



MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

COORDINACIÓN DE SISTEMAS HÍDRICOS

SUBCOORDINACIÓN DE SISTEMAS HIDRÁULICOS E INFRAESTRUCTURA VERDE

INFORME FINAL DEL PROYECTO CH2311.1: REHABILITACIÓN DE LOS MODELOS EXPERIMENTALES DE CASAS ECOLÓGICAS DEL IMTA

Participantes:

Figueroa Mendiola, Juan Manuel (**Jefe de proyecto**)

González Correa, Cecilia

López López, Edgar Eduardo

López Vázquez, Alejandro

Medina Mendoza, Raúl

Mundo Molina, José Alfredo

Diciembre de 2023



1. BITÁCORA DE REHABILITACIÓN DE LA CASA ECOLÓGICA RURAL..... 5

Trabajo de reparación de vigas y muro de adobe sobre puerta de acceso al baño..... 5

Trabajo de reparación de vigas y muro de adobe sobre acceso a cocineta.....12

Trabajo de reparación muro de adobe agrietado en los accesos de los cuartos.....16

2. TRABAJOS DE MANTENIMIENTO EN ZONA DE INFLUENCIA DE LAS CASAS ECOLÓGICAS.....19

3. PRESUPUESTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LAS CASAS ECOLÓGICAS.....26

Casa ecológica rural.....26

Casa ecológica urbana.....32

Eco tecnologías.....42

Cubierta de techo verde.....43

Cisterna tipo capuchino.....44

4. REHABILITACION DE PROTOTIPOS DE MEDICIÓN.....48

Antecedentes.....48

Sistema para la toma de registros de nivel.....49

Firmware.....52

5. MEDICIONES Y MONITOREO PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LAS CASAS ECOLÓGICAS RURAL Y URBANA DEL IMTA54

Equipos de medición.....54

Estación de medición ETHRP1:.....55

Estación de medición ETHR361

Estación Meteorológica Automática EMA-CSI_IMTA:.....62

6. RESULTADOS EN GRÁFICAS74

Registro y Monitoreo de las estaciones ETHRP1, ETHR3 y EMA-CSI_IMTA.....74

7. Análisis de factibilidad de las eco tecnologías de los modelos experimentales de las casas ecológicas..... 90

SCALL (Sistema de Captación de Agua de Lluvia)..... 90



Humedal.....94

Bici bomba..... 95

Huerto:.....97

Calentador solar97

Cisterna capuchino: 99

Potabilización con desinfección solar..... 101

Celdas Solares 102

ANEXO 1 - Código fuente del programa de los sensores de humedad de suelo y nivel 105

ANEXO 2 - Comportamiento térmico de las casas ecológicas con presencia de lluvia..... 109

ANEXO 2 - Comportamiento térmico de las casas, en presencia de máximos y mínimos en las variables del exterior 127

ANEXO 3 - Planos arquitectónicos de casas ecológicas..... 144

ANEXO 4 - Recorridos en instalaciones del IMTA. 146

ANEXO 5 - Infografías de modelos experimentales. 148





MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

Antecedentes:

Dentro del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, existen modelos experimentales en los contornos de dos casas “ecológicas”; una conocida como la casa ecológica rural, ubicada al Suroeste del instituto, cerca del laboratorio Enzo Levi; y la casa ecológica Semi-urbana, ubicada al Noreste cerca de hidrometeorología.

Dentro y fuera de las casas, se tienen modelos de tecnologías apropiadas que anteriormente el IMTA promovía para proyectos en la República Mexicana. Dichos modelos tienen el propósito de hacer las casas “autosustentables” es decir, que no dependan de servicios que se proveen por parte del gobierno, y que sirvan sobre todo para las zonas rurales alejadas de las zonas urbanas.

Los modelos experimentales de las casas ecológicas anteriormente recibían mantenimiento, sin embargo se han dejado de realizar. Es por ello que es importante realizar la rehabilitación, sobre todo en la casa ecológica rural que presenta grietas, no solo en el aplanado sino también en los muros.

Por otro lado, es importante mencionar que la madera que se utilizó en la construcción de la casa, sobre todo en las vigas, se encuentra dañada; lo que representa un riesgo importante debido que se tienen visitas dentro de la casa, por lo tanto se requiere de una rehabilitación del interior de la casa ecológica rural.

En las páginas siguientes se expone la propuesta de rehabilitación de la casa ecológica rural, así como algunos de los modelos experimentales, y sugerencias a futuro.





1. BITÁCORA DE REHABILITACIÓN DE LA CASA ECOLÓGICA RURAL

Trabajo de reparación de vigas y muro de adobe sobre puerta de acceso al baño.

El día 6 de Julio del 2023 se realizó la visita dentro de la casa ecológica rural ubicada dentro del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. En donde se encontró que tenía problemas de polilla en maderas. El caso más notorio se identificó en la viga sobre la puerta de acceso del baño ver Figura 1. Una vez identificados los puntos a reparar, se solicitó al departamento de servicios de obra el apoyo para la reparación. El día 10 de Julio se retiró el muro dañado, así como la viga de madera dañada. En la Figura 2, se observa el aplanado retirado del muro, los adobes rescatados para ocuparlos nuevamente en la construcción del muro (ver Figura 3). Por último, se observa el hueco del muro a reparar (ver Figura 4).

Del día 14 al 24 de Julio se cotizaron y compraron los materiales, los cuales fueron los siguientes:

- Bulto de calidra
- Paja
- Tabla de madera (para realizar adobes).
- Viga de madera para reponer las vigas dañadas.
- Bulto de cemento



Figura 1. Viga de madera dañada sobre la puerta del baño



Figura 2. Escombros del retiro del aplanado del muro dañado.





Figura 3. Adobes rescatados del muro



Figura 4. Huevo en muro por retiro de viga y muro de adobe





Durante el periodo del 25 de Julio al 04 de Agosto, se llevó a cabo el retiro de cableado electrico en la zona de trabajo ver Figura 5Figura 5Figura 5Figura 5Figura 5, se realizó el corte y preparación de las vigas (ver Figura 6). Además se trabajo en la elaboración de los adobes para la reparación del muro dañado (ver Figura 7 y 8).

Para los días del 4 al 7 de Agosto se colocó la viga con recubierta de aceite quemado, se colocaron los adobes para reparar el muro dañado que se encuentra arriba de la puerta del baño (ver figura 9, 10, 11 y 12).



Figura 5. Viga de madera comprada para la reparación de vigas dañadas.





Figura 6. Retiro del cableado eléctrico



Figura 7. Molde de madera para realizar los adobes.





Figura 8. Adobes realizados y en secado



Figura 9. Viga de madera nueva colocada sobre la puerta de acceso al baño.





Figura 10. Colocación de adobe a un costado del tinaco de almacenamiento de agua.



Figura 11. Colocación de adobe sobre la viga de madera.





Figura 12. Reparación de muro de adobe terminado

Trabajo de reparación de vigas y muro de adobe sobre acceso a cocineta.

Para el día 25 de Agosto se comenzó con el retiro de la viga dañada (ver figura 13 y 14), así como el cambio de las nueva vigas (ver figura 1514). Por otro lado, el día 28 de Agosto se concluyó el trabajo de los cambios de los adobes (ver figura 16).

Por último, para la reparación de acceso al baño, además del acceso a la cocineta, se realiza el aplanado de mezcla: cemento, cal y arena (ver figuras 17 y 18).





Figura 13. Retiro de viga dañada en acceso a la cocineta



Figura 14. Escombro del retiro de viga y muro de block





Figura 15. Colocación de vigas de madera nuevas



Figura 16. Reparación de muro de adobe sobre las vigas.





Figura 17. Aplanado en muro de adobe reparado.



Figura 18. Aplanado en muro de adobe sobre la puerta del baño.





Trabajo de reparación muro de adobe agrietado en los accesos de los cuartos.

El día 28 de Agosto se comienza la reparación del muro agrietado del acceso en los cuartos (ver figura 19). Una vez retirado el aplanado se realiza un aplanado de tierra para posteriormente recibir el aplanado de mezcla (ver figura 20); Siguiendo con la colocación de malla pollera para evitar futuros agrietamientos (ver figura 21). Por último, los días 3 y 4 de Septiembre se procedió a realizar los aplanado de mezcla (ver figura 22).

Para los últimos acabados, se pintó el interior de la casa, se aplicó veneno para termitas y se dio un acabado a la madera con aceite requemado para que el interior de la casa ecológica Rural se encuentre en las mejores condiciones (ver figura 23).



Figura 19. Muro de acceso a cuarto agrietado.





Figura 20. Reparación del aplanado en muro de adobe.



Figura 21. Colocación de malla pollera antes de aplanado para evitar grietas.





Figura 22. Aplanado en muro de acceso a cuartos.



Figura 23. Rehabilitación con pintura en el interior de la casa ecológica rural





2. TRABAJOS DE MANTENIMIENTO EN ZONA DE INFLUENCIA DE LAS CASAS ECOLÓGICAS

Durante el 15 de noviembre al 29 de diciembre del 2023, se llevaron a cabo trabajos de mantenimiento en el área exterior de las casas ecológicas, sobre todo en la jardinería, el mantenimiento de los huertos, así como la rehabilitación del humedal de la casa ecológica rural.



Figura 24. Huerto con paja de avena como fertilizante.

En la figura 24 se aprecia el huerto con la paja de avena como fertilizante, la paja se ocupó de lo que sobró de la realización del adobe para la reparación de los muros de la casa ecológica rural.

Respecto al trabajo en el área del humedal, podemos apreciar lo siguiente: en la figura 25, se puede observar cómo se encontraba el humedal antes de la rehabilitación, mientras que en la figura 26 se destaca la vegetación tipo carrizo, chuspata (*typha latifolia*), tule triangular y juncos (pasto) el cual funciona como sistema de filtrado para poder utilizar el agua tratada en el huerto.





Figura 25. Humedal antes de rehabilitación



Figura 26. Humedal rehabilitado con vegetación tipo carrizo, chuspata (*typha latifolia*), tule triangular y juncos (pasto)





Por otro lado, en las imágenes figuras 27, 28, 29 y 30 se aprecia al personal de jardinería, realizando mantenimiento de podado en el área circundante de los modelos de casas ecológicas, se puede observar el cambio de tonalidad en el pasto durante el mes de Mayo al mes de diciembre (ver figura 31), después del mantenimiento del personal (ver figura 32).



Figura 27. Personal de jardinería realizando poda de pasto con podadora

El personal de jardinería mantenía el área próxima a las casas ecológicas con la poda, además de mantener la vegetación circundante en buen estado (ver figura 33); por otro lado, también daba mantenimiento a la cubierta verde de la casa ecológica urbana como lo podemos apreciar en la figura 34.





Figura 28. Personal de jardinería realizando poda de pasto con el desbrozadora.



Figura 29. Personal de jardinería realizando el retiro de hierba sobre la zona de tezontle





Figura 30. Área circundante a las casas ecológicas con la poda de hierba



Figura 31. Pasto seco amarillento.





Figura 32. Pasto verde con el cuidado del personal de jardinería.



Figura 33. Vista aérea del mantenimiento a las zonas verdes de las casas ecológicas





Figura 34. Personal de jardinería realizando el riego a la azotea verde de la casa ecológica urbana.





3. PRESUPUESTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LAS CASAS ECOLÓGICAS.

Casa ecológica rural.

Para poder obtener los costos de cada una de las casas ecológicas, se realizaron los planos arquitectónicos con la verificación de medidas en sitio en donde se encuentra el plano de la casa ecológica Rural, la cual cuenta con 3 recamaras, un baño completo, una cocineta y el área de sala-comedor, (ver figura 35). Por otro lado, la casa ecológica urbana cuenta con 3 recamaras, un baño completo, medio baño, así como un área con cocineta, sala-comedor y un vestíbulo debajo de la cúpula (ver figura 36).

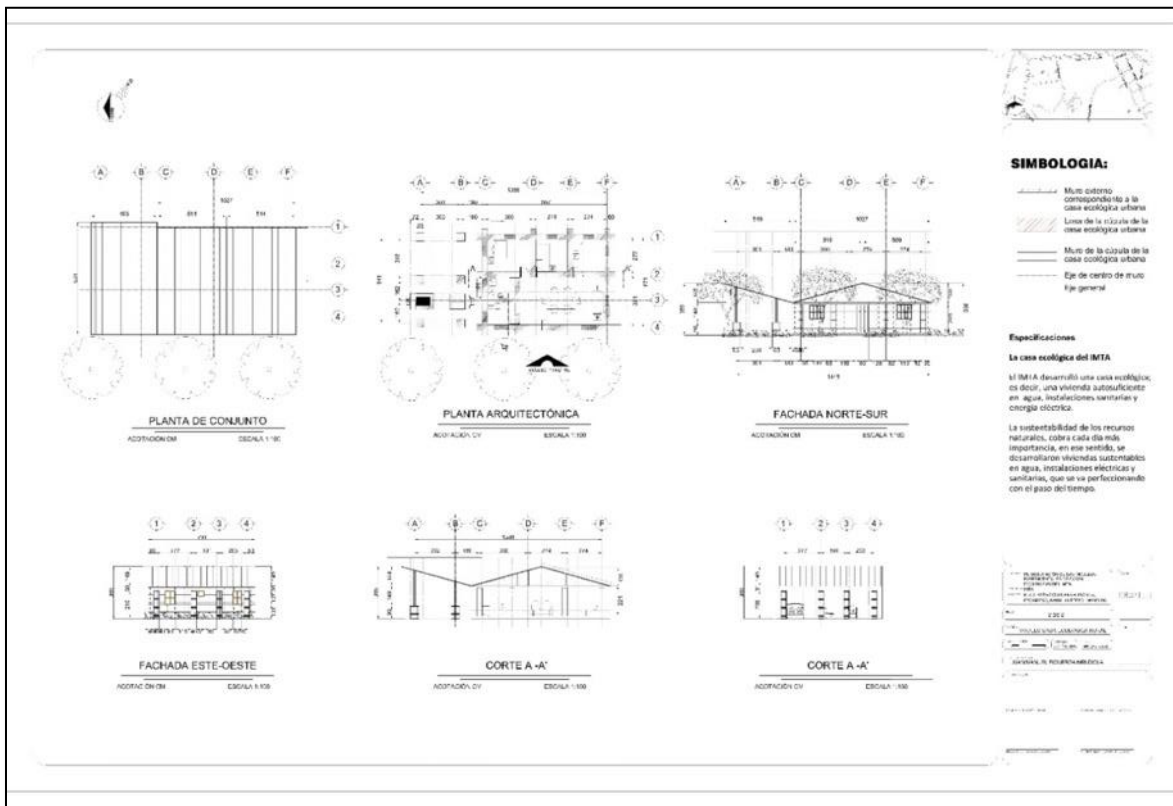


Figura 35. Plano arquitectónico de la casa ecológica rural

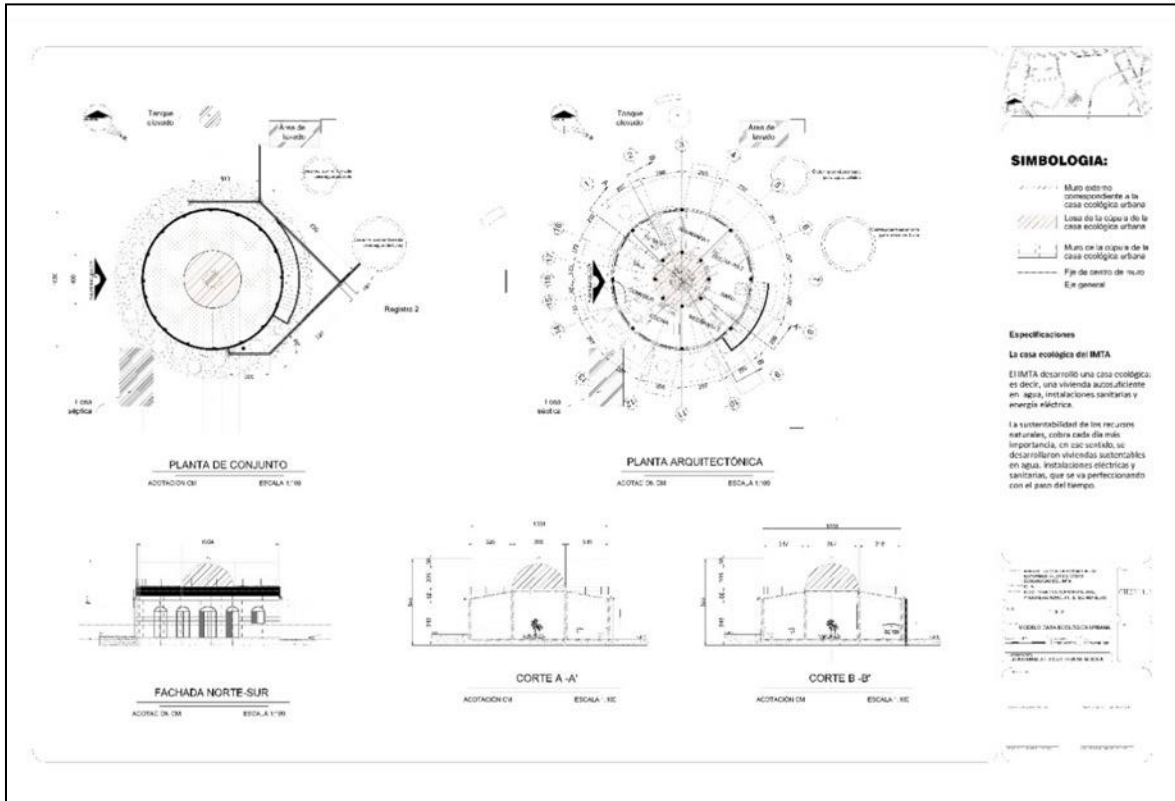


Figura 36. Plano arquitectónico de la casa ecológica urbana

En las casas ecológicas se tienen dos diferentes sistemas constructivos. En la casa rural se encuentra una casa construida a base de una losa de cimentación de concreto armado, con muros de adobe de 40 cm, con refuerzos tanto de carrizo como polines en cada muro, cuentan con vigas de 10 x 20 cm que sirven de dinteles sobre las puertas y ventanas.

De cubierta cuenta con un armado de vigas de 10 x 20 cm, así como vigas de 5 x 10 cm, para posteriormente recubrirla de tablas y sobre ella polietileno para aislante, y de cubierta final lámina de fibrocemento.





Los muros interiores se encuentran aplanados con mortero y arena, recubiertos de pintura blanca, cuenta con un piso de loseta cerámica. A los elementos de madera como; vigas, tablas, dinteles y puertas, se les aplicó un tratamiento de aceite requemado. Por otro lado, la casa cuenta con un tanque de almacenamiento de agua sobre el baño, el cual suministra agua a la casa. Las aguas negras se dirigen al humedal, el cual a través de un proceso de filtrado se obtiene agua con calidad para uso de riego.

El **costo de la casa ecológica rural** en cuestión de obra civil tiene un costo aproximado de **\$727,066.83**; esto incluye desde la cimentación de concreto armado, los muros de adobe, así como la cubierta de la misma, además de puertas y ventanas (ver tabla 1).

Tabla 1. Presupuesto de la casa ecológica rural.

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
1005 01	LIMPIEZA Y TRAZO EN EL ÁREA DE TRABAJO	M2	\$19	79.56	\$1,511.64
1100 01	EXCAVACIÓN CON EQUIPO PARA ZANJAS EN CUALQUIER MATERIAL EXCEPTO ROCA, EN SECO EN ZONA A DE 0 A 6.00 M DE PROFUNDIDAD.	M3	\$31.33	47.736	\$1,495.57
1131 04	RELLENO COMPACTADO AL 85% PROCTOR, CON MATERIAL DE BANCO	M3	\$180.05	39.78	\$7,162.39
4090 01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO DE F'C= 250 KG/CM2.	KG	\$48.08	1336.18	\$64,243.53
4030 05	FABRICACIÓN Y COLADO DE CONCRETO VIBRADO Y CURADO DE F'C= 250 KG/CM2.	M3	\$4,101.55	17.50	\$71,790.25
4080	CIMBRA CIMENTACIONES.	M2	\$293.47	7.6	\$2,230.37





CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
01					
	MURO DE 40 CM. DE ADOBE DE CONCRETO DE 10X20X40 CM. ASENTADO CON MEZCLA CEMENTO ARENA 1:5, ACABADO APARENTE, CON REFUERZOS HORIZONTALES A BASE DE CARRIZO, INCLUYE: MATERIALES, ACARREOS, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M2	\$1,105.25	143.24	\$15,8316.01
	VIGA DE MADERA DE PINO DE 0.10X0.20 M SOBRE PUERTAS Y VENTANAS. DE SECCIÓN, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, ACARREOS, CORTES, DESPERDICIOS, ANCLAJES, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	ML	\$919.22	38.4	\$35,298.05
4090 01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO DE F'C= 250 KG/CM2.	TON	\$48.08	41.2	\$1,980.90
4030 05	FABRICACIÓN Y COLADO DE CONCRETO VIBRADO Y CURADO	M3	\$4,101.55	17.50	\$71,790.25
4080 04	CIMBRA DE LOSAS CON ALTURA DE OBRA FALSA HASTA 3.60 M.	M2	\$397.17	7	\$2,780.19
4100 01	APLANADO CON MORTERO CEMENTO-ARENA DE 1.5 CM DE ESPESOR	1.5 M2	\$236.46	204.43	\$48,338.96
4115 03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE LOSETA VINÍLICA	M2	\$358.93	48.5	\$1,7408.11
7004	SUMINISTRO Y COLOCACION DE	M2.	\$78.51	210.93	\$16,560.11





CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
01	PINTURA VINILICA EN INTERIORES Y EXTERIORES (TRES MANOS).				
	CUBIERTA DE LÁMINA DE FIBROCEMENTO ROJO, CON AISLANTE DE POLICARBONATO.	M2.	\$374.69	80.6	\$30,200.01
	VIGA DE MADERA DE PINO DE 0.10X0.20 M. DE SECCIÓN, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, ACARREOS, CORTES, DESPERDICIOS, ANCLAJES, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	ML	\$919.22	8.2	\$7,537.60
	VIGA DE MADERA DE PINO DE 0.05X0.10 M. DE SECCIÓN, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, ACARREOS, CORTES, DESPERDICIOS, ANCLAJES, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	ML	\$588.185	115.2	\$67,758.91
4080 04	MADERA COLOCADA A UNA ALTURA DE HASTA 3.60 M.	M2	\$397.17	80.6	\$32,011.90
	PUERTA DE TAMBOR DE 1.00X2.10 M. CON TRIPLAY DE PINO DE 6 MM. Y BASTIDOR DE MADERA DE PINO DE PRIMERA, INCLUYE: MARCO SENCILLO DE MADERA DE PINO CON CHAMBRANAS, BISAGRAS LATONADAS, ACABADO BARNIZ NATURAL, MATERIALES, ACARREOS, CORTES, DESPERDICIOS, HABILITADO, FIJACIÓN, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	\$4,831.03	5	\$24,155.15





CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
	VENTANA DE MADERA DE CEDRO DE 0.80 X 1.17 M. CON MOLDURAS CHAMBRANA DE 40MM, ENSAMBLE CON RESISTOL 850, CLAVILLOS Y PIJAS DE DIFERENTES MEDIDAS PARA SUJECIÓN, PULIDO CON LIJA PARA MADERA, APLICACIÓN DE RESANADOR PLÁSTICO Y PASTA RELLENADOR PARA MADERA, APLICACIÓN DE FONDO CATALIZADO Y TINTA AL ACEITE, TERMINADO EN BARNIZ POLIURETANO SEMI-MATE. INCLUYE: MATERIAL, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA.	PZA	\$1,771.95	10	\$17,719.50
INSTALACIÓN ELÉCTRICA					
6010 01	SALIDA P/CENTRO DE LUZ O CONTACTO CON SALIDA, TUBERÍA POLIDUCTO 3/4" DE DIÁMETRO.	SAL	\$1,345.68	14	\$18,839.52
INSTALACIÓN HIDRÁULICA					
	INSTALACIÓN DE MUEBLES SANITARIOS C/COLOCACIÓN Y SUM. DE ALIMENTACIÓN DE AGUA, CON TUBERÍA DE COBRE: DE LAVABO, WC, REGADERA, FREGADERO O TINACO.	SAL	\$5,587.58	16	\$21,530.88
				TOTAL	\$727,066. 83





Casa ecológica urbana

Por otro lado, la casa ecológica urbana, cuenta con una cimentación a base de zapatas aisladas con contra trabes y un firme de concreto, además se cuenta con muros de block de concreto aparente pintados para dar apariencia de adobe. Cuenta con una losa monolítica de concreto armado, así como una cúpula de tabique aparente. En sus acabados tiene ventanas de aluminio anodizado así como piso cerámico. En la parte de afuera cuenta con una escalera con rampa de concreto y debajo de ella una pequeña bodega, ésta escalera permite subir al techo de cubierta verde.

El **costo** de la obra civil de la **casa ecológica urbana**, es de **\$652,730.23** aproximadamente, que incluye la cimentación de zapatas con contra trabes, así como los muros de block de concreto, la losa monolítica, así como la cúpula de tabique aparente (ver Tabla 2Tabla 2Tabla 2Tabla 2Tabla 2Tabla 2).

Tabla 2. Presupuesto de la casa ecológica urbana.

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
100501	LIMPIEZA Y TRAZO EN EL ÁREA DE TRABAJO	M2	\$19	93.2	\$1,770.80
110001	EXCAVACIÓN CON EQUIPO PARA ZANJAS EN CUALQUIER MATERIAL EXCEPTO ROCA, EN SECO EN ZONA A DE 0 A 6.00 M DE PROFUNDIDAD.	M3	\$31.33	43.62	\$1,366.61
113104	RELLENO COMPACTADO AL 85% PROCTOR, CON MATERIAL DE BANCO	M3	\$180.05	43.62	\$7,853.78





CIMENTACIÓN					
	ZAPATAS CON DADO				
4090 01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO DE F'C= 250 KG/CM2.	KG	\$48.08	28.01	\$1,346.72
4030 05	FABRICACIÓN Y COLADO DE CONCRETO VIBRADO Y CURADO DE F'C= 250 KG/CM2.	M3	\$4,101.55	0.28	\$1,148.43
4080 01	CIMBRA CIMENTACIONES.	M2	\$293.47	1.56	\$457.81
	CONTRATRABE TI CIRCULO GRANDE				
4090 01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO DE F'C= 250 KG/CM2.	KG	\$48.08	29.11	\$1,399.61
4030 05	FABRICACIÓN Y COLADO DE CONCRETO VIBRADO Y CURADO DE F'C= 250 KG/CM2.	M3	\$4,101.55	1.86	\$7,628.88
4080 01	CIMBRA CIMENTACIONES.	M2	\$293.47	1.56	\$457.81
	CONTRATRABE TI CIRCULO PEQUEÑO				





4090 01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO DE F'C= 250 KG/CM2.	KG	\$48.08	14.12	678.89
4030 05	FABRICACIÓN Y COLADO DE CONCRETO VIBRADO Y CURADO DE F'C= 250 KG/CM2.	M3	\$4101.55	0.68	\$2,789.05
4080 01	CIMBRA CIMENTACIONES.	M2	\$293.47	0.57	167.28
	CONTRATRABE T2				
4090 01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO DE F'C= 250 KG/CM2.	KG	\$48.08	23.24	\$1,117.38
4030 05	FABRICACIÓN Y COLADO DE CONCRETO VIBRADO Y CURADO DE F'C= 250 KG/CM2.	M3	\$4101.55	1.40	\$5,742.17
4080 01	CIMBRA CIMENTACIONES.	M2	\$293.47	1.17	\$343.36
	FIRME				
4030 02	FABRICACIÓN Y COLADO DE CONCRETO VIBRADO Y CURADO DE F'C= 150 KG/CM2.	M3	\$3,620.27	6.57	\$23,785.17





4091 01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MALLA ELECTROSOLDADA E-6X6-10/10.	M3	\$86.23		65.72	\$5,667.04
4080 01	CIMBRA CIMENTACIONES.	M2	\$293.47		3.31	971.39
LOSA CONCRETO						
4090 01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO DE F'C= 250 KG/CM2.	KG	\$48.08		346.62	\$16,665.49
4030 05	FABRICACIÓN Y COLADO DE CONCRETO VIBRADO Y CURADO	M3	\$4101.55		7.31	\$29,982.33
4080 04	CIMBRA DE LOSAS CON ALTURA DE OBRA FALSA HASTA 3.60 M.	M2	\$397.17		73.1	\$29,033.13
4100 01	APLANADO CON MORTERO CEMENTO-ARENA 1:5 DE 1.5 CM DE ESPESOR	M2	\$236.46		127.00	\$30,030.42
4115 03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE LOSETA VINÍLICA	M2	\$358.93		72.25	\$25,932.69
7004 01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE PINTURA VINILICA EN INTERIORES Y EXTERIORES (TRES MANOS).	M2.	\$78.51		446.00	\$35,015.46
7004 02	ESMALTE EN MUROS Y PLAFONES.	M2	\$101.66		335.69	\$34,126.24





MURO - BLOC K12	MURO DE 12 CM. DE BLOCK DE CONCRETO DE 12X20X40 CM. ASENTADO CON MORTERO - ARENA 5, ACABADO COMÚN, INCLUYE: MATERIALES, ACARREOS, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M2	\$319.74	147.00	\$47,001.78
402004	BONIFICACIÓN POR UNA CARA APARENTE, EN M2 MUROS DE 14 CM DE ESPESOR.	M2	\$90.64	147.00	\$1,3324.08
CASTI LLO15 x20	CASTILLO DE 15X20 CM. DE CONCRETO HECHO EN OBRA DE F'C=200 KG/CM2, ACABADO COMÚN,	ML	\$322.28	51.2	\$16,500.74
CADE NA15x 30	CADENA DE 15X30 CM. DE CONCRETO HECHO EN OBRA DE F'C=200 KG/CM2, ACABADO COMÚN, ARMADA CON 4 VARILLAS DE 3/8" Y ESTRIBOS DEL NO.2 A CADA 20 CM., INCLUYE: MATERIALES, ACARREOS, CORTES, DESPERDICIOS, TRASLAPES, AMARRES, CIMBRADO, COLADO, DESCIMBRADO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA	ML	\$475.33	55.15	\$2,6214.45
	CÚPULA DE TABIQUE ROJO RECOCIDO				\$29,688.2631





11104-001	BARANDAL DE 0.90 M. DE ALTURA CON PASAMANOS Y BARROTES DE FIERRO REDONDO DE 1/2" A CADA 20 CM., SOLDADOS A SOLERA DE 1 1/2"X 1/4" Y REFUERZOS DE PTR DE 1 1/2" DE 1/8" A CADA 2 M. AHOGADOS EN CONCRETO, INCLUYE: MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	\$1,376.72	40.8	76	\$5,6170.1
414002	IMPERMEABILIZACIÓN DE AZOTEAS A BASE DE SELLADOR E IMPRIMADOR, 2 CAPAS REVEST. IMPERMEABLE C/MEMBRANA DE REF. INTERMEDIO Y ACABADO APARENTE.	m2	\$477.83	26.8	844	\$12,805.
11106-101	VENTANA UN FIJO Y UN CORREDIZO DE 0.6 M. DE ANCHO POR 0.6 M. DE ALTURA, DE PERFILES DE ALUMINIO DE 1.5" PULGADAS, ANODIZADO NATURAL, Y CRISTAL CLARO DE 4 MM, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, CORTES, DESPERDICIOS, FIJACIÓN, SELLADO, LIMPIEZA, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	\$1,552.73	1		\$1,552.73





11106-115	VENTANA UN FIJO Y UN CORREDIZO DE 1.2 M. DE ANCHO POR 1.2 M. DE ALTURA, DE PERFILES DE ALUMINIO DE 2" PULGADAS, ANODIZADO DURANODICK, Y CRISTAL GRIS DE 6 MM, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, CORTES, DESPERDICIOS, FIJACIÓN, SELLADO, LIMPIEZA, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA 6	\$3,560.3 6	6	\$2,1362.1 6
11106-113	VENTANA UN FIJO Y UN CORREDIZO DE 2 M. DE ANCHO POR 2.2 M. DE ALTURA, DE PERFILES DE ALUMINIO DE 3" PULGADAS, ANODIZADO DURANODICK, Y CRISTAL GRIS DE 6 MM, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, CORTES, DESPERDICIOS, FIJACIÓN, SELLADO, LIMPIEZA, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA 2	\$9,420.2 2	1	\$9,420.2 2





11106-112	VENTANA UN FIJO Y UN CORREDIZO DE 1.6 M. DE ANCHO POR 1.8 M. DE ALTURA, DE PERFILES DE ALUMINIO DE 2" PULGADAS, ANODIZADO DURANODICK, Y CRISTAL CLARO DE 6 MM, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, CORTES, DESPERDICIOS, FIJACIÓN, SELLADO, LIMPIEZA, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	\$5,815.87	3	\$1,7447.61
11103-005	CANCEL INTERIOR FIJO, DE 1.80X2.40 M. A BASE DE PERFILES DE ALUMINIO DURANIDICK LINEA 1.75" CON POSTES A CADA 0.60 M, DOS FIJOS DE 6 MM DE ESPESOR DOS CARAS, INCLUYE: MATERIALES, ACARREOS, CORTES, DESPERDICIOS, FIJACIÓN, HERRAJES, SELLADO CON SILICON, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	\$9,742.54	1.0000	\$9,742.54





11101-003	PUERTA ABATIBLE DE 0.9 M. DE ANCHO POR 2.2 M. DE ALTURA, DE PERFILES DE ALUMINIO DE 1.75" PULGADAS, PINTADO BLANCO, CRISTAL DE 6 MM Y DUELA DE ALUMINIO, CERRADURA, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, JALADERA, CORTES, DESPERDICIOS, FIJACIÓN, SELLADO, LIMPIEZA, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	\$9,556.96	3	\$28,670.88
	PUERTA ABATIBLE DE 0.8 M. DE ANCHO POR 2.1 M. DE ALTURA, DE PERFILES DE ALUMINIO DE 1.75" PULGADAS, ANODIZADO DURANODICK, CRISTAL DE 6 MM Y DUELA DE ALUMINIO, CERRADURA, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, JALADERA, CORTES, DESPERDICIOS, FIJACIÓN, SELLADO, LIMPIEZA, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	\$9,065.30	2	\$18,130.60
	ESCALERA EXTERIOR				





	LOSA DE CONCRETO F'C=200KG/CM2, ARMADA CON VARILLA DEL NO.3 (3/8", A CADA 20 CM, EN AMBOS SENTIDOS, INCLUYE SUMINISTRO DE MATERIALES, ACARREOS, ELEVACIONES, CIMBRADO ACABADO COMÚN, INCLUYE: MATERIALES, ACARREOS, CORTES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	m3	9	\$7,753.6	0.98	\$7,598.6 2
MURO - BLOC K12	MURO DE 12 CM. DE BLOCK DE CONCRETO DE 12X20X40 CM. ASENTADO CON MORTERO - ARENA 5, ACABADO COMÚN, INCLUYE: MATERIALES, ACARREOS, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M2		\$319.74	10.14	\$3,242.16
	SUMINISTRO Y COLOCACION DE PINTURA VINILICA EN INTERIORES Y EXTERIORES (TRES MANOS) .	M2.		\$78.51	10.14	\$796.09
	ESMALTE EN MUROS Y PLAFONES.	M2		\$101.66	10.14	\$1,030.8 3





11010-012	PUERTA A BASE DE CUADRADO DE 1/2" A CADA 15 CMS, Y TRES SOLERAS DE FIERRO PERFORADA DE 1 1/4" X 3/16" SOLDADA A VARILLA EXISTENTE, INCLUYE; RESANE, MATERIALES, ACARREOS, CORTES, DESPERDICIOS, SOLDADURA, FIJACIÓN, APLICACIÓN DE PINTURA DE ESMALTE, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	\$3,217.20		\$3,217.20
	INSTALACIÓN ELÉCTRICA				
	SALIDA P/CENTRO DE LUZ O CONTACTO CON SALIDA, TUBERÍA POLIDUCTO 3/4" DE DIÁMETRO.	PZA	\$1345.68	18	\$24,222.24
	INSTALACIÓN HIDRÁULICA				
	INSTALACIÓN DE MUEBLES SANITARIOS C/COLOCACIÓN Y SUM. DE ALIMENTACIÓN DE AGUA, CON TUBERÍA DE COBRE: DE LAVABO, WC, REGADERA, FREGADERO O TINACO.	SAL	\$5587.58	7	\$39,113.06
				TOTAL	\$652,730.23

Eco tecnologías





Cubierta de techo verde.

El análisis de la cubierta verde se propone aparte debido a que es una eco tecnología independiente de la casa. La cubierta verde, se instala sobre la losa monolítica, un relleno de filtrado de piedras que sirve como capa drenante, además de una capa de sustrato y por último una capa de vegetación. Por otro lado, una geo membrana la cual impedirá que el agua pase hacia la losa, además de las bajantes de agua pluvial, las cuales se almacenan en una cisterna enterrada. El **costo** de la **cubierta techo verde** es de **\$69,656.23** aproximadamente (ver Tabla 3Tabla 3).

Tabla 3. Presupuesto de la cubierta vegetal sobre el techo de la casa ecológica urbana.

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE PVC DE 4" EN BAJADA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS PLUVIALES DE CASA ECOLÓGICA DEL IMTA, INCLUYE: PERFORACIÓN DE PARED, COLADO DE CODO, CONEXIÓN A RED DE DRENAJE EXISTENTE, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA NECESARIO.	SERVICIO	\$15,068.18	1	\$15,068.18
	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SILLAR SIMILAR AL EXISTENTE EN BAJADAS DE AGUA PLUVIAL, INCLUYE: MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA NECESARIO	SERVICIO	\$2,812.73	2	\$5,625.46
	FABRICACIÓN Y COLOCACIÓN DE BOTAS DE PVC EN BAJADAS DE AGUA PLUVIAL, INCLUYE:	SERVICIO	\$4,219.09	2	\$8,438.18





CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
	MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA NECESARIO.				
	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CAPA DE GEODREN H15 PLUS (CON GEOTEXTIL). INCLUYE: RECORTE DE MATERIAL, TENDIDO, CARGA Y DESCARGA HASTA EL SITIO, ACARREOS HORIZONTALES Y VERTICALES A NO MÁS DE 20M DENTRO DE LA OBRA, LIMPIEZA AL FINAL DEL CONCEPTO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	m2	\$320.67	83.32	\$26,718.22
	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CAPA DE GEOTEXTIL DE NW200. INCLUYE: RECORTE DE MATERIAL, TENDIDO, CARGA Y DESCARGA HASTA EL SITIO, ACARREOS HORIZONTALES Y VERTICALES A NO MÁS DE 20 M DENTRO DE LA OBRA, LIMPIEZA AL FINAL DEL CONCEPTO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	m2	\$50.39	83.32	\$4,198.43
			IVA		\$9,607.76
			Total		\$69,656.23

Cisterna tipo capuchino

La cisterna tipo capuchino está construida a través de una base de concreto armado con malla electro soldada, muro de tabique tipo capuchino además de malla electro soldada y cinturones de varilla de media para refuerzo estructural,





recubierta con aplanado por dentro y fuera de la misma; cuenta con una cubierta de concreto, además de una tapa de acero para acceso, su capacidad puede variar; para el caso de la cisterna que se ubica a un costado de la casa ecológica rural, se tiene una capacidad de 50,000 litros y un costo aproximado de \$96,589.60, ver tabla 4 .

Tabla 4. Presupuesto de cisterna tipo capuchino de 50,000 litros.

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	PU	CANTIDAD	IMPORTE
	ARENA	M3	\$ 561.44	7	\$ 3,930.08
	GRAVA	M3	\$ 582.32	5	\$ 2,911.60
	MALLA ELECTROSOLDADA	ROLLO	\$ 4,600.00	1	\$ 4,600.00
	CEMENTO	TON	\$ 4,400.00	3	\$ 13,200.00
	LADRILLO	PZA	\$ 3.48	1300	\$ 4,524.00
	VARILLA DE 1/2"	PZA	\$ 310.00	6	\$ 1,860.00
	VARILLA DE 3/8"	PZA	\$ 175.00	6	\$ 1,050.00
	ALAMBRE RECOCIDO	KG	\$ 32.75	25	\$ 818.75
	ARMEX DE 15X15	PZA	\$ 170.00	0.5	\$ 85.00
	SONOTUBO DE 20 CM	PZA	\$ 219.82	1	\$ 219.82
	TAPA DE 60X60	PZA	\$ 986.00	1	\$ 986.00
	NIPLE 3/4" X 30 CM GALVANIZADO	PZA	\$ 140.00	1	\$ 140.00
	CODO 3/4" X 90° GALVANIZADO	PZA	\$ 60.00	1	\$ 60.00
	NIPLE 3/4" X 10 CM GALVANIZADO	PZA	\$ 25.00	1	\$ 25.00
	LLAVE DE ESFERA DE 3/4"	PZA	\$ 250.00	1	\$ 250.00
	NIPLE DE 1/2" X 15 CM GALVANIZADO	PZA	\$ 54.00	2	\$ 108.00
	CODOD DE 90 X 1/2"	PZA	\$	2	\$





CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	PU	CANTIDAD	IMPORTE
	GALV		18.00		36.00
	NIPLE DE 1/2" X 30 CM	PZA	\$ 85.00	1	\$ 85.00
	TEE GALVANIZADA 1/2"	PZA	\$ 33.00	1	\$ 33.00
	NIPLE DE 1/2" X 60 CM	PZA	\$ 95.00	1	\$ 95.00
	COPLA DE 1/2" GALVANIZADO	PZA	\$ 18.00	1	\$ 18.00
	LLAVE NARIZ DE 1/2"	PZA	\$ 65.00	1	\$ 65.00
	LLAVE DE ESFERA DE 1/2"	PZA	\$ 95.00	1	\$ 95.00
	CODO 90°X4" PVC SANITARIO	PZA	\$ 33.00	11	\$ 363.00
	TEE 4" PVC SANITARIO	PZA	\$ 45.00	5	\$ 225.00
	TAPA DE PVC SANITARIO DE 4"	PZA	\$ 12.00	1	\$ 12.00
	TUBOS PVC SANITARIOS 4"	PZA	\$ 188.00	4	\$ 752.00
	COPLA SANITARIO DE 4"	PZA	\$ 15.00	2	\$ 30.00
	REDUCCION DE 4" A 2"	PZA	\$ 20.00	2	\$ 40.00
	CONECTOR CRE 2"	PZA	\$ 16.50	1	\$ 16.50
	CONECTOR CRI 2"	PZA	\$ 17.00	1	\$ 17.00
	TAPON DE 2"	PZA	\$ 13.50	1	\$ 13.50
	TUBO PVC HIDRAULICO DE 2"	ML	\$ 27.00	1	\$ 27.00
	CONECTOR CRE 1 1/2	PZA	\$ 12.50	2	\$ 25.00
	TEE PVC HIDRAULICO 1 1/2 "	PZA	\$ 25.00	1	\$ 25.00
	REDUCCION PVC HIDRAULICO DE 1 1/2" A 1/2"	PZA	\$ 20.00	1	\$ 20.00
	TUBO PVC HIDRAULICO DE 1/2"	ML	\$ 280.00	2	\$ 560.00
	VALVULA 1 1/2	PZA	\$ 360.00	1	\$ 360.00
	CONECTOR PARA	PZA	\$	2	\$





CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	PU	CANTIDAD	IMPORTE
	TINACO 1 1/2		70.00		140.00
	REDUCCION HIDRAULICA DE 2" A 1 1/2"	PZA	\$ 17.50	1	\$ 17.50
	CODO HIDRAULICO DE 2"	PZA	\$ 28.00	1	\$ 28.00
	TUERCA UNION 2"	PZA	\$ 200.00	1	\$ 200.00
	TUBO HIDRAULICO DE 2"	ML	\$ 27.00	0.3	\$ 8.10
	TAMBO CON TAPA DE 200 L	PZA	\$ 1,400.00	1	\$ 1,400.00
	LAMINA GALVANIZADA	M2	\$ 80.00	200	\$ 16,000.00
	PIJA PARA LAMINA GALVANIZADA	PZA	\$ 2.00	500	\$ 1,000.00
	MESULAS	PZA	\$ 40.00	22	\$ 880.00
	PIJAS P/MADERA	PZA	\$ 0.40	100	\$ 40.00
	REMACHES	PZA	\$ 1.00	100	\$ 100.00
	CANALETA DESARROLLO 40	PZA	\$ 380.00	8	\$ 3,040.00
	PINTURA BLANCA	LT	\$ 63.75	3	\$ 191.25
	PINTURA ROJO OXIDO	LT	\$ 44.00	4	\$ 176.00
	SELLADOR	LT	\$ 75.00	1	\$ 75.00
	PEGAMENTO PVC	PZA	\$ 105.00	2	\$ 210.00
	LIMPIADOR PVC	PZA	\$ 100.00	1	\$ 100.00
	LIJA PARA TUBO PVC	ML	\$ 15.00	10	\$ 150.00
	CLAVO	KG	\$ 38.00	10	\$ 380.00
	ABRAZADERA OMEGA	PZA	\$ 30.00	3	\$ 90.00
	MALLA MOSQUITERO	M	\$ 10.00	0.25	\$ 2.50
	BROCHA	PZA	\$ 25.00	2	\$ 50.00





CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	PU	CANTIDAD	IMPORTE
	CINTA MASQUIT	PZA	\$ 35.00	1	\$ 35.00
	TUBO SILICON	PZA	\$ 95.00	1	\$ 95.00
				TOTAL MATERIALES	\$ 62,089.60
2 OFICIALES, 2 PEONES				TOTAL MANO DE OBRA	\$ 27,600.00
					\$ 6,900.00
				TOTAL	\$ 96,589.60

4. REHABILITACION DE PROTOTIPOS DE MEDICIÓN

Antecedentes

En el 2021, como parte de la rehabilitación de las casas ecológicas se desarrolló un prototipo de medición para las cisternas; el prototipo del dispositivo para medición de nivel constaba de una tarjeta programable *Arduino* y un sensor de distancia, la tarjeta recopila la información y la almacena en una tarjeta *micro SD*. El dispositivo de medición está compuesto por una cápsula que da soporte y protección al circuito y a una tarjeta PCB diseñada para interconectar los componentes electrónicos.

El arreglo general consiste en el sensor ultrasónico de distancia conectado a una placa de programación PCB, donde se tiene además una pantalla LCD para la visualización del dato medido y se cuenta con un módulo de reloj RTC para el registro del tiempo. Por medio de la propia PCB, todo conectado a la tarjeta *Arduino*.

En el 2022 se instaló, después de superar los problemas de alimentación que se detectaron en el 2021. Sin embargo, a lo largo del año el monitoreo del



MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

funcionamiento de los sensores no fue el esperado, en el caso de la Casa Rural un grupo de hormigas causaron un corto circuito en el controlador de carga solar y en el caso de la Casa Urbana se detectaron errores en los datos medidos y en las fechas.

La revisión de los equipos mostró en ambos casos un comportamiento más errático que el solo daño a la alimentación hubiera supuesto; los relojes, no fue posible volverlos a un funcionamiento correcto, esto hace suponer un daño en el puerto IC2 que se usa para comunicar reloj y pantalla LCD.

Dado que no se contaba con placas de desarrollo Arduino UNO sino Arduino Mega, además se adoptó una serie de adecuaciones, debido a que la pantalla de LCD no daba información por encontrarse en el gabinete, y el medidor de temperatura y humedad no se usan para corregir el cálculo de la velocidad del sonido, por lo que se optó por no incluirlos en el diseño de este prototipo, lo que permitió una programación más compacta y un circuito más limpio de conexiones susceptible a fallas.

Sistema para la toma de registros de nivel

La nueva estructura quedó como se muestra a continuación (ver figura 37).

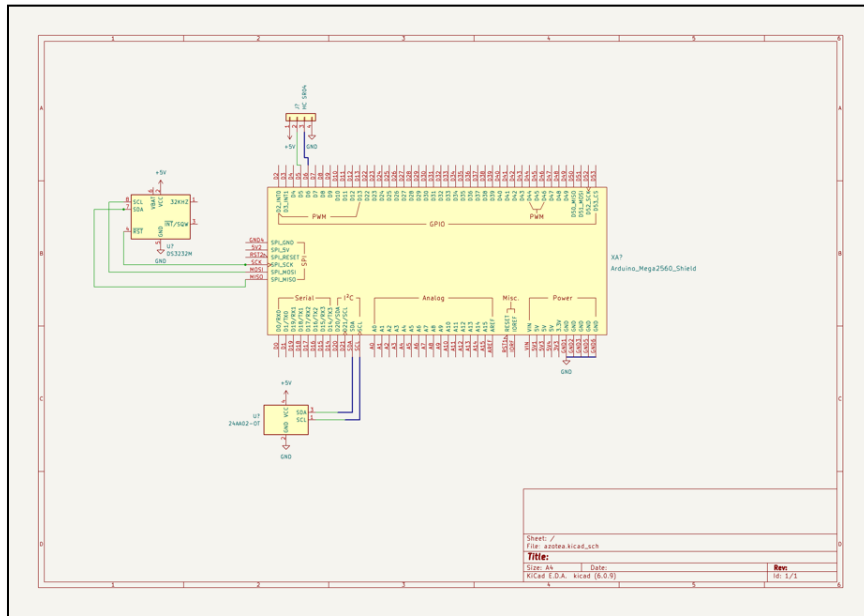


Figura 37. Diagrama esquemático

La experiencia de la rápida corrosión de los sensores dentro de las cajas plexo obligó al uso de una resina dieléctrica para proteger la circuitería a la exposición constante de humedad.

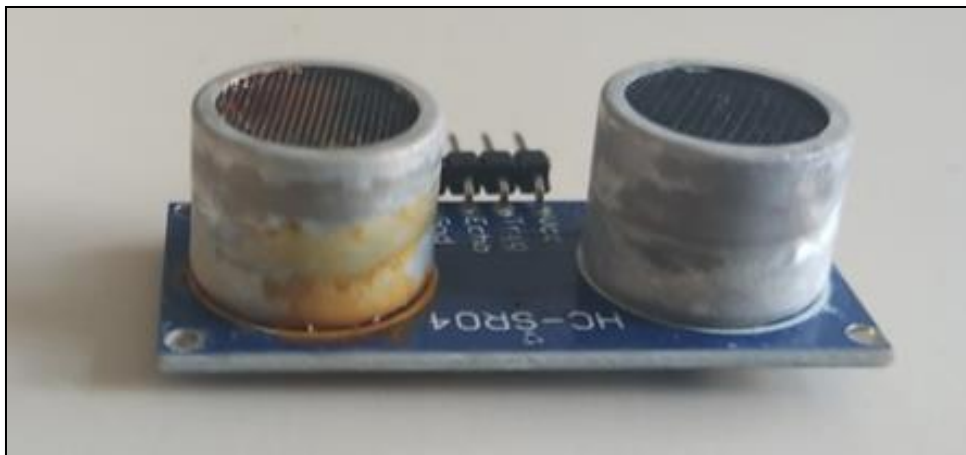


Figura 38. Equipo de medición oxidado





Figura 39. Pieza cambiada por mal estado.



Figura 40. Resina PP 70/60 y su catalizador para proteger de la humedad los sensores

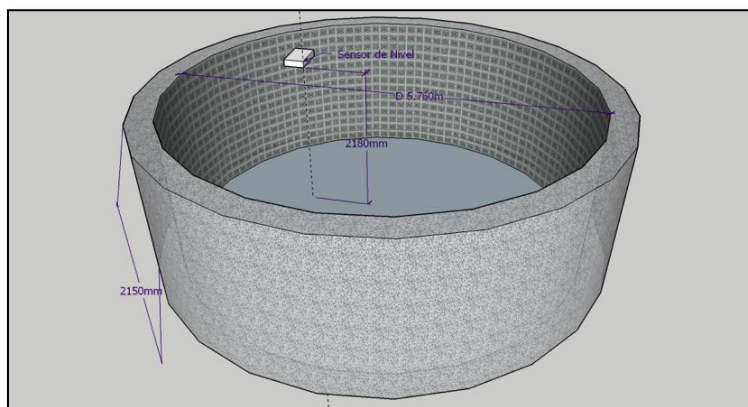


Figura 41. Imagen representativa de las distancias y del diámetro en la instalación en casa rural

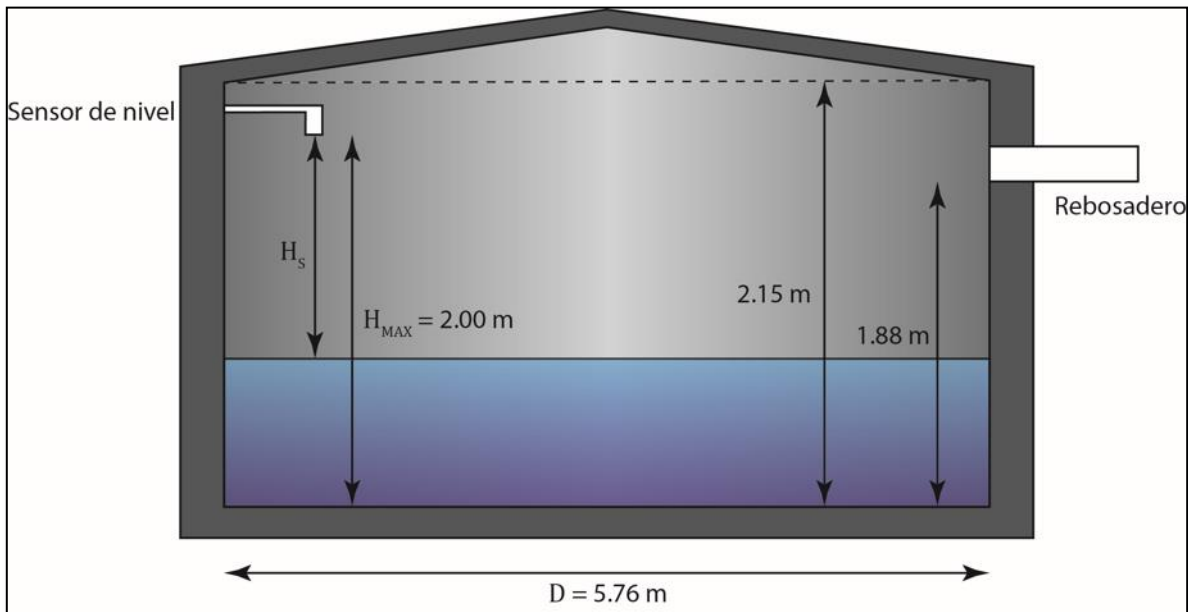


Figura 42. Imagen representativa de las alturas

Firmware

Antes se debe explicar cómo funciona un microcontrolador. Básicamente un microcontrolador es un pequeño procesador que realiza una serie de tareas de manera repetitiva. Para el caso el algoritmo y la programación se divide en tres partes:

Librerías: nos permite manejar los sensores y módulos de una manera directa.

Definiciones y declaraciones: se asigna valores, se definen constantes y las entradas y salidas de los diferentes dispositivos o instrucciones que se realizaran una sola vez (estas entran dentro del procedimiento *void setup*)

Programa principal: se distingue por estar contenido en el *void loop*. Estas instrucciones se repetirán mientras este energizado y se cumplan las condiciones del programa.

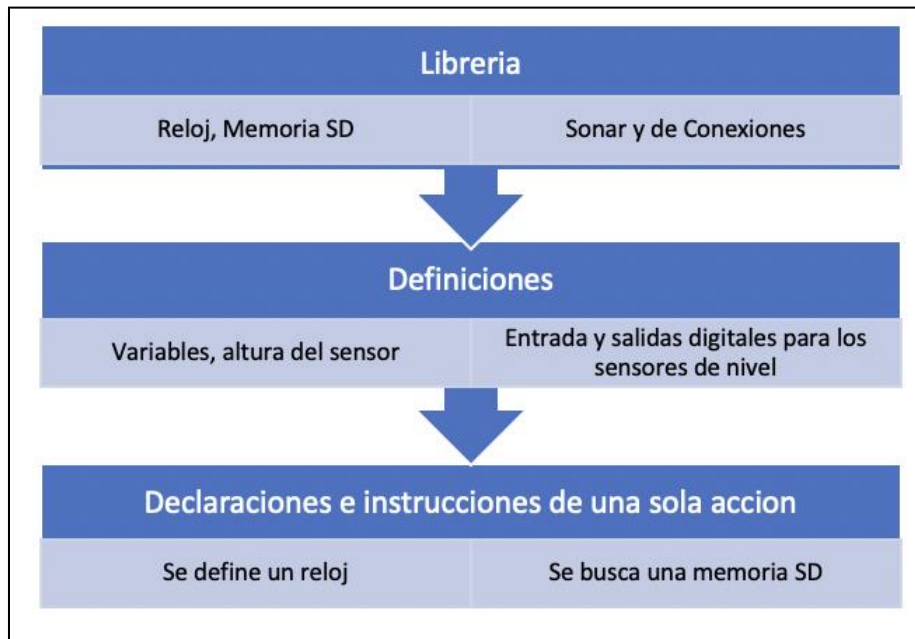


Figura 43. Inicializaciones

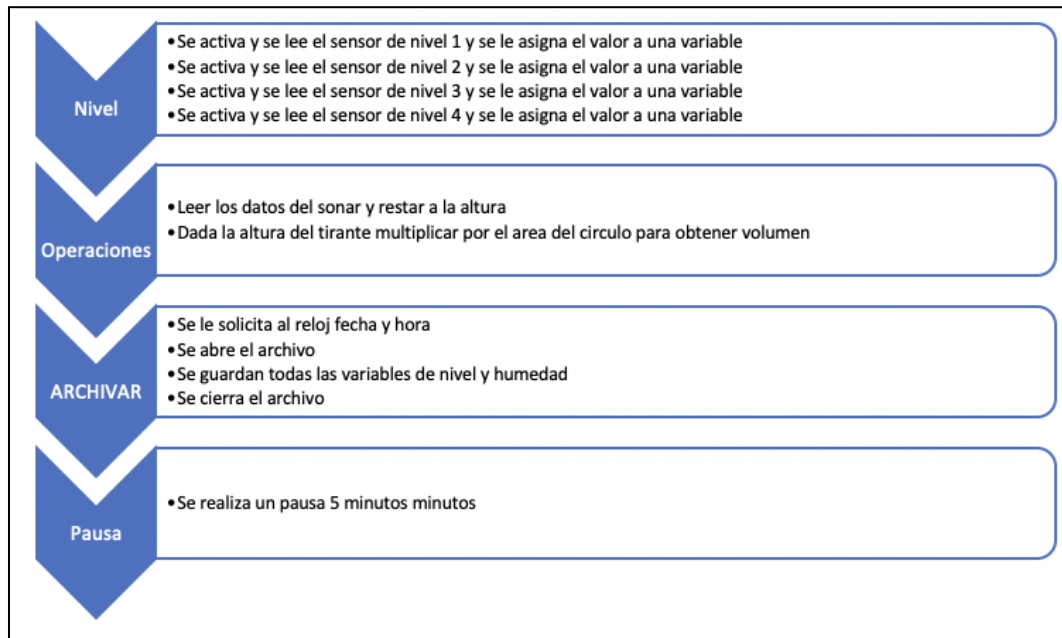


Figura 44. Principal





Conclusiones de prototipos de medición.

El sistema parece consistente en sus datos, estos se deben al vapor de la humedad que se condensaba en las cajas plexo, una solución sería cambiar por el JSN-SR04T que viene protegido de fábrica.

5. MEDICIONES Y MONITOREO PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LAS CASAS ECOLÓGICAS RURAL Y URBANA DEL IMTA

Equipos de medición

Para conocer el comportamiento térmico de las casas ecológicas rural y urbana, para el proyecto CH2311.1 “Rehabilitación de los modelos experimentales de casas ecológicas del IMTA”, se instalaron estaciones de medición automática, que registran la temperatura ambiente y humedad relativa dentro de las casas ecológicas, y en el exterior se instaló un pluviómetro en la Casa Urbana y una estación meteorológica automática, entre las casas ecológicas.

La Casa Ecológica Urbana se encuentra ubicada en las coordenadas 18.882139 (latitud Norte) y -99.157597 (longitud Oeste). En ésta se instaló la estación ETHRP1 que mide temperatura en tres alturas o niveles y mide la humedad relativa dentro de la casa y se adicionó un segundo medidor de precipitación pluvial.

En la Casa Ecológica Rural ubicada en las coordenadas 18.881733 (latitud Norte) y -99.157605 (longitud Oeste), se instaló la estación ETHR3, que mide temperatura y humedad relativa dentro de la casa.

También se instaló una estación meteorológica automática EMA-CSI_IMTA entre las casas ecológicas, que mide siete variables meteorológicas, incluyendo el primer medidor de lluvia.





Figura 45. Estaciones de medición en las Casas Ecológicas del IMTA

Estación de medición ETHRP1:

La estación de medición denominada ETHRP1, se instaló dentro de la Casa Ecológica Urbana, en el lado noroeste de la casa, entre la sala de estar y el baño, cuyas coordenadas son 18.882158 latitud Norte y -99.157621 de longitud Oeste. La tabla 5, muestra la bitácora de instalación. La estación ETHRP1, consta de un sensor de temperatura ambiente (T2) y de humedad relativa (RH2), que están a 1.8 metros de altura y un sensor de temperatura (T5) que está a 20 cm cercano al techo y un tercer sensor de temperatura (T6) que está pegado al techo de la Casa Ecológica Urbana (figura 46.). Además, la estación cuenta con el registro del pluviómetro PP1, ubicado a 4.29 metros de altura (tomada del suelo a la altura de la boca del embudo del pluviómetro), sobre el barandal, en el lado norte de la Casa Ecológica Urbana, a 18.882187 de latitud Norte y -99.157601 de longitud Oeste.





MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

La estación ETHRP1, registra datos cada 10 minutos y almacena los datos en un *datalogger* modelo CR10 de la marca *Campbell Scientific, Inc.* (CSI), con una duración de su memoria cíclica de 09 días, 17 horas y 40 minutos.

La ETHRP1, inició su operación el 20 de julio de 2022 a las 16:20 y de este año 2023, existen registros desde el 01 de enero a las 00:10:00; y hasta la fecha continúa midiendo las variables de temperatura ambiente (T2), humedad relativa (HR2), temperatura intermedia (T5), temperatura del techo (T6 techo) y precipitación pluvial (PP1). La tabla 5, muestra las acciones ejecutadas en la estación ETHRP1. Los sensores T2 y HR2 están calibrados en un laboratorio secundario y los sensores T5 y T6 techo, fueron inter-comparados con el sensor T1 y T2 en una cámara de temperatura de IMTA, es decir, los patrones de referencia fueron los sensores T1 y T2, calibrados en el laboratorio secundario.

En la estación ETHRP1, por fallas en el conector serial del panel de alambrado del *datalogger* CR10, se perdieron datos de un día y 6 horas, del 23 de febrero a las 11:20 al 24 de febrero a las 17:10 horas. También se perdieron datos del 4 de abril a las 13:50 al 09 de abril a las 23:40 horas (cinco días, nueve horas y 50 minutos).

El pluviómetro PP1, estuvo en proceso de reajuste y calibración de las 10:10 horas del 07 de junio al 08 de junio a las 13:50 h. Reinició mediciones a partir de las 18:20 h. El pluviómetro de ETHRP1 de la Casa Ecológica Urbana, fue ajustado para operar a 0.1015 mm de lámina de lluvia por cada balanceo o caída del balancín, con un error de medición del ± 0.2458 %. La bitácora de ajuste se muestra en la tabla 6.



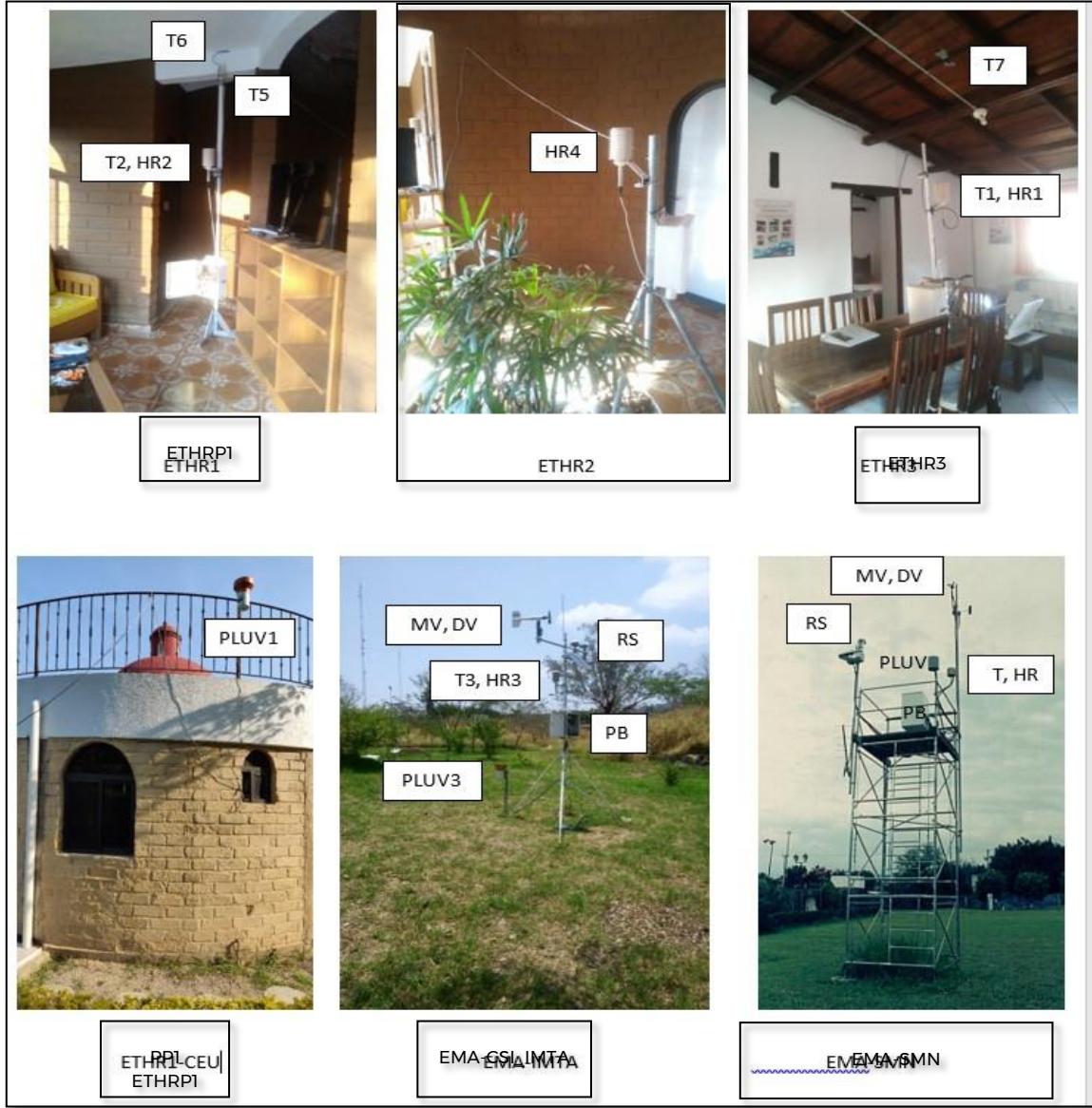


Figura 46. Estaciones de medición en las Casas Ecológicas del IMTA.





Tabla 5. Bitácora de la estación ETHRP1

BITÁCORA DE ACTIVIDADES EN ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS					
CLIENTE	INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA UNIDAD DE VINCULACIÓN Y ASUNTOS INTERNACIONALES				
NOMBRE DE LA ESTACIÓN	ETHRP1				
Coordenadas de localización	Latitud Norte: 18° 52' 55".769 Longitud Oeste: 99° 9' 27".436				
Ubicación de la estación meteorológica:	Dentro de las instalaciones del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), dentro de la Casa Ecológica Urbana (CEU), de la Coordinación de Hidráulica.				
Ubicación de la PC receptora de datos:	Se utiliza una laptop para bajar los datos en sitio, en conexión directa, vía puerto serial.				
1) REGISTRO DE NÚMEROS DE SERIE DE LOS COMPONENTES DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA: ETHRP1					
Componente de la estación meteorológica	MARCA	MODELO	No de SERIE		
Datalogger (Plataforma colectora de datos) alojada dentro de caja metálica	Campbell Scientific	CR10	CB=19179		
Panel de alambrado para el datalogger	Campbell Scientific	-	-		
Sensor de Temperatura ambiente y su protector multiplatos	Vaisala	HMP35A	13187HM		
Sensor de Humedad Relativa	Vaisala	HMP35A	13187HM		
Sensor de Temperatura intermedia T5	Vaisala	108B	EMA1-1001		
Sensor de Temperatura de Techo T5	Vaisala	108B	EMA5-1005		
Medidor de Precipitación pluvial. Factor d ajuste = 0.1015 mm	Texas Electronics	TRP-525M	12685-1093		
Panel Solar	SOLAREX	MSX10	CB=24103		
Regulador de voltaje	Campbell Scientific	PS12	5842		
Batería recargable de 12 volts y 7 AH	Steren	BR-1207	s/n		
Unidad de memoria	Campbell Scientific	SM4M	24105		
Caja que aloja la electrónica	Campbell Scientific	-	CB=13388		
2) SENSORES QUE QUEDAN INSTALADOS EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA OPERANDO AL 100 %					
SENSOR	No. de Serie	Coeficientes de Calibración			
		A	B	C	D
Temperatura	13187HM	-1.7587E-02	9.2798E-01	4.6578E-03	-4.9294E-05
Humedad Relativa	13187HM	-1.2230E00	8.7040E-01	2.1506E-03	-3.8941E-06
3) ACCIONES REALIZADAS EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA, ETHRP1		FECHA	HORA		
3.1) Instalación de la estación meteorológica ETHRP1.		20-jul-22	16:20		
3.2) Fecha y hora de inicio de funcionamiento de la estación Meteorológica ethrp1, al 100 % en sitio.		01-Ene_2023	00:10		
3.3) Mediciones de los sensores: a) la estación ETHRP1 realiza mediciones cada 10 minutos las variables de: T, RH y precipitación pluvial b) Los sensores ETHRP1 se instalaron según la recomendaciones de OMM (entre 2.18 m y 2.87 m). El pluviómetro quedó instalado en el lado Noroeste de la Casa Ecológica Urbana, sobre el barandal, a una altura, de 4.29 metros.		-	-		
Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, C.P. 62550, Jiutepec, Morelos. Tel.: (777) 329 3600 www.gob.mx/imta					





Tabla 5. Continuación: Bitácora de la estación ETHRP1.



 MEDIO AMBIENTE SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA		
BITÁCORA DE ACTIVIDADES EN ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS		
3.3) continuación c) La capacidad de memoria y/o almacenamiento de datos del datalogger: 10000 Bytes para almacenamiento de datos. Con los datos de las variables: temperatura ambiente, humedad relativa ambiente, temperatura intermedia a 20 cm del techo, temperatura del techo (valor instantáneo y promedio de cada variable), almacenándose cada 10 minutos. El CR10 de ETHRP1 tiene una capacidad de almacenar datos por 09 días, 17 horas y 50 minutos. Una vez terminado este tiempo, la memoria que es cíclica, borrará datos viejos por datos nuevos. Aunque, en caso de falla en el sistema de alimentación de energía, los datos se perderían, porque tiene memoria volátil.	-	-
3.4) Los sensores de Temperatura y Humedad relativa, si están calibrados. Para el próximo año 2024, será necesario re-calibrar los sensores de Temperatura y humedad relativa, ya que se cumple el periodo de dos años operando y se requiere la re-calibración.	-	-
3.5) En 2023. Operación y mediciones en la ETHRP1:	01/01/2023 a Dic 2023	00:10:00
3.6) Se perdieron datos: 5 días, 9 horas y 50 minutos. Del 04 al 09 de abril de las 13:50 a las 23:40 horas.	04-09/Abr/2023	13:50-23:40
3.7) Proceso de ajuste y calibración al pluviómetro PP1. Del 07 al 08 de junio de 2023 10:10 hasta las 18:10 horas. Los datos de lluvia serán válidos a partir de las 18:20 del 08 de junio de 2023.	07-08/Jun/2023	10:10-18:10
3.8) El 07 de agosto, se encontró movida de su sitio original de emplazamiento a la estación ETHRP1; aunque no fueron afectados los puntos de medición	07-Ago-2023	12:00
3.9 La estación ETHRP1 ha estado funcionando correctamente a la fecha y se continuará midiendo hasta el próximo año 2024 de manera continua.	13-nov-23	09:40
NOMBRE DEL SUPERVISOR:	M. en C. José Alfredo Mundo Molina	
Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, CP. 62550, Jiutepec, Morelos. Tel: (777) 329 3600 www.gob.mx/imta		
hoja 2 de 2		



Tabla 6. Bitácora de Ajuste del pluviómetro PPI, no. de serie 12685-1093 de la estación ETHRP1.

MEDIO AMBIENTE | **IMTA**

Bitácora de ajuste de Pluviómetros Digitales

Clave y no de prueba : PP-LOTE: 1 - IMTA-AzV

Fecha : 7 / 6 / 2023 (dd/mm/aa) Hora de inicio : 11:51

No de trabajo: 3 de 4

Datos de Identificación del Instrumento de Medición

Nombre del Instrumento Pluviómetro 1 Modelo TRP-525M

Marca: Texas Electronics Inc. Intervalo: _____

No de serie: 12685-1093 No de serie contador de pulsos: No aplica

Tipo: Balancín (doble cazoleta)

Diámetro del cono: 24.54 Centímetros **Ajuste Ideal:** 4.7993 mililitros
0.1015 milímetros

CH2311.1 "Rehabilitación de los modelos experimentales de casas
Nombre del Cliente: ecológicas del IMTA"

Actividades previas:

a) Limpieza del Pluviómetro: Cliente EEyCC

b) Etiquetado de componentes del sensor: Si No

c) Instalación y Nivelación del pluviómetro: Si No

Ajuste Ideal o de Referencia de las cazoletas Ajuste manual

Diámetro del cono de captación del Pluviómetro	<u>24.54</u>
Pi =	<u>3.14159265</u>
radio =	<u>12.2682</u> cm
(radio)2 =	<u>150.508731</u> cm
Área de Captación, Ac = Pi*r2 =	<u>472.837124</u> cm2
Área de Captación, Ac =	<u>47283.7124</u> cm2
Factor de Ajuste en Software, Fa =	0.1015 mm
Volumen de Captación en mm3, Ac =	<u>4799.2968</u> mm3
Volumen de Captación en ml. Vc =	4.79930 ml

Ajuste Real de cazoletas (ml) Ajuste manual:

IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	Ajuste Real	
														IZQ	DER
4.8	4.8	4.85	4.8												
4.8	4.75	4.9	4.8												
4.85	4.75	4.8	4.8												
4.65	4.8	4.8	4.8											4.8063	4.7875

Ajuste por cazoleta: **4.7969** ml

Ajuste Real, cada dos balanceos: **0.10145** mm

Ajuste de Referencia: **0.10150** mm

Error de medición: **0.2458** %

Observaciones durante el ajuste de cazoletas

1 Se realizó el ajuste de las cazoletas con pipeta xerológica.

frontal del pluviómetro, es decir, viendo de frente la etiqueta de marca y registro del pluviómetro. Siendo la parte trasera, donde se sujeta el pluviómetro al mástil, donde se instala.

2 real para el pluviómetro con número de serie 12685-1093 fue de 0.1015 mm de lámina de lluvia (4.7969 mililitros), como promedio cada dos caídas (o eventos) del balancín. Se aplicará el ajuste de 0.1015 mm en el software operativo para funcionar con el datalogger CR10 de Campbell Scientific y el error en la medición por cada dos eventos será de ± 0.2458 %

Nombre y firma del técnico: M. en C. José Alfredo Mundo Molina

FO.C3.2.14.1 Versión 3, enero 2008 Página 1 de 1
FI.CO.4.03.1





MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

Estación de medición ETHR3

La estación ETHR3, está instalada en la Casa Ecológica Rural (CER) sobre la mesa del comedor, en la parte central de la casa ecológica. Consta de sensor de temperatura ambiente (T1), y humedad relativa (HR1), y de un segundo sensor de temperatura que mide la temperatura pegada al techo (T7techo). La estación posee un registrador de datos de la marca Campbell Scientific Inc., modelo CR10. Los sensores de temperatura y humedad relativa ambiente, son de la marca Vaisala. La ETHR3 opera de manera independiente, ya que cuenta con un panel solar y batería recargable. La ETHR3 está ubicada en las coordenadas 18.881716 latitud Norte y en -99.157621 longitud Oeste.

La estación también mide y almacena los datos cada 10 minutos, los sensores T1 y HR1 están calibrados en un laboratorio secundario en el año 2021, y al igual que los sensores T2 y HR2, el siguiente año 2024, será necesaria su recalibración. La duración de la memoria cíclica del CR10 es de 20 días, 8 horas y 20 minutos.

La ETHR3 estuvo midiendo correctamente todo el año, solamente se tuvo pérdida de datos del 2 al 7 de enero de 2023. La estación continúa midiendo hasta la fecha.

Es importante mencionar que el siguiente año 2024 se procederá a verificar los sensores de temperatura y humedad relativa T1 y T2, HR1 y HR2, para determinar si se requiere una re-calibración.



MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

Estación Meteorológica Automática EMA-CSI_IMTA:

Se tiene una tercera estación de medición, que, es una estación meteorológica automática, denominada **EMA-CSI_IMTA**, de la marca *Campbell Scientific*, y cuyo modelo del *datalogger* es el CR10X (que, en caso de falla de suministro de energía, los datos no se pierden, ya que permanecen en la memoria del *datalogger*). EMA-CSI_IMTA está compuesta por los sensores de:

- a) Sensor de temperatura ambiente
- b) Sensor de humedad relativa
- c) Sensor de presión barométrica
- d) Sensor de radiación solar
- e) Sensor de Magnitud del viento
- f) Sensor de Dirección del viento, y
- g) Pluviómetro de balancín.

La estación EMA-CSI_IMTA, está instalada entre las dos casas ecológicas, ubicada en las coordenadas 18° 52' 54".120 latitud Norte y -99° 9' 27", longitud Oeste. El pluviómetro está instalado a una altura de 1.05 metros, del suelo a la boca del embudo. La bitácora de la estación EMA-CSI_IMTA, se muestra en la tabla 7.

La estación EMA-CSI_IMTA, opera de manera automática e independiente ya que consta de panel solar y batería recargable. Registra datos cada 10 minutos y almacena los datos en la memoria del CR10X, con una duración de su memoria cíclica de 19 días y 9 horas.



MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

La bitácora de registro de ajuste del pluviómetro de la EMA-CSI_IMTA, que se muestra en la tabla 888, detalla el proceso de ajuste y se observa que el ajuste final con fecha del 29 al 30 de junio de 2023, quedó para operar a 0.1002 mm de lámina de lluvia por cada balanceo o caída del balancín, con un error de medición del ± 0.18 %. Las mediciones del 01 de enero al 30 de junio de 2023 fueron ajustadas a este valor de 0.1002 mm. PP3, es el identificador del pluviómetro de la EMA-CSI_IMTA, con número de serie 12682-1093.

Referente a los datos, la estación EMA-CSI_IMTA, solamente perdió datos durante 4 horas y 20 minutos, del día 06 al 12 de marzo de 2023. Y el pluviómetro estuvo en proceso de reajuste y calibración de las 10:10 horas del 15 de mayo al 18 de mayo a las 17:50 horas, ya que reinició sus mediciones a partir de ese 18 de mayo a las 18:00 horas. Afortunadamente, en dicho periodo de ajuste y calibración no hubo lluvia.



Tabla 7. Bitácora del pluviómetro PP3, No. de serie 12682-1093 de la estación EMA-CSI_IMTA

MEDIO AMBIENTE SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES		IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA			
BITÁCORA DE ACTIVIDADES EN ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS					
CLIENTE	INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA UNIDAD DE VINCULACIÓN Y ASUNTOS INTERNACIONALES				
NOMBRE DE LA ESTACIÓN	EMA-CSI_IMTA				
Coordenadas de localización	Latitud Norte: 18° 52' 54.120" Longitud Oeste: -99° 9' 27"				
Ubicación de la estación meteorológica:	Dentro de las instalaciones del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), entre las casas ecológicas, al Sureste de la Casa Ecológica Urbana I, de la Coordinación de Hidráulica.				
Ubicación de la PC receptora de datos:	Se utiliza una laptop para bajar los datos en sitio, en conexión directa, vía puerto serial.				
1) REGISTRO DE NÚMEROS DE SERIE DE LOS COMPONENTES DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA: EMA-IMTA					
Componente de la estación meteorológica	MARCA	MODELO	No de SERIE		
Datalogger (Plataforma colectora de datos) alojada dentro de caja metálica	Campbell Scientific	CR10X	CB=23513 NS= X21315		
Panel de alambrado para el datalogger	Campbell Scientific	-	11881		
Sensor de Temperatura ambiente y su protector multiplatos	Vaisala	HMP35C-EMA3	s/n		
Sensor de Humedad Relativa	Vaisala	HMP35C-EMA3	s/n		
Sensor de presión barométrica	Vaisala	PTB101B	R3830008		
Sensor de radiación solar: S = 20.77 uV/W/m2. En software 48, 146.3 W/m2/mV	Licor	LI-200SZ	PY19173		
Sensor de Magnitud y Dirección de viento	R.M. Young	5103	-		
Medidor de Precipitación pluvial. Factor d ajuste = 0.1002 mm => 4.7378 ml	Texas Electronics	TRP-525M	12682-1093		
Panel Solar	BP SOLAR	SX10M	C1050310 2495269		
Regulador de voltaje	Campbell Scientific	PS12	18537		
Batería recargable de 12 volts y 7 AH	Steren	BR-1207	-		
2) SENSORES QUE QUEDAN INSTALADOS EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA OPERANDO AL 100 %					
SENSOR	No. de Serie	Coeficientes de Calibración			
		A	B	C	D
Temperatura	EMA3-1003	-1.5255E-01	1.0484E00	-3.0739E-03	5.0185E-05
Humedad Relativa	EMA3-1003	-4.8448E00	1.41832E00	-1.12105E-02	6.84994E-05
3) ACCIONES REALIZADAS EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA EMA-IMTA		FECHA	HORA		
3.1) Instalación de la estación meteorológica EMA-IMTA		05-may-21	22:00		
3.2) Fecha y hora de inicio de funcionamiento de la estación Meteorológica al 100 % en sitio.		01-Ene_2023	0:10		
3.3) Mediciones de los sensores: a) la estación EMA-CSI_IMTA realiza mediciones cada 10 minutos las variables de: T, RH, PB, RS, Mg y Dir Vto y precipitación pluvial b) Los sensores EMA-CSI_IMTA se instalaron según la recomendaciones de OMM (entre 2.29 m y 2.88 m) , con excepción de viento que están a 3.11 m y no a 10.0 metros de altura. c) El pluviómetro quedó instalado sobre la tierra, a una altura de 1.05 m de l suelo. d) La capacidad de memoria y/o almacenamiento de datos del datalogger: 128 Kbytes (62000 valores) para almacenamiento de datos. Con los datos de las siete variables: temperatura, humedad y presión, radiación solar, magnitud y dirección del viento (valor instantáneo, promedio, máximo y mínimo de cada variable), almacenándose cada 10 minutos. El CR10X tiene una capacidad de almacenar datos por 19 días y 9 horas. Una vez terminado este tiempo, la memoria que es cíclica, borrará datos viejos por datos nuevos, pero los datos permanecen en la memoria del datalogger, aunque falle el sistema de alimentación de energía.		-	-		
<small>Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, C.P. 62550, Jiutepec, Morelos. Tel: (777) 329 3600 www.gob.mx/imta</small>					



Tabla 7. Continuación: Bitácora del pluviómetro PP3, No. de serie 12682-1093 de EMA-CSI_IMTA

		
BITÁCORA DE ACTIVIDADES EN ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS		
3.4) Calibración de los sensores de Temp y Humedad relativa. Los coeficientes se detallan en la sección 2. Para el próximo año 2024, será necesario re-calibrar los sensores de Temperatura y humedad relativa.	2021	
3.5) En 2021, Inicio de las mediciones de EMA-IMTA:	05/May/2021 al 03/Nov/2021	22:00:00 13:00:00
3.6) En 2022. Inicio de las mediciones de EMA-IMTA:	25/05/2022 al 31/Dic/2022	11:00:00 24:00:00
3.7) En 2023. Inicio de las mediciones de EMA-CSI_IMTA:	01/01/2023 a la fecha	00:10:00
3.8) Del 30 de mayo al 06 de junio, el pluviómetro de la estación EMA-CSI_IMTA no estuvo operando, porque se sometió al proceso de ajuste.	30/May - 06Jun2023	12:30 17:10
3.9) El pluviómetro PP3 de EMA-CSI_IMTA quedó ajustado a 0.21535mm por cada caída de balancín desde el 06/Jun/2023 a las 17:10 h. Se corrigieron todas las mediciones realizadas desde el 01 de enero de 2023 a la fecha.	06-jun-23	17:10
Se calibró el pluviómetro no de serie 12682-1093. Se dejó ajustado a 0.1002 mm de lámina de lluvia por balanceo, con un error de medición de 0.3622 %	29-30Jun2023	
El 30 de junio a las 17:30 se sustituyó el pluviómetro original de la estación EMA-CSI_IMTA, por el pluviómetro con número de serie 12682-1093.	30-jun-23	17:30
3.10) La EMA-CSI_IMTA, dejó de medir del 09 de julio a las 18:10 hasta el 11 de julio a las 10:30 horas. Empezó a medir a partir del 11 de julio a las 10:40 horas y en el valor de la lluvia se registró un valor acumulado de lluvia de 29.1 mm (se comparó con las otras estaciones y no existe una lluvia así). Este valor representa el acumulado de lluvia, desde que dejó de medir (09 de julio 18:10) hasta que empezó a medir (11 de julio 10:40). Esa primera línea de medición, de las 10:40 del 11 de julio, se observa que son promedios de todas las variables medidas por la estación, de todo el periodo que no estuvo midiendo. Se ignora la razón del comportamiento del datalogger en ese periodo.	09 -11jul	18:10 - 10:30
3.11) El 17 de julio se cambió la caja de seguridad (se requería esta caja, por tener código de barras individual y que se podría utilizar en otro proyecto). Después de terminar el cambio de caja, a las 13:20 empezó a medir, pero al día siguiente 18 de julio, se acudió a respaldar los datos y la estación había dejado de almacenar datos. Se perdieron datos del periodo del 17 de julio a las 13:20 al 18 de julio a las 13:10. Se restableció el almacenamiento de datos a las 13:20 del 18 de julio de 2023.	17 de julio al 18 Julio de 2023	13:20 13:10
3.12 La estación EMA-CSI_IMTA ha estado funcionando correctamente	13-nov-23	13:00
NOMBRE DEL SUPERVISOR:	M. en C. José Alfredo Mundo Molina	
Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, CP. 62550, Jiutepec, Morelos. Tel: (777) 329 3600 www.gob.mx/imta		



MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

La Estación Meteorológica Automática marca *Campbell Scientific Inc.*, (CSI) perteneciente al IMTA (MA-CSI_IMTA), se instaló el 05 de mayo de 2021, entre las Casas Ecológicas Urbana y Rural e inició operaciones desde las 22:00 horas, hasta el 03 de noviembre de 2021 a las 13:00 horas.

Continuó midiendo en 2022 del 25 de mayo al 31 de diciembre.

En 2023, midió desde el 01 de enero a las 00:10:00 hasta la fecha, continúa registrando datos cada 10 minutos, las variables de Temperatura ambiente (T3), Humedad relativa (HR3), Presión Barométrica (PB3), Radiación solar (RS3), Magnitud del Viento (MVto3), Dirección del Viento (DVto3) y Precipitación Pluvial (PP3).

El pluviómetro PP3, por ajuste y calibración, no estuvo midiendo del 30 de mayo al 06 de junio de 2023.

La bitácora de registro de ajuste del pluviómetro de la EMA-CSI_IMTA, que se muestra en la tabla 8, detalla el proceso de ajuste y se observa que el ajuste final con fecha del 29 al 30 de junio de 2023, quedó para operar a 0.1002 mm de lámina de lluvia por cada balanceo o caída del balancín, con un error de medición del ± 0.18 %. Las mediciones del 01 de enero al 30 de junio de 2023 fueron ajustadas a este valor de 0.1002 mm. PP3, es el identificador del pluviómetro de la EMA-CSI_IMTA, con número de serie 12682-1093.

Debido a que en el programa operativo se introduce solo un factor de ajuste de lámina de lluvia, se sacó el promedio de ambos resultados y se obtuvo una lámina de lluvia 0.1002 mm, que le corresponden 4.7378 mililitros de agua en promedio para ambas cazoletas). Ver resultados en la tabla 8. Con este reajuste promediado, el error de medición de este pluviómetro con número de serie 12682-1093 es de ± 0.18 %.





MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

El 30 de junio de 2023, se calibró el pluviómetro PP3, número de serie 12682-1093, y los resultados se muestran en las figuras 47 y 48.

En cuanto a datos faltantes, la estación meteorológica EMA-CSI_IMTA, dejó de medir del 9 al 11 de julio por falla temporal del *data logger* y se perdieron datos. Del 17 de julio a las 13:30 hasta el 18 de julio a las 13:10, también se perdieron datos, debido a cambio de la caja que aloja la electrónica de la estación.

La EMA-CSI_IMTA continua y continuará registrando datos, todo este 2023.





Tabla 8. Bitácora de Ajuste del pluviómetro PP3, de la estación EMA-CSI_IMTA

MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

IMTA
INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

**Bitácora de ajuste de
Pluviómetros Digitales**

Clave y no de prueba : _____ PP-LOTE: 1 - IMTA-AzV

Periodo de ajuste 29 / 6 / 2023 (dd/mm/aa) al 30 / 6 / 2023 (dd/mm/aa)

No de trabajo: 1 de 3

Datos de Identificación del Instrumento de Medición

Nombre del Instrumento Pluviómetro PP3 Modelo TRP-525M

Marca: Texas Electronics Inc. Intervalo: _____

No de serie: 12682-1093 Código de barras: _____

Tipo: Balancín (doble cazoleta) de la ETHRP4

Diámetro del cono: 24.5-24.6 Centímetros **Ajuste ideal:** 4.7283 mililitros
0.1 mm

Proyecto UV 2303.1"Desempeño de diferentes modelos experimentales
Nombre del Cliente: de azoteas verdes a escala piloto sobre la escorrentía y su calidad del

Actividades previas:

a) Limpieza del Pluviómetro: Cliente IMTA

b) Etiquetado de componentes del sensor: Si No

c) Instalación y Nivelación del pluviómetro: Si No

Condiciones actuales del ajuste de las cazoletas manual

Diámetro del cono de captación del Pluvi	24.54
Pi =	3.14159265
radio =	12.2682 cm
(radio) ² =	150.508731 cm
Área de Captación, Ac = Pi*r ² =	472.837124 cm ²
Área de Captación, Ac =	47283.7124 cm ²
Factor de Ajuste, Fa =	0.1002 mm
Volumen de Captación, Ac =	4737.8280 mm ³
Volumen de Captación. Vc =	4.73783 ml

Re-ajuste de cazoletas (ml) manual:

IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	Ajuste Final
4.68	4.75	4.8	4.8	4.734	4.735	4.725	4.74					IZQ DER
4.75	4.72	4.7	4.8	4.721	4.76	4.731	4.74					
4.6	4.7	4.8	4.7	4.724	4.758	4.742	4.74					
4.7	4.7	4.8	4.8									4.7295 4.7455

Observaciones durante el ajuste de cazoletas

1 Se realizó el ajuste de las cazoletas con pipeta xerológica.

2 frontal del pluviómetro, es decir, viendo de frente la etiqueta de marca y registro del pluviómetro. Siendo la parte trasera, donde se sujeta el pluviómetro al mástil, donde se instala.

3 El ajuste ideal del pluviómetro es de 0.10 mm de lámina de lluvia (4.7283 ml). El ajuste real (como quedó ajustado) el pluviómetro con número de serie 12682-1093 fue de **0.1002 mm** de lámina de lluvia (4.73783 mililitros), como promedio cada dos caídas (o eventos) del balancín. Se aplicará el ajuste de 0.1002 mm en el software operativo para funcionar con el **datalogger CR10X** de Campbell Scientific, por tanto, el error en la medición por cada dos eventos será de $\pm 0.18 \%$.

Nombre y firma del técnico: _____ M. en C. José Alfredo Mundo Molina

FO.C3.2.14.1
Versión 3, enero 2008
Página 1 de 1

FI.CO.4.03.1





También se realizó la calibración del pluviómetro de NS=12682-1092 de la estación meteorológica EMA-CSI_IMTA y en la figura 47, se presenta la curva de calibración.

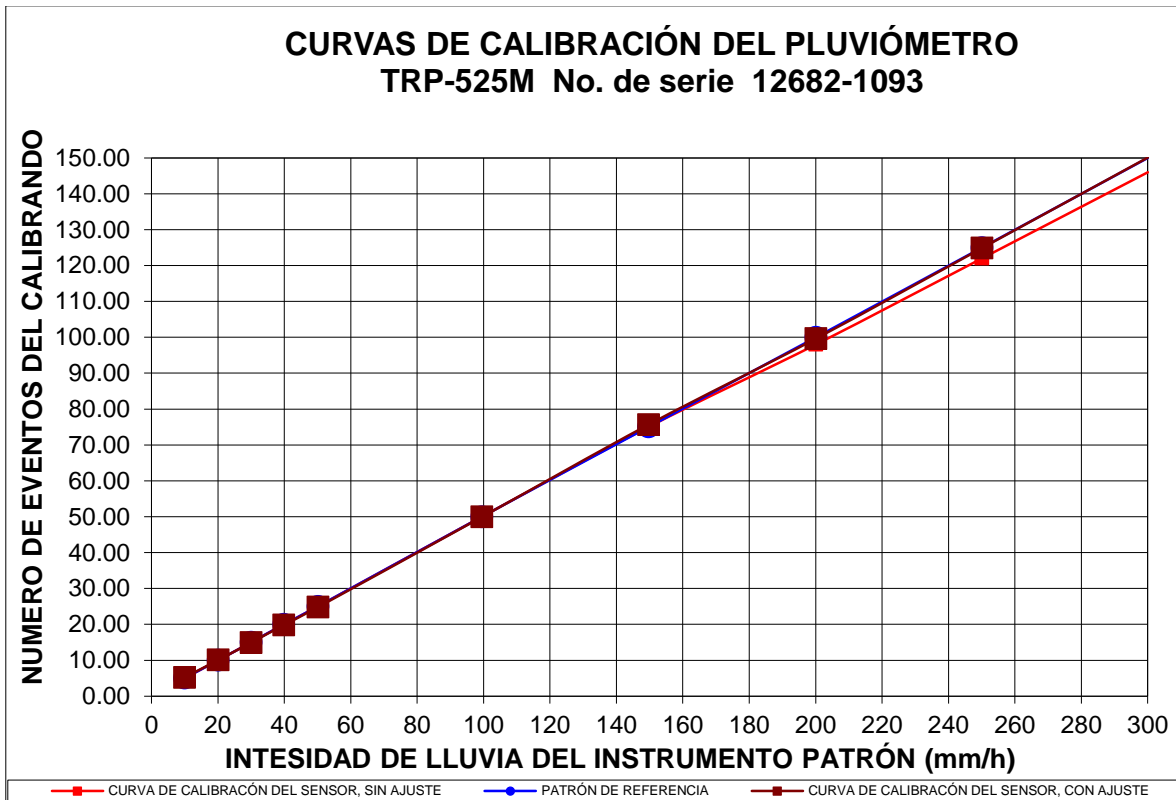


Figura 47. Curvas de calibración del pluviómetro PP3, NS 12682-1093 de la estación EMA-CSI-IMTA

Se observa que a 200.0 mm/h de intensidad de lluvia, este pluviómetro empieza a presentar pérdidas en la medición de agua, ya que presenta pérdida de dos eventos a una intensidad de lluvia de 200.0 mm/h, tres eventos a 250.0 mm/h y cuatro eventos a intensidades de 300 mm/h, como se puede observar en la tabla 9.



Tabla 9. Número de eventos esperados y medidos del pluviómetro PP3, NS=12682-1093 de EMA-CSI_IMTA

No. DE LECTURAS	INTENSIDAD DE LLUVIA PATRON DE REFERENCIA (mm/h)	EVENTOS ESPERADOS	EVENTOS OBSERVADOS
1	10.00	5	5
2	20.02	10	10
3	30.00	15	15
4	39.95	20	20
5	50.00	25	25
6	99.99	50	50
7	149.90	75	75
8	200.00	100	98
9	250.05	125	122
10	300.00	150	146

Al procesar los datos a través del método de mínimos cuadrados, se obtienen los cuatro nuevos coeficientes de calibración. La figura 48 muestra las curvas de calibración y del error residual, en donde la línea roja, que es la curva, antes de la calibración y aplicación de los coeficientes. La curva de error cero (línea azul), que es la curva ideal (se sabe que, no existen los instrumentos perfectos con error cero) y se usa como referencia; y la tercera curva, la línea café, es la curva de error residual después de aplicar los nuevos coeficientes de calibración.



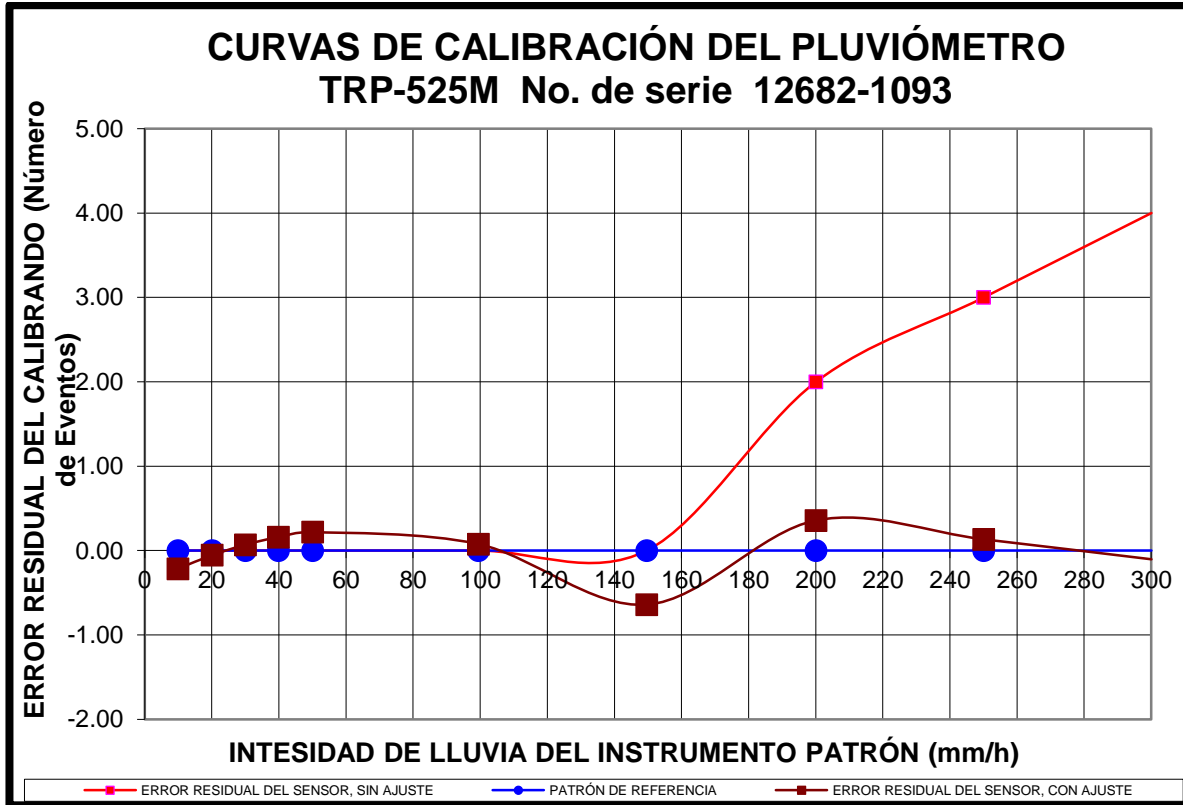


Figura 48. Curvas de error residual del pluviómetro PP3, NS 12682-1093, de la estación EMA-CSI_IMTA

Tabla 10. Error residual (después de la calibración) del pluviómetro PP3, NS 12682-1093 de EMA-CSI_IMTA.

INTENSIDAD DE LLUVIA PATRON DE REFERENCIA (mm/h)	CON COEFICIENTES DE CORRECCIÓN DEL CALIBRANDO
10.00	-0.2152
20.02	-0.0551
30.00	0.0694
39.95	0.1599
50.00	0.2180
99.99	0.0767
149.90	-0.6410
200.00	0.3576
250.05	0.1333
300.00	-0.1037



Después de la primera parte de dos, que componen el proceso de calibración, es decir, de la parte física de la calibración, que es la medición de los volúmenes de agua que pasan por cada uno de las cazoletas del balancín del pluviómetro; se ejecuta la segunda parte del proceso de calibración, que es la aplicación del método de mínimos cuadrados, y se obtienen los cuatro nuevos coeficientes de calibración.

COEFICIENTES DE CORRECCIÓN DEL PLUVIÓMETRO PP3, NS = 12682-1093:

$$\mathbf{A = 0.4124 \quad B = 0.9567 \quad C = 7.7370E-04 \quad D = -2.0838E-06}$$

QUE SE RECOMIENDA, SE DEBEN APLICAR CUANDO LAS INTENSIDADES DE LLUVIA SEAN IGUALES O MAYORES A 200.00 mm/h, UTILIZANDO LA FUNCIÓN:

$$\mathbf{Lluvia\ corregida = A + Bx + Cx^2 + Dx^3}$$

Siendo x = medición del pluviómetro

Se observa en la figura 48 que la línea roja del error residual se dispara después de los 200.0 mm/h, y la aplicación del método de mínimos cuadrados hace que la curva café trata de acercarse al error cero; se aplanan las curvas. Para este tipo de instrumentos de medición, que no son de medición continua y debido a que la corrección afecta a toda la curva, no es conveniente aplicar los coeficientes de corrección antes de que se presenten los errores de medición. Se recomienda que, solamente se apliquen los coeficientes de corrección a partir de que empieza a presentar errores de medición, que para este caso, según la tabla 9 y la tabla 10, es a intensidades de lluvia iguales y mayores a 200.0 mm/h. Para este caso, los errores de dos, tres y cuatro eventos, correspondientes a 200.0 mm/h, a





MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

250.0 mm/h y a 300.0 mm/h, se conviertan en errores de 0.3576, 0.1333 y -0.1037 parte de un evento o balanceo que equivale a 4.7378 mililitros. En porcentajes, los errores de medición, una vez aplicados los coeficientes de calibración serían de 7.54 % para intensidades de lluvia de 200.0 mm/h, 2.81 % para 250.0 mm/h y -2.189 % para 300.0 mm/h. A estos errores por calibración de los 200.0 mm/h a 300.00 mm/h, se les debe adicionar el error por ajuste de ± 0.18 %.





6. RESULTADOS EN GRÁFICAS

Registro y Monitoreo de las estaciones ETHRP1, ETHR3 y EMA-CSI_IMTA.

Las estaciones de medición en el área de las Casas Ecológicas, tienen las siguientes características y tipo de sensor:

- a) ETHRP1: Es la Estación de medición de Temperatura y Humedad Relativa, ubicada dentro de la Casa Ecológica Urbana (CEU) y medición de precipitación pluvial, instalado en el barandal, en el lado norte de la CEU. Para temperatura se tienen tres sensores, los cuales miden temperatura ambiente (T2), temperatura intermedia (a 20.0 cm cercano al techo de la CEU (T5) y la temperatura del techo de la CEU (T6). La Humedad relativa la mide el sensor RH2 y la precipitación el pluviómetro PP2
- b) ETHR3: Estación de medición de Temperatura y Humedad Relativa, ubicada dentro de la Casa Ecológica Rural (CER), en la parte central, sobre el comedor.
- c) EMA-CSI_IMTA: Estación Meteorológica Automática de medición de variables meteorológicas (Temperatura, Humedad Relativa, Presión Barométrica, Radiación Solar, Magnitud y Dirección del Viento y Precipitación Pluvial (PP3), ubicada en medio de las casas ecológicas;
- d) EMA-SMN: Estación Meteorológica Automática de medición de variables meteorológicas (Temperatura, Humedad Relativa, Presión Barométrica, Radiación Solar, Magnitud y Dirección del Viento y Precipitación Pluvial, PP2), perteneciente a la Red de estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), ubicada en el lado sur del edificio 30 de la Subcoordinación de EEyCC.





MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

Referente a la instalación de las estaciones de medición, se resalta que en 2021:

- a) La EMA-CSI_IMTA, inició mediciones el 10 de agosto de 2021 a las 09:30 h (Hora Invierno Centro). La primera lluvia registrada: 11 de agosto a las 00:40 h (HCI). La EMA-IMTA presenta mediciones continuas desde su instalación, hasta la fecha. Es importante mencionar que esta estación se está compartiendo también en el proyecto UV2303.1, ya que es una estación de referencia para ambos proyectos. Así que se tiene información compartida.
- b) La EMA-SMN, inició la toma de mediciones, el 01 de enero de 2021 a las 21:40 (Hora Invierno Centro). La primera lluvia registrada: 15 de enero a las 19:00 h (HCI).

En 2022:

- a) La ETHRP1, inició mediciones el 20 de julio de 2022 a las 16:20. La ETHRP4 inició mediciones el 04 de Octubre de 2022 a las 18:00. La EMA-IMTA inició el 27 de marzo de 2022 a las 06:10 y la EMA-SMN inició el 01 de marzo de 2022 a las 00:10.

En 2023:

- a) La ETHRP1, inició mediciones el 09 de abril de 2023 a las 23:50. La ETHRP4, EMA-CSI_IMTA y EMA-SMN iniciaron mediciones también el 09 de abril de 2023 pero a las 22:30.
- b) Respecto a la estación EMA-SMN, la transmisión de datos vía satélite de la EMA-SMN, estuvo transmitiendo con algunos huecos de información desde 2021, muy posiblemente por interferencias con la antena de comunicación celular cercana como a 35 metros de distancia. Y desde el



MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

viernes 28 de julio a las 17:40 horas, dejó de transmitir datos durante 19 días. Se restableció la transmisión hasta el 16 de agosto. Desde entonces, ha presentado discontinuidad en los registros de datos, hasta la fecha. Por tanto, los datos de la EMA-SMN se descartaron para comparación con los datos de las estaciones del IMTA.

Referente a los archivos de datos, cada uno de los archivos se presentan en hora local, denominado Hora Centro de Invierno (HCI) y en hora de Greenwich (hora Z), con una diferencia de 6 horas entre la hora local, HCI, y la hora Z. Cabe mencionar que este año en México, no hubo cambio de horario de invierno a horario de verano, se mantuvo siempre en horario Centro de Invierno.

Los datos se han dividido en cinco partes:

- a) Datos crudos
- b) Datos cada 10 minutos
- c) Datos cada 30 minutos
- d) Datos cada 24 horas
- e) Gráficas.

Los datos crudos, son datos en formato original que proporciona el *datalogger* de la estación, y son medidos cada 10 minutos. La fecha de estos archivos crudos, están en formato Juliano (donde el juliano 1 es el 01 de enero y el juliano 365, es el 31 de diciembre). Y la hora registrada en estos archivos está en horario militar (15:00 es 1500 en horario militar). Para la identificación de cada una de las columnas, se adicionan archivos en Excel para identificar cada una de estas columnas de datos.



Los archivos de cada 10 minutos, 30 minutos y 24 horas, están registrados en esos lapsos de tiempo, las fechas están en formato dd/mm/aaaa y la hora en formato hh:mm:ss y todas las columnas en estos archivos están identificadas con un título.

Resultado de las mediciones en las Casas Ecológicas.

Se ha considerado como la “temporada de lluvias” del 25 de junio al 13 de noviembre de 2023 (figura 49), aunque se registraron algunas lluvias aisladas desde el mes de abril. La tabla 11 denota que se registraron 109 días con lluvia, y en el periodo de la temporada del 25 de junio al 13 de noviembre fueron 85 días con lluvia (figura 50). Es necesario mencionar que las últimas lluvias de noviembre ya fueron debidas a frentes fríos.

Estas mediciones de lluvia fueron registradas por los pluviómetros PP1 de la estación ETHRP1 de la Casa Ecológica Urbana y que está instalado sobre el barandal de la casa a una altura de 4.29 metros; y por el pluviómetro PP3, de la estación meteorológica de referencia EMA-CSI_IMTA, que tiene instalado el pluviómetro a ras del suelo y éste tiene una altura de 1.05 metros del suelo a la boca del pluviómetro.

En las gráficas, se utiliza el color verde claro, para los datos de la estación ETHRP1 de la Casa Ecológica Urbana, el color morado, para denotar los datos de la estación ETHR3 de la Casa Ecológica Rural y el color naranja para los datos de la Estación Meteorológica Automática marca Campbell Scientific Inc. (CSI) del IMTA, denominada EMA_CSI-IMTA. Cabe mencionar que esta EMA-CSI-IMTA, en 2021 y 2022, se nombró como EMA-IMTA.

En la figura 50, se observa que los meses lluviosos en orden de mayor a menor, fueron los meses de julio (PP1 = 165.574 mm y PP3 = 161.51 mm), agosto (PP1 =





MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



161.225 mm y PP3 = 157.811 mm), septiembre (PP1 = 125.612 mm y PP3 = 122.945 mm) y Octubre (PP1 = 118.686 mm y PP3 = 116.803 mm).





Tabla 11. 109 días con lluvia del 09 de abril al 13 de noviembre de 2023.

ETHRP1 y EMA-CSI_IMTA EN CASAS ECOLÓGICAS DÍAS CON LLUVIA EN EL AÑO: 109 DÍAS TEMPORADA DE LLUVIAS: EL 25 DE JUNIO AL 13 DE NOVIEMBRE DE 2023: 85 DÍAS		
	ETHR1 CE URBANA Lluvia Acumulada Lluvia Pluv1 mm	EMA-IMTA EST MET AUTOM Lluvia Acumulada Lluvia Pluv3 mm
2023		
MES		
2023	ETHR1-CEU	EMA-CSI_IMTA
MES	PP1 (mm)	PP3 (mm)
09/04/23	0.41	3.45
10/04/23	1.12	0.22
11/04/23	0.20	0.22
12/04/23	1.22	1.51
17/04/23	0.71	0.65
23/04/22	0.10	0.22
04/05/22	2.23	2.59
10/05/22	0.71	0.86
11/05/22	1.02	1.08
14/05/22	0.30	0.43
15/05/22	0.10	0.00
21/05/22	3.35	5.39
22/05/22	1.52	0.22
24/05/22	0.00	0.65
26/05/22	0.00	0.65
27/05/22	0.00	4.31
28/05/22	0.00	6.25
29/05/22	0.00	0.43
01/06/22	0.41	0.00
05/06/22	0.71	0.00
06/06/22	8.73	0.00
07/06/22	1.12	2.72
08/06/22	0.00	0.16
11/06/22	0.51	0.43
25/06/23	1.83	1.94
26/06/23	0.81	0.65
27/06/23	0.30	0.22
01/07/23	8.32	7.97
02/07/23	2.84	2.58
03/07/23	0.51	0.65
04/07/23	1.22	1.08
05/07/23	11.87	12.06
06/07/23	7.40	7.11
07/07/23	0.61	0.65
08/07/23	9.534	8.825
09/07/23	24.866	26.061
10/07/23	4.462	4.73

ETHRP1 y EMA-CSI_IMTA EN CASAS ECOLÓGICAS DÍAS CON LLUVIA EN EL AÑO: 109 DÍAS TEMPORADA DE LLUVIAS: EL 25 DE JUNIO AL 13 DE NOVIEMBRE DE 2023: 85 DÍAS		
	ETHR1 CE URBANA Lluvia Acumulada Lluvia Pluv1 mm	EMA-IMTA EST MET AUTOM Lluvia Acumulada Lluvia Pluv3 mm
2023		
MES		
2023	ETHR1-CEU	EMA-CSI_IMTA
MES	PP1 (mm)	PP3 (mm)
11/07/23	35.321	33.597
12/07/23	0.101	0
13/07/23	4.765	4.521
14/07/23	0.101	0
16/07/23	5.379	4.609
19/07/23	2.434	2.204
21/07/23	1.114	1.102
22/07/23	2.634	2.404
23/07/23	11.462	11.022
24/07/23	2.231	2.203
25/07/23	1.013	0.901
26/07/23	14.714	14.525
27/07/23	4.87	4.908
28/07/23	0.608	0.7
29/07/23	2.637	2.605
31/07/23	4.568	4.509
01/08/23	1.419	1.301
02/08/23	0.405	0.401
03/08/23	0.101	0.2
04/08/23	9.332	9.518
05/08/23	36.639	34.378
06/08/23	3.95	3.904
07/08/23	0.101	0.1
08-ago-23	0.30	0.30
09-ago-23	0.10	0.00
10-ago-23	10.86	10.82
11-ago-23	5.58	5.81
12-ago-23	17.15	16.83
14-ago-23	6.40	6.31
17-ago-23	3.24	3.41
18-ago-23	1.52	1.50
19-ago-23	3.75	3.71
22-ago-23	18.78	18.74
24-ago-23	2.44	2.50
25-ago-23	0.10	0.10
27-ago-23	9.84	9.22
28-ago-23	4.05	3.91

ETHRP1 y EMA-CSI_IMTA EN CASAS ECOLÓGICAS DÍAS CON LLUVIA EN EL AÑO: 109 DÍAS TEMPORADA DE LLUVIAS: EL 25 DE JUNIO AL 13 DE NOVIEMBRE DE 2023: 85 DÍAS		
	ETHR1 CE URBANA Lluvia Acumulada Lluvia Pluv1 mm	EMA-IMTA EST MET AUTOM Lluvia Acumulada Lluvia Pluv3 mm
2023		
MES		
2023	ETHR1-CEU	EMA-CSI_IMTA
MES	PP1 (mm)	PP3 (mm)
29-ago-23	0.61	0.60
30-ago-23	2.33	2.31
31-ago-23	22.22	21.94
01-sep-23	1.42	1.40
02-sep-23	6.70	6.31
03-sep-23	0.30	0.40
05-sep-23	13.70	13.63
06-sep-23	3.25	3.21
07-sep-23	12.48	12.02
08-sep-23	11.57	11.02
09-sep-23	1.72	1.80
10-sep-23	21.01	20.24
14-sep-23	17.76	17.53
15-sep-23	30.44	30.17
16-sep-23	1.72	1.70
18-sep-23	1.42	1.40
20-sep-23	2.13	2.10
01-oct-23	6.90	6.81
02-oct-23	4.67	4.81
03-oct-23	29.84	28.36
04-oct-23	0.20	0.30
05-oct-23	10.86	10.52
06-oct-23	11.16	11.32
07-oct-23	0.00	0.10
08-oct-23	2.23	2.30
09-oct-23	6.99	6.81
10-oct-23	5.37	5.41
11-oct-23	4.06	4.11
24-oct-23	0.20	0.20
25-oct-23	11.86	12.02
26-oct-23	1.01	1.00
27-oct-23	23.35	22.74
09-nov-23	8.73	8.42
10-nov-23	0.20	0.30
11-nov-23	16.844	16.03
Subtotal		
Temporada de Lluvias	599.81	586.61
TOTAL		
ABR-NOV 2023	624.27	619.01



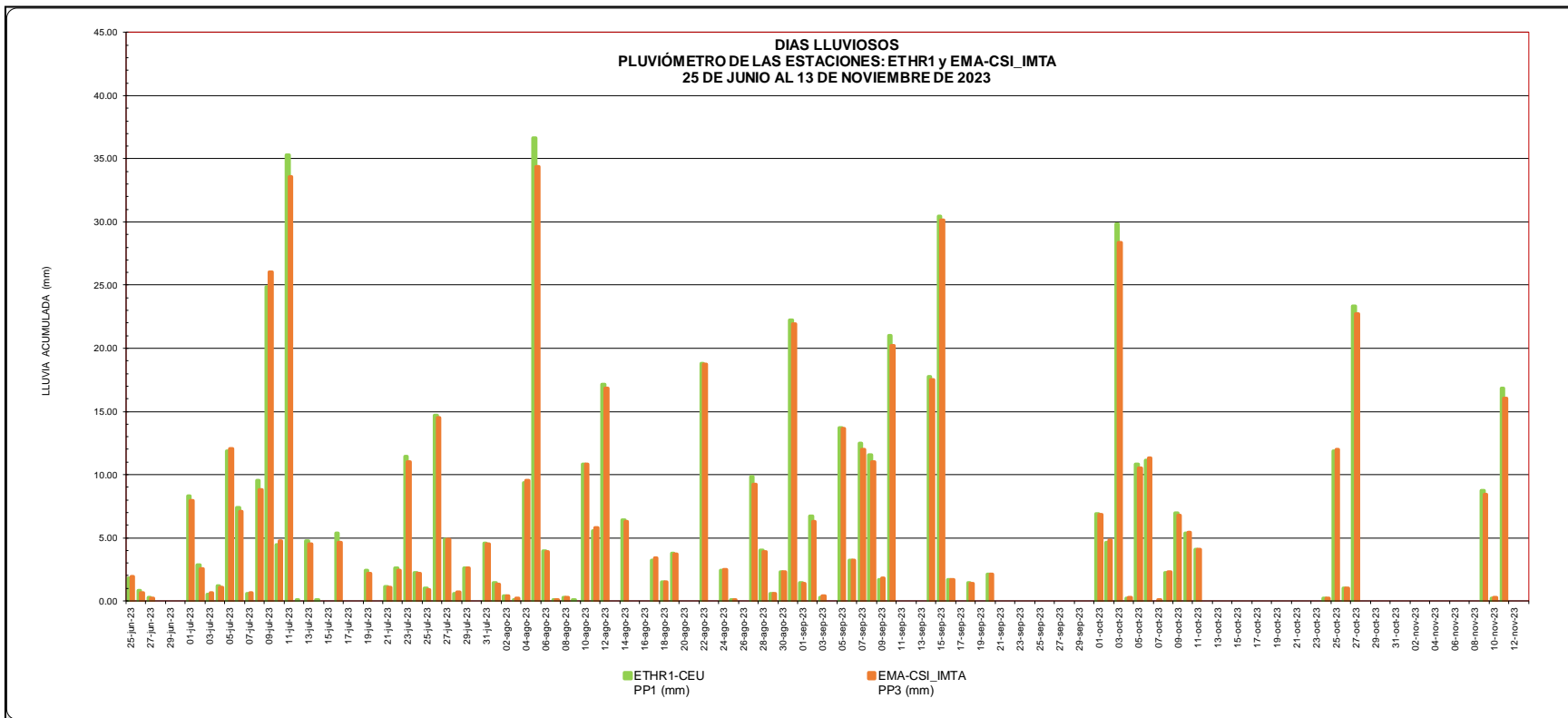


Figura 49. Días Lluviosos del 25 de junio al 13 de noviembre de 2023.

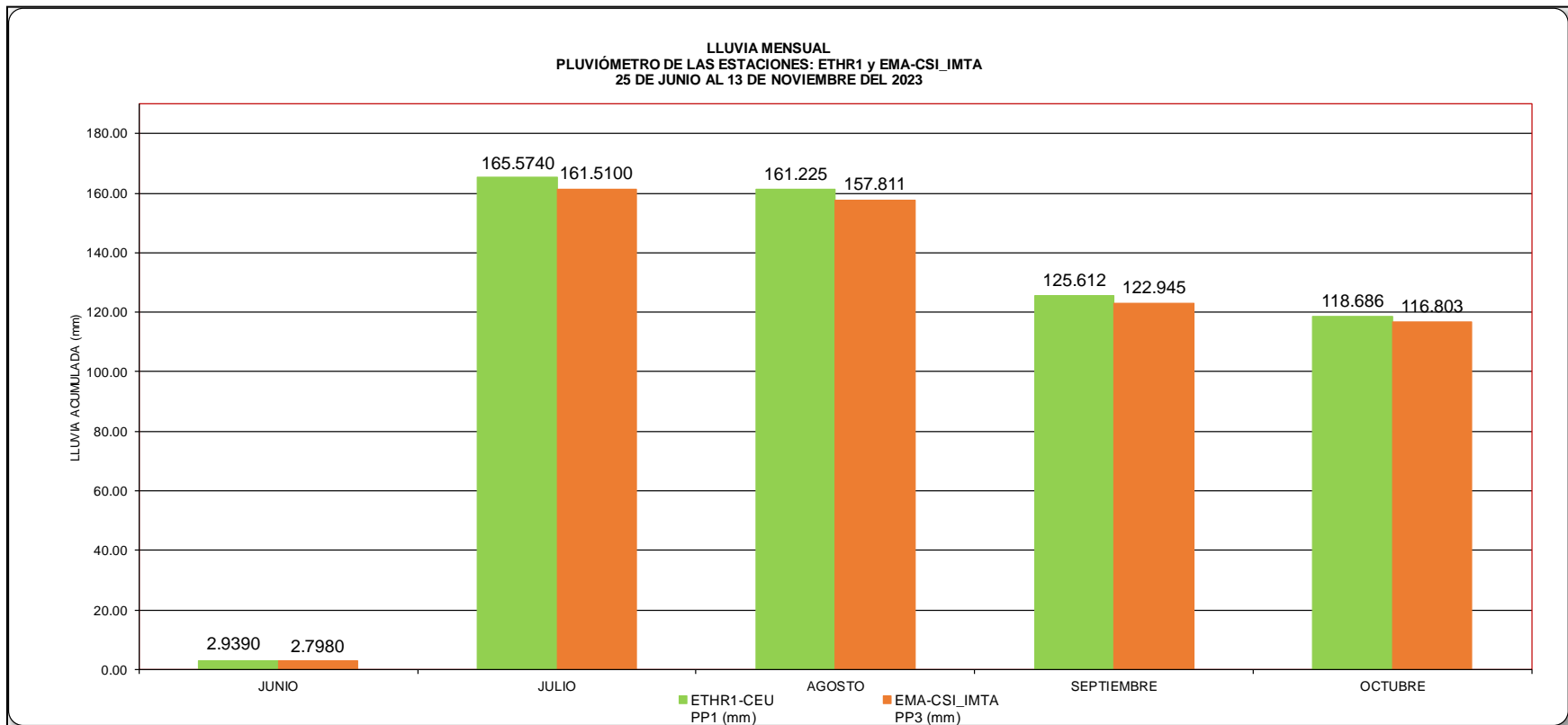


Figura 50. Lluvia acumulada mensual del 25 de junio al 13 de noviembre de 2023.



La tabla 12, nos muestra que el 05 de agosto de 2023, fue el día que más llovió, con 36.639 mm acumulados, medidos por el pluviómetro PPI, de la Casa Ecológica Urbana, o 34.378 mm medidos por el pluviómetro PP3, de la EMA-CSI_IMTA.

Tabla 12. Máxima lluvia acumulada por día en 2023

Fecha día-mes-año	ETHRPI		EMA-CSI_IMTA	
	CE	URBANA	EST MET AUTOM	
	Lluvia Acumulada		Lluvia Acumulada	
	Lluvia	PPI	Lluvia	PP3
	mm		mm	
05-ago-23	36.639		34.378	
11-jul-23	35.321		33.597	
15-sep-23	30.438		30.165	
03-oct-23	29.835		28.361	
09-jul-23	24.866		26.061	
27-oct-23	23.346		22.74	
31-ago-23	22.218		21.943	
10-sep-23	21.009		20.239	
22-ago-23	18.777		18.741	
12-ago-23	17.147		16.829	
11-nov-23	16.844		16.03	

La tabla 13, nos dice que, con respecto a las intensidades de lluvia, tomando, los datos de la estación EMA-CSI_IMTA, el mes de agosto fue en el que hubo mayor





intensidad de lluvia, registrándose 27.263 mm/h, le siguen el 03 de octubre, el 11 de julio y en cuarto lugar el 15 de septiembre.

Tabla 13. Máximas intensidades de lluvia por día en 2023

MÁXIMAS INTENSIDADES DE LLUVIA		
Fecha	ETHRP1	EMA-CSI_IMTA
día-mes-año	CE URBANA	EST MET AUTOM
	Intensidad de Lluvia	Intensidad de Lluvia
	PP1	PP3
	mm/h	mm/h
05-ago-23	27.813	27.263
03-oct-23	27.606	26.157
11-jul-23	28.013	26.061
15-sep-23	25.975	25.656

Las tablas 14 , 15 y 16, muestran las lluvias acumuladas por mes y el acumulado anual de los años 2021, 2022 y 2023, respectivamente. Y la tabla 17 muestra el acumulado anual de los años 2021, 2022 y 2023.

La figura 51 y 52, nos muestran estos datos en una gráfica. Podemos observar que en el 2022 se registraron 1003.07 mm de lluvia acumulada, medidos por la PP3 de la EMA-CSI_IMTA.



Tabla 14. Lluvia acumulada por mes y anual en 2021

DATOS DE LLUVIA CADA 10 MINUTOS DE EMA-IMTA y EMA-SMN DE AzV DEL 01 DE ENERO AL 31 DE DICIEMBRE DE 2021.		
2022	EMA-IMTA EST MET AUTOM Lluvia Acumulada Lluvia PP3	EMA-SMN EST MET AUTOM Lluvia Acumulada Lluvia PP2
MES	EMA-IMTA PP3 - 2021 (mm)	EMA-SMN PP2 - 2021 (mm)
ENERO		4.05
FEBRERO		0.00
MARZO		3.04
ABRIL		0.00
MAYO		83.94
JUNIO		93.64
JULIO		15.26
AGOSTO	118.20	13.03
SEPTIEMBRE	275.50	16.75
OCTUBRE	42.30	24.06
NOVIEMBRE	51.30	2.02
DICIEMBRE	0.00	0.00
TOTAL	487.30	255.79

EMA-IMTA:

- a) Inicio de mediciones: 10 de agosto de 2021 a las 09:30 h (Hora Invierno Centro),
- b) La primera lluvia registrada: 11 de Agosto a las 00:40 h (HCI)
- c) Presenta mediciones continuas desde su instalación, pero inició en Agosto.

EMA-SMN.

- a) Inicio de toma de mediciones: 01 de Enero de 2021, 21:40 (Hora Invierno Centro)
- b) La primera lluvia registrada: 15 de Enero a las 19:00 h (HCI)
- c) Presenta discontinuidad en sus mediciones en varios intervalos de tiempo.





Tabla 15. Lluvia acumulada por mes y anual en 2022

DATOS DE LLUVIA CADA 10 MINUTOS DE ETHR1, EMA-IMTA y EMA-SMN DE AzV DEL 01 DE MARZO AL 31 DE DICIEMBRE DE 2022.			
2022	ETHR1 CE URBANA Lluvia Acumulada Lluvia PP1 mm	EMA-IMTA EST MET AUTOM Lluvia Acumulada Lluvia PP3 mm	EMA-SMN EST MET AUTOM Lluvia Acumulada Lluvia PP2 mm
2022 MES	ETHR1-CEU PP1 - 2022 (mm)	EMA-IMTA PP3 - 2022 (mm)	EMA-SMN PP2 - 2022 (mm)
ENERO			
FEBRERO			
MARZO			26.67
ABRIL		36.54	29.93
MAYO		53.49	46.93
JUNIO		138.07	104.38
JULIO	28.80	210.93	163.60
AGOSTO	198.80	267.26	206.24
SEPTIEMBRE	185.90	203.08	204.69
OCTUBRE	88.10	91.86	95.42
NOVIEMBRE	0.60	0.61	0.00
DICIEMBRE	1.20	1.21	1.00
TOTAL	503.40	1003.04	878.86

Según la EMA-IMTA, la lluvia acumulada en 2022 fue de 1003.04 mm





Tabla 16. Lluvia acumulada por mes y anual en 2023

DATOS DE LLUVIA CADA 10 MINUTOS DE ETHR1, EMA-IMTA y EMA-SMN DE AzV DEL 01 DE MARZO AL 31 DE OCTUBRE DE 2023.			
2023	ETHR1 CE URBANA Lluvia Acumulada Lluvia PP1 mm	EMA-IMTA EST MET AUTOM Lluvia Acumulada Lluvia PP3 mm	EMA-SMN EST MET AUTOM Lluvia Acumulada Lluvia PP2 mm
2023 MES	ETHR1-CEU PP1 2023 (mm)	EMA-CSI_IMTA PP3 -2023 (mm)	EMA-SMN PP2 -2023(mm)
ENERO			
FEBRERO			
MARZO			
ABRIL	3.76	6.25	4.79
MAYO	9.24	22.84	10.51
JUNIO	14.41	6.11	29.15
JULIO	165.57	161.51	94.28
AGOSTO	161.23	157.81	43.35
SEPTIEMBRE	125.61	122.95	56.37
OCTUBRE	118.69	116.80	39.03
NOVIEMBRE	25.77	24.75	15.96
DICIEMBRE	0.00	0.00	0.00
TOTAL	624.27	619.01	293.44
			* EMA-SMN, Presenta muchos huecos de datos, por posible bloqueo o daño en la transmisor satelital de datos

Según el pluviómetro de EMA-CSI_IMTA, la lluvia acumulada DE ABRIL al 13 de NOVIEMBRE de 2023 fue de 619.01 mm





Tabla 17. Lluvia acumulada anual de 2021 a 2023

DATOS ANUALES DE LLUVIA ETHR1, EMA-CSI_IMTA y EMA-SMN DE AzV DEL 2021, 2022 Y 2023.			
	ETHR1 CE URBANA Lluvia Acumulada Lluvia PP1 mm	EMA-CSI_IMTA EST MET AUTOM Lluvia Acumulada Lluvia PP3 mm	EMA-SMN EST MET AUTOM Lluvia Acumulada Lluvia PP2 mm
AÑO	ETHR1-CEU PP1 (mm)	EMA-CSI_IMTA PP3 (mm)	EMA-SMN PP2 (mm)
2021		487.30	255.79
2022	503.40	1003.04	878.86
2023	624.27	619.01	293.44

*ETHR1: Inicio mediciones el 20 de julio de 2022 a las 16:20 h	*EMA-CSI_IMTA: Inicio mediciones el 10 de agosto de 2021 a las 09:30:00 h	*EMA-SMN: Inicio mediciones el 01 de enero de 2021 a las 21:40:00 h
--	---	---

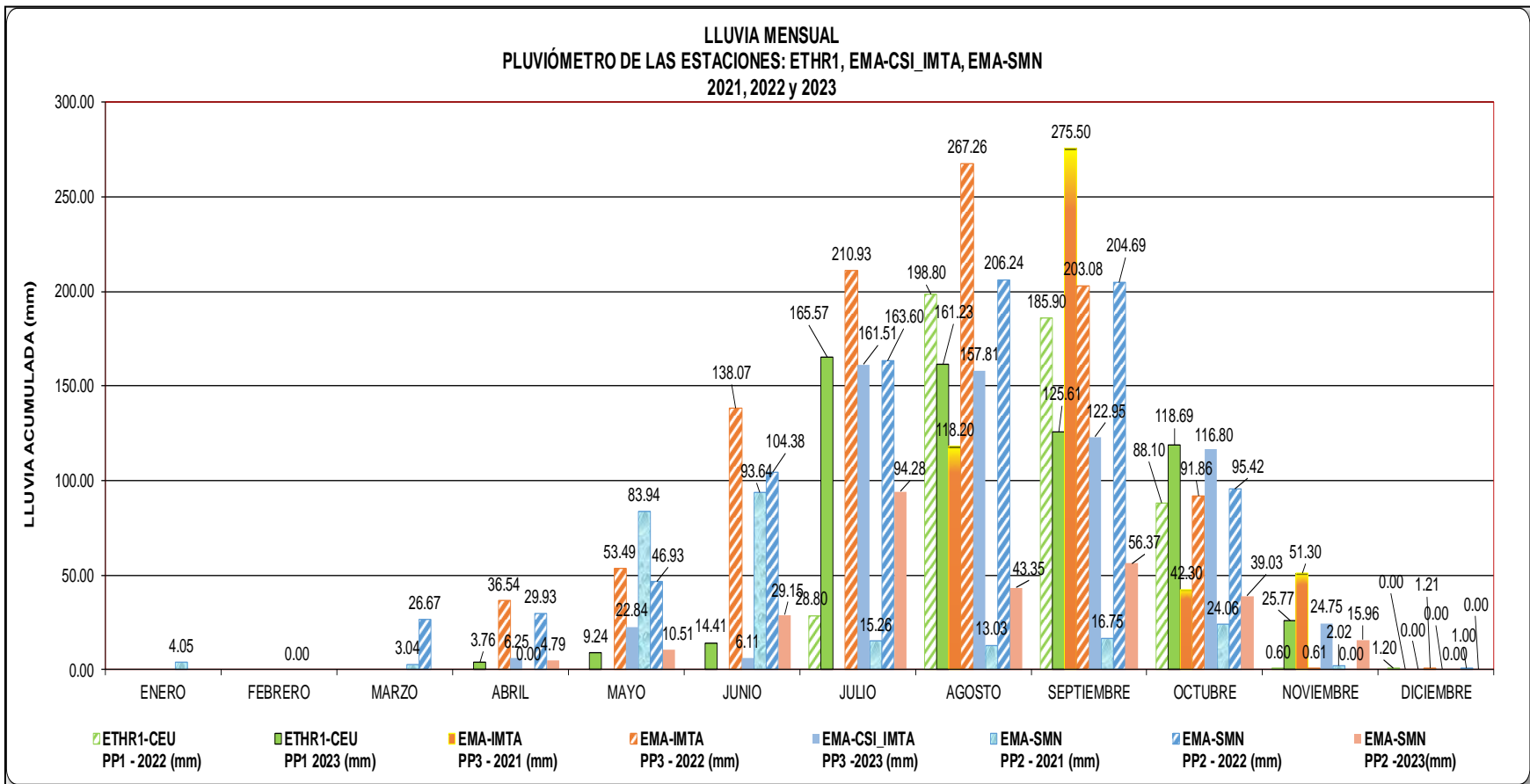


Figura 51. Lluvia acumulada mensual de 2021 a 2023.

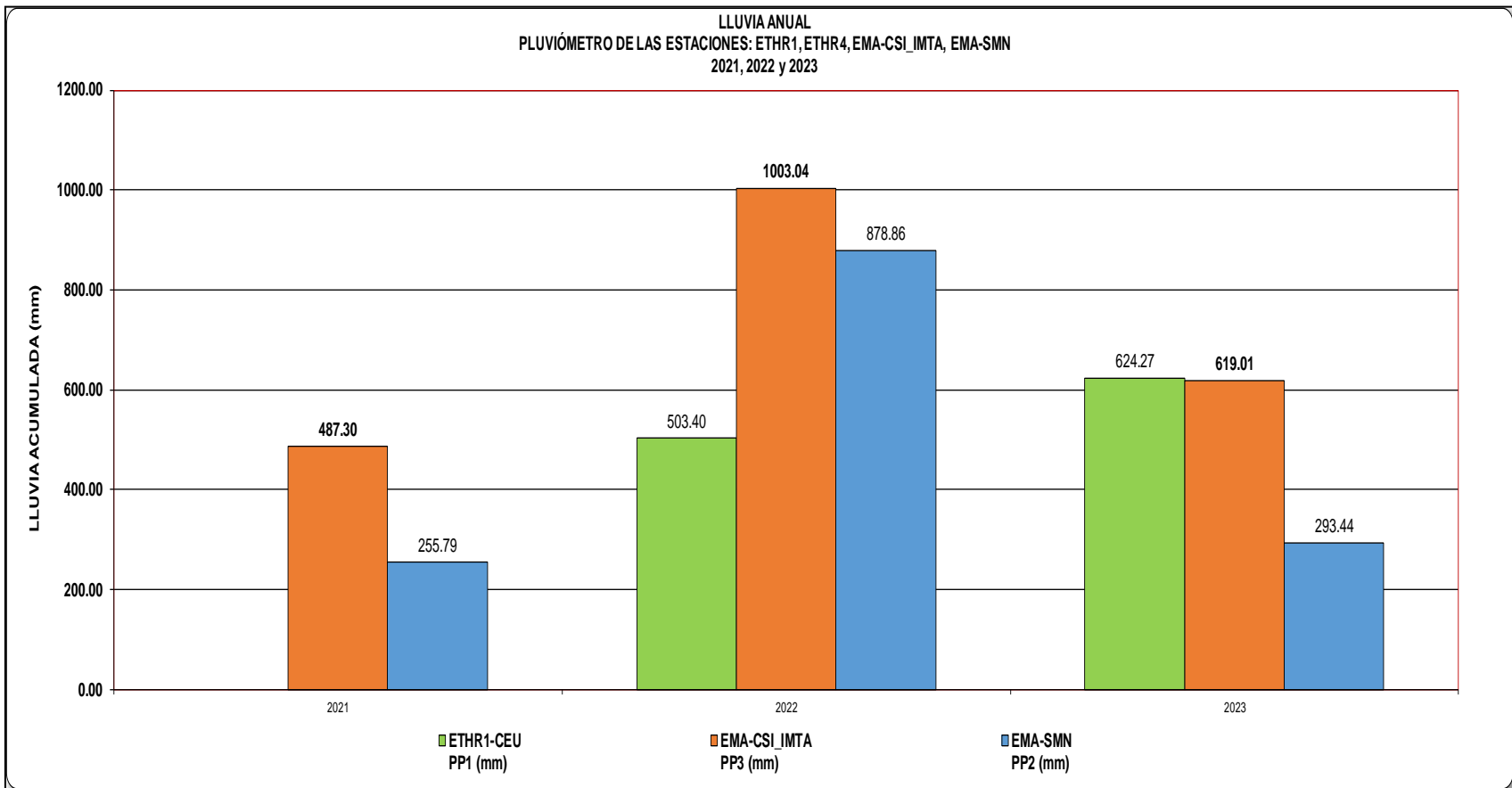


Figura 52. Lluvia anual 2021, 2022 y 2023.



MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

Para conocer el impacto que tiene la cobertura vegetal en la azotea y el tipo de construcción de la Casa Ecológica Urbana y del tipo de estructura de la Casa Ecológica Rural, se procesaron todos los datos y variables de los equipos instalados tanto dentro de las casas como en el exterior, y se realizaron varias gráficas con el objetivo de realizar un pos análisis, en un siguiente informe.

De la figura 64 a la figura 81, se podrá observar el comportamiento térmico de dichas casas, con respecto a las condiciones imperantes en el exterior cuando se han presentado lluvias (ver anexo 2).

De la figura 82 a la 98, se grafica el comportamiento térmico de las casas, cuando se han presentado las máximas y las mínimas en las variables de temperatura ambiente, humedad ambiente y temperatura de techo de cada una de las casas y cuando se presentan también las máximas y mínima en el exterior de la temperatura ambiente, humedad relativa, la radiación solar y la presión barométrica.

7. Análisis de factibilidad de las eco tecnologías de los modelos experimentales de las casas ecológicas.

El análisis de factibilidad lo estamos definiendo como lo factible de poner en funcionamiento cada una de las eco tecnologías, para que no sean solo demostrativas sino se tenga una finalidad de uso con ellas. Es decir que los visitantes de los recorridos puedan comprobar que funcionan cada una de ellas.

SCALL (Sistema de Captación de Agua de Lluvia).

Para el Scall que se encuentra ubicado en la casa ecológica rural se tendrían que realizar diferentes acciones para dejar operando las tecnologías actuales, entre las acciones a tomar encontramos las siguientes.



- Cambiar las canaletas del sistema de conducción ya que se encuentran en mal estado.
- Cambiar las láminas de fibrocemento dañadas.
- Limpiar la superficie de captación de agua de lluvia.
- Revisar el sistema de primeras lluvias (propuesta de mejora).
- Revisar el sistema de conducción de PVC para ver su funcionamiento.
- Inspección de fugas en cisterna.
- Instalar infografía.

Para el **cambio de las canaletas de conducción** que se encuentran en mal estado ver figura 53, se tendrían que poner nuevas, el **costo** de éstas con instalación es de **\$5,994.37** ver tabla 18. Para que el sistema funcione bien, tiene que estar en buen estado la cubierta de captación, por lo cual se cambiarían las láminas de fibrocemento dañadas y se limpiarían las restantes, ver figura 54.

El sistema de primeras lluvias instalado, es un bidón de 40 litros, se tendría que realizar el análisis para de precipitación y proponer uno del tamaño adecuado. El sistema de primeras lluvias actual se encuentra en mal estado. El sistema de primeras lluvias debe separar el agua sucia en los primeros minutos de lluvias del agua más limpia ver figura 55. Por otro lado, se tendrían que revisar el sistema de captación de agua de lluvia, debido a que verificaríamos posibles fugas y su reparación, existe un problema ya que la cisterna capuchino no se llena después de la temporada de lluvias ver figura 56.





Figura 53. Canaletas en mal estado.



Figura 54. Láminas de fibrocemento dañadas o con huecos.





Figura 55. Separador de primeras lluvias.



Figura 56. Sistema de conducción de agua pluvial





Humedal

El humedal que se encuentra para el tratamiento de agua residual de la casa ecológica urbana, necesita varios recursos para ponerlo en un óptimo funcionamiento, entre los que destacan:

- Alimentación continua con agua residual
- Colocar zanjas de desvío de escurrimientos pluviales para que no ingresen dentro del humedal y se mezclen con las aguas negras.
- Continuar con la vegetación dentro del humedal.
- Realizar ficha o manual de operación.
- Instalar infografía.

Para llevar a cabo las acciones anteriores se tendría que realizar una inspección del baño del interior de la casa ecológica rural y observar si las tuberías de drenaje llegan con la pendiente adecuada al humedal para ponerlo en funcionamiento. Cabe señalar que en caso de tener la pendiente adecuada y la tubería en buen estado, se invitaría a las personas de mantenimiento y jardinería para ocuparlo, para poder realizar un adecuado funcionamiento y tratamiento de agua residual.

Por otro lado las zanjas de desviación de escurrimientos pluviales se tendrían que ubicar en los costados del humedal, para impedir que el agua de lluvia de los escurrimientos se mezclen con las aguas del humedal. Las zanjas propuestas tendrían un largo de 3.5 m con un ancho de 0.50 cm y una profundidad aproximada de 0.70 cm. El costo aproximado es de **\$3,945.97** ver figura 57 y tabla 1818.





Figura 57. Zona de propuesta para zanjas para desvío de escurrimientos pluviales.

Bici bomba.

- Colocar un soporte a la parte de delante de la llanta para darle una mejor estabilidad a la bicicleta.
- Colocarla en un lugar fijo sin movimiento y colocarla con cadena y candado para mayor seguridad.
- Colocar nuevo equipo para bombear el agua (realizado por la Subcoordinación de agua, energía y proyectos productivos).
- Colocar mangueras para llevar el agua a los dos huertos, cada uno con un sistema de bombeo diferente.

El soporte de la parte delantera para la bici se realizaría de ángulo cuadrado. Además se colocaría la bicicleta fijándola con taquetes y tornillos en el firme y sujetándola con una cadena, ya no se necesitara estarla moviendo, la zona propuesta se puede apreciar en la figura 58.





Además se pretende colocar el nuevo equipo ver figura 5958, que también quede fijo y que alimente al huerto más lejano, el costo de estás adecuación a las tecnologías sería de **\$830.00** ver tabla 18.



Figura 58. Zona propuesta para fijar la bomba de la bicicleta





Figura 59. Nuevo equipo para bombear el agua

Huerto:

Falta instalar completo el sistema de riego de cintilla (se necesita un rollo de 100 m de cintilla de baja presión, **el costo** de habilitar esta tecnología es de **\$4,018.00** ver la tabla 18.

Calentador solar

- Colocar sobre estructura de láminas de asbesto, y colocar un tinaco (alimentado por la bici y la cisterna capuchino) sobre el baño para alimentarlo y ponerlo a funcionar.
- Poner infografía.

Para poner a funcionar el calentador solar se pretende instalarlo en la parte superior de la casa, por encima de las láminas de asbesto ya que actualmente se encuentra sin funcionar y en la sombra debajo de un árbol ver figura 60. Existen dos posibilidades, una es sobre la losa del baño y la otra sobre la cubierta de la terraza, en un costado de las celdas solares ver figura 61. Por otro lado, se tendría





que instalar un tinaco con la capacidad de 450 litros, para poner a funcionar el calentador solar.

Una vez colocado el tinaco se alimentara con agua de la cisterna capuchino, a través del bombeo con la bici, subirá al tinaco y después al calentador solar. Posteriormente se colocaría tubería para poder ocuparla en el lavadero ecológico. Así se pondría en funcionamiento el calentador solar alimentado con agua de lluvia. El costo es de aproximadamente **\$9,145.21** como se puede apreciar en la tabla 18.



Figura 60. Calentador solar sin funcionar.





Figura 61. Propuesta para nueva instalación de calentador solar y tinaco.

Cisterna capuchino:

- Revisar si tiene filtraciones en muros o piso.
- Dar mantenimiento con una mezcla cemento arena y agua con un aditivo impermeabilizante.
- Conocer la cantidad de agua que ingresar por mes (comparando la precipitación con la entrada y descontando la evaporación).

La cisterna de almacenamiento de agua potable, actualmente parece que tiene filtraciones y humedad en los muros, ver figuras y 97; por lo anterior, se tendría que realizar una inspección para ver si la cisterna presenta fisuras y poder repararlas, esto sería a través de una mezcla cemento arena y agua con un aditivo con un aditivo impermeabilizante, el costo es de **\$2,402.79** lo vemos reflejado en la tabla 18.





Además se realizará el análisis del ingreso de la cisterna, poniendo un medidor de ingreso a la cisterna y comparándolo con el medidor de tirante. Con ello se comprobaba si la cisterna tiene fugas no observables. El costo de estas tecnologías es de **\$13,849.58** como se aprecia en la tabla 18.



Figura 62. Base de la cisterna con problemas de salitre y posible fuga de agua.





Figura 63. Humedad en muro de la cisterna capuchino

Potabilización con desinfección solar.

- Realizar pruebas con los materiales de la ficha técnica, con botellas pintadas de negro.
- Realizar pruebas de laboratorio con las diferentes técnicas de desinfección (agua hirviendo, desinfección solar y filtros ultravioleta).
- Colocar infografía

Las pruebas de desinfección solar se tendrían que elaborar dentro de las instalaciones del IMTA y poder comparar las diferentes formas de desinfección, cual es menos costosa y cual tiene mayor eficiencia en su implementación, el costo de las diferentes tecnologías es de aproximadamente **\$4,312.00** ver tabla 18.





Celdas Solares

Para realizar la factibilidad de reactivarlas, se necesita alguien especialista para realizarlo.

Tabla 18. Costo de mejoramiento de las eco tecnologías.

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA (SCALL)					
CANALE T-LAMGAL	SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y ADECUACIÓN DE CANALETAS PLUVIALES PREFABRICADAS DE LAMINA GALVANIZADA CON ANCHO DE CANAL MÍNIMO DE 10 CM. INCLUYE: CANALETA; 2 TAPAS DE EXTREMO; UNIONES; 2 CONECTORES DE BAJADA; SOPORTES Y FIJACIÓN CON SEPARACIÓN MÁXIMA DE 1.50 M, MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO, HERRAMIENTA, ACARREOS TOTALES Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.	ML	\$352.61	17	\$5,994.37
S-CAPYCO N-TS450	DEPOSITO PARA PRIMERAS AGUAS DE LLUVIAS INCLUYE MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO, HERRAMIENTA, ACARREOS TOTALES Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.	PZA	\$2,463.59	2	\$4,927.18
TUBOPV C4	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBO DE PVC SANITARIO, DE 100 MM. DE DIÁMETRO, INCLUYE MATERIALES, ACARREOS, CORTES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, PRUEBAS, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	ML	\$139.43	21	\$2,928.03
	LECHADA CON CEMENTO Y ADITIVO PARA IMPERMEABILIZAR EN CISTERNA TIPO CAPUCHINO.	M2	\$39.39	61	\$2,402.79
	LIMPIEZA Y CAMBIO DE LÁMINAS FIBROCEMENTO DAÑADAS.	M2	\$374.69	15	\$5,620.35
HUMEDAL					
	ZANJA DE DESVÍO RELLENA DE TEZONTLE A UNA ALTURA DE 70 CM, INCLUYE MATERIALES, ACARREOS, MANO DE OBRA, PRUEBAS, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M2	\$563.71	7	\$3,945.97
HUERTO					





	ROLLO DE CINTILLA	LOT E	\$ 4,018.00	1	\$4,018.00
	BICI BOMBA				
	ESTRUCTURA PARA FIJAR BICICLETA	LOT E	\$ 450.00	1	\$ 450.00
	MANGUERA PARA SUMINISTRAR AGUA	LOT E	\$ 380.00	1	\$ 380.00
	CALENTADOR SOLAR				
	TINACO BICAPA DE 450 LTS DE CAPACIDAD. INCLUYE MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO, HERRAMIENTA, ACARREOS TOTALES Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJO	PZA	\$3,963.59	1	\$ 3,963.59
	INSTALACION DE CALENTADOR SOLAR EN BASE DE PTR.	PZA	\$ 3,177.06	1	\$ 3,177.06
	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBO DE PVC HIDRÁULICO DE 13 MM RD-13.5 EXTREMOS LISOS INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, ACARREOS, INSTALACIÓN, PRUEBAS, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M	\$ 69.40	20	\$ 1,388.00
	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONEXIONES PVC DE 13 MM, INCLUYE: SUMINISTRO DE	PZA	\$ 55.41	16	\$ 886.56
	PRUEBAS DE POTABILIZACIÓN CON DESINFECCIÓN				
	SISTEMA DE DESINFECCIÓN POR CALEFACCIÓN	LOT E	\$ 800.00	1	\$800.00
	SISTEMA DE FILTRACIÓN POR LUZ ULTRAVIOLETA	LOT E	\$ 3,112.00	1	\$3,112.00
	SISTEMA DE DESIFECCIÓN CON BOTELLAS DE PLÁSTICO.	LOT E	\$ 400.00	1	\$400.00
	GENERAL				
	BASES DE PTR PARA COLOCAR INFOGRAFÍAS	PZA	\$ 1,210.00	10	\$ 12,100.00
					\$56,493.90





MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

Conclusiones:

La rehabilitación dentro de la casa ecológica nos permite tener una mejor presentación e imagen de la casa, así como una mayor seguridad durante las visitas guiadas a los modelos experimentales.

También cabe recalcar que es importante que aún existan modelos experimentales que se necesitan rehabilitar y poner en funcionamiento, debido a que se encuentran fuera de servicio. Es importante continuar con las visitas guiadas, y que los modelos experimentales sean más interactivos y permitan a los visitantes tener un mayor acercamiento con ellos, ya sea interactuando físicamente o con la infografía en la cual se coloque el proceso de cada modelo experimentan, en la que se expone para qué son, cómo funcionan y qué finalidad tiene cada uno de los modelos experimentales. Así mismo se sugiere informar al visitante del costo de cada modelo experimental, lo que permite informar al visitante, el costo personalizado de cada modelo. Lo que permite al visitante tener un parámetro que lo motive a instalar en su vivienda o institución a la que pertenece, estas alternativas de tecnologías que permitan innovar en la cuestión del manejo del recurso hídrico.

Los modelos experimentales permiten al visitante tener conocimiento de alternativas que pueden beneficiarles de manera directa sobre todo en el tema del recurso hídrico en su vivienda. Por lo que es importante que los modelos experimentales que se encuentran sin funcionamiento se puedan rehabilitar.





ANEXO 1 - Código fuente del programa de los sensores de humedad de suelo y nivel

```
#include <MedianFilterLib.h>           // filtro para filtrar por mediana
#include <TimeLib.h>
#include <NewPing.h>                   //libreria del sonar
#include <SD.h>                         //libreria Sd y SPI controlar la memoria SD
mediante el protocolo SPI
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>                       // libreria para el protocolo I2C reloj
#include <RTClib.h>                     //libreria para manejo de reloj

RTC_DS3231 RTC; // Se define un objeto reloj

byte lastminute;                       // definimos una variable byte para revisar si es
multiplo de 10 el minuto

String ano;                             //fecha
String dia;
String mes;
String horas;
String minutos;
String Fecha;
String Hora;
String registro;                         //archivo
String Imprimir;                         //estampado en archivo
```




MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

```
const int chipSelect = 4;           // pin de SD

#define MAX_DISTANCE 400           // distancia maxima de la señal en cm.

int ventana=10; //ventana de datos
float mediana;

MedianFilter<float> medianFilter(ventana);

float tirante; // Arreglo de tirante. nivel volumen
float nivel;
float volumen;
float Fondo = 218; //Arreglo de fondo o piso segun caja

NewPing sonar(7, 6, MAX_DISTANCE); // Funcion ping disparo, eco, max distancia
devuelve distancia en cm.

void setup() {
  Serial.begin(9600); // inicializa puerto

  RTC.begin(); // Reloj de tiempo real

  if (! RTC.lostPower())
  {
    Serial.println("RTC está activado!");
    //Ajustar la fecha y hora en la que se compiló este código.
    // RTC.adjust(DateTime(2023,12,8,12,25,0));
  }
  // RTC.adjust(DateTime(2023,12,8,12,25,0));
```



```
Serial.print("Iniciando tarjeta SD...");
if (!SD.begin(chipSelect)) {
  Serial.println("No se pudo inicializar la SD, o no está conectada");
  //Si CS es 1
}
else {
  Serial.println("SD inicializada!");
}
}

void loop() {    //PRINCIPAL

// Imprimir = " ";

    nivel = sonar.ping_cm();    //se asigna nivel

    //Calculo de tirante y volumen

    tirante = Fondo- nivel;    // si tirante es menor o igual a cero
    if (tirante<=0){
        tirante=0;
        volumen=0;}

    else {
        volumen = tirante * 26.06 *.01;    //se calcula volumen con tirante positivo
    }

    DateTime now = RTC.now();
```





MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

```
ano = now.year();
mes = now.month();
dia = now.day();
horas = now.hour();
minutos =now.minute();
Fecha = ano + "/" + mes + "/" + dia;
Hora = horas + ":" + minutos;

registro = "cisrural.csv";    // Asignacion de nombre de archivo
Imprimir = Fecha + " , " + Hora + " , " + "Tirante cm, " + tirante + " , " + "Sonar cm, "
+ nivel + " , " + "Volumen m3, " + volumen ; //imprimir en archivo valores

File dataFile = SD.open(registro, FILE_WRITE);    //Abrir memoria SD

// Si el archivo está disponible, escribir en el:
if (dataFile) {
  dataFile.println(Imprimir);
  dataFile.close();
  Serial.println(Imprimir);
}
// Si el archivo no se puede abrir, mensaje de error:
else {
  Serial.println("Error al intentar escribir en el archivo!");
}
delay(300000); //suspender 5 min
} //Fin
```



ANEXO 2 - Comportamiento térmico de las casas ecológicas con presencia de lluvia

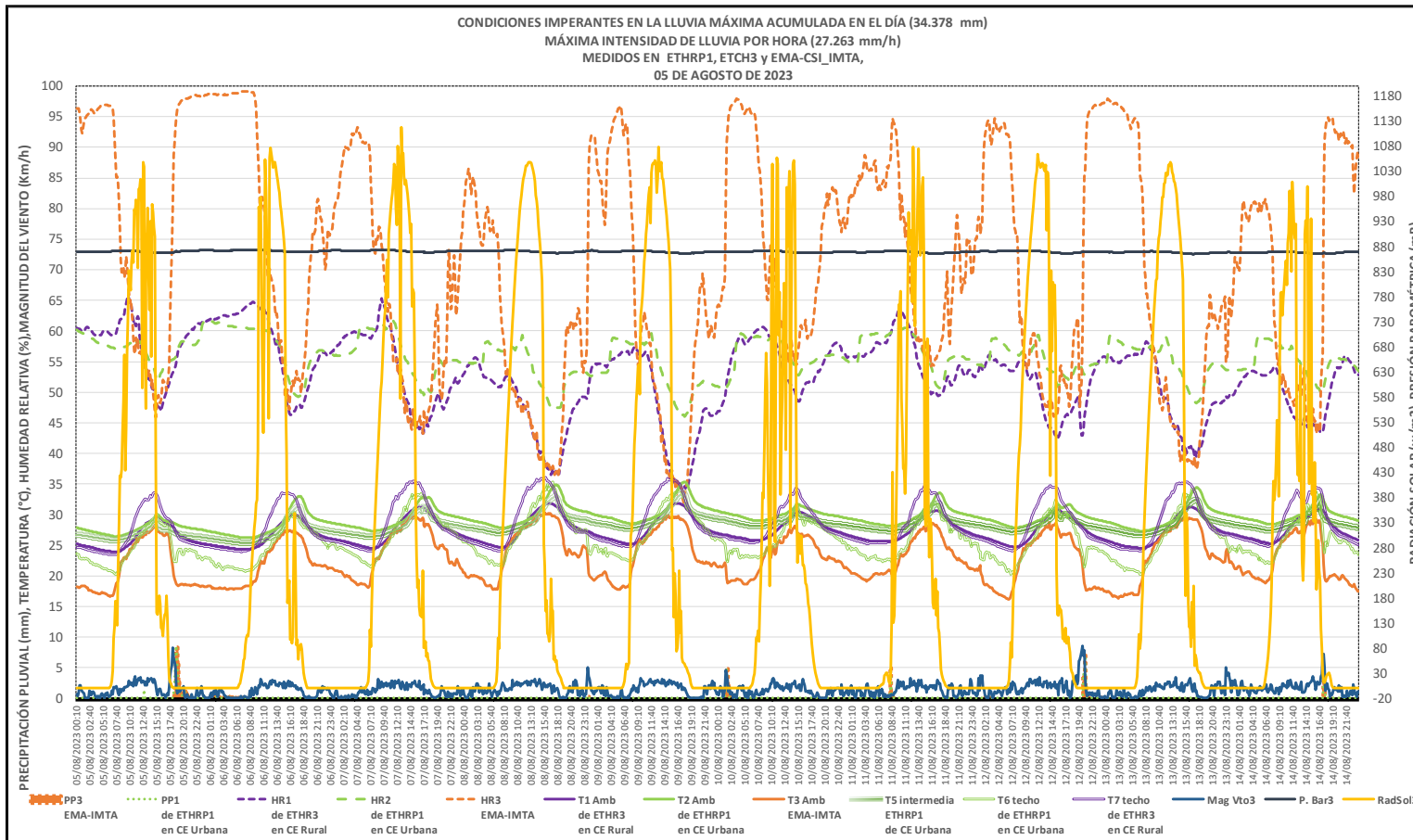


Figura 64. Condiciones imperantes en la lluvia máxima acumulada el 05 de agosto de 2023.

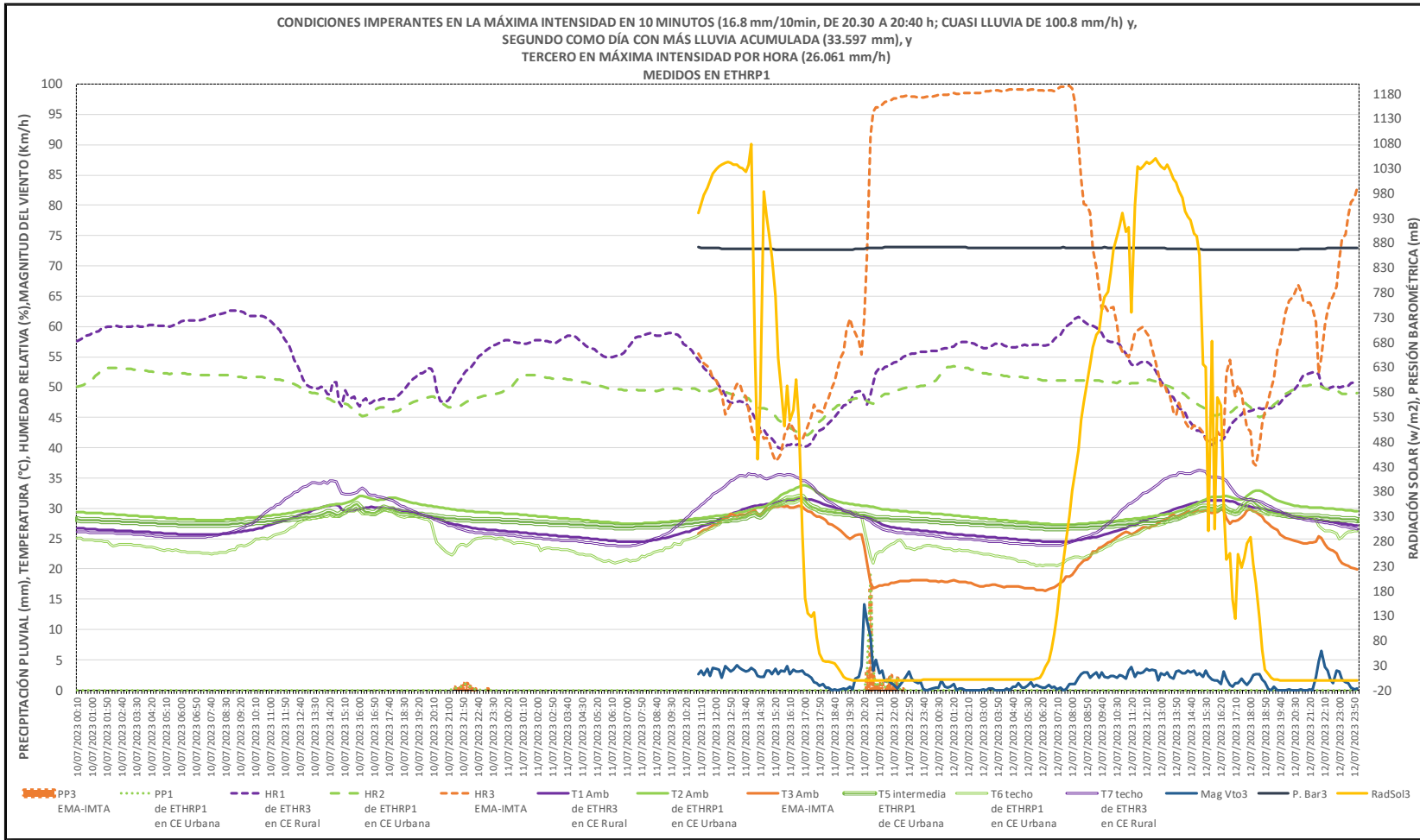


Figura 65. Condiciones imperantes en la máxima intensidad en 10 min, el 11 de julio de 2023.

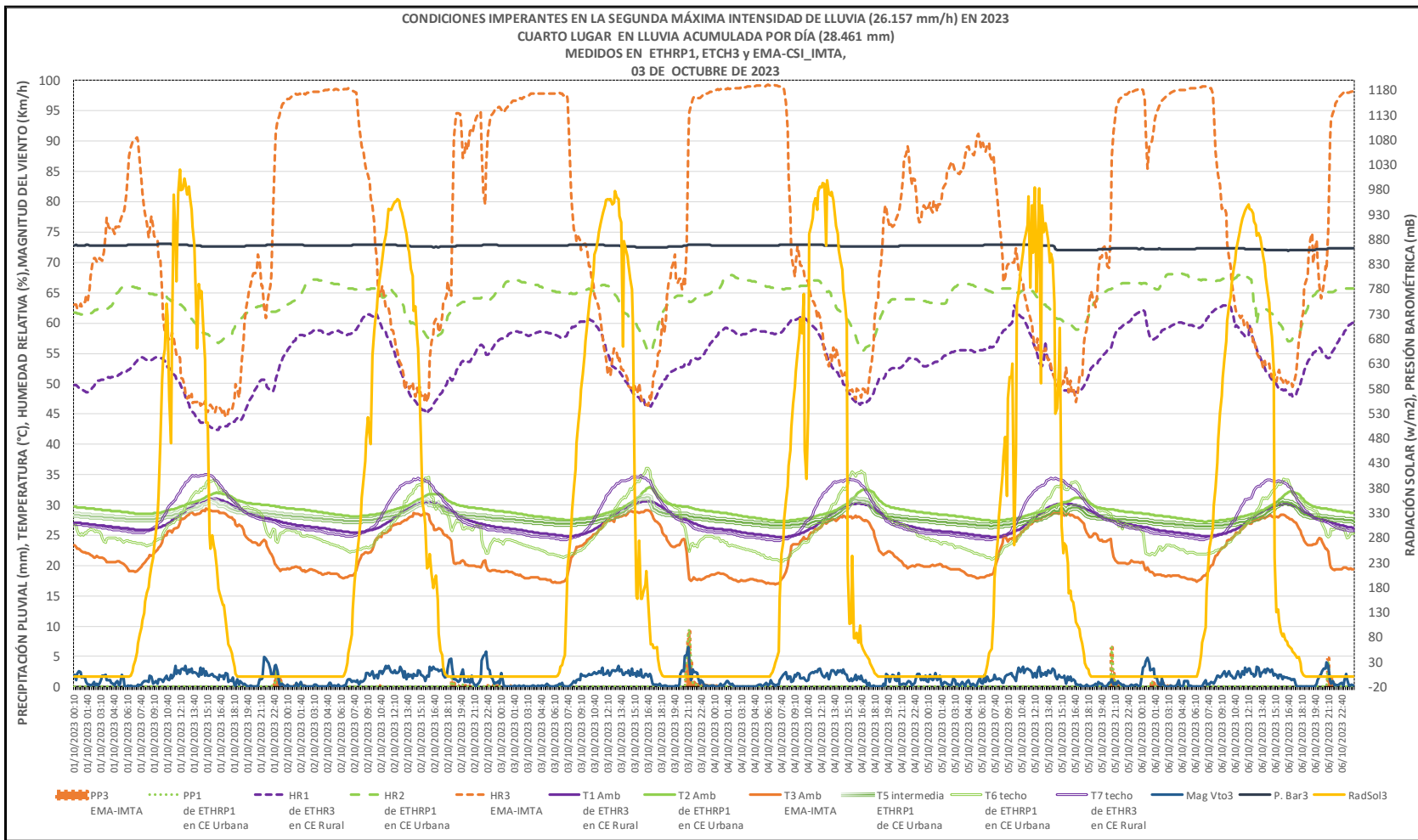


Figura 66. Condiciones imperantes en la segunda máxima intensidad de lluvia 03 de octubre de 2023

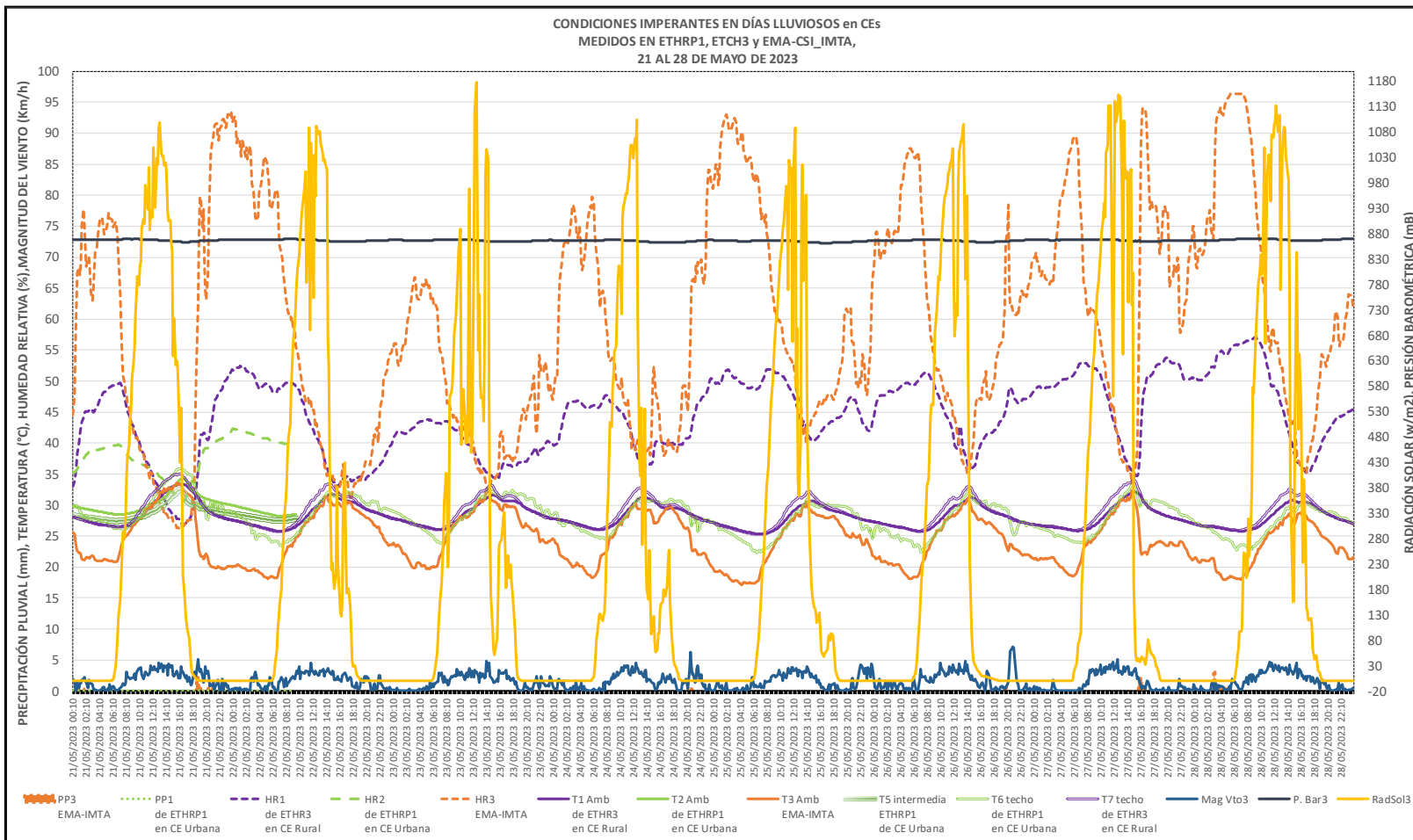


Figura 67. Condiciones imperantes en días lluviosos en días 21 al 28 de mayo de 2023.

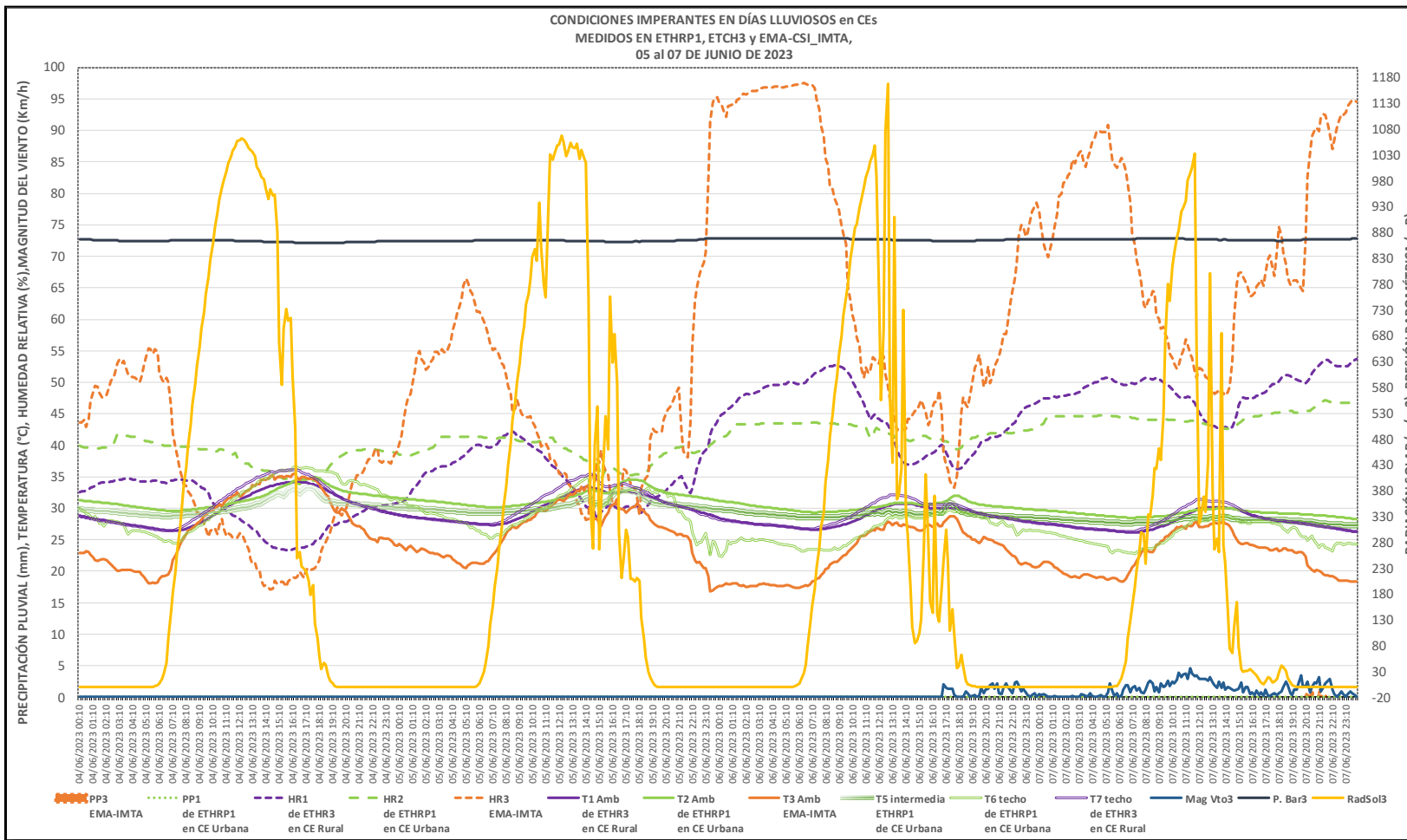


Figura 68. Condiciones imperantes en días lluviosos 05 al 07 de junio de 2023

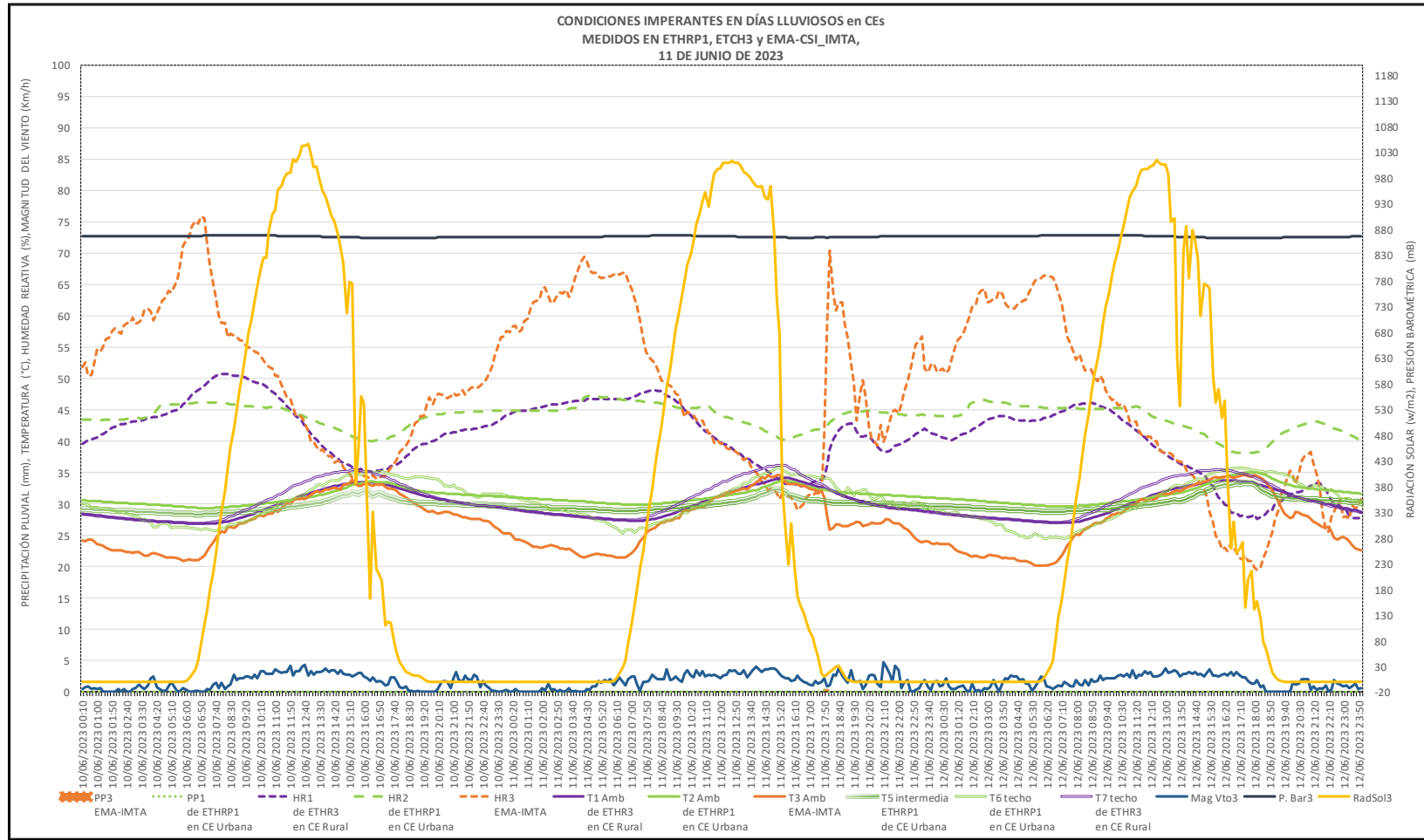


Figura 69. Condiciones imperantes en días lluviosos 11 de junio de 2023.

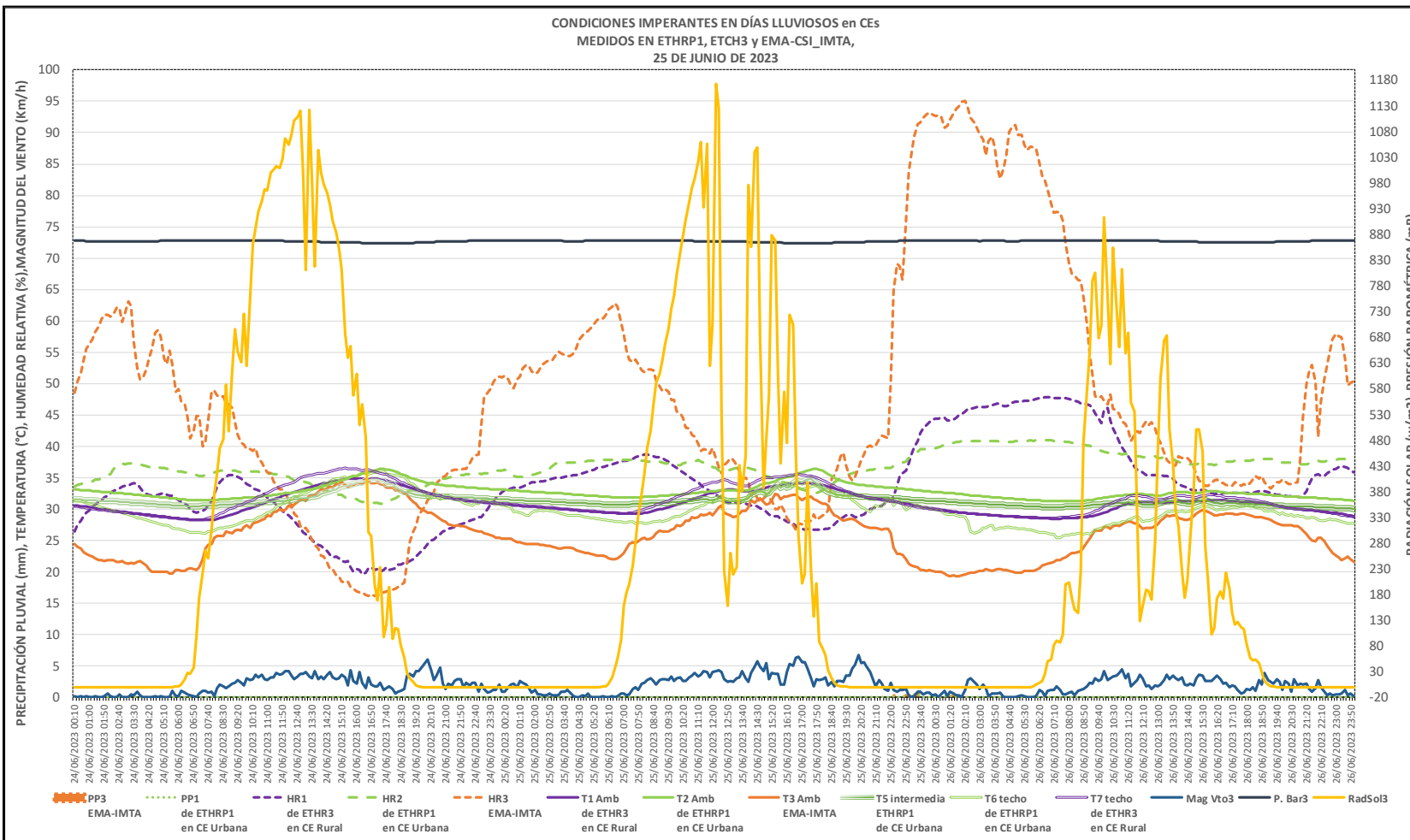


Figura 70. Condiciones imperantes en días lluviosos 25 de junio de 2023.



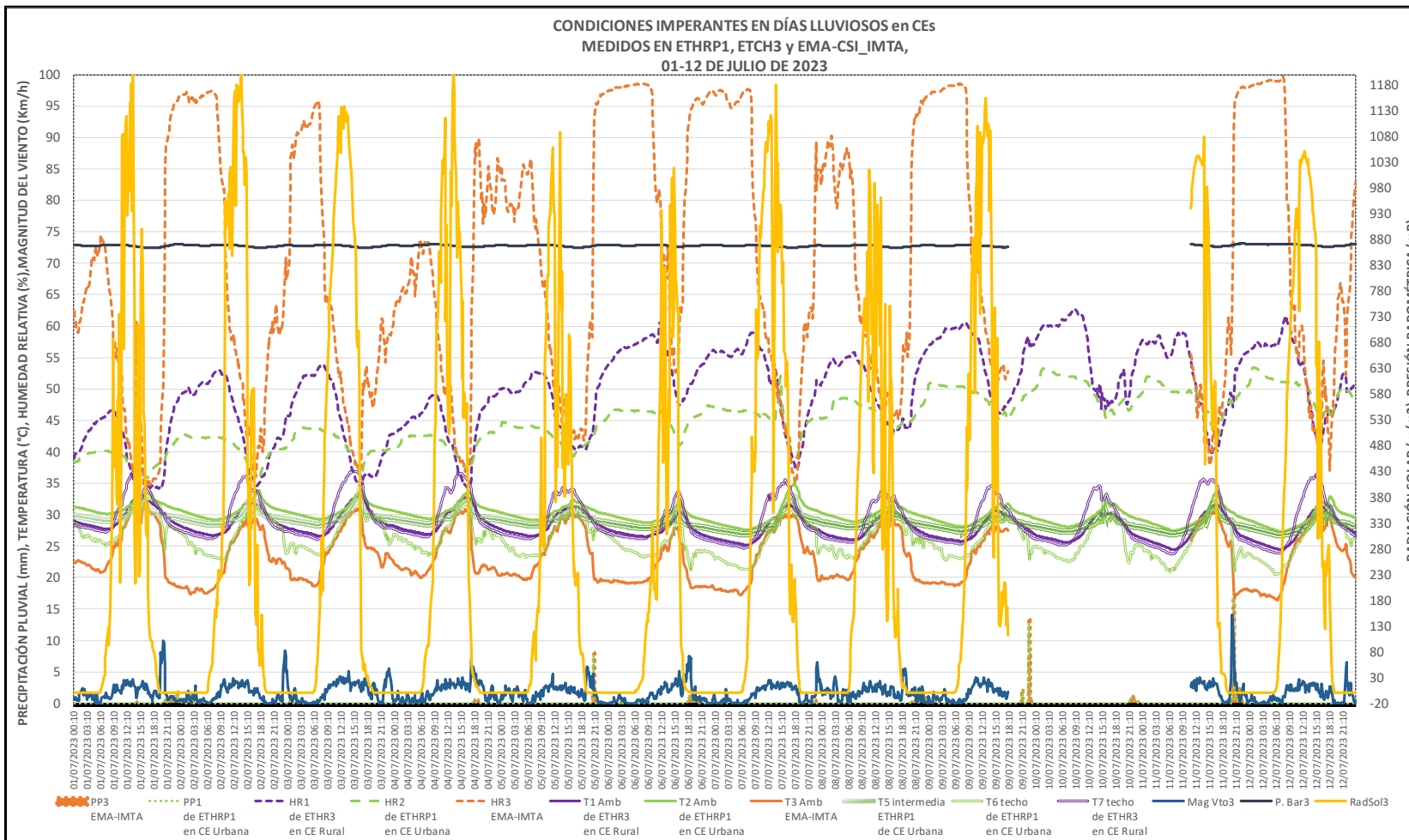


Figura 71. Condiciones imperantes en días lluviosos 01 al 12 de julio de 2023.

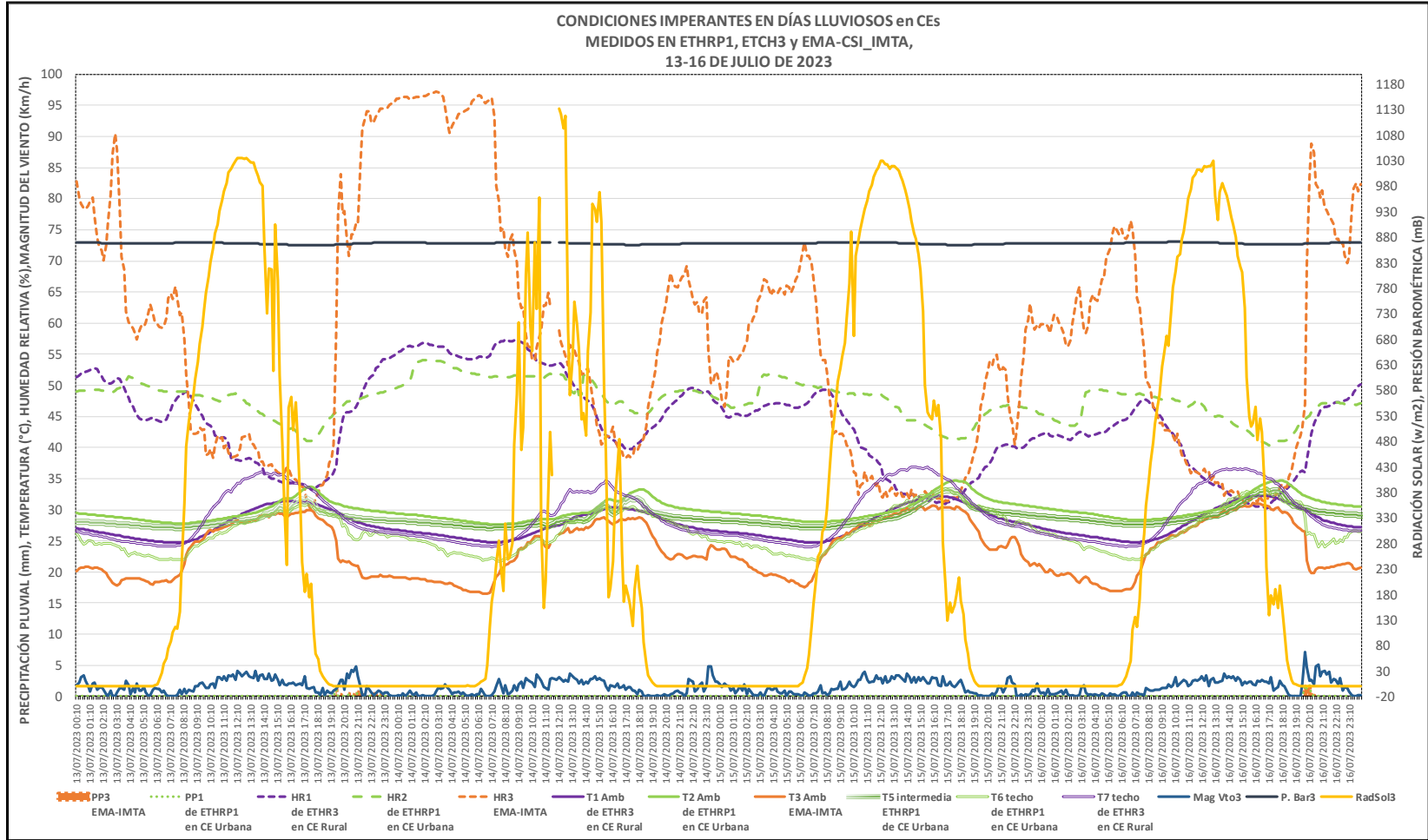


Figura 72. Condiciones imperantes en días lluviosos 13 al 16 de julio de 2023.

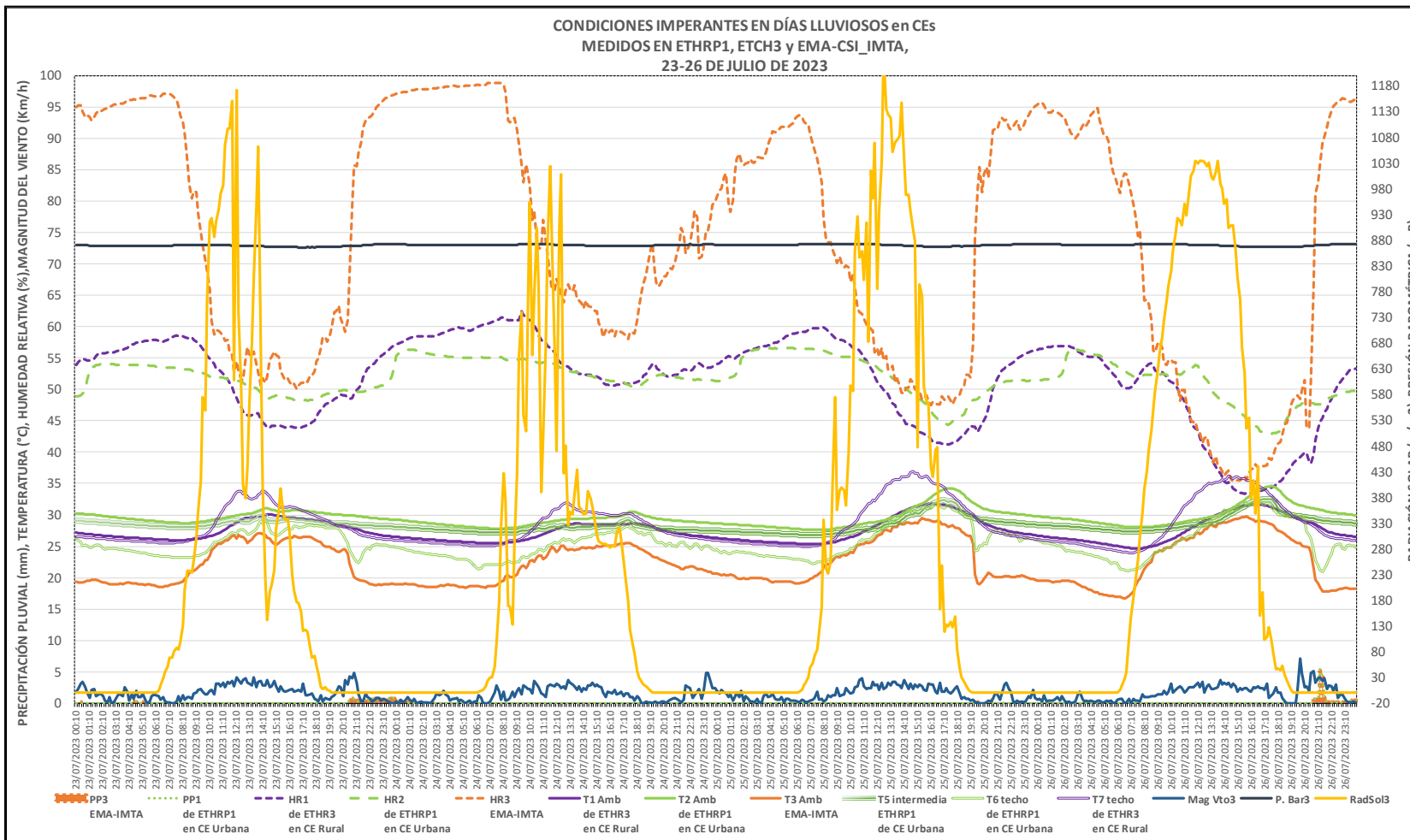


Figura 73. Condiciones imperantes en días lluviosos 23 al 26 de julio de 2023.

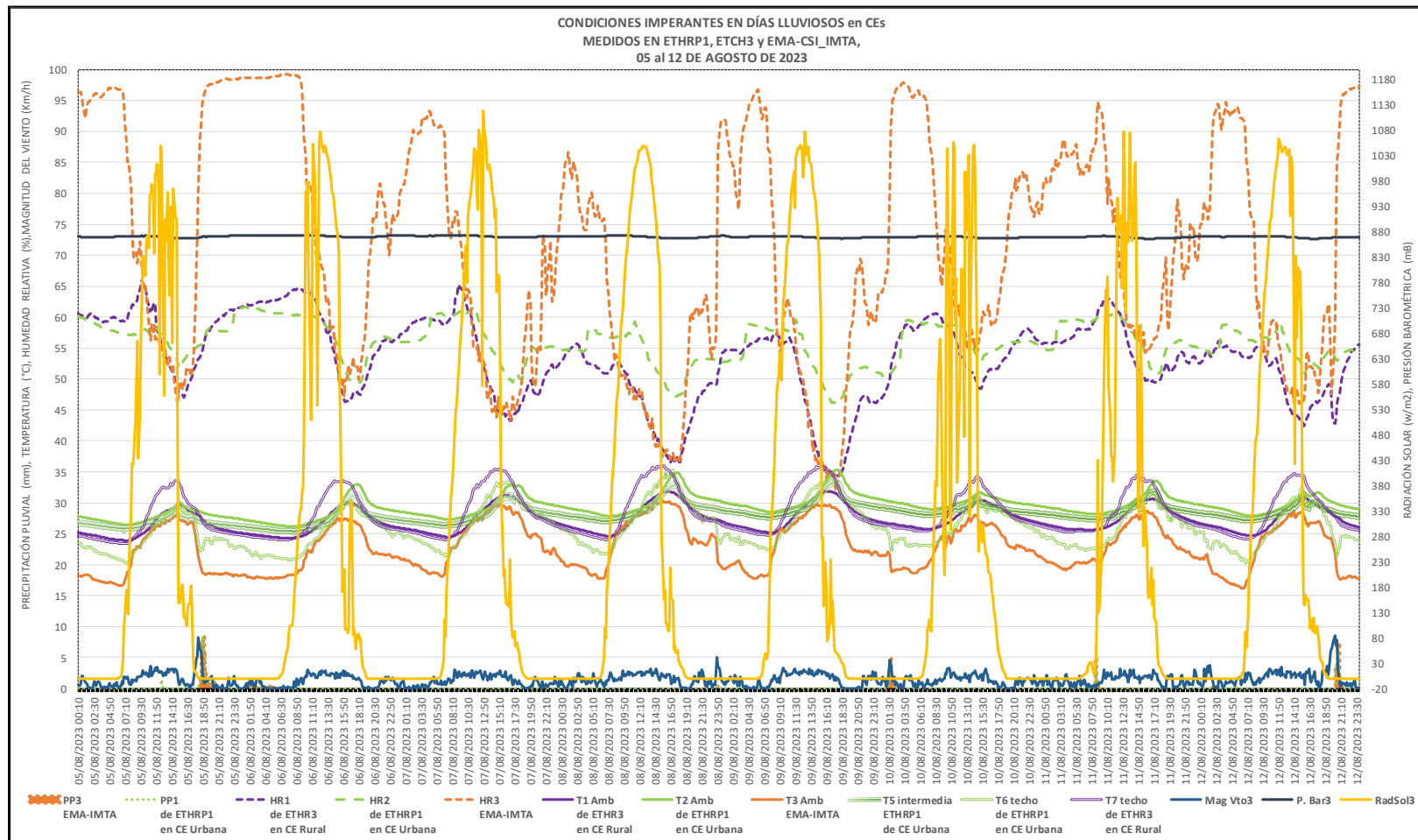


Figura 74. Condiciones imperantes en días lluviosos 05 al 12 de agosto de 2023

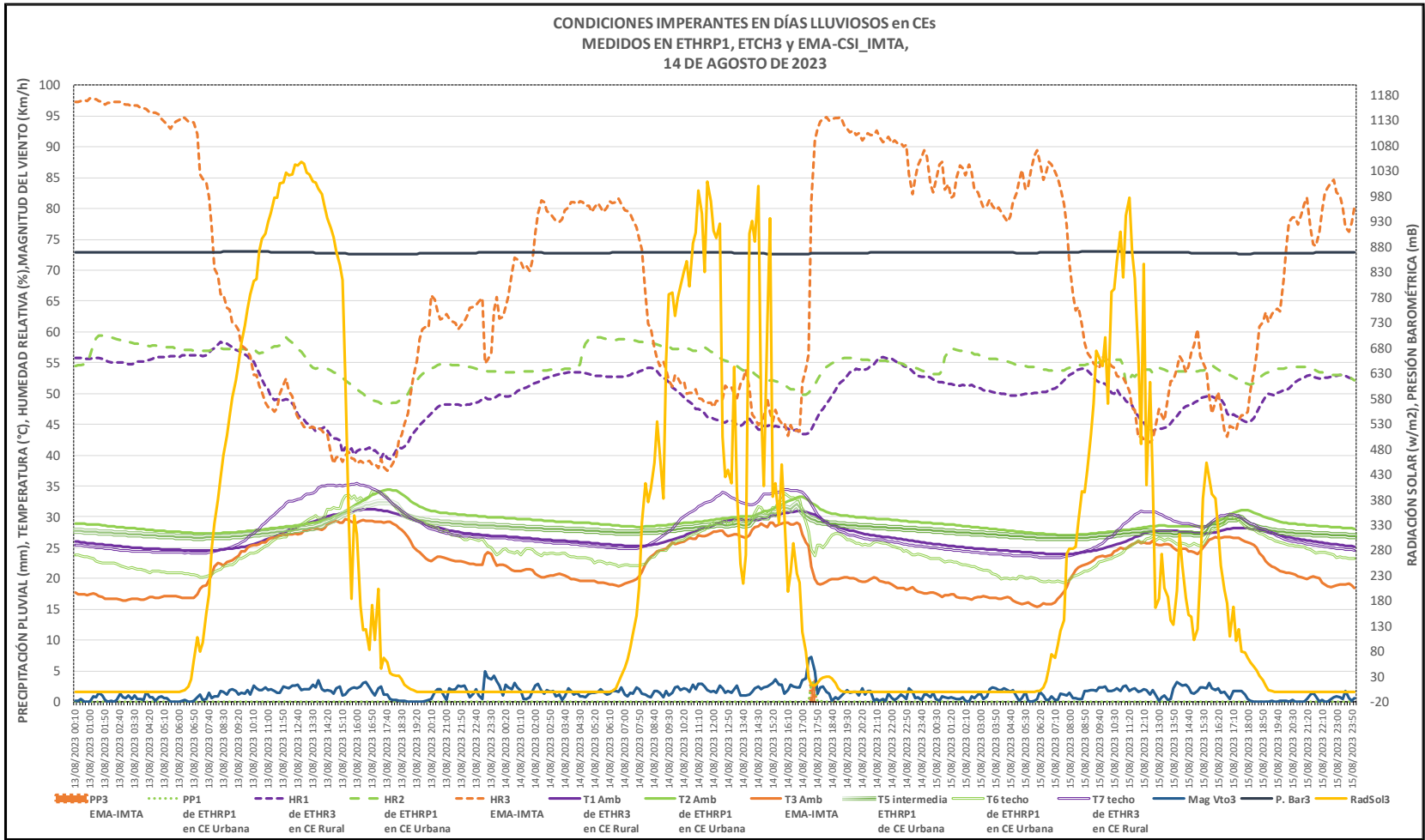


Figura 75. Condiciones imperantes en días lluviosos 14 de agosto de 2023

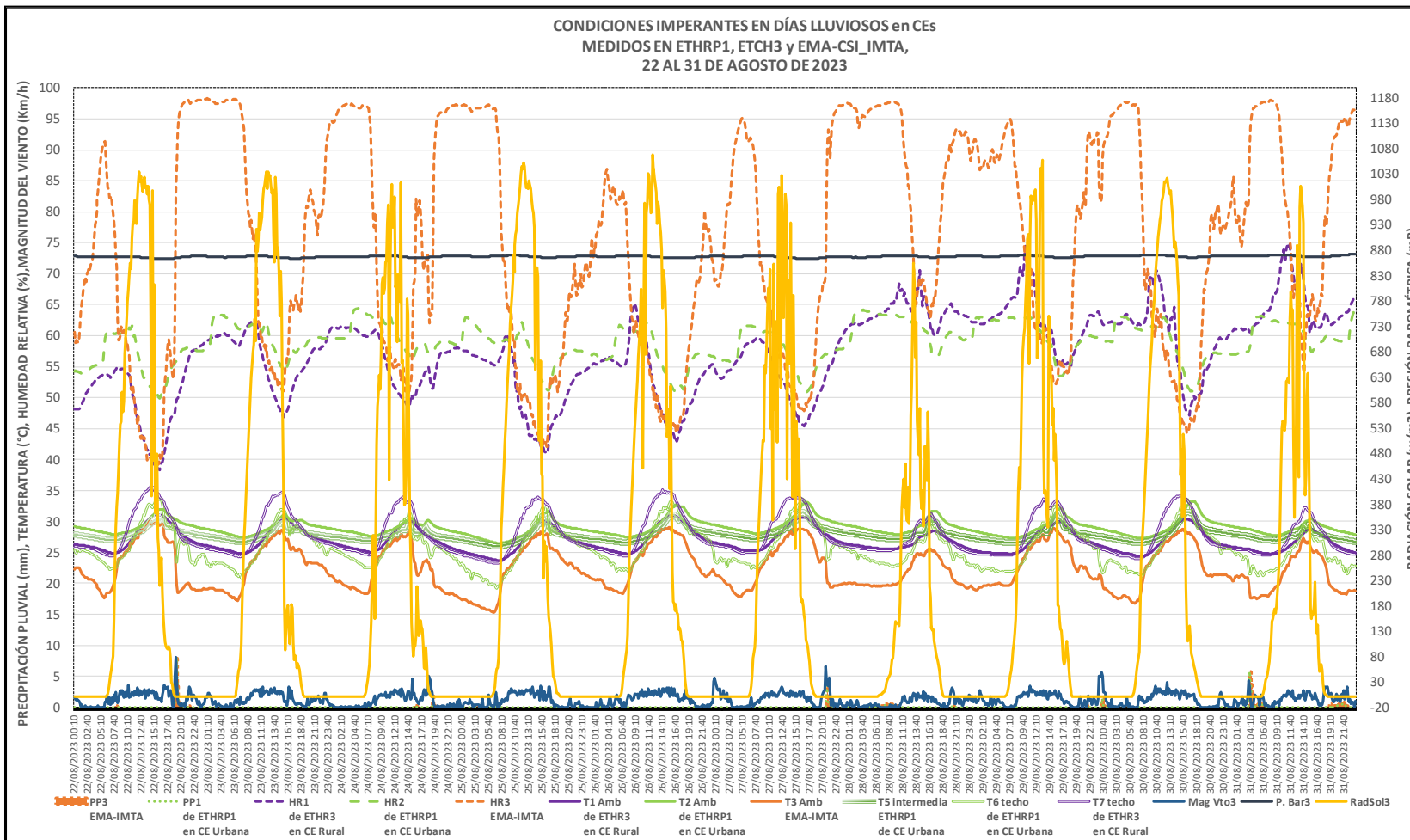


Figura 76. Condiciones imperantes en días lluviosos 22 al 31 de agosto de 2023



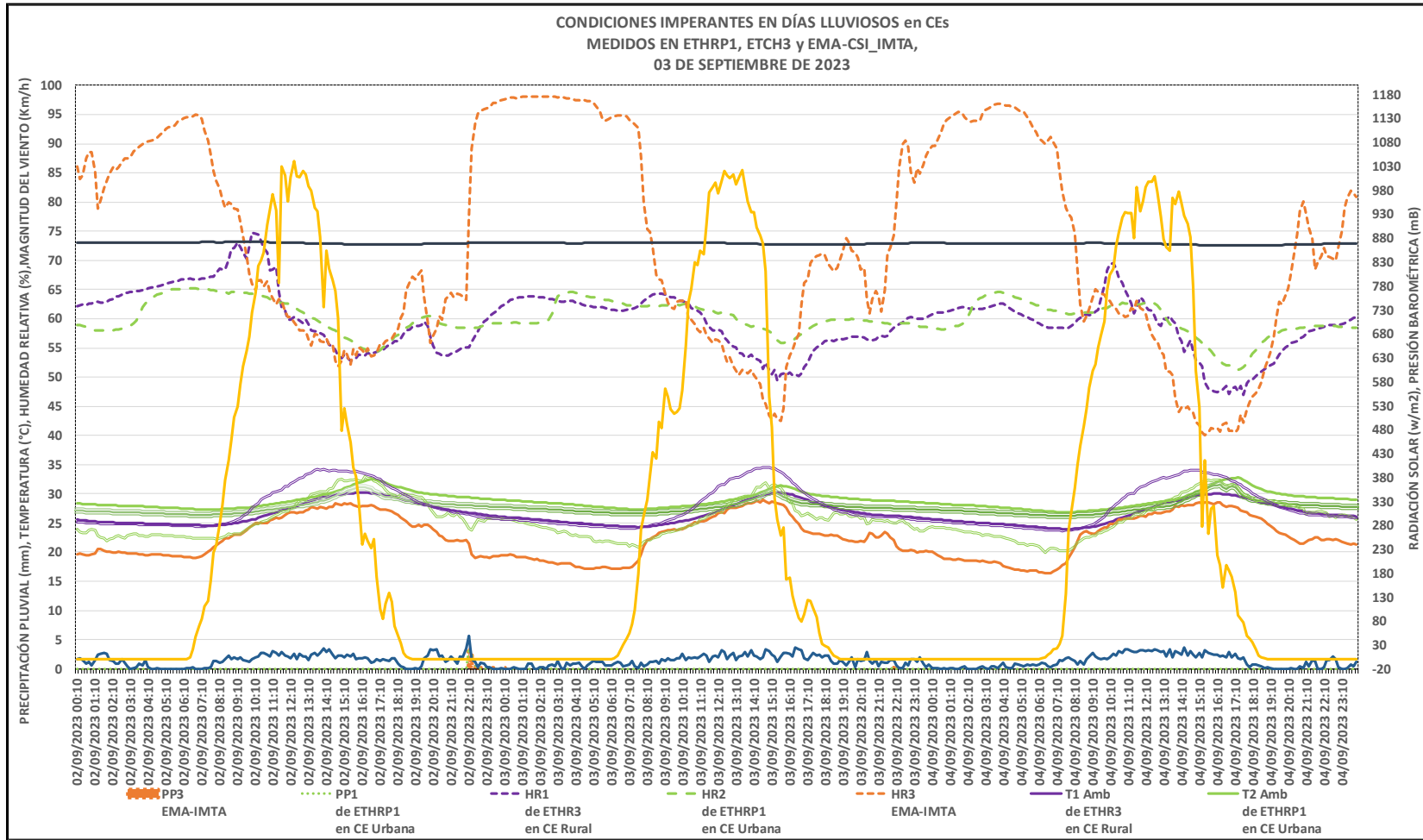


Figura 77. Condiciones imperantes en días lluviosos 03 de septiembre de 2023

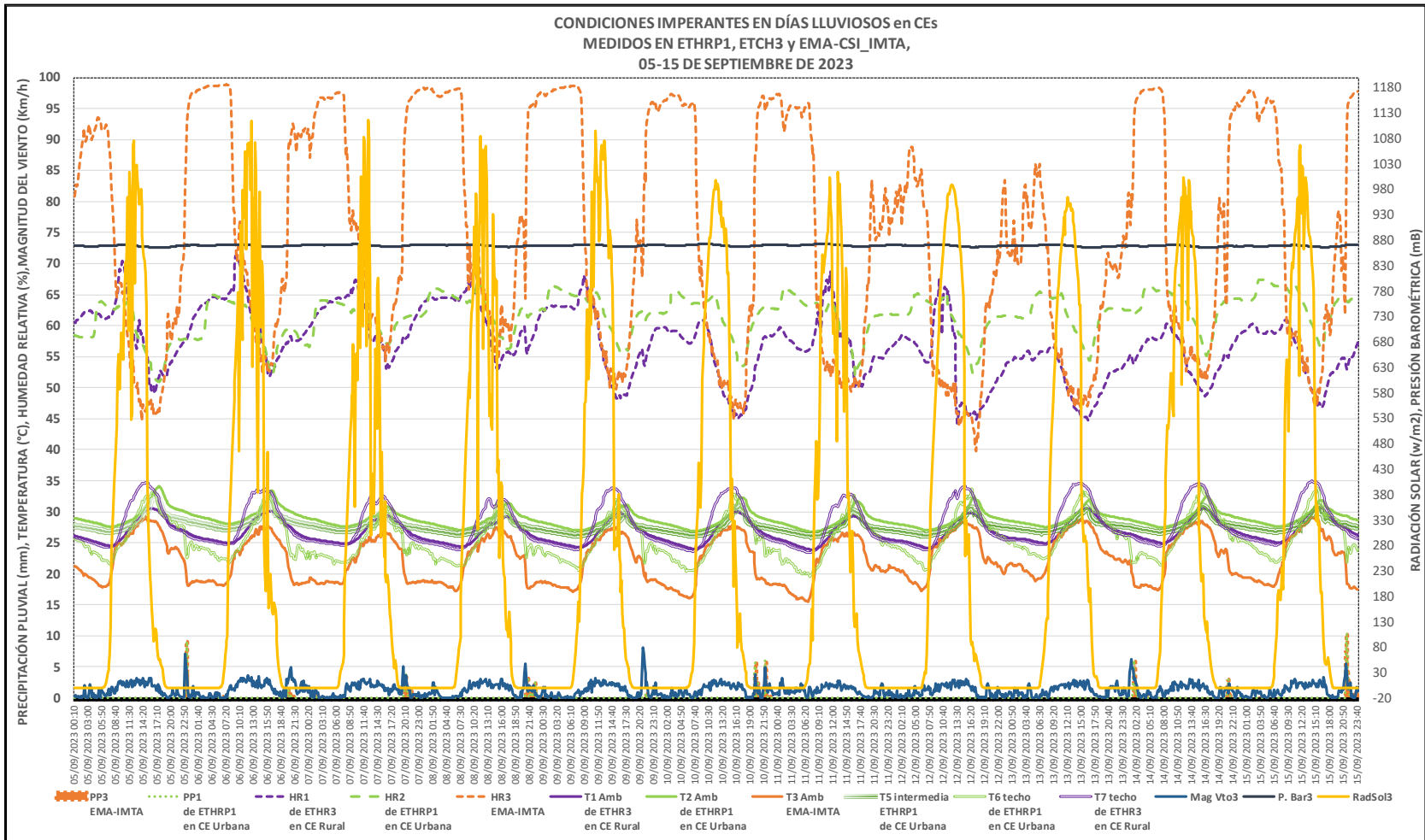


Figura 78. Condiciones imperantes en días lluviosos 05 al 15 de septiembre de 2023



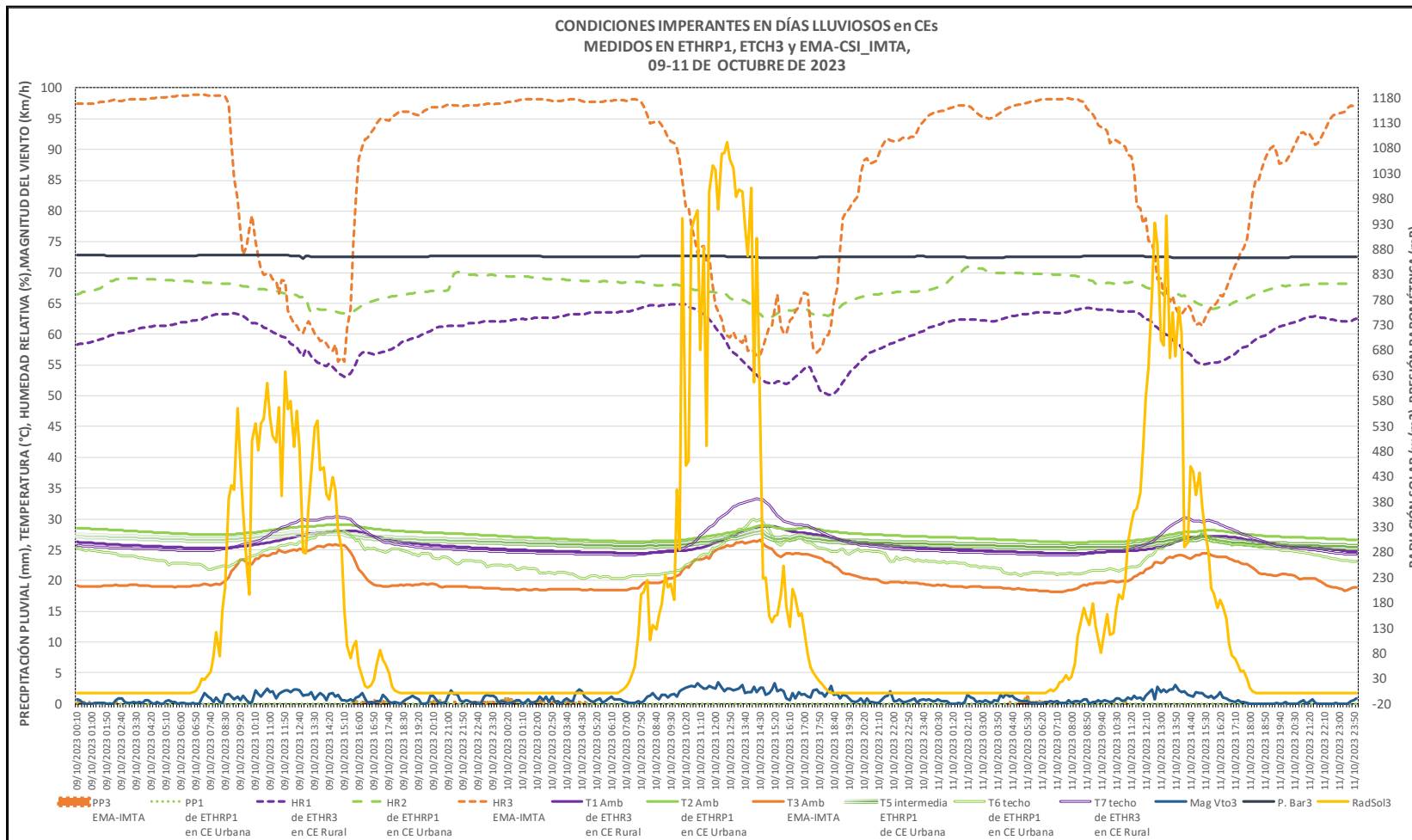


Figura 79. Condiciones imperantes en días lluviosos 09 al 11 de octubre de 2023



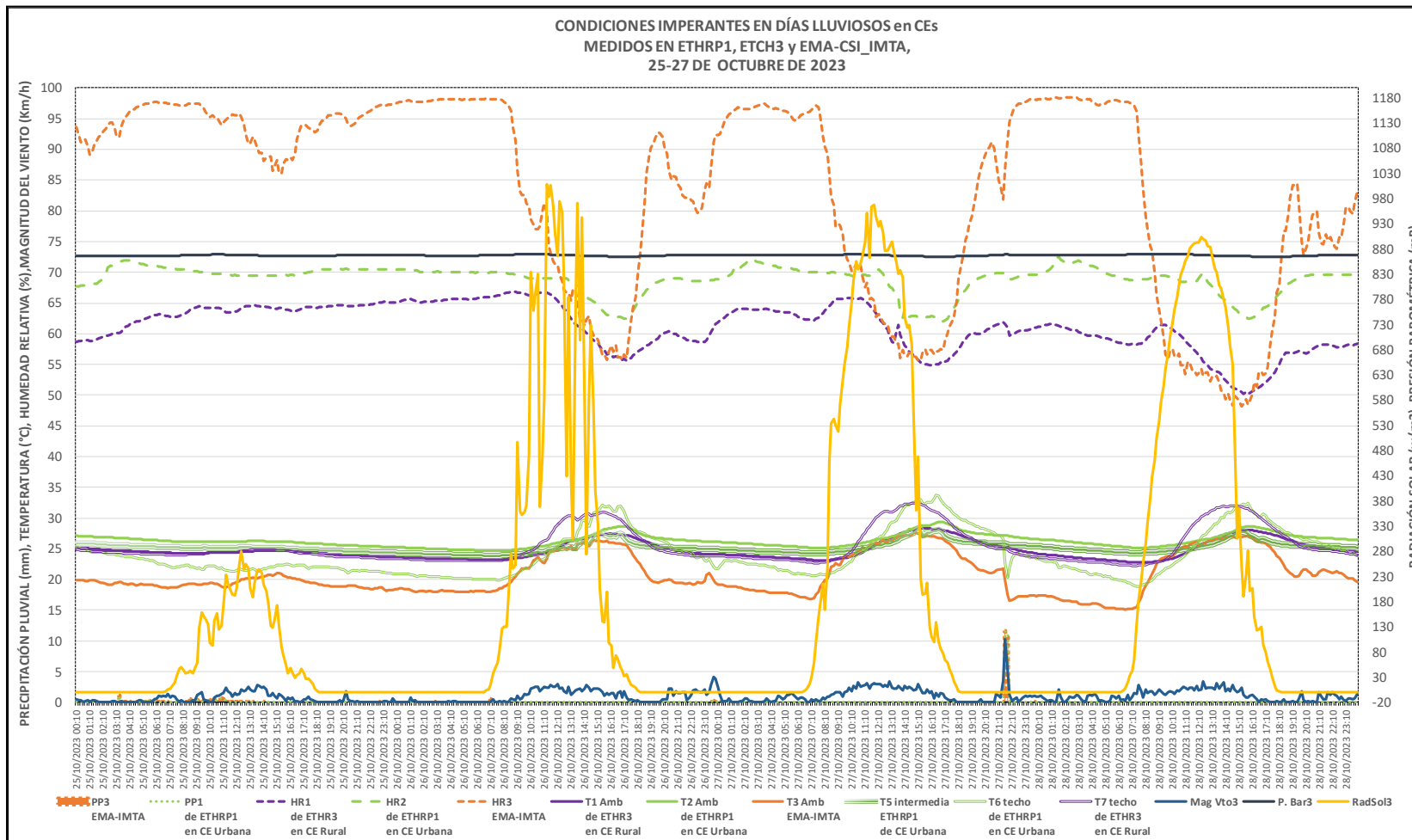


Figura 80. Condiciones imperantes en días lluviosos 25 al 27 de octubre de 2023

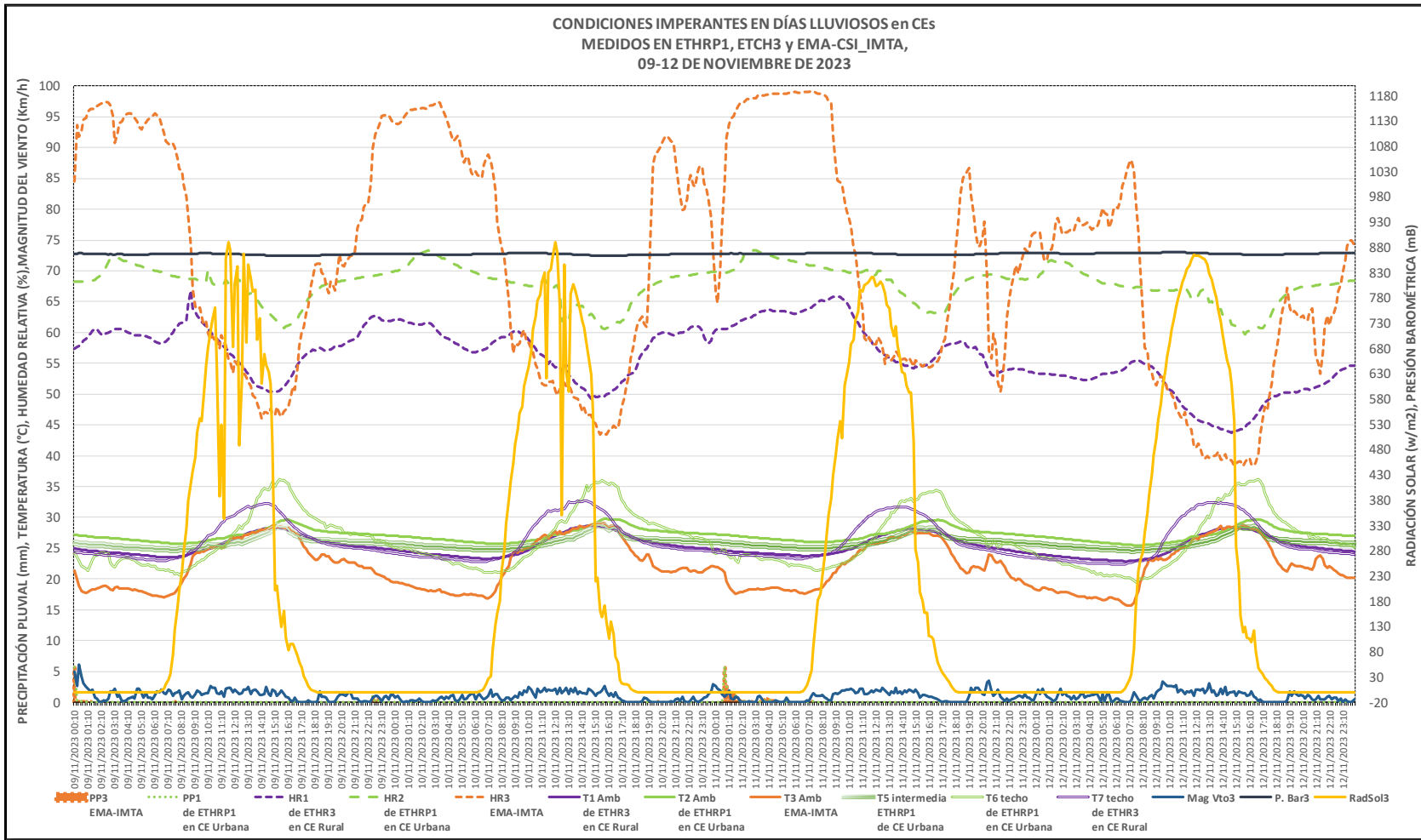


Figura 81. Condiciones imperantes en días lluviosos 09 al 12 de noviembre de 2023





ANEXO 2 - Comportamiento térmico de las casas, en presencia de máximos y mínimos en las variables del exterior

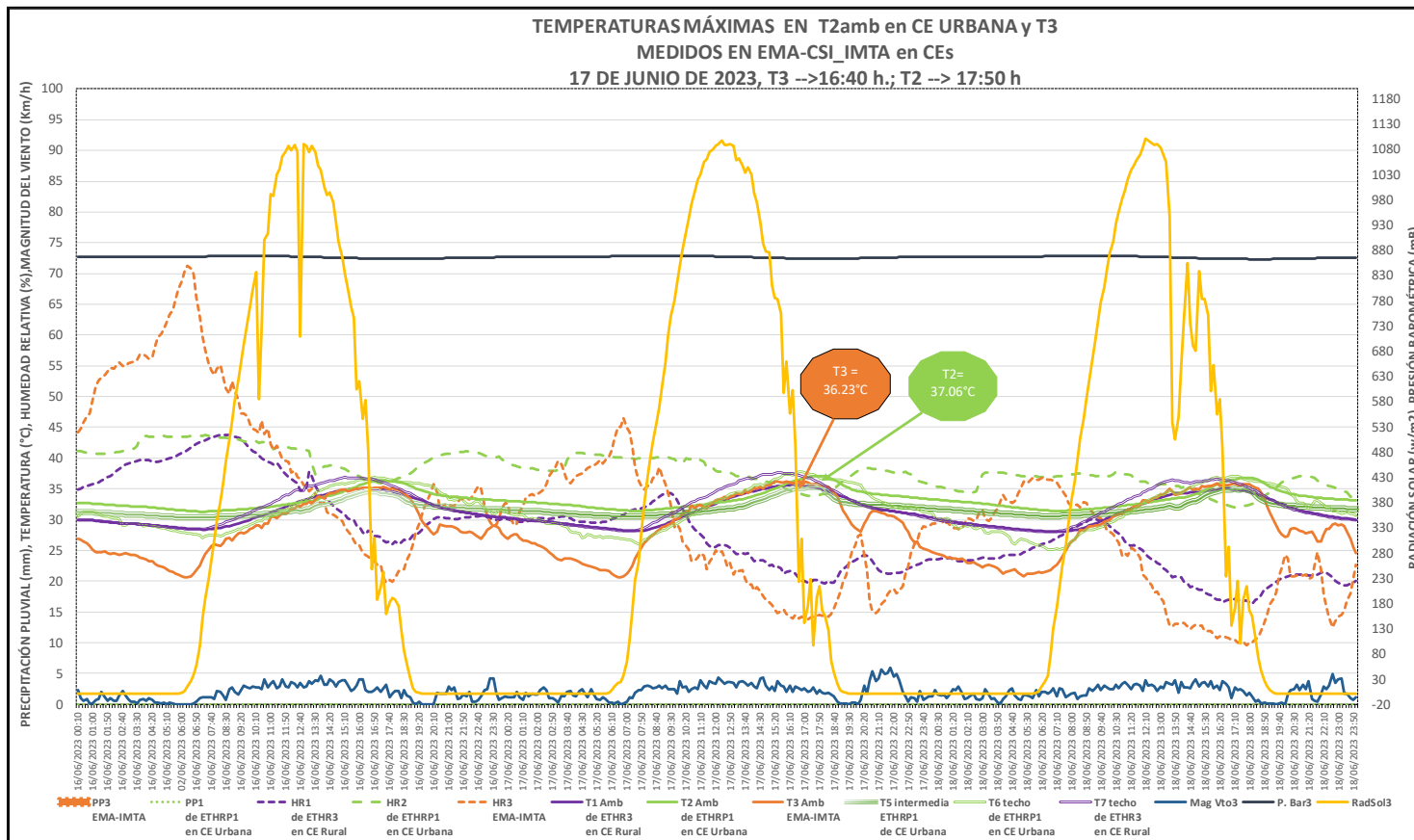


Figura 82. Comportamiento térmico de las Casas Ecológicas cuando T2máx y T3 máx.

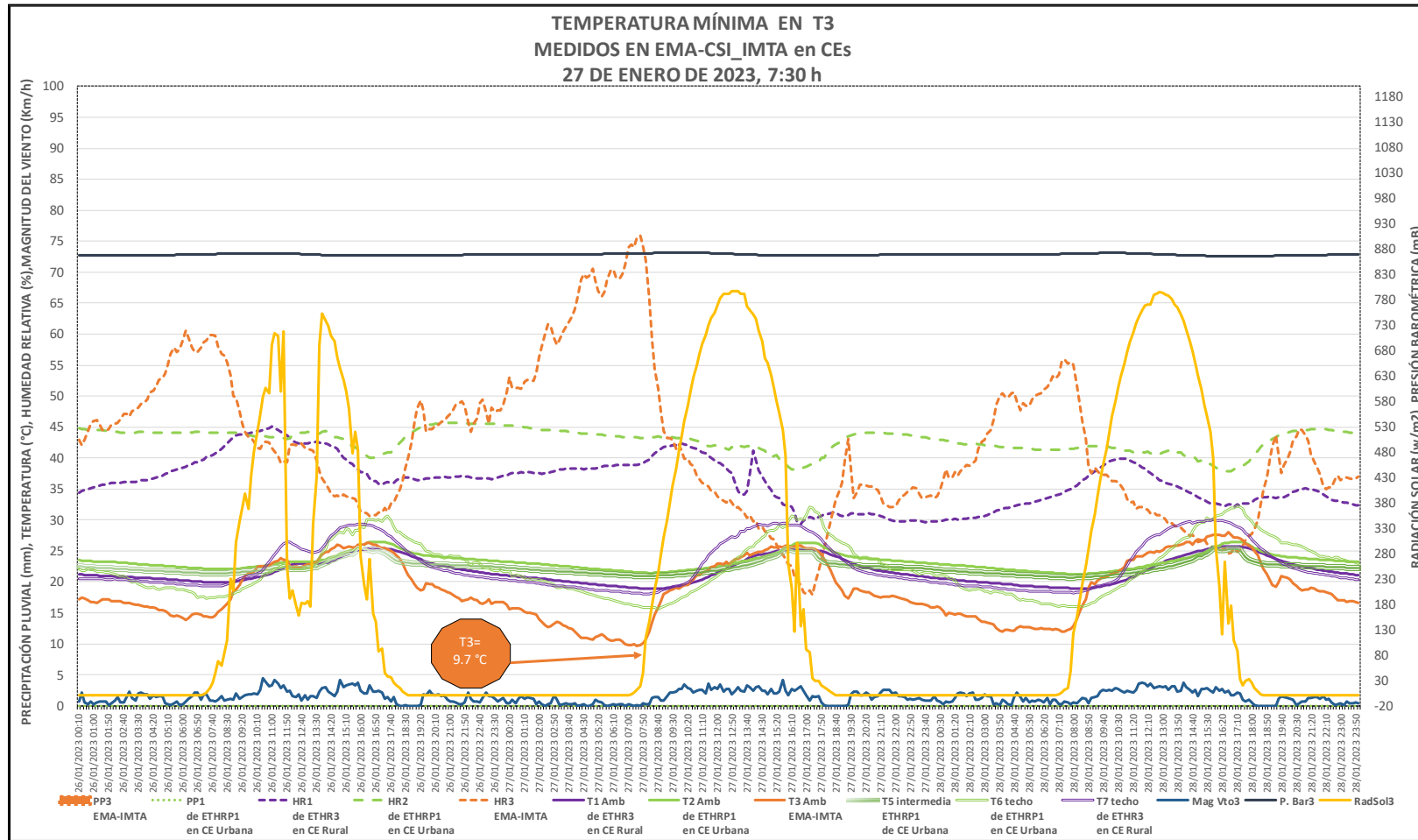


Figura 83. Comportamiento térmico de las Casas Ecológicas cuando T3 mín.

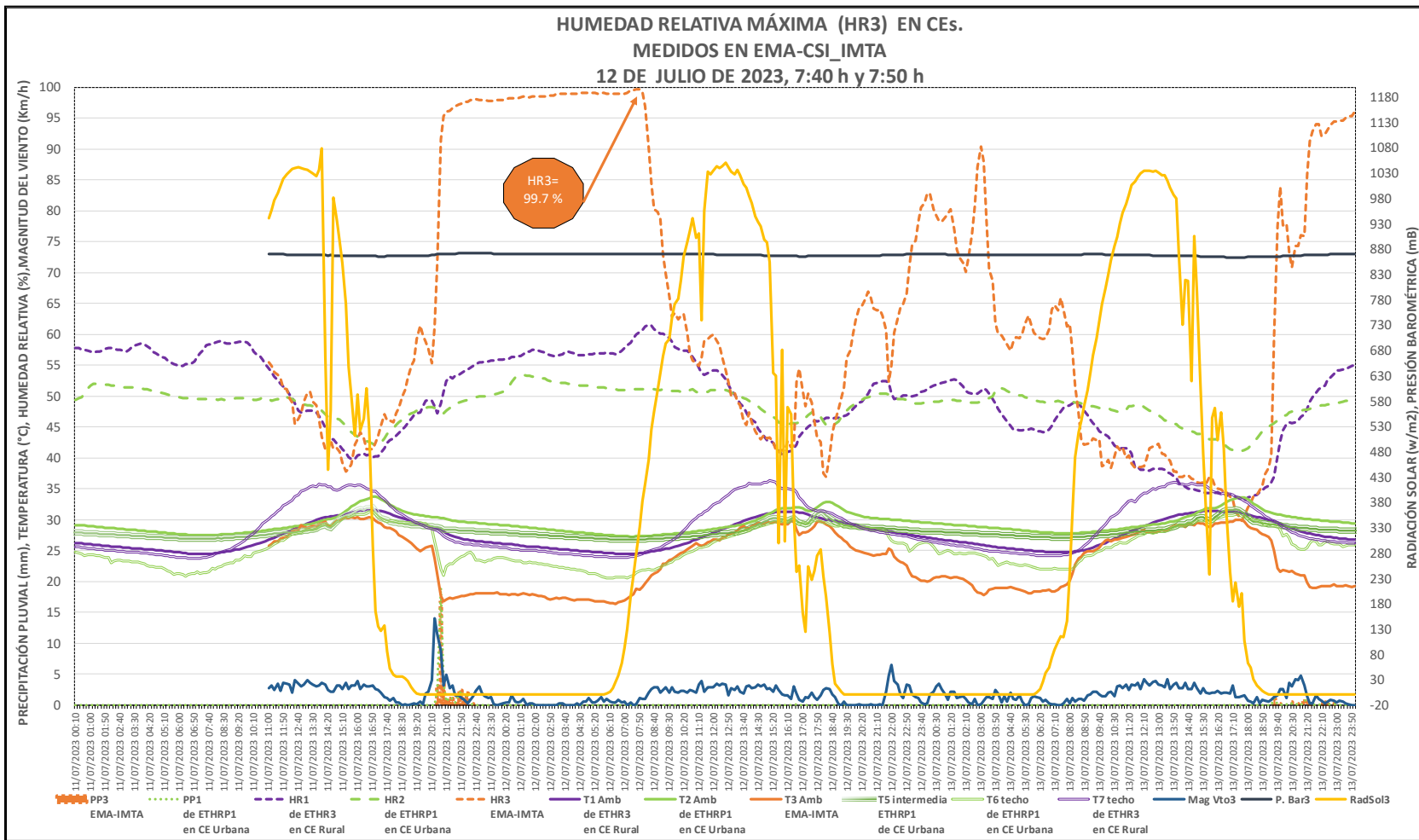


Figura 84. Comportamiento térmico de las Casas Ecológicas cuando HR3 máx.

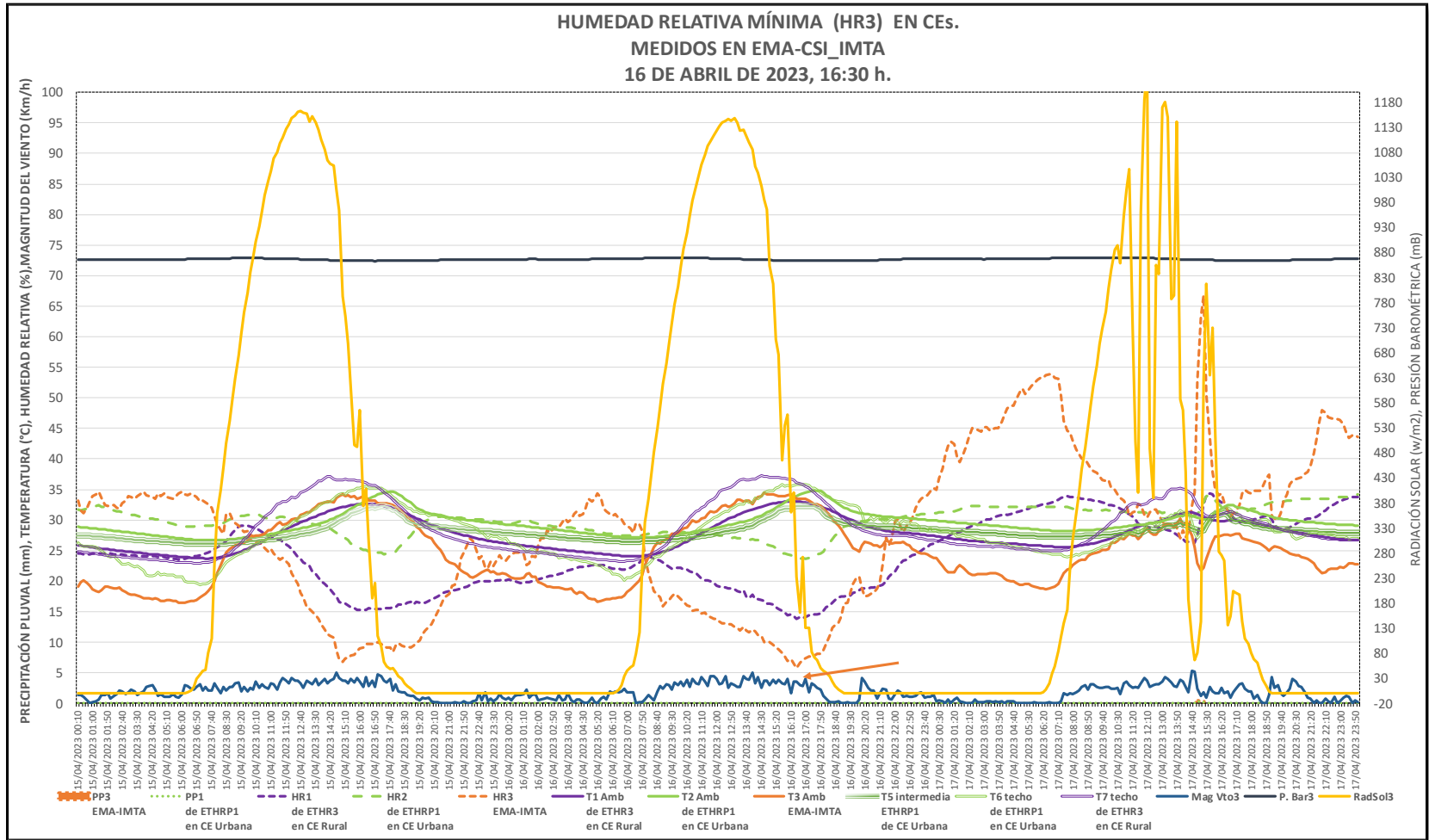


Figura 85. Comportamiento térmico de las Casas Ecológicas cuando HR3 mín.

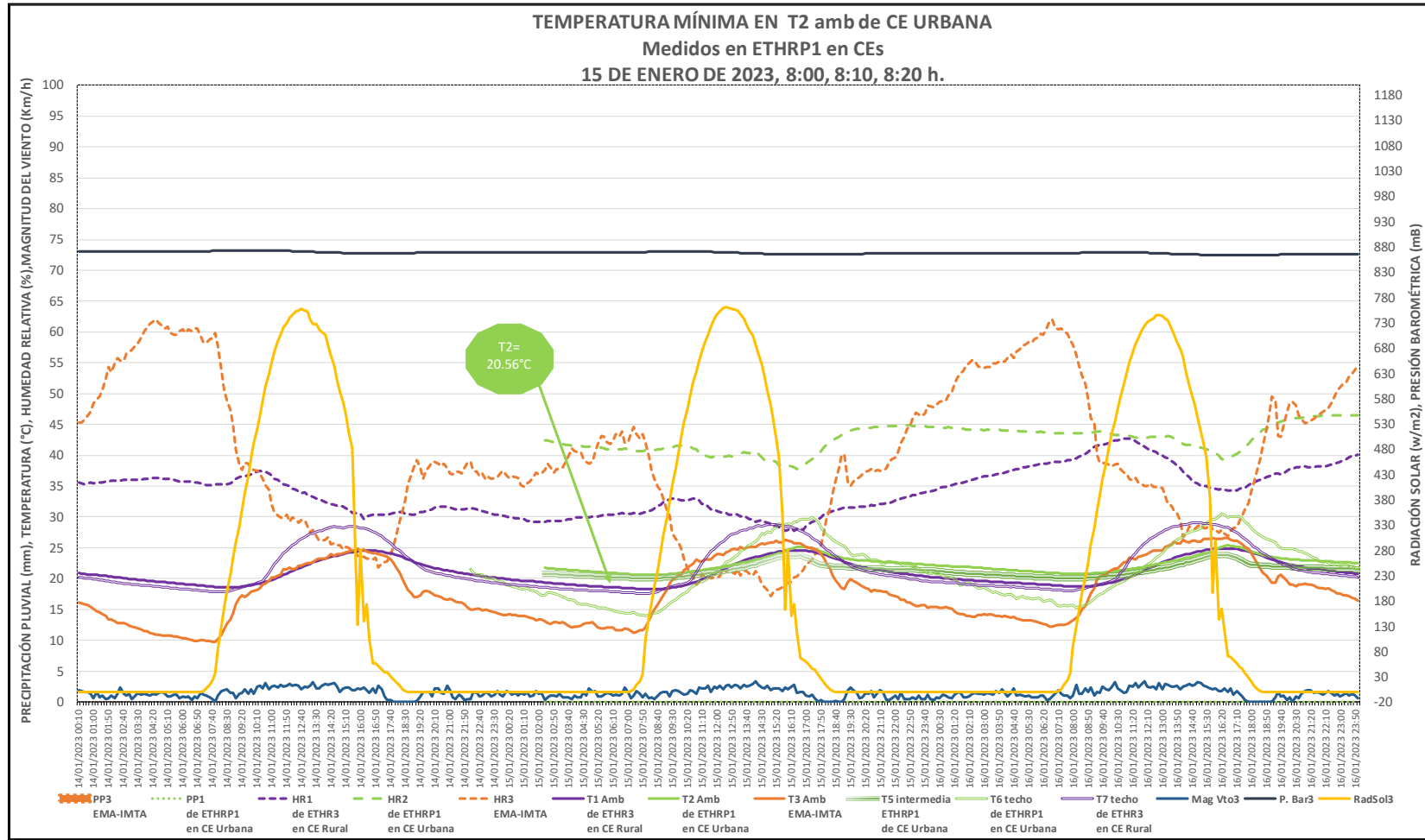


Figura 86. Comportamiento térmico de las Casas Ecológicas cuando T2 min.

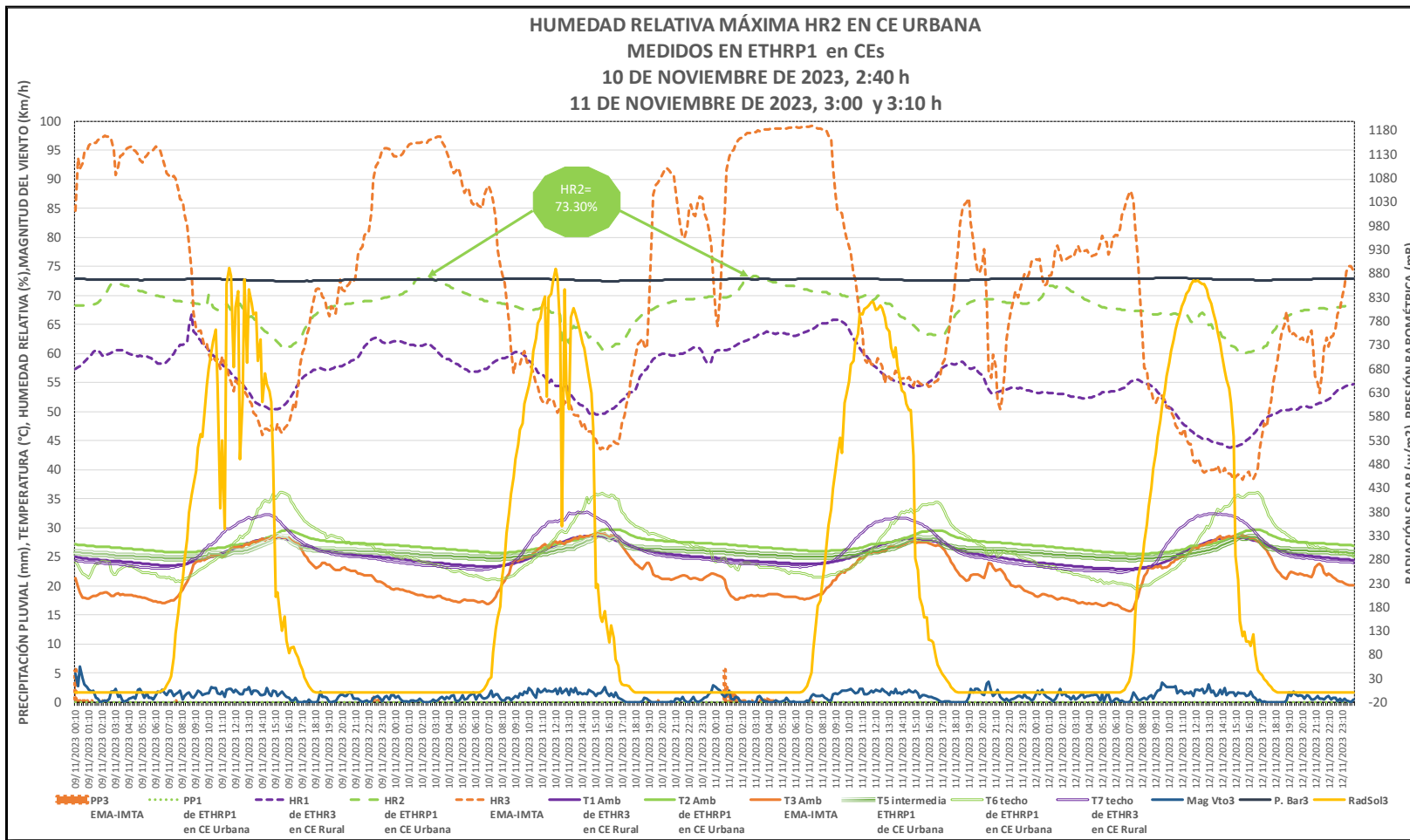


Figura 87. Comportamiento térmico de las Casas Ecológicas cuando HR2 máx.

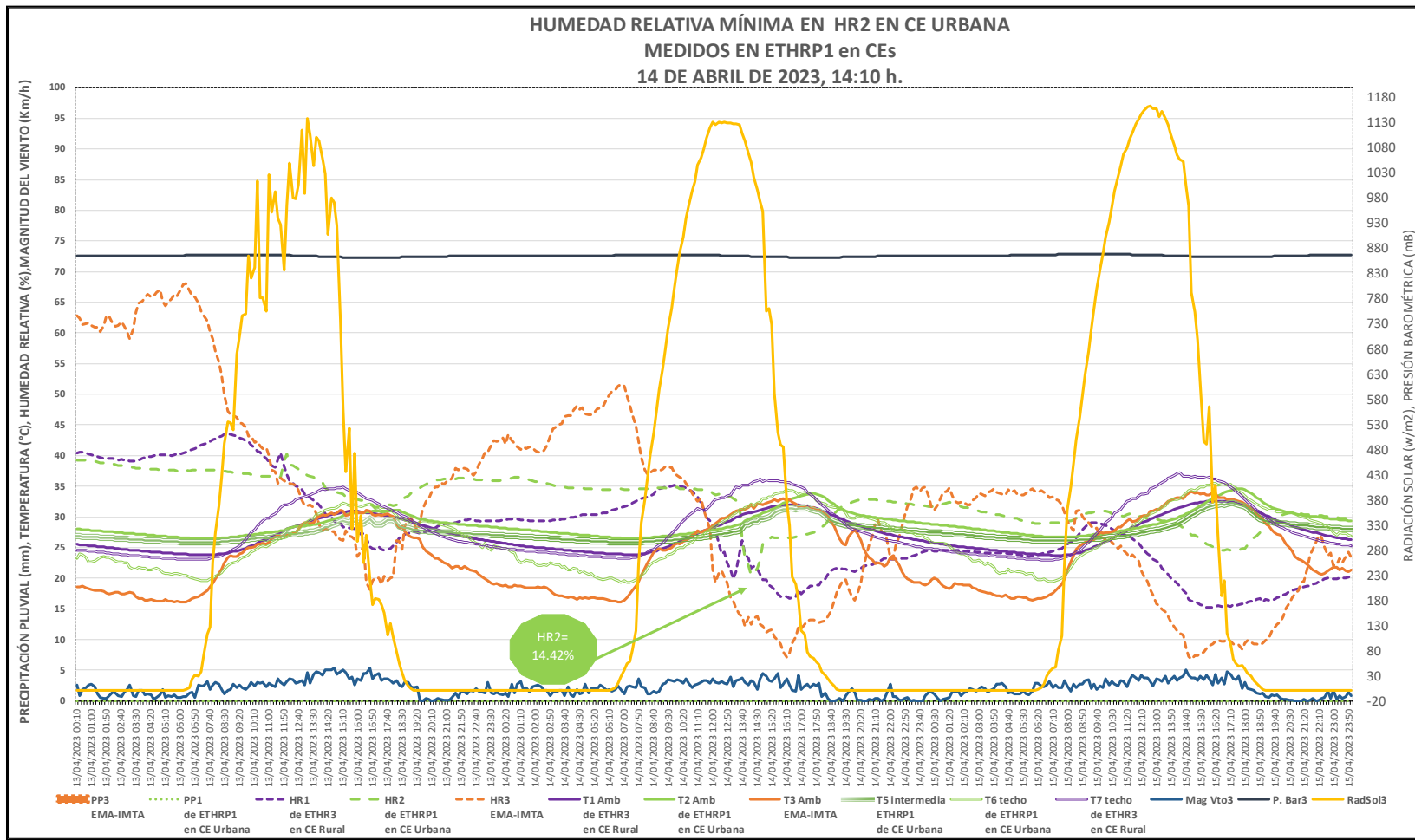


Figura 88. Comportamiento térmico de las Casas Ecológicas cuando HR2 mín.



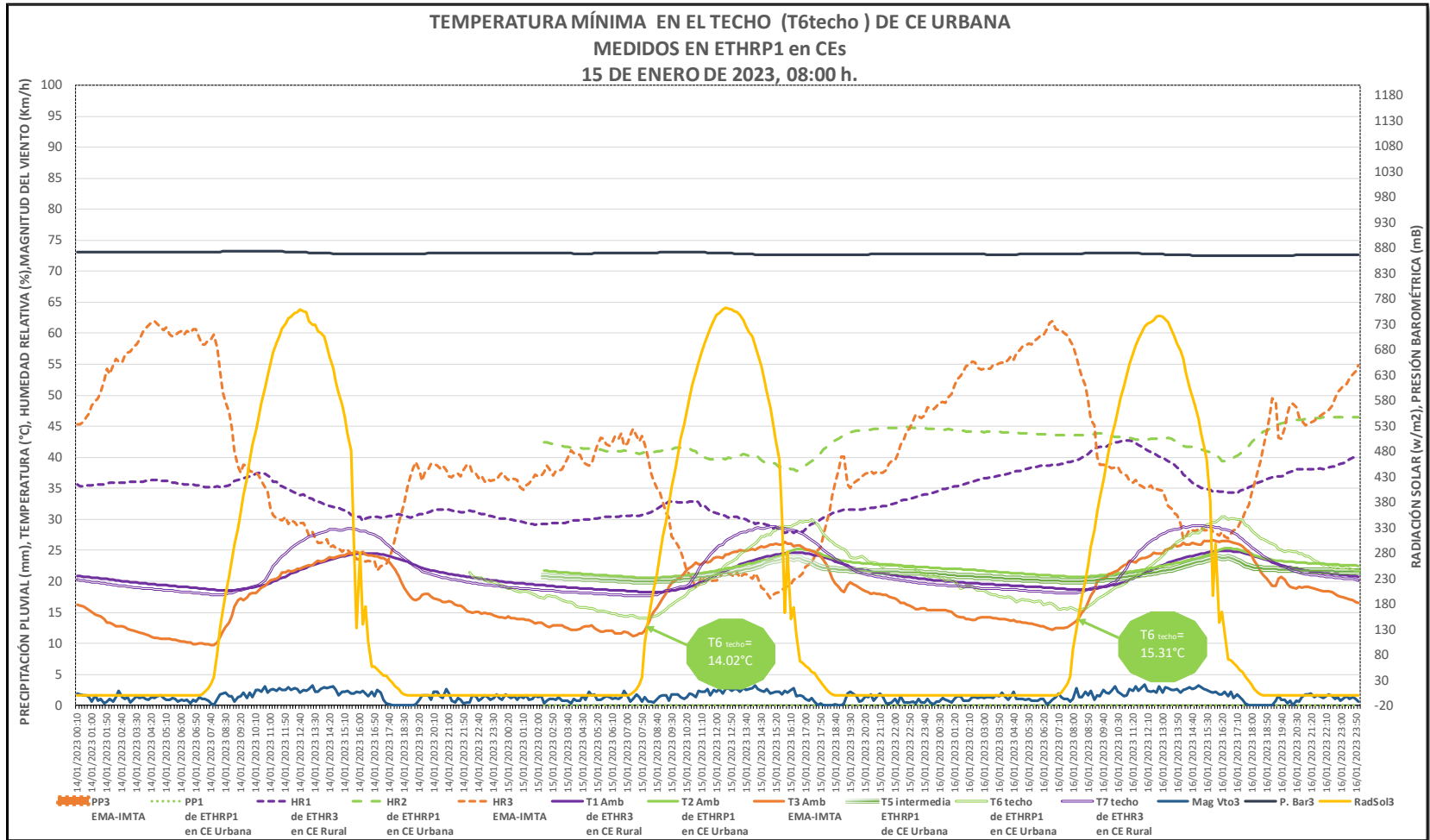


Figura 90. Comportamiento térmico de las Casas Ecológicas cuando T6techo mín.

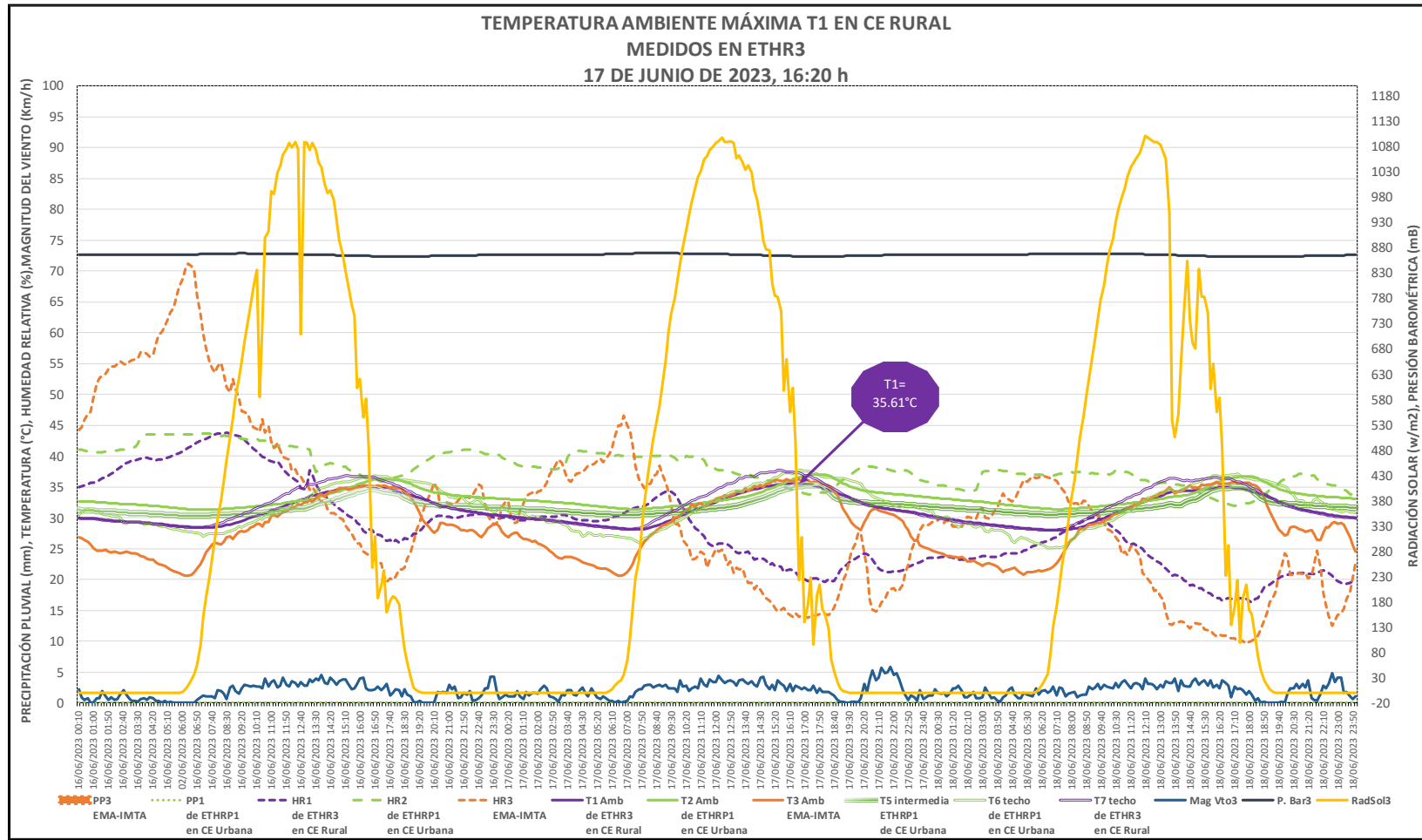


Figura 91. Comportamiento térmico de las Casas Ecológicas cuando T1 máx.

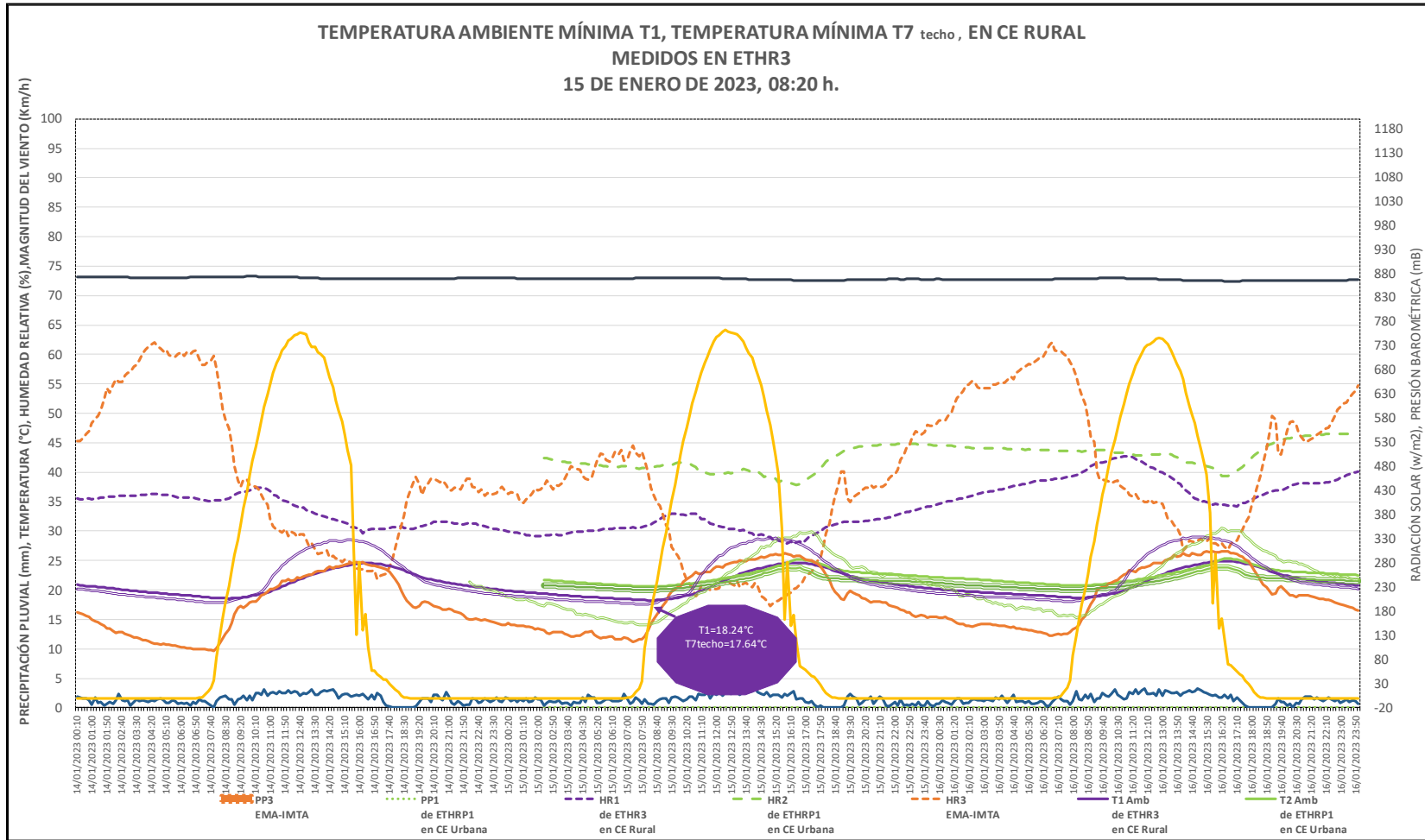


Figura 92. Comportamiento térmico de las Casas Ecológicas cuando T1 mín y T7techo mín.

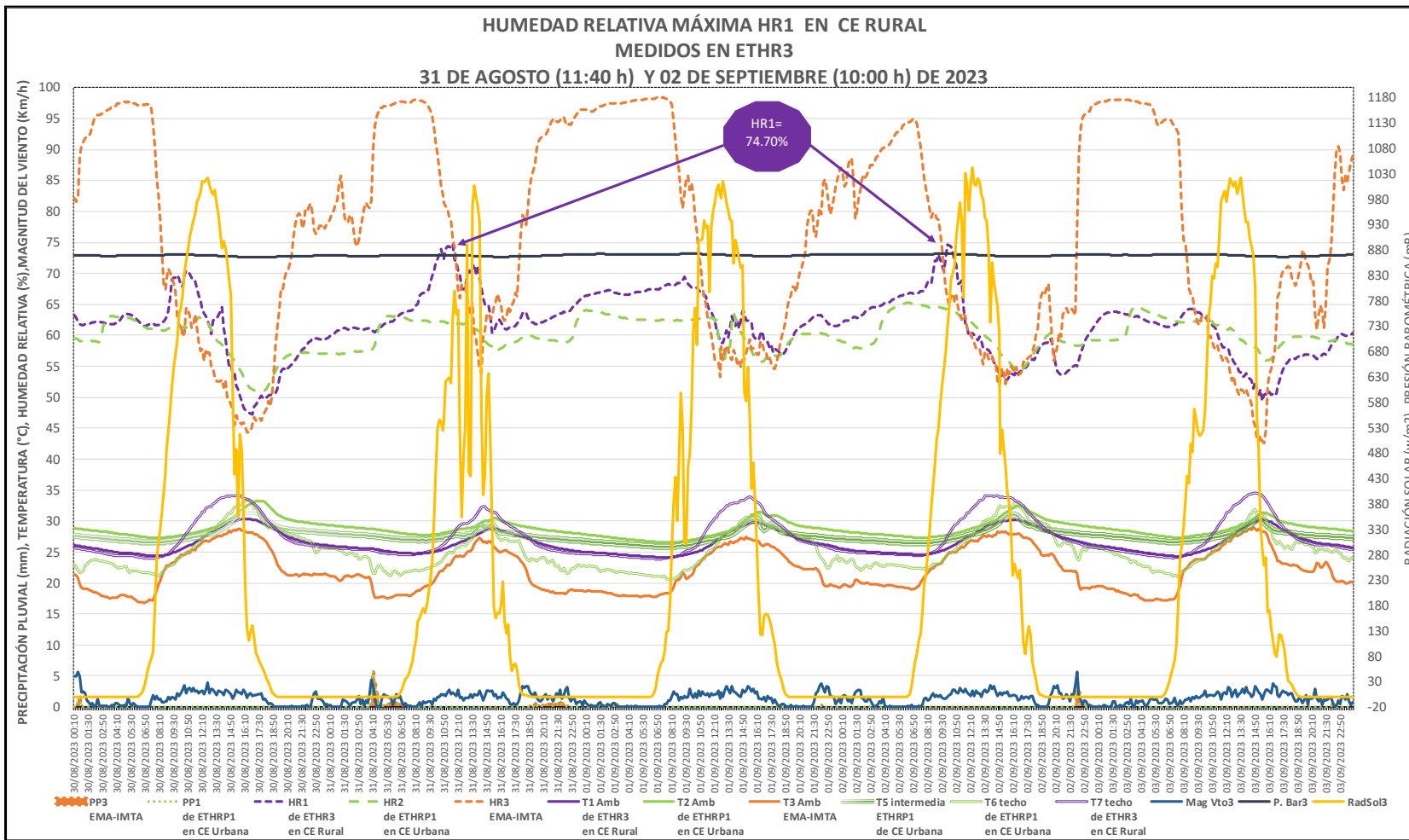


Figura 93. Comportamiento térmico de las Casas Ecológicas cuando HR1 máx.

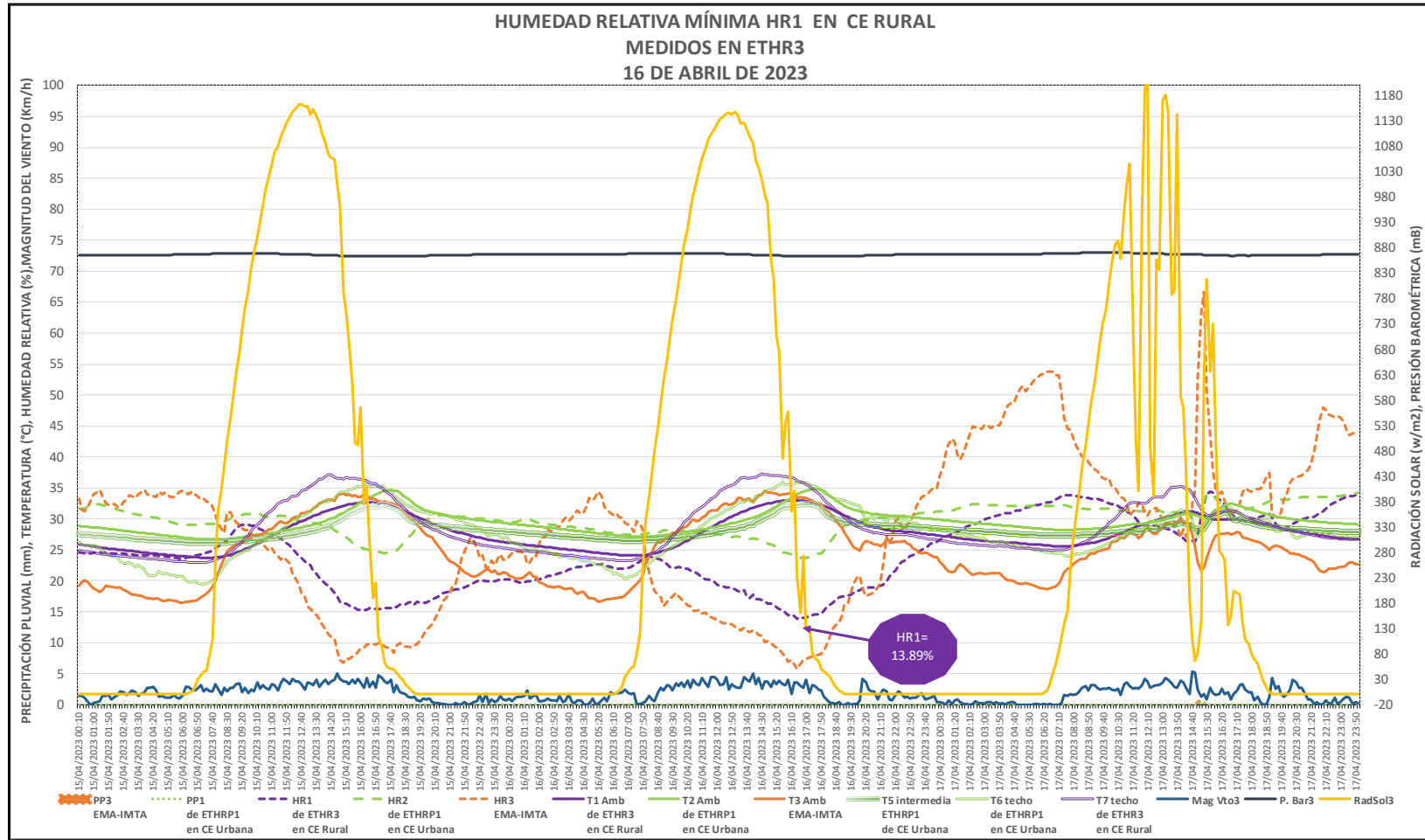


Figura 94. Comportamiento térmico de las Casas Ecológicas cuando HR1 mín.

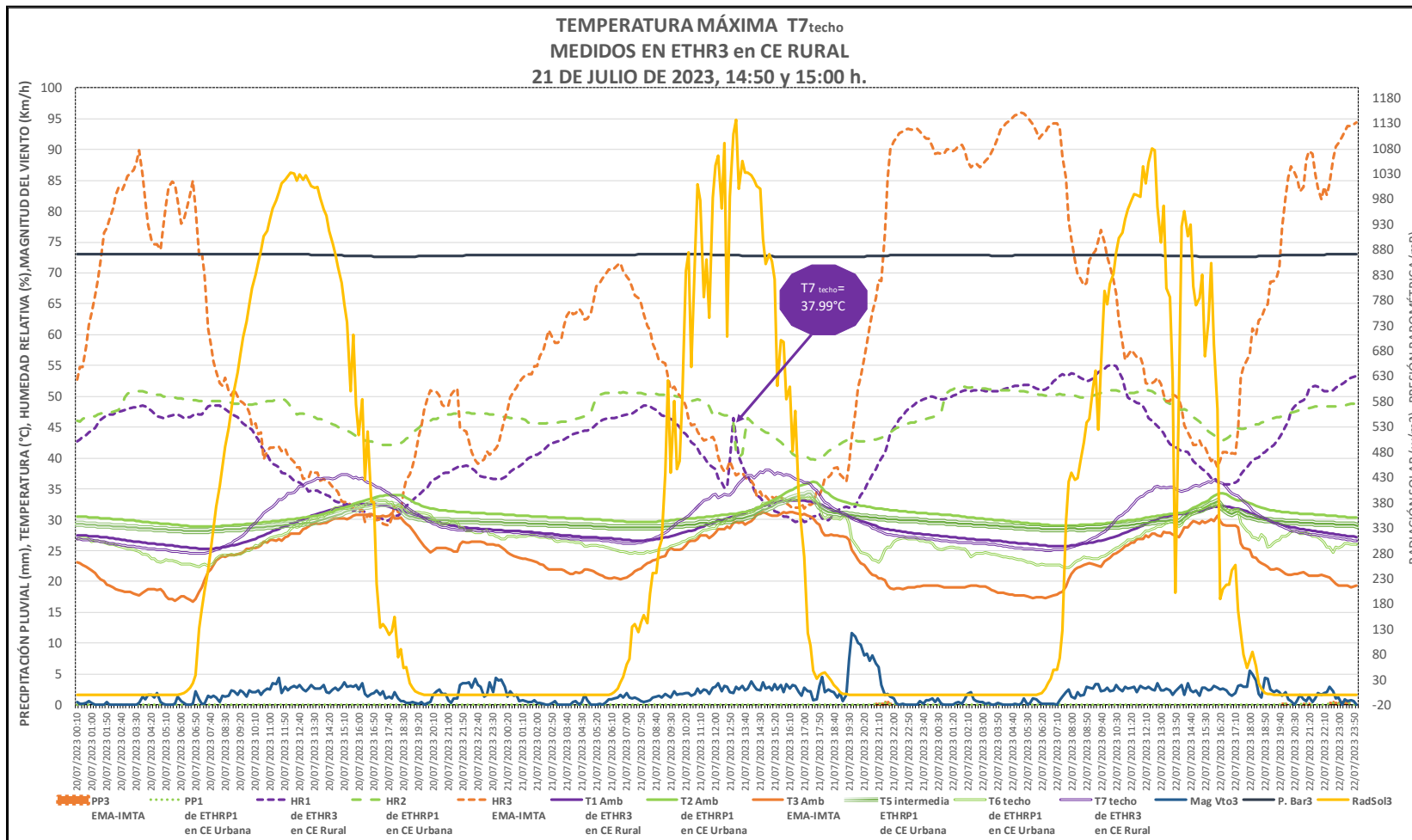


Figura 95. Comportamiento térmico de las Casas Ecológicas cuando T7techo máx.

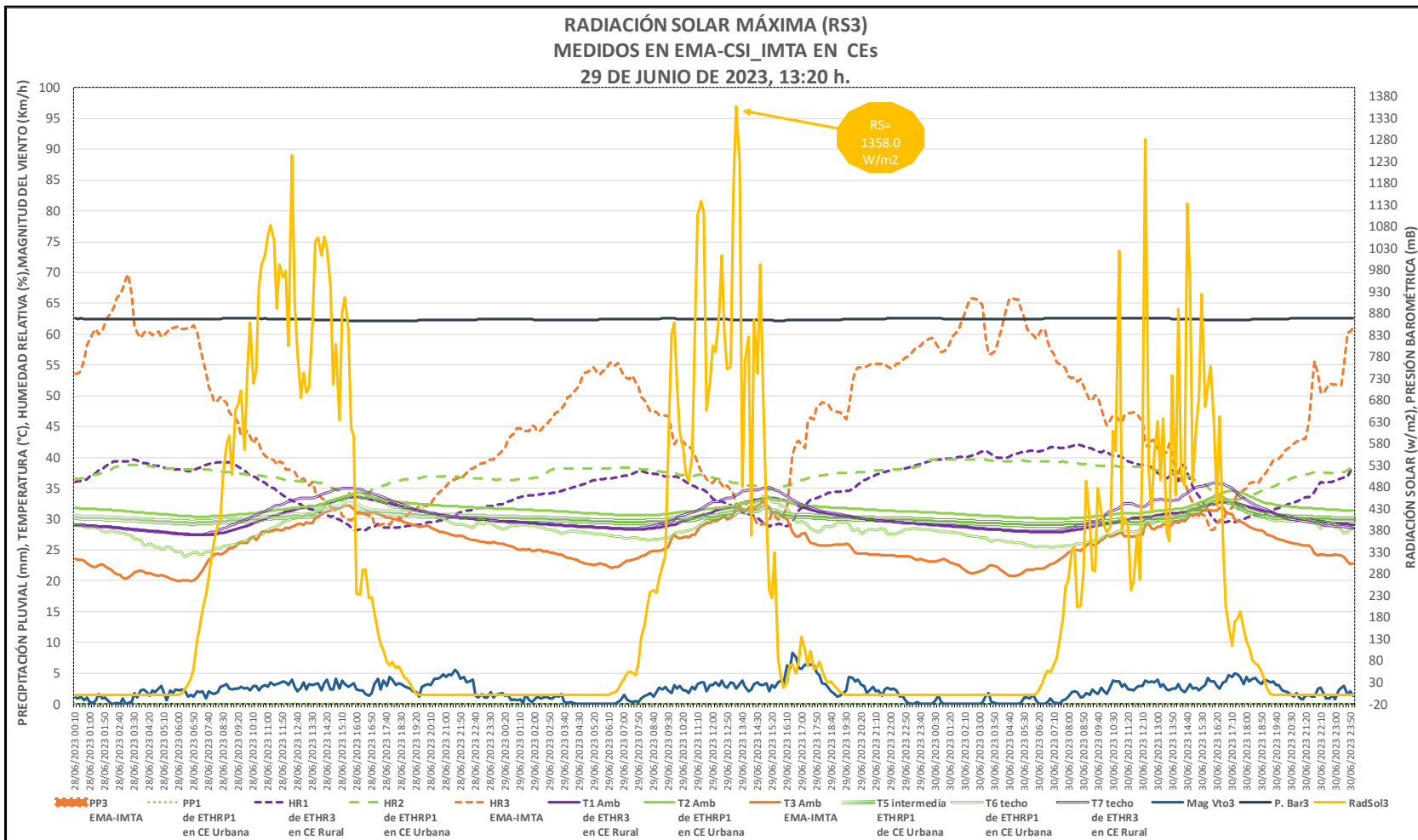


Figura 96. Comportamiento térmico de las Casas Ecológicas cuando RS máx.

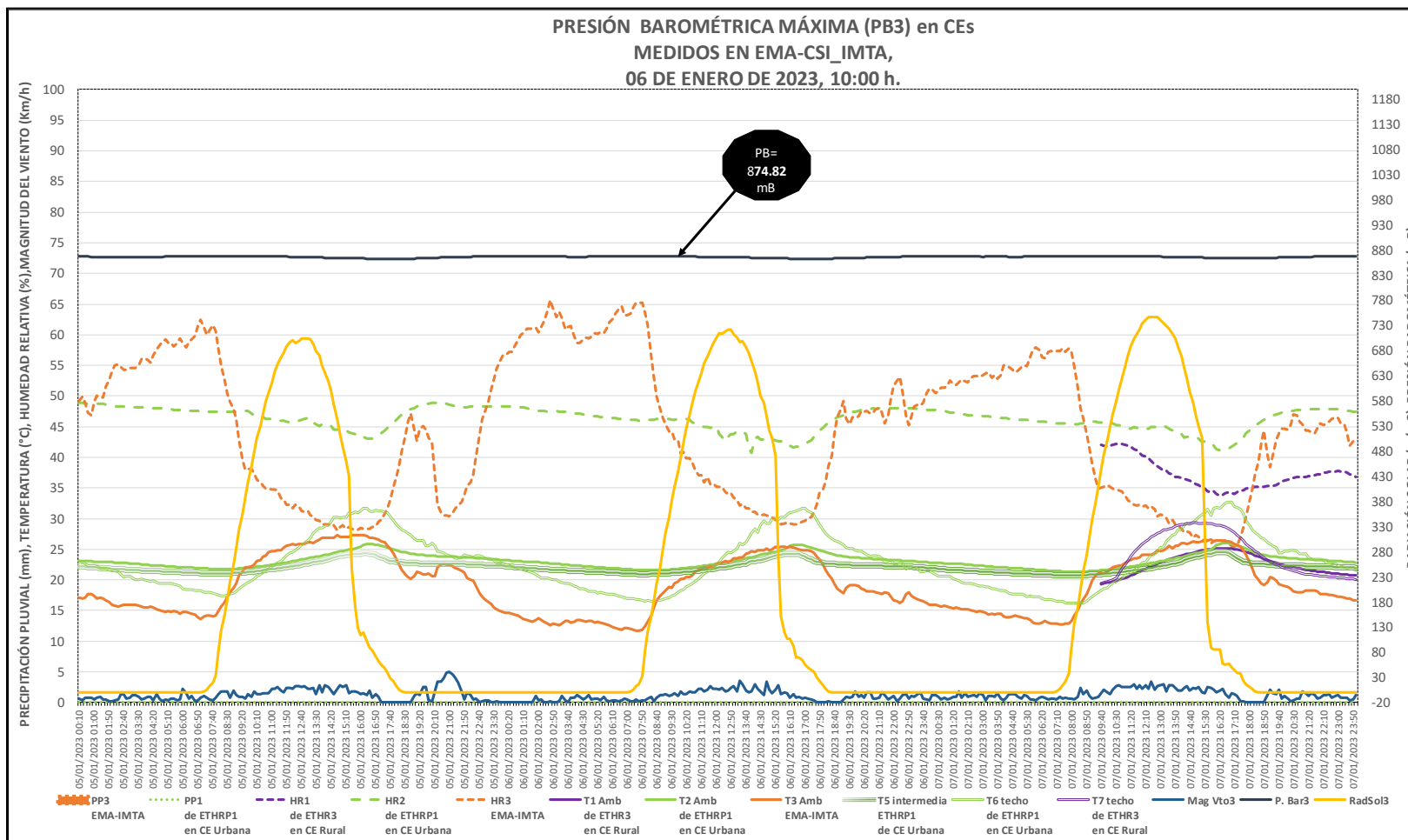


Figura 97. Comportamiento térmico de las Casas Ecológicas cuando PB máx.

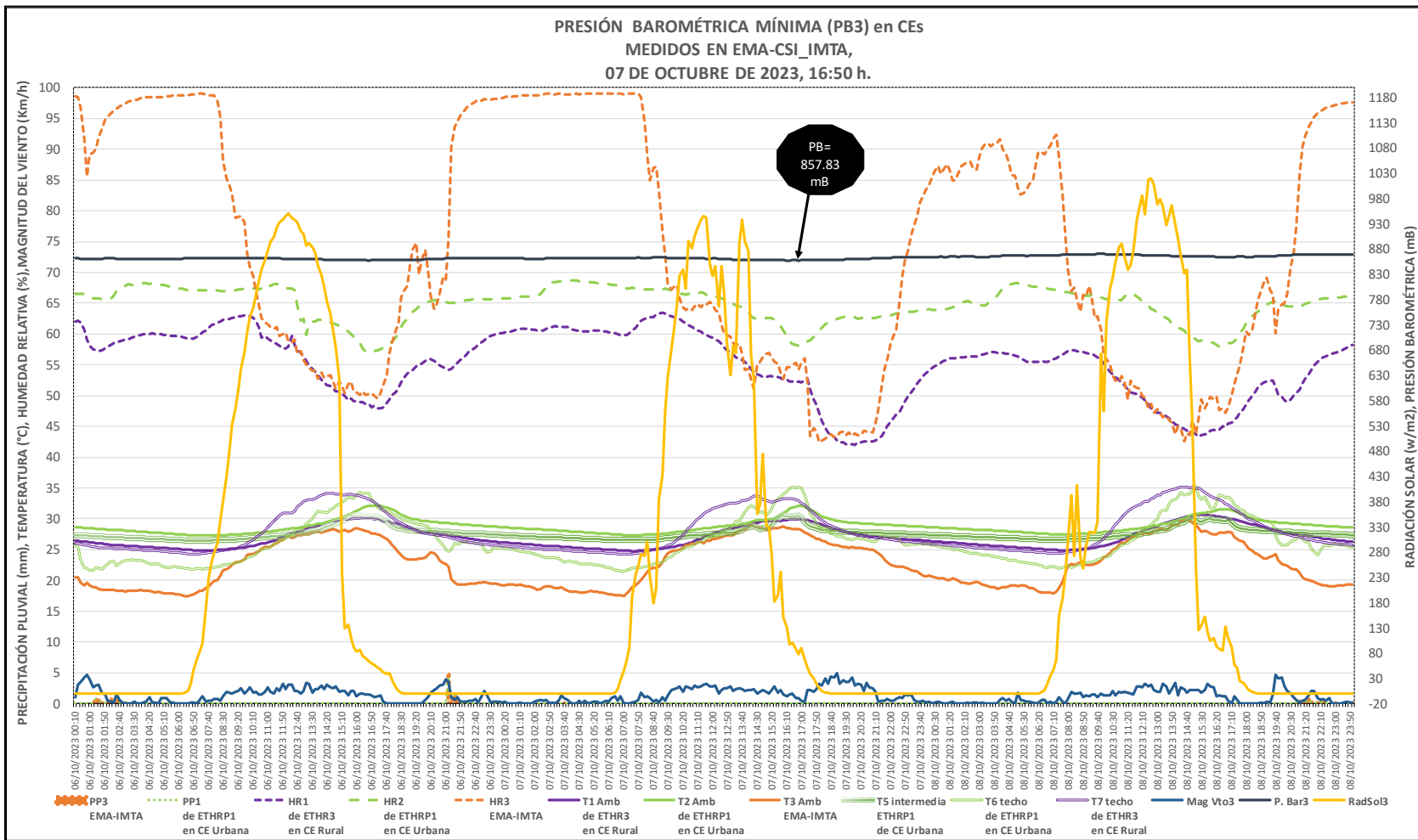


Figura 98. Comportamiento térmico de las Casas Ecológicas cuando PB mín.



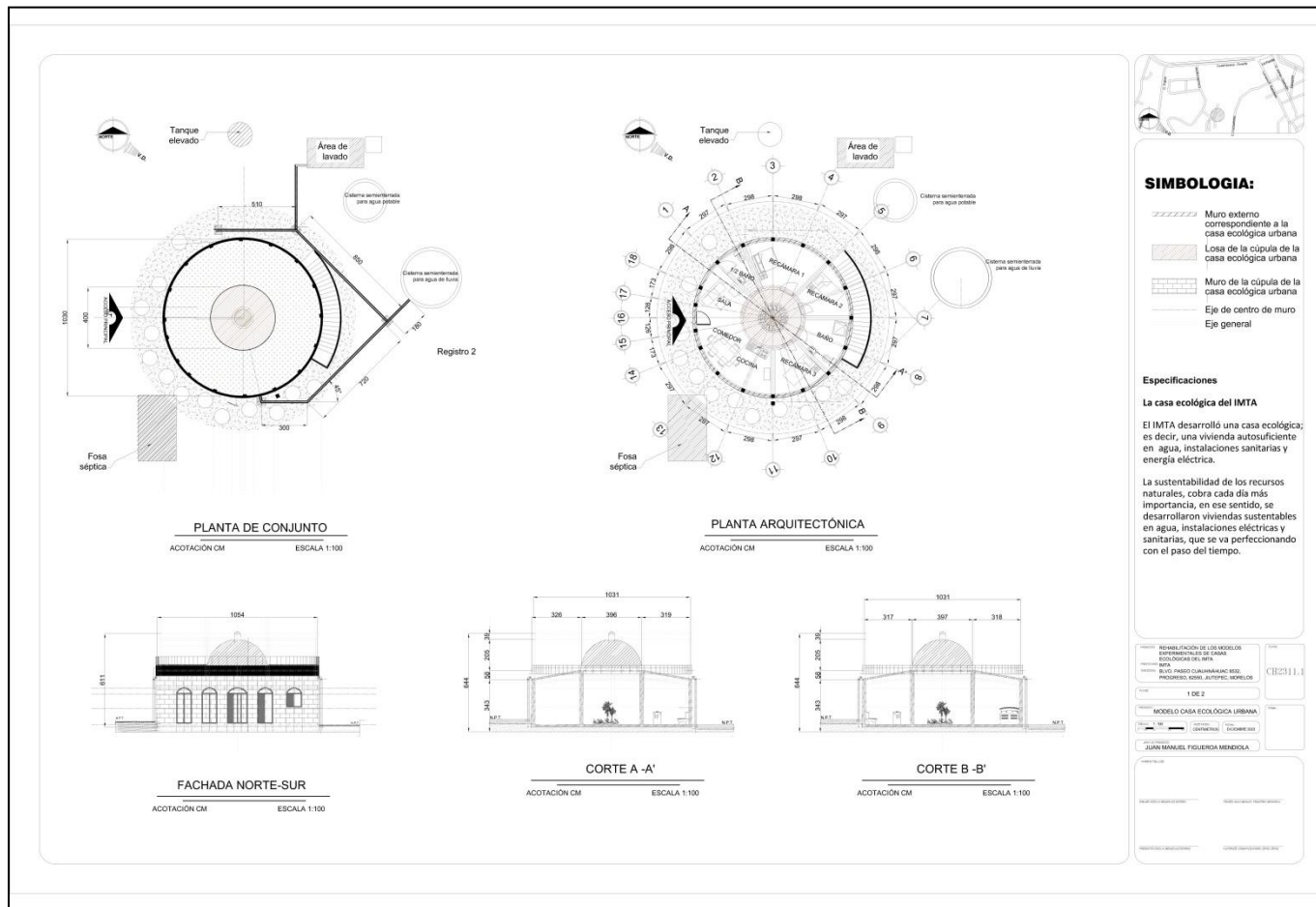


Figura 100. Plano arquitectónico casa ecológica urbana.





ANEXO 4 - Recorridos en instalaciones del IMTA.



Figura 101. Recorrido en modelo experimental 1.





MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA
INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA



Figura 102. Recorrido en modelo experimental 2.





ANEXO 5 - Infografías de modelos experimentales.



Figura 103. Infografías de modelos experimentales.

