers	14 – 15
Connecting the Meter to Your Computer	15
Viewing Real-Time Measurements on the Dashboard	15 – 17
Using the Meter to Log Data	17 – 18
Uploading Record Data	18
Viewing Record Data Graphically	19 – 20
Uploading and Viewing Data Logs	20 – 21
Specifications	22
Maintenance Tips	23
Warranty Information	23
Return for Repair Policy	23
Appendix	24 – 25

INTRODUCTION

Thank you for purchasing General Tools & Instruments' CIH20DL Data Logging Hot Wire Anemometer with CFM/CMM and 8:1 IR Thermometer. Please read this user's manual carefully and thoroughly before using the instrument.

The CIH20DL is a professional-grade, handheld hot wire anemometer that can not only measure the speed of air exiting the grille or register of an HVAC/R system or blower or fan, but also convert those readings to airflow volume measurements in units of CFM (cubic feet per minute or ft³/min) or CMM (cubic meters per minute or m³/min). The conversions are possible because the meter allows the user to enter the free area dimensions of grilles and output ductwork.

The instrument can also measure the temperature of cooling or heating air, as well as surface temperatures. Air temperatures from 32° to 158°F (0° to 70°C) are measured by a thermistor located next to the hot wire sensor at the end of a 6 ft. (1.8m) long telescoping metal probe and cable. Surface temperatures from -25° to 999°F (-32° to 538°C) are measured by an integral infrared (IR) thermometer with a distance-to-spot (D:S) ratio of 8:1.

A hot wire anemometer measures air speed in the following way. When the instrument is powered on, direct current is passed through its hot wire sensor for about 15 seconds. After the sensor has been warmed to a constant temperature, the instrument detects how much current is required to maintain that temperature as wind passing across the sensor acts to cool it. The amount of current required is directly proportional to the square of the wind speed.

Hot wire anemometers are as accurate as vane anemometers, but hot wire units are better able to measure very slow air currents because they have no moving parts and therefore no inertia. For example, the CIH20DL can measure air speeds as low as 2 ft/min. A typical vane anemometer of comparable quality and accuracy cannot measure air speeds lower than 80 ft/min.

The CIH20DL has a large backlit display with three readouts: one shows air speed or airflow volume, another is for IR temperature, and the third is dedicated to air temperature. Normally, each of these readouts shows real-time measurements, which can be held (frozen) and read later to enable work in dark areas. End users can opt to have the readouts show maximum, minimum or average measurements instead. End users also can store up to nine sets of the three readings (air speed or airflow volume, air temperature and IR temperature) in an internal nonvolatile memory and recall them at any time in chronological order.

In addition to storing the nine sets of readings, the CIH20DL also can capture—over long periods of time—and time-stamp up to 20,000 air speed/airflow volume, air temperature and surface temperature measurements at a user-selected sampling rate from 5 seconds to 1 hour. These time-stamped readings, called data logs, can be copied to a PC running Windows® 7, Windows® Vista or Windows® XP via an included USB cable. Once in the computer, the logs can be displayed as graphs or tables, formats that make it easy to spot trends or unexpected excursions in readings.

The CIH20DL can be configured to display air speed in any of five Imperial or metric units, airflow volume in CFM or CMM, and temperature in degrees Fahrenheit or Celsius. The instrument's IR thermometer, which can be precisely aimed by a low-power laser pointer, assumes by default that its target has an emissivity of 0.95, which is true for 90% of applications.

The meter is normally powered by one "9V" battery (included). To enable long-term data logging, the meter also can be powered by a 110V or 220V AC supply. When the meter is powered by the battery, it automatically shuts off after 10 minutes of inactivity to extend battery life. When running on AC power, the auto power off period is extended to 30 minutes when the meter is not in data logging mode. When the meter is running on AC power in data logging mode, the auto power off function is disabled to enable logging sessions longer than 30 minutes. When the meter is connected to a computer via the included USB cable, the meter is powered through the computer's USB port. In this mode, the Auto Power Off function is disabled. This prevents unexpected meter shutoffs from interrupting data uploads.

KEY FEATURES

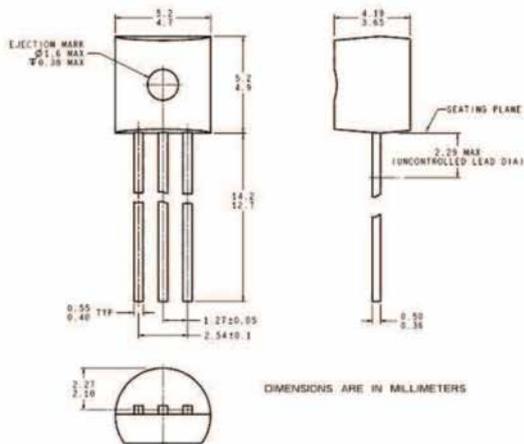
- Measures and displays air speed or airflow volume in several Imperial or metric units
- Simultaneously measures and displays ambient temperature from 32° to 158°F (0° to 70°C) in °F or °C with $\pm 2\%$ accuracy
- Measures air speeds from 2 ft/min to 7874 ft/min (20 mm/sec to 40 m/sec) with $\pm 3\%$ accuracy
- Measures airflow volumes from 0 to 2.5 million CFM (0 to 72,000 CMM) with $\pm 3\%$ accuracy
- Displays maximum, minimum or maximum air speed plus temperature
- Also has 8:1 infrared thermometer for remote, non-contact measurement of surface temperatures from -25° to 999°F (-32° to 538°C) with $\pm 3\%$ accuracy
- Telescoping probe and cable extend reach of hot wire sensor and thermistor to up to 6 ft. (1.8m)
- Jumbo backlit LCD with three readouts
- Stores/recalls up to nine sets of three readings in nonvolatile memory
- Time-stamps and saves up to 20,000 data points at user-selected sampling rate from 5 seconds to 1 hour
- Included USB cable and interface/data logging software enable transfer of stored data logs from the meter's internal memory to a PC for tabular or graphic display and analysis
- Data hold and auto power off functions
- CE and RoHS approved

SPECIFICATIONS

Air Speed Measurement Range	2 ft/min to 7874 ft/min (20 mm/sec to 40 m/sec)
Air Speed Measurement Basic Accuracy	±3% of reading
Air Speed Measurement Resolution	0.1 ft/min; 0.01 m/s; 0.01 km/h; 0.01 mph; 0.01 knots
Airflow Volume Measurement Range	0 to 2.5 million CFM (0 to 72,000 CMM)
Airflow Volume Measurement Basic Accuracy	±3% of reading
Airflow Volume Measurement Resolution	1 CMM; 1 CFM from 0 to 99,999 CFM; 10 CFM from 100,000 to 999,999 CFM; 100 CFM from 1,000,000 to 2,500,000 CFM
Air Temperature Measurement Range	32° to 158°F (0° to 70°C)
Air Temperature Measurement Basic Accuracy	±3% of reading
Air Temperature Measurement Resolution	0.1°F (0.1°C)
IR (Surface) Temperature Measurement Range	-25° to 999°F (-32° to 538°C)
IR Temperature Measurement Accuracy	±5.4°F (3°C) from -25° to -4°F (-32° to 20°C); ±3.6°F (2°C) from -4° to 212°F (-20° to 100°C); 2% of reading from 212° to 999°F (100° to 538°C)
IR Temperature Measurement Resolution	0.1°F (0.1°C)
IR Thermometer Emissivity	0.95 (fixed)
IR Thermometer Distance-to-Spot Ratio	8:1
Airflow Register Area Range	0.01 to 322.92 ft ² in increments of 0.01 ft ² , or 0.001 to 30m ² in increments of 0.001 m ²
Sampling Time Range	5 seconds to 59 minutes, 59 seconds
Internal Measurement Storage Capacity	9 sets of 3 readings
Internal Data Log Storage Capacity	20,000 points
Auto Power Off	After 10 minutes of inactivity on battery power; after 30 minutes of inactivity on AC power; disabled when meter is running on AC power in Data Logging mode
Backlight Duration	15 seconds
Display Size	1.69 x 2.4 in. (33 x 51mm)
Operating Temperature	32° to 122°F (0° to 50°C) @ 10 to 90% RH
Storage Temperature	14° to 140°F (-10° to 60°C)
Dimensions of Instrument	7.24 x 2.75 x 1.57 in. (184 x 70 x 40mm)
Weight of Instrument	11.3 oz. (320g)
Extended Length of Telescoping Probe and Cable	70.8 in. (1.8m)
Power Source	1 "9V" battery (included)
Dimensions of Protective Carrying Case	10.88 x 10.50 x 2.88 in. (276 x 267 x 73mm)
Weight of Instrument, Accessories and Case	44.5 oz. (1.26kg)

FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS DE MEDICIÓN

3. SENSORES DE TEMPERATURA



Lm35

Sensor de temperatura
centígrado de precisión

Características

- Calibrado directamente en Celsius (Centigrade)
- Factor de escala + 10-mV/ °C lineal.
- 0.5°C de precisión (a 25°C)
- Rango de - 55°C a 150°C
- Apropriado para aplicaciones remotas
- Bajo costo gracias al Wafer-Level Trimming
- Opera desde 4 V hasta 30 V
- Menos de 60-μ A de consumo de corriente
- Bajo auto calentamiento, 0.08°C sin corriente de aire
- No Linearidad Solo $\pm 1/4^\circ\text{C}$ Típica
- Baja impedancia de salida 0.1 Ω para 1-mA

Aplicaciones

- Fuentes de alimentación
- Gestión de baterías
- HVAC
- Accesorios

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

FEATURES

- Calibrated Directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10 mV/°C Scale Factor
- 0.5°C Ensured Accuracy (at +25°C)
- Rated for Full –55°C to +150°C Range
- Suitable for Remote Applications
- Low Cost Due to Wafer-Level Trimming
- Operates from 4 to 30 V
- Less than 60-µA Current Drain
- Low Self-Heating, 0.08°C in Still Air
- Nonlinearity Only ±¼°C Typical
- Low Impedance Output, 0.1 Ω for 1 mA Load

DESCRIPTION

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, with an output voltage linearly proportional to the Centigrade temperature. Thus the LM35 has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from the output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of ±¼°C at room temperature and ±¾°C over a full –55°C to +150°C temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The low output impedance, linear output, and precise inherent calibration of the LM35 make interfacing to readout or control circuitry especially easy. The device is used with single power supplies, or with plus and minus power supplies. As the LM35 draws only 60 µA from the supply, it has very low self-heating of less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a –55°C to +150°C temperature range, while the LM35C is rated for a –40°C to +110°C range (–10° with improved accuracy). The LM35 series is available packaged in hermetic TO transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface-mount small-outline package and a plastic TO-220 package.

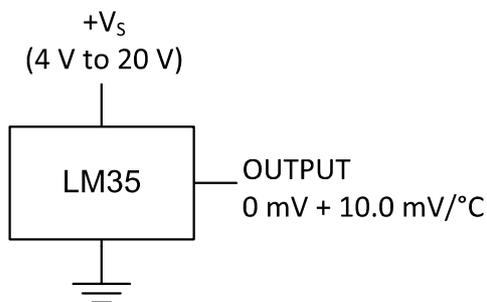
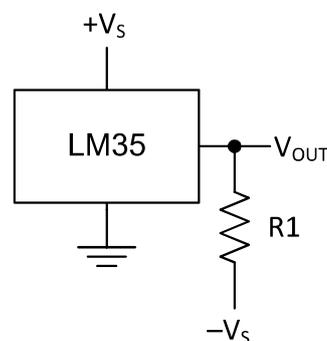


Figure 1. Basic Centigrade Temperature Sensor (+2°C to +150°C)



Choose $R_1 = -V_S / 50 \mu\text{A}$
 $V_{\text{OUT}} = 1500 \text{ mV at } 150^\circ\text{C}$
 $V_{\text{OUT}} = 250 \text{ mV at } 25^\circ\text{C}$
 $V_{\text{OUT}} = -550 \text{ mV at } -55^\circ\text{C}$

Figure 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

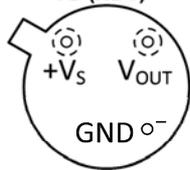
All trademarks are the property of their respective owners.



These devices have limited built-in ESD protection. The leads should be shorted together or the device placed in conductive foam during storage or handling to prevent electrostatic damage to the MOS gates.

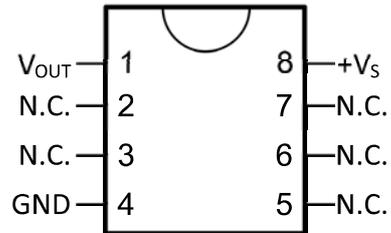
CONNECTION DIAGRAMS

METAL CAN PACKAGE TO (NDV)



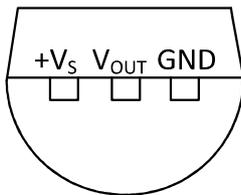
Case is connected to negative pin (GND)

SMALL-OUTLINE MOLDED PACKAGE SOIC-8 (D) TOP VIEW

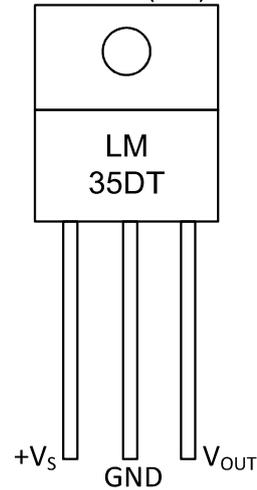


N.C. = No connection

PLASTIC PACKAGE TO-92 (LP) BOTTOM VIEW



PLASTIC PACKAGE TO-220 (NEB)



Tab is connected to the negative pin (GND).

NOTE: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS⁽¹⁾⁽²⁾

		MIN	MAX	UNIT	
Supply voltage		-0.2	35	V	
Output voltage		-1	6	V	
Output current			10	mA	
Electrostatic discharge (ESD) susceptibility ⁽³⁾			2500	V	
Storage temperature	TO Package	-60	180	°C	
	TO-92 Package	-60	150		
	TO-220 Package	-65	150		
	SOIC-8 Package	-65	150		
Lead temperature	TO Package (soldering, 10 seconds)		300	°C	
	TO-92 and TO-220 Package (soldering, 10 seconds)		260		
	SOIC Package	Infrared (15 seconds)	220		
		Vapor phase (60 seconds)	215		
Specified operating temperature range: T_{MIN} to T_{MAX} ⁽⁴⁾	LM35, LM35A		-55	150	°C
	LM35C, LM35CA		-40	110	
	LM35D		0	100	

- (1) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the Texas Instruments Sales Office/ Distributors for availability and specifications.
- (2) Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See [Note 1](#).
- (3) Human body model, 100 pF discharged through a 1.5-kΩ resistor.
- (4) Thermal resistance of the TO-46 package is 400°C/W, junction to ambient, and 24°C/W junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is 180°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is 220°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package is 90°C/W junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the [APPLICATIONS](#) section.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS⁽¹⁾⁽²⁾

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM35A			LM35CA			UNITS (MAX.)
		TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	
Accuracy ⁽⁵⁾	$T_A = 25^\circ\text{C}$	±0.2	±0.5		±0.2	±0.5		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	±0.3			±0.3		±1	
	$T_A = T_{MAX}$	±0.4	±1		±0.4	±1		
	$T_A = T_{MIN}$	±0.4	±1		±0.4		±1.5	
Nonlinearity ⁽⁶⁾	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	±0.18		±0.35	±0.15		±0.3	°C
Sensor gain (average slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10	+9.9, +10.1		+10		+9.9, +10.1	mV/°C
Load regulation ⁽⁷⁾ $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	±0.4	±1		±0.4	±1		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	±0.5		±3	±0.5		±3	
Line regulation ⁽⁷⁾	$T_A = 25^\circ\text{C}$	±0.01	±0.05		±0.01	±0.05		mV/V
	$4 \text{ V} \leq V_S \leq 30 \text{ V}$	±0.02		±0.1	±0.02		±0.1	

- (1) Unless otherwise noted, these specifications apply: $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq 150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq 110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 100^\circ\text{C}$ for the LM35D. $V_S = 5 \text{ Vdc}$ and $I_{LOAD} = 50 \mu\text{A}$, in the circuit of [Figure 2](#). These specifications also apply from $+2^\circ\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of [Figure 1](#). Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.
- (2) Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.
- (3) Tested Limits are ensured and 100% tested in production.
- (4) Design Limits are ensured (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.
- (5) Accuracy is defined as the error between the output voltage and 10 mV/°C times the case temperature of the device, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in °C).
- (6) Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the rated temperature range of the device.
- (7) Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS⁽¹⁾⁽²⁾ (continued)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM35A			LM35CA			UNITS (MAX.)
		TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	
Quiescent current ⁽⁸⁾	$V_S = 5\text{ V}, 25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		μA
	$V_S = 5\text{ V}$	105		131	91		114	
	$V_S = 30\text{ V}, 25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		
	$V_S = 30\text{ V}$	105.5		133	91.5		116	
Change of quiescent current ⁽⁷⁾	$4\text{ V} \leq V_S \leq 30\text{ V}, 25^\circ\text{C}$	0.2	1		0.2	1		μA
	$4\text{ V} \leq V_S \leq 30\text{ V}$	0.5		2	0.5		2	
Temperature coefficient of quiescent current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum temperature for rate accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2	+1.5		+2	$^\circ\text{C}$
Long term stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

(8) Quiescent current is defined in the circuit of Figure 1.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS⁽¹⁾⁽²⁾

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM35			LM35C, LM35D			UNITS (MAX.)
		TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	
Accuracy, LM35, LM35C ⁽⁵⁾	$T_A = 25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1		± 0.4	± 1		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.5			± 0.5		± 1.5	
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	± 0.8	± 1.5		± 0.8		± 1.5	
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	± 0.8		± 1.5	± 0.8		± 2	
Accuracy, LM35D ⁽⁵⁾	$T_A = 25^\circ\text{C}$				± 0.6	± 1.5		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				± 0.9		± 2	
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				± 0.9		± 2	
Nonlinearity ⁽⁶⁾	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.3		± 0.5	± 0.2		± 0.5	$^\circ\text{C}$
Sensor gain (average slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	+10	+9.8, +10.2		+10		+9.8, +10.2	$\text{mV}/^\circ\text{C}$
Load regulation ⁽⁷⁾ $0 \leq I_L \leq 1\text{ mA}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 2		± 0.4	± 2		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.5		± 5	± 0.5		± 5	
Line regulation ⁽⁷⁾	$T_A = 25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.1		± 0.01	± 0.1		mV/V
	$4\text{ V} \leq V_S \leq 30\text{ V}$	± 0.02		± 0.2	± 0.02		± 0.2	

- Unless otherwise noted, these specifications apply: $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq 150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq 110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 100^\circ\text{C}$ for the LM35D. $V_S = 5\text{ Vdc}$ and $I_{\text{LOAD}} = 50\text{ }\mu\text{A}$, in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from $+2^\circ\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of Figure 1. Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.
- Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.
- Tested Limits are ensured and 100% tested in production.
- Design Limits are ensured (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.
- Accuracy is defined as the error between the output voltage and $10\text{ mV}/^\circ\text{C}$ times the case temperature of the device, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in $^\circ\text{C}$).
- Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the rated temperature range of the device.
- Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS⁽¹⁾⁽²⁾ (continued)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM35			LM35C, LM35D			UNITS (MAX.)
		TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	
Quiescent current ⁽⁸⁾	$V_S = 5\text{ V}, 25^\circ\text{C}$	56	80		56	80		μA
	$V_S = 5\text{ V}$	105		158	91		138	
	$V_S = 30\text{ V}, 25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82		
	$V_S = 30\text{ V}$	105.5		161	91.5		141	
Change of quiescent current ⁽⁹⁾	$4\text{ V} \leq V_S \leq 30\text{ V}, 25^\circ\text{C}$	0.2	2		0.2	2		μA
	$4\text{ V} \leq V_S \leq 30\text{ V}$	0.5		3	0.5		3	
Temperature coefficient of quiescent current		+0.39		+0.7	+0.39		+0.7	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum temperature for rate accuracy	In circuit of Figure 1 , $I_L = 0$	+1.5		+2	+1.5		+2	$^\circ\text{C}$
Long term stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

(8) Quiescent current is defined in the circuit of [Figure 1](#).

(9) Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Reporte fotográfico experimento

Fabricación estructuras metálicas.

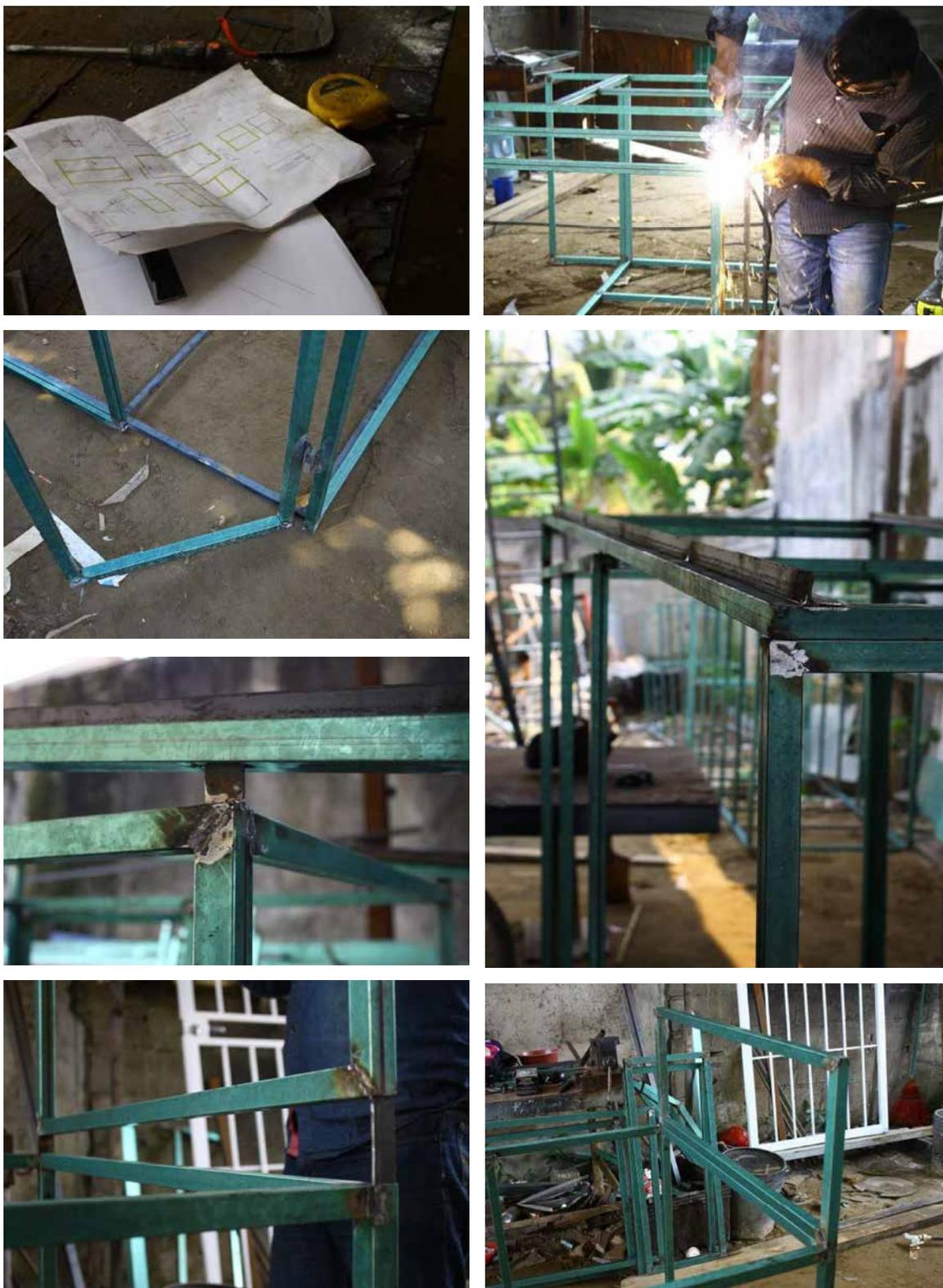


Ilustración 1: Fabricación de estructuras metálicas para recibir paneles de Yeso. Se observa el sistema de ensamble de las diferentes piezas que conforman la estructura para poder hacer las modificaciones de inclinación de la cubierta.



Ilustración 3: Patas roscables en estructuras metálicas para garantizar un correcto nivelado.



Ilustración 2: Traslado de estructuras metálicas al sitio final.

Instalación de cerramientos

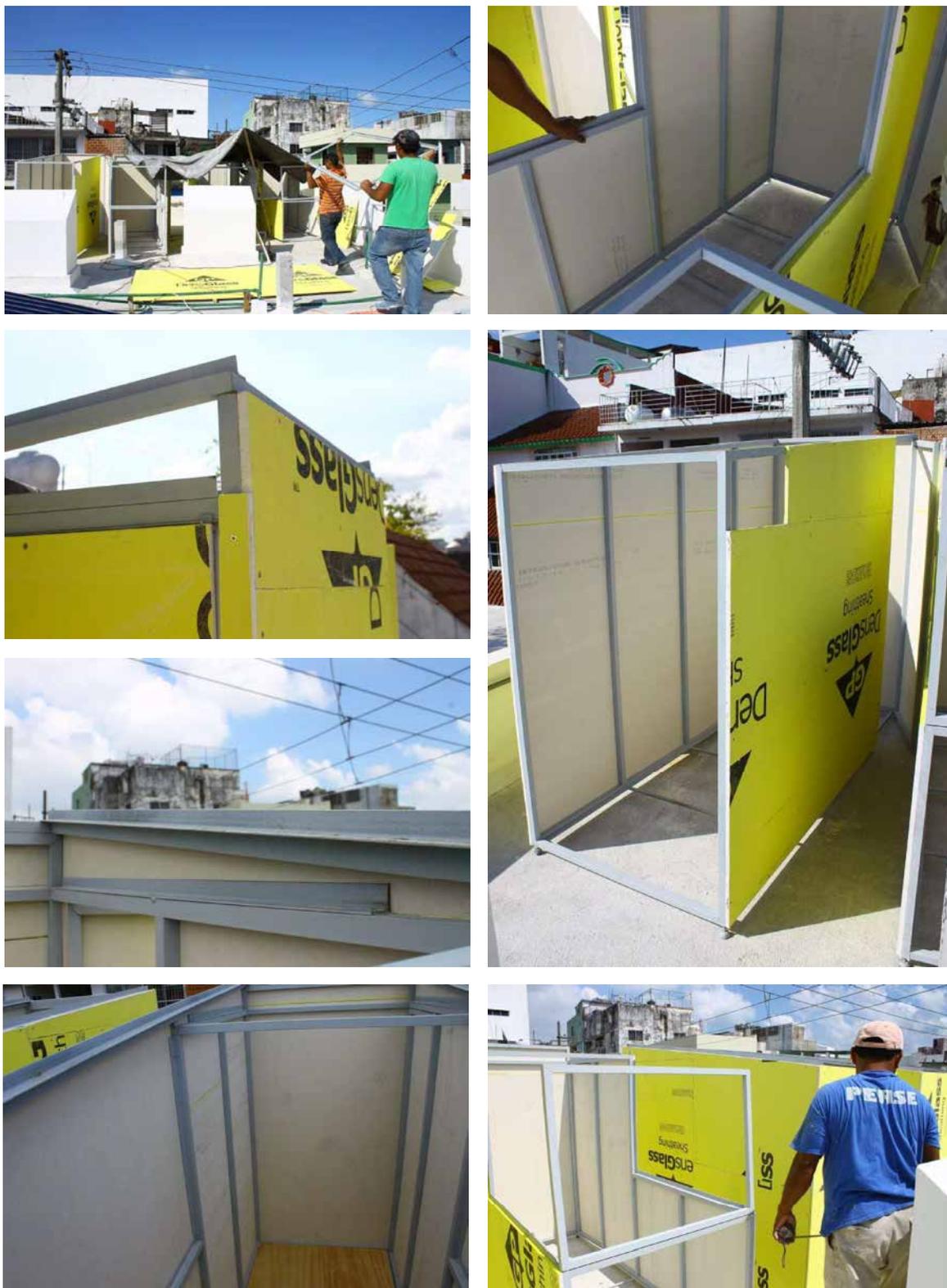


Ilustración 4: Colocación de paneles de yeso con fibra de vidrio sobre las estructuras metálicas. Este sistema al ser ligero, permite un rápido armado de los módulos y una modificación sencilla.



Ilustración 9: Aplicación de acabado a base de cemento en exterior de los paneles

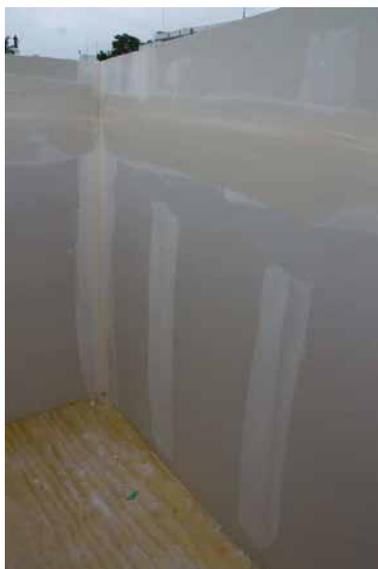


Ilustración 8: Colocación de tablonces de madera para configurar las cavidades ventiladas



Ilustración 5: Detalle de fijación de las esquinas de los paneles interiores de cartón yeso.



Ilustración 6: Aplicación de pintura blanca en los muros de los módulos



Ilustración 7: Vista final del primer grupo de módulos del experimento. Cubiertas Ventiladas de 5, 10 y 20 cm. Sin acabado de la lámina metálica

Fabricación Datalogger



Ilustración 10: Laboratorio donde se fabricaron los dataloggers



Ilustración 15: Sensores LM35 antes de ser colocados en las sondas

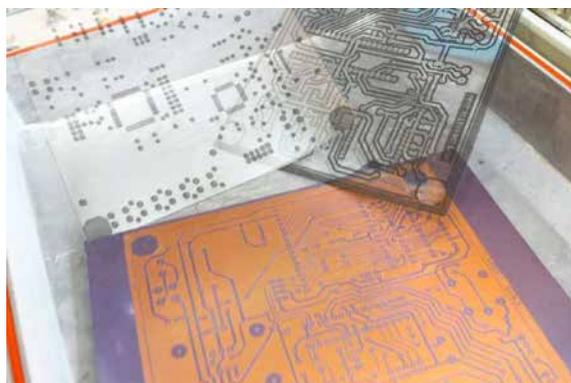


Ilustración 14: Vista de los circuitos del registrador de datos



Ilustración 13: Pantalla LCD del registrador de datos que despliega el menú de programación

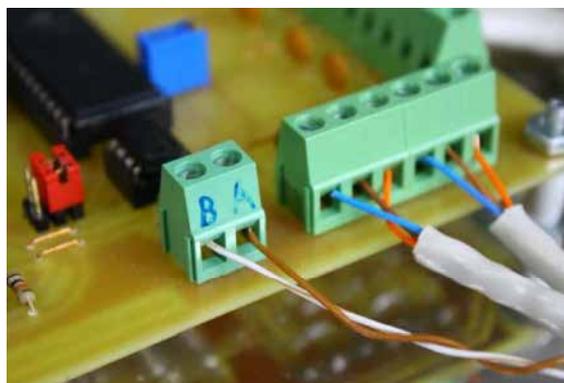


Ilustración 12: Interconexión de los módulos registradores de datos.

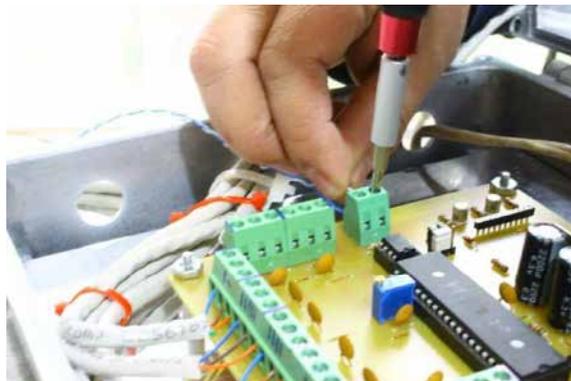


Ilustración 11; Vista Exterior de los registradores de datos antes de instalarlos en los módulos.



Ilustración 17: Pruebas realizadas a los sensores antes de su colocación en los módulos. Se adhirieron a una lámina metálica dentro de una caja colocada a la intemperie y se conectaron a una computadora que desplegaba los registros de temperatura minuto a minuto.

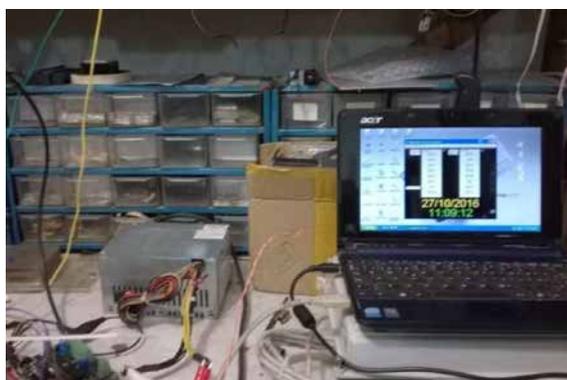


Ilustración 16 Calibración de los sensores en laboratorio. Se colocaron sobre una placa metálica que garantizaba una transmisión de energía uniforme en toda su superficie y a la cual se le podía modificar la temperatura.

Equipos de medición



Ilustración 20: Anemómetro de hilo caliente utilizado para medir velocidad del aire dentro de las CV



Ilustración 19: Consola de la estación meteorológica



Ilustración 18: Instalación de la estación meteorológica en el sitio.

Instalación sensores

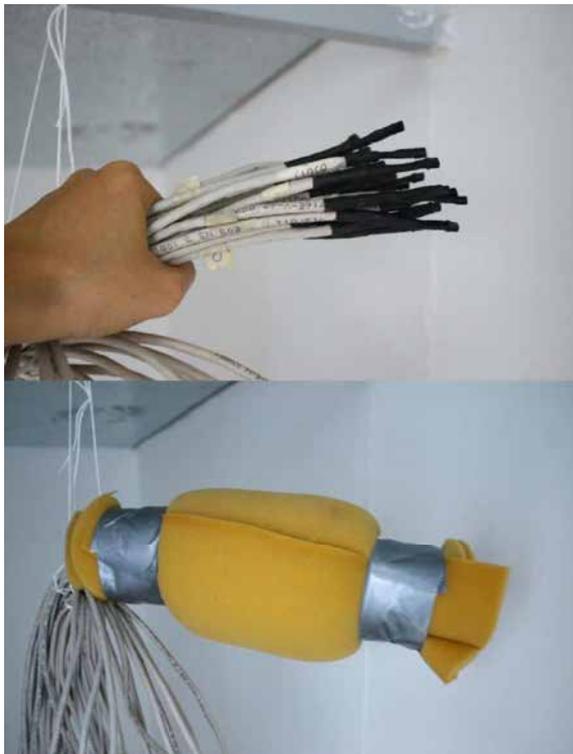


Ilustración 25: Colocación de sensores al interior de uno de los módulos para verificar su calibración en el sitio



Ilustración 24: Colocación de termómetro adicional a los sensores para verificar calibración.



Ilustración 22: Perforación realizada en el piso de los módulos para instalar el ducto por donde se hicieron pasar las sondas para las mediciones interiores de los módulos



Ilustración 23: Instalación de contacto doble al interior de cada módulo para conexión de aparatos de medición



Ilustración 21: Perforación de la lámina metálica interior de la CV para introducir sensores de temperatura



Ilustración 26: Instalación de sensores al interior de los módulos. Se puede observar la aplicación de pasta disipadora entre los sensores y las láminas para garantizar contacto. El colgado de los sensores para las mediciones del aire interior de los modelos y la ubicación del sensor que mide la temperatura del aire al interior de la cavidad ventilada

Cambio inclinación módulos



Ilustración 29: Modificación de los módulos para configurar las diferentes inclinaciones de las láminas de las CV. Se Observa el desensamblaje de las estructuras metálicas y el retiro modulado de las secciones de paneles de yeso



Ilustración 28: Módulo de CV de 36° de inclinación antes de colocar la hoja exterior de la CV



Ilustración 27: Vista de los módulos que conformaron el 3° grupo de mediciones. Las CV de 6°, 21° y 36° de inclinación junto al modelo de CS.

Cambio color láminas



Ilustración 30: En estas fotografías se observa el cambio en el acabado superficial de las CV para los tres primeros grupos de mediciones: Láminas naturales, láminas blancas y láminas rojas

Módulos CNV, CA, CB, CVB, CVA



Ilustración 34: Retiro de las láminas superiores de las CV para la configuración de los módulos



Ilustración 33: Instalación de aislamiento interior en el módulo de CV



Ilustración 32: Vista de la no ventilada.



Ilustración 31: Vista de la cubierta ventilada blanca (CVB), la cubierta ventilada sin acabado exterior (CV) y de la cubierta simple blanca (CSB)