

La casa solar de La Plata

IAS

Instituto de Arquitectura Solar

FIPE

Fundación para la Investigación y el Progreso Energético

Secretaría de Estado de Vivienda y Ordenamiento Ambiental

Buenos Aires, 1984

Nueva edición: 2009

Entre otros, nuestro agradecimiento a los arquitectos:

Julio Schiaffi y

Francisco García Vazquez,

Quienes posibilitaron este trabajo

Prototipo Experimental de La Plata

Equipo responsable de trabajo:

Elías Rosenfeld (Arq. Director del Proyecto); Jorge Luis Guerrero (Lic. en Física); Olga Ravella (Arq.)

Participaron en la etapa de proyecto y construcción:

Leticia Ciancaglini; Alberto Jurgeit y Graciela Brusasco (Arqs.)

Colaboraron: Ernesto S. Crivelli (Dr. en Física, días tipo de diseño); Aldo R. Pérez de Vargas (Ing. Civil), Jorge E. Fígoli (Arq.)

Participaron en la etapa experimental: Carlos A. Discoli (Ing. Mecánico); Carlos Ferreyro (Arq.)

Diseño Gráfico: Yael Rosenfeld (Arq.)

Dedicamos este libro a la memoria de Jorge Luis Guerrero, quien participó muy activamente en su redacción. Fue un físico solar de los primeros en gozar de reconocimiento internacional al punto de ser evaluador de Solar Energy, la revista más importante del tema. También fue uno de los pioneros de la investigación solar en Argentina.

Los avatares de nuestra historia científica y los de nuestro grupo impidieron que esta obra fuera editada hace más de dos décadas: a pesar de que la Secretaría de Vivienda había asignado oportunamente los fondos, estos nunca llegaron a nuestras manos.

Conservamos íntegramente el texto y los gráficos por respeto a su historia.

El Grupo de La Plata

INDICE

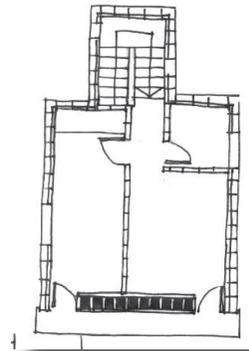
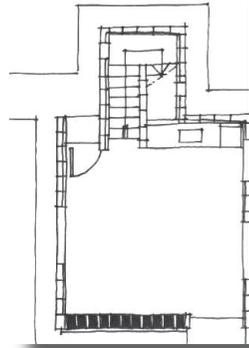
Prólogo a la nueva edición

Prólogo 1984

1. Introducción
2. El Programa CESAD
3. Modelo Climático Energético Zonal
4. El conjunto de 30 viviendas solares
5. Prototipo de vivienda
6. Balance térmico del prototipo
7. Sistemas pasivos adoptados
8. Características y tecnología
9. Simulaciones y programas experimentales
10. Algunos resultados obtenidos en la primera campaña de mediciones

Referencias

ANEXO



Prólogo a la nueva edición

Esta obra tenía prevista su publicación en 1984 cuando habían finalizado la evaluación del Prototipo y las arduas gestiones para lograr la financiación de su edición. Cuando todo parecía posible y estaba lista una primera versión del texto, cambió el gobierno nacional y todo entró en un agujero negro.

En el transcurso del tiempo la casa solar había ganado premios internacionales y fue visitada por distinguidos investigadores nacionales e internacionales. Las nuevas autoridades del Instituto de la Vivienda ignoraron su importancia y otorgaron la tenencia a un particular quien, ignorante a su vez, destruyó parte de los equipos a pesar de su compromiso de cuidar el producto de tanto esfuerzo.

Pasados casi 25 años pensamos que pese a todo la obra mantiene su valor e interés. Hoy el IAS se transformó en la Unidad de Investigación N° 2, IDEHAB, FAU, UNLP. Habiendo reunido finalmente los apoyos, sacamos esta edición como un homenaje a Jorge Luis Guerrero, uno de las tres responsables del IAS, junto con Ravella y Rosenfeld.

Guerrero fue un destacado físico, capaz y creativo, que falleció en Neuquén el 15 de mayo de 2004. Era profesor e investigador de la UNCo y había obtenido el Magister Scientiae en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano de esa Universidad.

Quienes aprendimos y trabajamos a su lado no lo olvidamos. Su presencia marcó nuestras vidas.



Prólogo a la primera edición

Esta publicación sintetiza gran parte de la experiencia ganada desde que en 1977 comenzáramos en forma sistemática los estudios de arquitectura solar y conservación de la energía para la zona templada húmeda de la Argentina y está, en tal sentido, conectada con los trabajos previos y contemporáneos que realizáramos sobre esos temas. Por ello creemos que es muy pertinente transcribir algunos párrafos del informe **“Conclusiones y recomendaciones para futuras construcciones con sistemas solares pasivos”**⁽¹⁾ por cuanto son expresivas de nuestro punto de vista.

“En primer lugar el edificio debe ser bien emplazado. Ello significa resolver adecuadamente las múltiples variables que hacen a posibilitar la insolación de las áreas colectoras, evitando en la medida de lo posible la interferencia de elementos sombreadores indeseables y posibilitando la mejor ventilación. Todo ello sin negar las adecuadas visuales, relaciones y niveles de asociación barrial que hacen tanto a la vida cotidiana como a la social y que deben atenderse con no menos importancia que los problemas de confort y energéticos pues hacen a la habitabilidad integral”.

“En cuanto a la orientación de los ámbitos y sus partes deberán realizarse atendiendo al comportamiento de la geometría solar y de la variación previsible de la radiación solar, desechando las reglas obsoletas que asociaban los ambientes con las distintas orientaciones en forma rígida”.

“El Partido Energético debe resolver adecuadamente los siguientes problemas principales:

Una estructura de relaciones funcionales y de compacidad del volumen habitable que adecue las necesidades energéticas a las reales necesidades de vida de los habitantes, o que por lo menos minimice los gastos energéticos superfluos.

Una armoniosa relación entre los subsistemas energéticos a efectos de que no se interfieran sino que colaboren para asegurar las prestaciones. La diversidad de subsistemas pasivos es deseable para asegurar las prestaciones dentro de los parámetros establecidos.

Una adecuada relación entre las modalidades de uso de los ámbitos y los subsistemas que lo atienden.

El ajuste entre las necesidades y los hábitos objetivos de los usuarios y el predimensionamiento de los subsistemas.

La apropiada implementación energética de los diferentes tipos de espacios: de uso predominante diurno o nocturno, estival o invernal, de tipo tapón o de uso transitorio.

La adecuada ubicación de las fuentes energéticas internas a efectos de hacer un uso racional de la energía”.

“La resolución de las aislaciones constituye uno de los medios fundamentales para la conservación de la energía que pueden implementarse sin sobrecostos significativos. Al menos deberá dejarse prevista la posibilidad de su colocación”.

“La estrategia de la concepción pasiva debe basarse en la correcta solución de los problemas inherentes

(1) Programa Ensayos de habitabilidad y comportamiento energético del Prototipo Experimental de La Plata, Resolución SEDUV. N°945/82, Informe Final, Biblioteca SEDUV (1984).

al diseño y dimensionamiento energético acordes con las prestaciones realmente necesarias y claramente definidas. La implementación puede ser escalonada en el tiempo según las posibilidades iniciales de los usuarios, su participación activa en el futuro y los medios que se implementen a nivel gubernamental para posibilitar el acceso al mayor costo inicial de los sistemas no convencionales de energía”.

“A lo antedicho debemos agregar nuestro profundo convencimiento de que el diseño y dimensionamiento de los sistemas solares y especialmente los pasivos, implica un proceso en que debe atenderse a la correcta solución de una red de subsistemas que no surge de la mera implementación de opciones prefijadas. Ni se corresponde con la pretensión de fijar respuestas de validez universal. Ni de la traducción literal de los productos de tecnologías ajenas. Ni se ha ganado aún la suficiente experiencia para sustentar convencimientos plenos ni están incluidos en nuestro método de trabajo los brevarios de soluciones soberbias.

Pretendemos en síntesis plantear un método de trabajo, sustentado en experiencia, que marque también los interrogantes. Todo lo contrario de un recetario”.

Elías Rosenfeld
Jorge Luis Guerrero
Olga Ravella

La Plata, Marzo de 1984.

Introducción

1

La construcción del prototipo solar experimental surgió como necesidad, a la finalización del proyecto del conjunto de 30 viviendas solares del Programa CESAD (Conjunto Edificio Solar de Alta Densidad), para responder a los siguientes objetivos:

- a) Poner a prueba la propuesta del Programa en las etapas de construcción y ensayo, en especial teniendo en cuenta que se tratará del primer conjunto solar de la zona templada húmeda;
- b) Poner en marcha un edificio solar-banco de ensayos para la zona, respondiendo a la conveniencia de contar con este tipo de elementos en las diversas regiones del país;
- c) Contar con un edificio solar de demostración para contratistas de futuros conjuntos y para usuarios y público en general.

Evaluada la conveniencia, en septiembre de 1979 se concretó la Resolución N° 472 por la cual la Secretaría de Estado de Desarrollo Urbano y Vivienda –SEDUV– encomendó al IAS/FABA “las tareas del programa de construcción y ensayo”. El prototipo experimental fue localizado en la esquina de las calles 526 y 15 de La Plata, Lat. 35° Sur, en un sector reservado dentro de los terrenos en los que sería emplazado el Conjunto de 30 viviendas. El predio era propiedad del Instituto de la Vivienda de la Provincia de Buenos Aires –IVBA– y formaba parte de un barrio compuesto principalmente de conjuntos habitacionales de diferente data y diseño dentro de un denominador común de viviendas económicas. El IVBA colaboró con el proyecto de Investigación brindando asimismo apoyatura a través de diversas facilidades y servicios en cuanto

a obrador, especialistas, etc. La construcción finalizó en octubre de 1981.

La tarea del proyecto estuvo centrada en el rediseño de una célula CESAD de dos dormitorios, a la que se le realizaron las siguientes modificaciones:

- a) Fueron introducidas aberturas en los paramentos Este y Oeste a efectos de probar a partir de ellas, sistemas de ganancia directa –GAD– y de protección solar, así como también para facilitar las simulaciones en las que el prototipo deberá representar diversas situaciones dentro de un conjunto de viviendas agrupadas según posiciones de punta o intermedia dentro de un subconjunto;
- b) Fue modificada la estructura de sustentación del subsistema solar de calentamiento de agua a fin de facilitar el acceso al mismo y el cambio de diferentes equipos;
- c) Fue modificado el interior para albergar el instrumental de medición, adecuándose también en este sentido el diseño de la instalación eléctrica;
- d) Fueron introducidas variaciones en dimensiones, proporciones y detalles a efectos de que una unidad inicialmente concebida como vivienda agrupada resultara correcta desde el punto de vista funcional y estético como edificio aislado.

La arquitectura e ingeniería de detalle previó diversas facilidades y dispositivos a los fines de posibilitar que el prototipo cumpla su función de estructura experimental para ensayar no sólo conjuntos del tipo CESAD, sino también otros materiales y sistemas.

El Programa CESAD

2

En agosto de 1978 se formalizó el convenio B2SDT 05.78 entre la Secretaría de Estado de Desarrollo Urbano y Vivienda y el IAS/FABA, Instituto de Arquitectura Solar, para el desarrollo de un programa de Investigación sobre “Conjuntos de energía solar de alta densidad y baja altura”, sintéticamente el “Programa CESAD”⁽²⁾.

Se estableció como objetivo del Programa “poder contar con una metodología de diseño para planes de viviendas económicas con aprovechamiento de la energía no convencional, aplicable a distintas regiones del país”.

La metodología está expuesta en [IAS/FABA, 1978] y resumida y generalizada en [E.Rosenfeld, 1978]. La totalidad del Programa abarcó cinco fases, cada una de las cuales constituyó virtualmente un subprograma, que convergieron en una Tarea Síntesis, consistente en la elaboración del proyecto completo de un conjunto de 30 viviendas con posibilidades de construcción a través de cupo FONAVI [IAS/FABA, 1979].

Fase 1

Estudio del recurso solar disponible y otros factores climáticos propios de la zona de localización. Revisión del estado del arte en cuanto a arquitectura solar apropiada.

Fase 2

Elaboración de los “Días Tipo de Diseño” y radiación solar sobre diferentes planos.

Fase 3

“Modelo climático-energético zonal”. [J.L. Guerrero, 1979].

Fase 4

Modelo de prototipos solares aplicables a planes de vivienda económica. [E.Rosenfeld, 1979a].

Fase 5

Proyecto de un conjunto de 30 viviendas solares en La Plata. [E.Rosenfeld, 1979b].

(2) Fue laureado con medalla de plata y diploma del Distrito de Columbia EE.UU. en la Segunda Bienal Mundial de Arquitectura “INTERARCH 83” de la Unión Internacional de Arquitectos y la Federación de Arquitectos de Bulgaria (Sofía, Bulgaria 1983).

Modelo Climático Energético Zonal

3

Este modelo, cuyos límites de validez se demarcan en la Figura 1, sintetiza las características energéticas del área en base a una serie de más de diez años de datos.

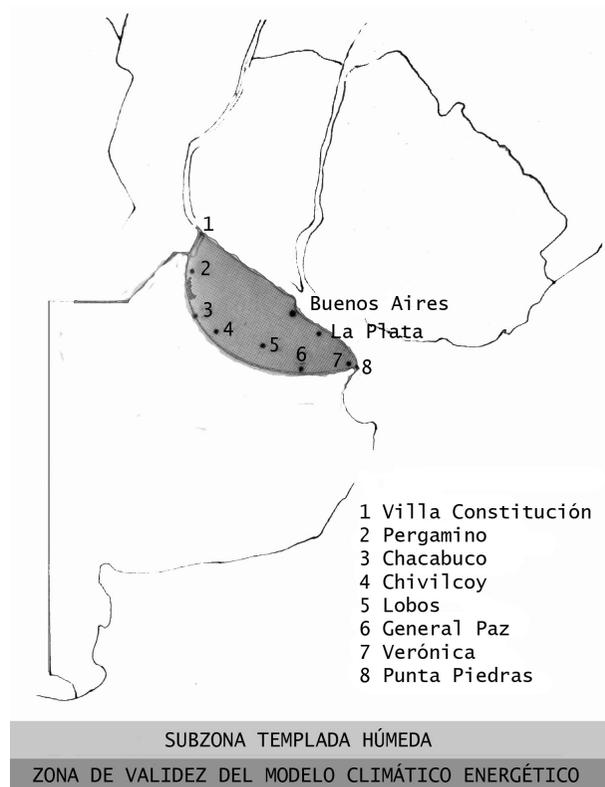


Figura 1.

Los elementos más importantes son los siguientes:

1. Los lapsos en que los parámetros están más alejados de la zona de confort higrotérmico se

producen en los meses fríos, por lo que los diseños deberán orientarse a solucionarlos en primera instancia, y comprobarlos y/o complementarlos para el período cálido. Ver Figuras 2 y 3.

2. La mejor orientación para los paramentos en invierno es la Norte, donde se recibe un promedio de 13,15 Mj/m².

3. La pendiente óptima de colección es de 60° en un plano orientado al norte, en el cual se recibe un promedio de 13,15 Mj/m², en invierno.

4. Durante el mes más frío de invierno el 30% de los días son claros y el 45% son cubiertos.

5. En función de la secuencia observada en días claros y cubiertos la acumulación de calor debería ser del orden de los cuatro días supliendo calefacción completa y un quinto con calefacción reducida.

6. El viento en invierno no tiene orientaciones definidas ni temperaturas diferenciadas por sectores.

7. Para la época estival debe tenerse en cuenta la protección de los planos horizontales y verticales Este y Oeste, con 25,25 Mj/m² para los primeros y 15,33 Mj/m² para los otros dos.

8. Los sistemas solares adecuados dentro de los parámetros económicos de la operatoria FONAVI pueden sintetizarse en:

Para invierno:

Ganancia directa: con orientación Norte como óptima y buena entre ±45° desde el Norte.

Figura 1.
Zona de validez del Modelo Climático Energético.

Figura 2:
Días tipo de diseño de Junio.
Figura 3:
Días tipo de diseño de Enero.

Colección y Acumulación en muros: Para 4,5 días de acumulación si se desea un aporte solar del 100%. Orientados exclusivamente Norte $\pm 15^\circ$. Para acumulación sólo de unas horas: Noroeste, óptima, Norte y Noreste, buena.

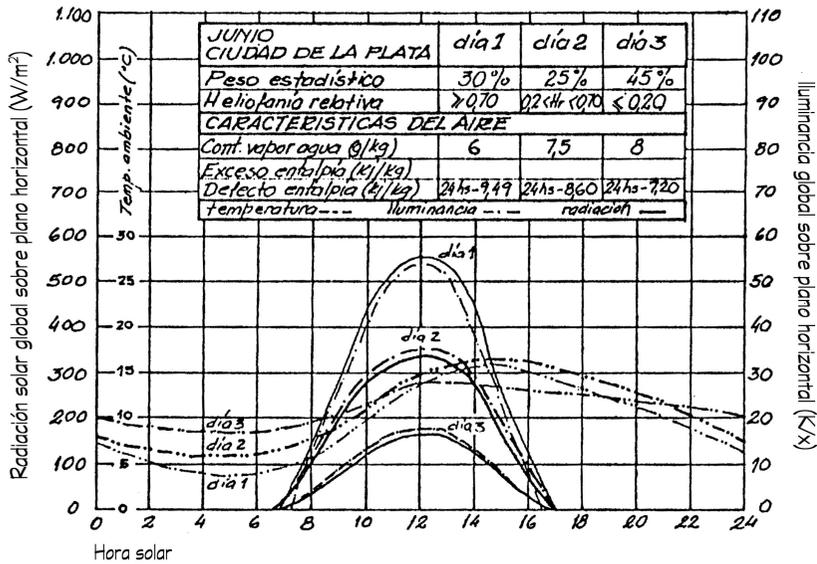


Figura 2.

Para verano:

Protecciones solares: es necesario tener en cuenta la radiación difusa para su diseño.

Verticales: para horas de la tarde desde el Norte al Suroeste, siendo orientación crítica el Oeste para ventanas y el Noroeste para los muros que desfazan el incremento de temperatura.

Horizontales: Todo el día.

Ventilación: Proveyendo aberturas adecuadas en función de presiones opuestas del viento para lograr el confort higrotérmico mientras el edificio se está ventilando. No hay orientaciones predominantes.

Chimenea solar: Para los momentos de calma durante el día. Pendientes de colección entre 15° y 30° .

Otros sistemas de refrescamiento: Modificación adecuada del entorno.

3.1 Días tipo Diseño (Fase 2)

Del análisis profundizado de la información meteorológica existente se determinaron 27 días tipo de diseño que se sintetizan en la Tabla 1. Las Figuras 2 y 3 representan los meses de junio y enero.

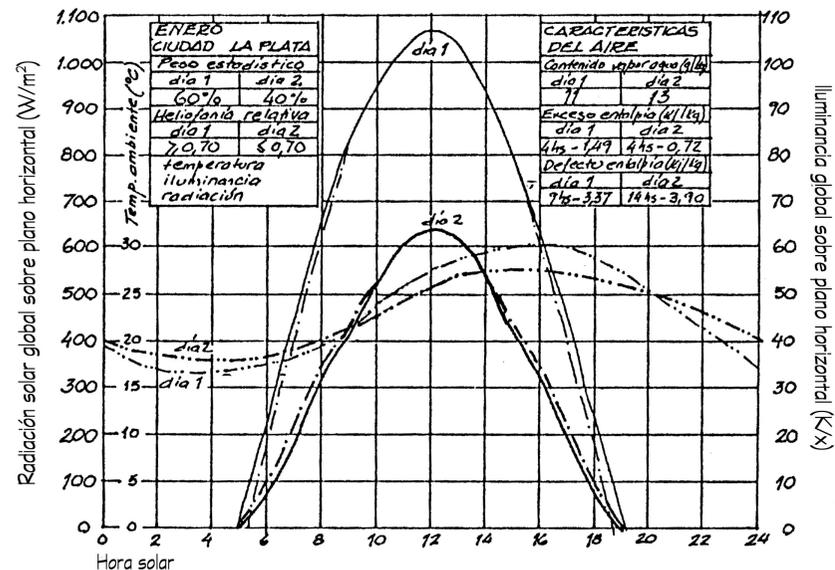


Figura 3.

El parámetro seleccionado para esta clasificación fue la heliofanía relativa la que agrupó a los días en tres tipos diferenciados en invierno y dos tipos diferenciados en el resto del año. Los intervalos de heliofanía para el primer caso se fijaron entre 0% a 20%, 20% a 70% y 70% a 100% para el segundo caso entre 0% a 70% y 70% a 100%. La cantidad de días encontrados entre estos límites fijaron el peso estadístico de ocurrencia del día tipo.

De este análisis detallado surge que en el área de validez del Modelo los días claros, nublados e intermedios se suceden sin regularidad, como asimismo no existe una secuencia de temperatura similar, sino que no es raro que a un día frío le suceda un día cálido.

Mes	Día Tipo	Heliofanía relativa %	Duración de la insolación Kseg	Radiación global MJ/m ²						
				Horizontal	Norte 90°	Norte 60°	Norte 30°	Este 90°	Sur 90°	Sur 15°
Enero	1	0,70	50,6	32,15	9,49	20,48	28,94	20,13	10,07	31,39
	2	0,70		18,00	7,73	12,76	16,57	11,06	7,91	17,66
Febrero	1	0,70	47,6	27,77	12,05	21,77	27,58	18,00	6,85	25,66
	2	0,70		15,80	7,99	12,50	15,38	9,92	6,30	15,02
Marzo	1	0,70	44	22,77	15,57	23,18	25,81	15,48	4,61	19,31
	2	0,70		13,30	8,63	12,33	14,04	8,60	4,89	12,05
Abril	1	0,70	40	17,17	18,86	23,63	23,01	12,38	3,54	12,78
	2	0,70		8,99	7,74	9,90	10,36	5,96	3,54	7,73
Mayo	1	0,70	36,6	13,50	21,75	24,66	21,64	10,43	2,53	8,35
	2	0,70		7,06	7,96	9,43	9,10	4,87	2,71	5,60
Junio	1	0,70	34,9	12,64	25,88	28,06	23,21	10,36	1,83	6,41
	2	0,2 Hr 0,70		7,40	10,71	12,07	10,86	5,39	2,47	5,22
	3	0,2		3,37	3,32	3,97	3,98	2,22	1,61	2,89
Julio	1	0,70	35,7	12,35	21,93	24,32	20,82	9,73	2,30	7,18
	2	0,2 Hr 0,70		7,74	10,35	11,87	10,91	5,56	2,64	5,67
	3	0,2		3,96	3,87	4,65	4,69	2,61	1,85	3,39
Agosto	1	0,70	38,6	15,16	19,37	23,21	21,66	11,19	3,13	10,63
	2	0,2 Hr 0,70		9,65	9,95	12,21	12,10	6,64	3,37	7,77
	3	0,2		4,77	3,88	4,91	5,24	3,07	2,27	4,28
Septiembre	1	0,70	42,5	20,72	17,30	23,86	25,11	14,43	4,05	16,72
	2	0,70		10,71	7,73	10,52	11,61	6,96	4,19	9,57
Octubre	1	0,70	46,5	24,77	12,56	21,04	25,54	16,24	6,01	22,41
	2	0,70		13,14	7,24	10,86	13,03	8,27	5,39	5,40
Noviembre	1	0,70	49,8	29,88	10,02	20,22	27,61	18,85	9,04	28,80
	2	0,70		17,12	7,68	12,48	15,98	10,57	7,35	16,66
Diciembre	1	0,70	51,5	32,53	8,82	19,65	28,54	20,16	11,17	32,23
	2	0,70		18,84	7,71	17,07	11,52	8,50	18,63	9,16

Tabla 1.
Días tipo de diseño.

Mes	Día Tipo	Heliofania relativa %	Duración de la insolación Kseg	Radiación directa MJ/m ²						
				Horizontal	Norte 90°	Norte 60°	Norte 30°	Este 90°	Sur 90°	Sur 15°
Enero	1	0,70	50,6	27,29	3,85	15,23	23,98	14,49	4,43	26,51
	2	0,70		8,56	1,21	4,77	7,52	4,54	1,39	8,31
Febrero	1	0,70	47,6	22,64	6,71	16,54	22,42	12,66	1,51	20,52
	2	0,70		7,33	2,17	5,35	7,26	4,10	0,49	6,65
Marzo	1	0,70	44	18,19	11,00	18,61	21,24	10,91	0,05	14,74
	2	0,70		6,21	3,75	6,35	7,25	3,72	0,02	5,03
Abril	1	0,70	40	13,53	15,32	20,03	19,38	8,84	0,00	9,14
	2	0,70		3,70	4,20	5,49	5,31	2,42	0,00	2,50
Mayo	1	0,70	36,6	11,13	19,22	22,21	19,25	7,90	0,00	5,98
	2	0,70		3,04	5,25	6,07	5,26	2,16	0,00	1,63
Junio	1	0,70	34,9	11,50	24,04	26,57	21,98	8,53	0,00	5,25
	2	0,2 Hr 0,70		3,94	8,24	9,11	7,53	2,92	0,00	1,80
	3	0,2		0,82	1,71	1,89	1,56	0,61	0,00	0,37
Julio	1	0,70	35,7	10,23	19,63	22,11	18,67	7,43	0,00	5,05
	2	0,2 Hr 0,70		4,02	7,71	8,69	7,34	2,92	0,00	1,98
	3	0,2		1,05	2,02	2,27	1,92	0,76	0,00	0,52
Agosto	1	0,70	38,6	11,92	16,24	20,02	18,44	8,05	0,00	7,40
	2	0,2 Hr 0,70		4,83	6,58	8,11	7,47	3,26	0,00	3,00
	3	0,2		1,18	1,61	1,98	1,83	0,80	0,00	0,73
Septiembre	1	0,70	42,5	16,76	13,25	19,86	21,14	10,38	0,00	12,76
	2	0,70		4,48	3,54	5,31	5,65	2,77	0,00	3,41
Octubre	1	0,70	46,5	19,17	7,28	15,60	19,98	10,96	0,76	16,82
	2	0,70		5,40	2,05	4,39	5,63	3,09	0,21	4,74
Noviembre	1	0,70	49,8	24,33	4,26	14,56	22,03	13,09	3,27	23,24
	2	0,70		7,98	1,40	4,78	7,23	4,30	1,07	7,63
Diciembre	1	0,70	51,5	27,33	2,97	14,13	23,16	14,31	5,32	27,01
	2	0,70		9,16	0,99	4,74	7,80	4,80	1,78	9,06

Tabla 1. (cont.)
Días tipo de diseño.

Mes	Día Tipo	Peso estadístico %	Temperatura ambiente °C						Contenido de vapor g/Kg	Humedad relativa %	Entalpía del aire KJ/Kg		
			Máx.	Med.	Min.	Ampl.	Lím Sup.	Lim. Inf.			Exceso	Defecto	ΔE
Enero	1	60	30,0	22,85	16,0	14,0	28,0	21,0	11,0	64,0	5,96	30,33	-24,37
	2	40	27,5	22,49	17,5	10,0	26,5	24,0	13,0	76,0	2,88	54,60	-51,72
Febrero	1	65	29,0	22,34	15,0	14,0	27	23,0	12,0	72,5	6,45	56,16	-49,71
	2	35	27,1	22,35	17,8	9,3	26,5	24,0	13,0	77,5	1,59	57,15	-55,56
Marzo	1	50	26,5	19,10	13,0	13,5	28,0	21,0	11,0	76,0		58,25	-58,24
	2	50	24,5	19,89	15,2	9,3	28,0	21,0	11,0	75,0		47,04	-47,04
Abril	1	50	23,0	15,44	9,0	14,0	29,0	18,0	9,0	82,5		85,50	-85,50
	2	50	21,0	16,54	12,0	9,0	28,5	19,0	9,5	81,0		62,08	-62,08
Mayo	1	50	18,5	11,76	5,0	13,5	27,5	19,0	7,0	81,0		172,56	-172,56
	2	50	18,0	13,94	9,8	8,2	29,0	18,0	9,0	90,0		97,52	-97,52
Junio	1	30	15,2	9,43	3,9	11,3	25,0	19,0	6,0	81,0		227,76	-227,76
	2	25	15,9	10,35	5,8	10,1	27,5	19,0	7,5	97,0		206,40	-206,40
	3	45	13,6	11,21	8,8	4,8	19,5	18,5	8,0	97,0		172,80	-172,80
Julio	1	30	13,5	7,33	2,5	11,0	24,0	19,5	5,5	77,5		289,92	-289,92
	2	25	15,5	9,90	5,0	10,5	27,0	19,0	7,0	92,5		216,96	-216,96
	3	45	13,5	11,81	9,6	3,9	29,0	19,0	7,5	87,5		171,36	-171,36
Agosto	1	35	16,9	11,19	4,9	12,0	27,0	19,0	7,0	85,0		186,24	-186,24
	2	35	15,5	11,10	6,0	9,5	26,5	19,5	6,5	80,0		200,16	-200,16
	3	30	15,5	11,45	8,5	7,0	29,0	19,0	7,5	87,5		179,76	-179,76
Septiembre	1	40	20,1	13,61	6,5	13,6	25,0	19,5	6,0	61,0		160,38	-160,38
	2	60	17,5	12,92	9,2	8,3	26,0	19,5	6,5	69,5		156,96	-156,96
Octubre	1	35	22,5	15,92	9,8	12,7	29,0	18,5	8,5	73,0		81,28	-81,28
	2	65	19,9	16,07	12,1	7,8	27,5	19,0	9,5	84,0		70,68	-70,68
Noviembre	1	45	26,8	20,00	12,9	13,9	29,0	18,5	8,5	58,0		34,40	-34,40
	2	55	24,5	18,88	14,7	9,8	28,0	20,0	10,0	72,0		42,60	-42,60
Diciembre	1	50	29,0	21,95	15,2	13,8	28,0	20,0	10,0	63,5	2,28	25,96	-23,68
	2	50	26,5	21,45	16,9	9,6	27,5	21,0	11,0	68,0		30,96	-30,96

Tabla 1. (cont.)
Días tipo de diseño.

El conjunto de 30 viviendas solares

4

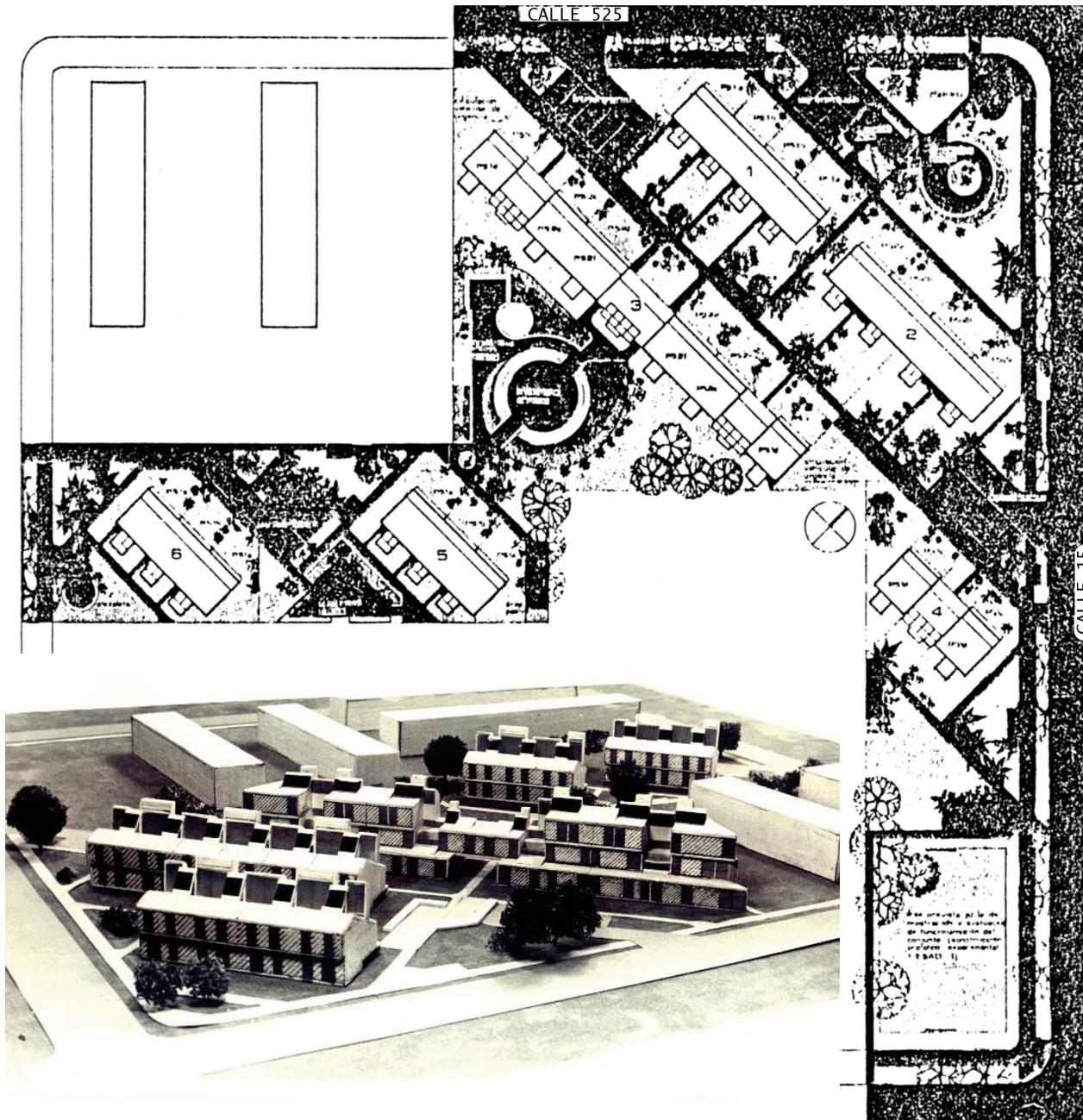


Figura 4.
Planta y maqueta
del conjunto.

El prototipo fue concebido como un elemento de este conjunto y respondiendo a la premisa de implementar, en las viviendas FONAVI, tecnología solar apropiada en cuanto a construcción, operación y mantenimiento. El conjunto está emplazado en un terreno de 6.055 m² ubicado entre las calles 525, 526, 15 y 16 de La Plata [E.Rosenfeld, 1979b].

El planteo respondió fundamentalmente a la necesidad de que la trama permita asegurar las mejores condiciones de recepción de la energía solar y evitar las sombras indeseables en el período frío entre las unidades de los diferentes subconjuntos (Figuras 4 y 5).

Las treinta viviendas están agrupadas en seis subconjuntos con una totalidad de 18 unidades de 2 dormitorios y 12 unidades de 3 dormitorios.

Se utilizaron dos prototipos, correspondientes a 2 y 3 dormitorios que se agrupan en subconjuntos de planta baja y primer piso (Figuras 6 a 8) y subconjuntos con dos dúplex apilados (Figuras 9 a 13).

En la Tabla 2 se muestran las características térmicas emergentes del dimensionamiento realizado. Las áreas para actividades grupales se concibieron teniendo en cuenta las características climáticas: una hacia el Norte fundamentalmente de utilización de invierno, francamente expuesta a la radiación solar, con vegetación caduca, y otra hacia el Sur, de uso fundamentalmente en verano, ampliamente sombreada y con vegetación perenne (Figuras 4 y 5).

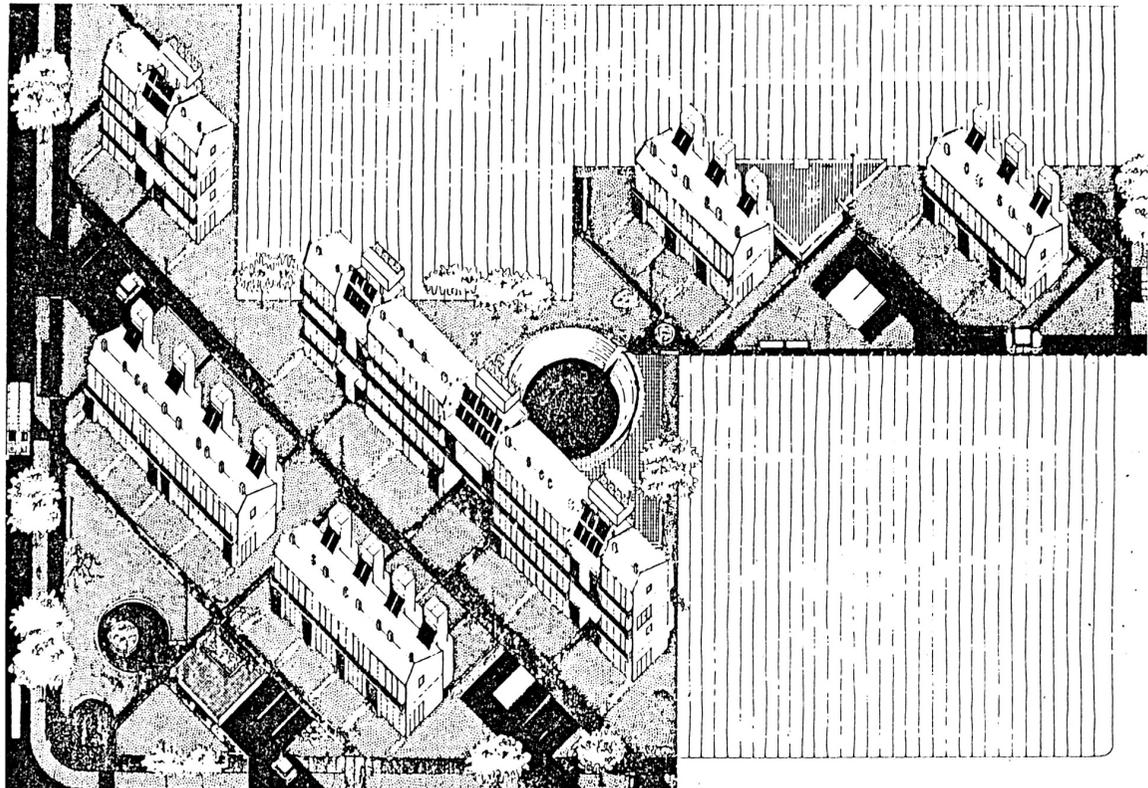


Figura 5.
Axonométrica de
conjunto.

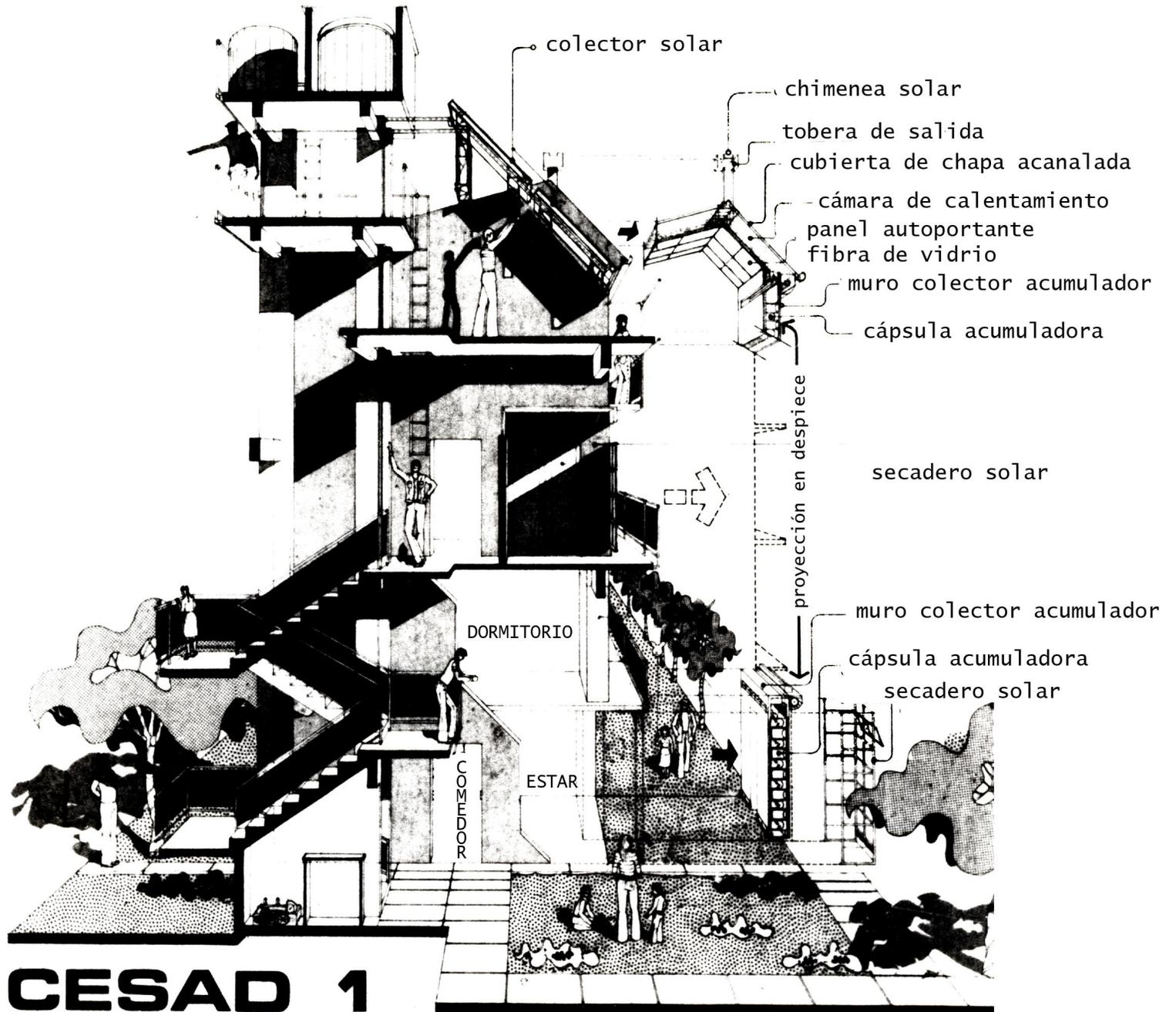


Figura 6.

Figura 6.
Corte subconjunto 2.

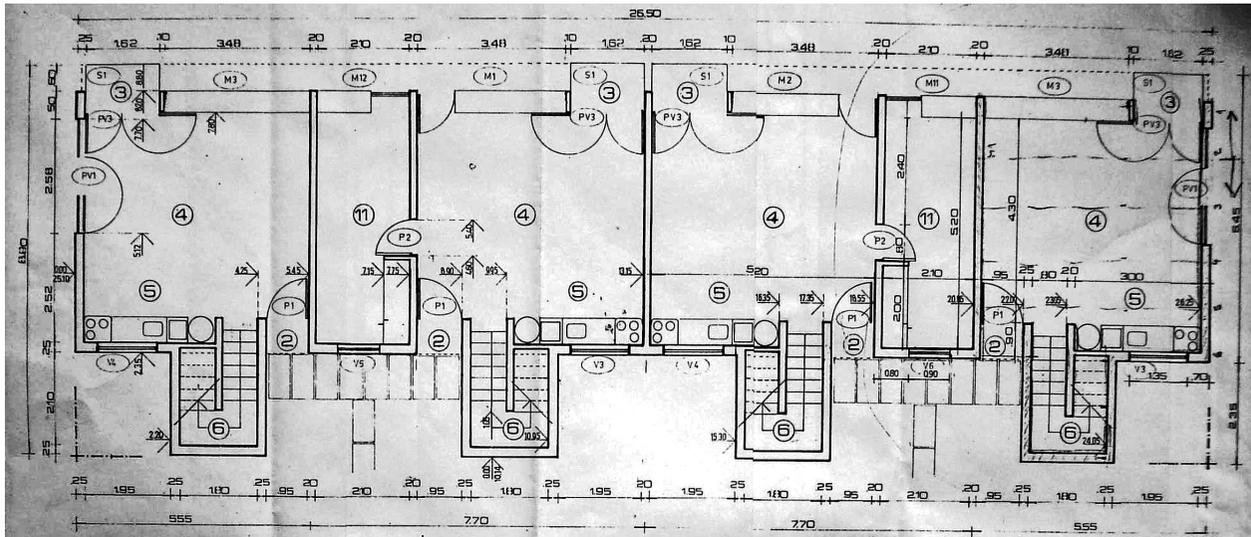


Figura 7.

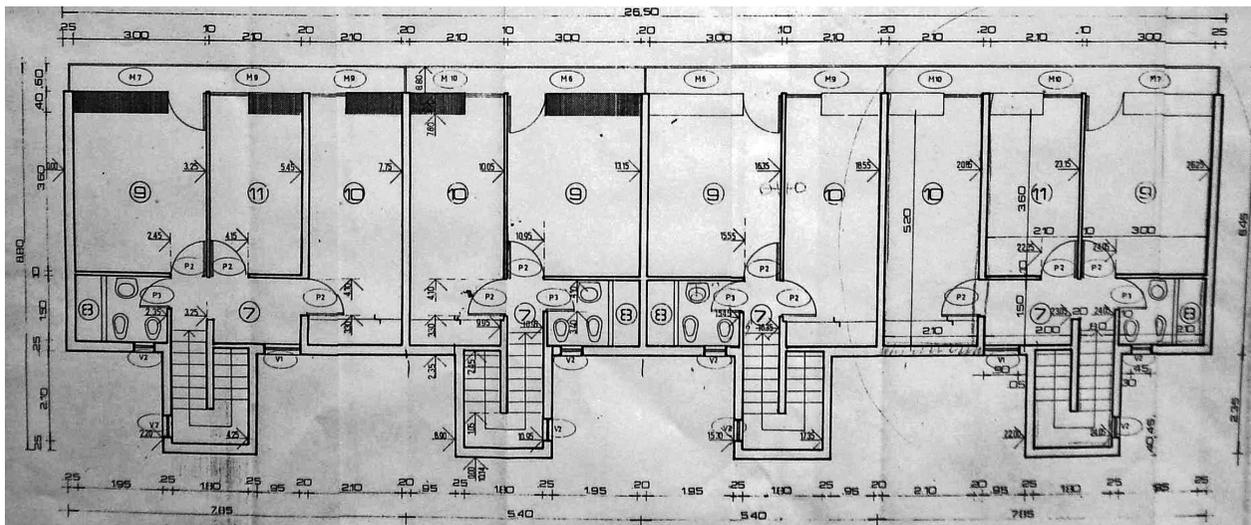


Figura 8.

Figura 7.
Planta baja
subconjunto 2.

Figura 8.
Planta alta
subconjunto 2.

Figura 9.
Planta nivel -0.15
subconjunto 3.

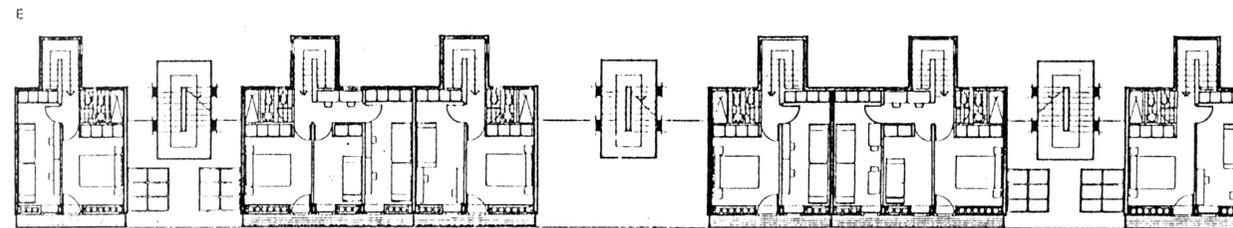


Figura 9.

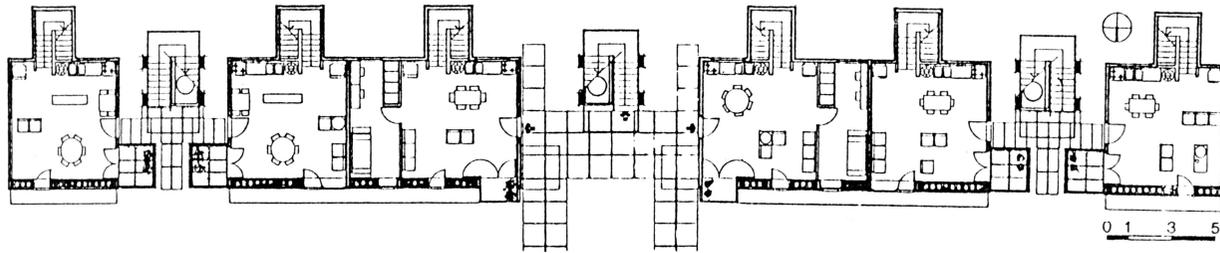


Figura 10.

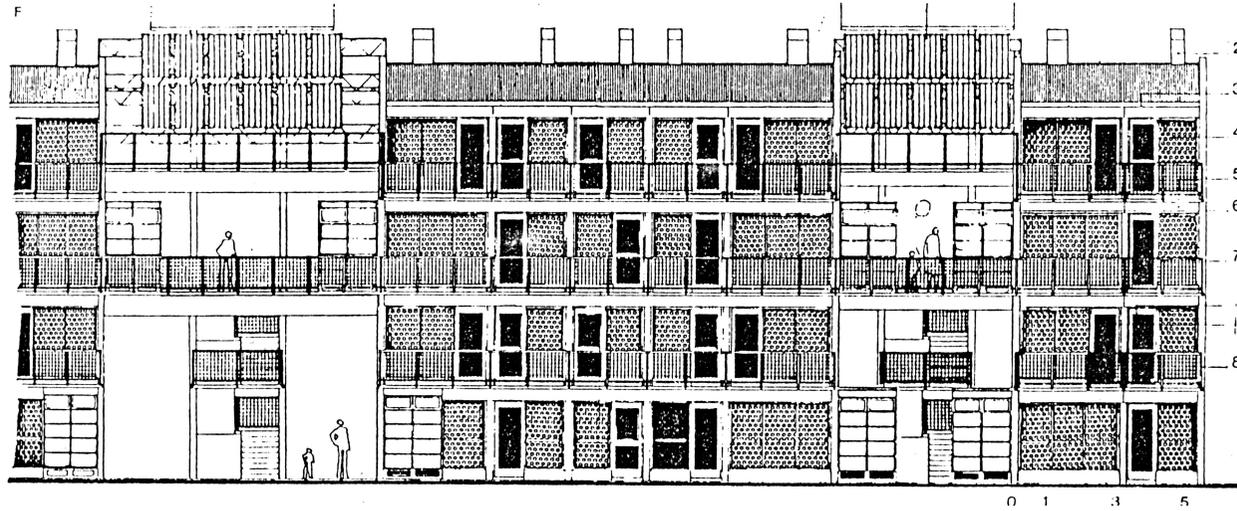


Figura 11.

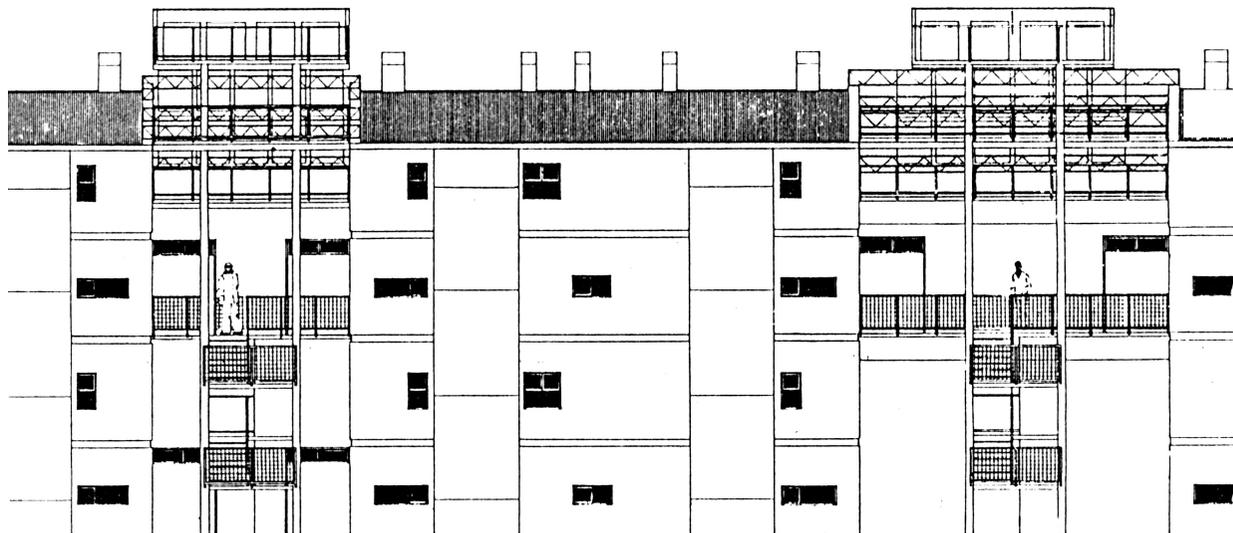


Figura 12.

Figura 10.
Planta nivel -5.55
subconjunto 3.
Figura 11.
Fachada parcial
Norte subconjunto
3.
Figura 12.
Fachada parcial Sur
subconjunto 2.

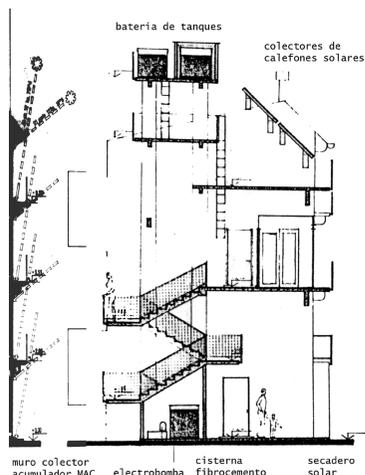


Figura 13.

PROTOTIPOS SUBCONJUNTOS		Ps1a	Ps1b	Osic	Ps1d	Ps2a	Ps2b	Ps2c	Ps2d	Ps2e	Ps2f
Pérdidas de calor en invierno											
Total	MJ	109,5	95,5	95	109	128	105	100	95	118	110
Muros	MJ	30	20	34	34	31	22	29	28	29	29
Ventanas	MJ	21,5	17,5	24	24	29	20	24	21	24	21
Cubierta	MJ	14	14,5		14	18	14			18	14
Ventilación	MJ	44	44	37	37	50	49	47	46	47	46
Equipo solar mín necesario											
MAC	m2	13,8	12	12	13,7	16,1	13,2	12,6	12	14,9	13,9
GAD (equivalente N)	m2	4,3	3,8	4	4,6	5,5	4,6	4,2	4	4,9	4,6
Ganancias de calor en verano	MJ	2,4	2,06	2,5	2,4	2,8	2,3	2,2	2	2,6	2,8
Evacuación por CHIS (mín)	MJ	0,7	0,6		0,7	0,85	0,7			0,7	0,7
Horas de ventilación (máx)	hs	2	1,75	3,4	2	1,9	1,6	2,2	2,1	1,8	1,7
Resistencia de aislación											
Muros	m ² °C/W	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Cubierta (calor hacia arriba)	m ² °C/W	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1			2,1	2,1
Ventanas (media)	m ² °C/W	0,38	0,34	0,36	0,36	0,37	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
Aporte solar	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Margen de aporte solar	%	10	10	15	15	10	10	10	20	5	15
Rendimiento medio del MAC		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Rendimiento medio del GAD		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Sup. Habitable	m2	76,4	76,4	76	76,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4
Vol. habitable	m3	156,7	156,7	151	151	185,6	182,9	179,3	177,3	179,3	177,3

Figura 13.
Corte 1-1
subconjuntos 3 y 4.
Tabla 2.

Síntesis de las características energéticas del proyecto.

Tabla 2.

El prototipo de vivienda

5

5.1 Partido arquitectónico

El partido adoptado, responde a las normas para edificios del plan FONAVI en cuanto a áreas y costos de los sistemas constructivos. Se diseñó en dos plantas ya que así se posibilita intercomunicar los muros colectores acumuladores de los sectores de uso predominantemente diurno y nocturno. Se localizó en planta baja el lugar de estar y la cocina y en planta alta 2 dormitorios y baño (Figuras 14 a 17), con una compacidad de 95% respecto al patrón formulado por este Instituto [IAS/FABA, 1983].

La localización de la escalera al sur se decidió con el objeto de no sombrear las áreas de colección, considerando que no implicaba, a pesar de la mayor área envolvente, pérdidas importantes para el invierno.

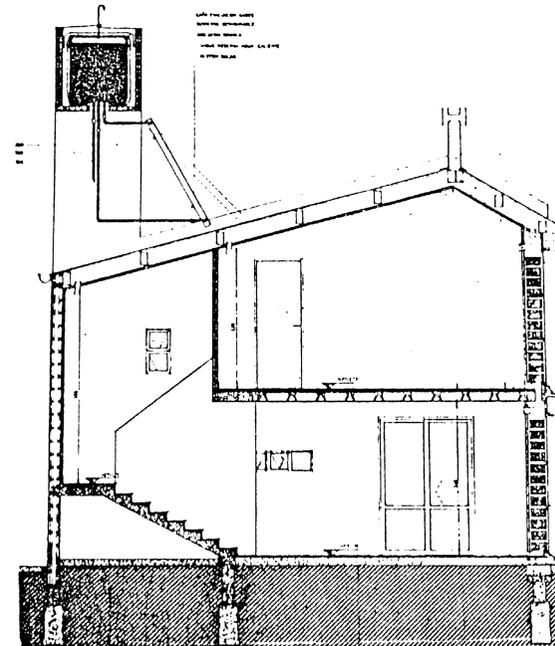


Figura 14.

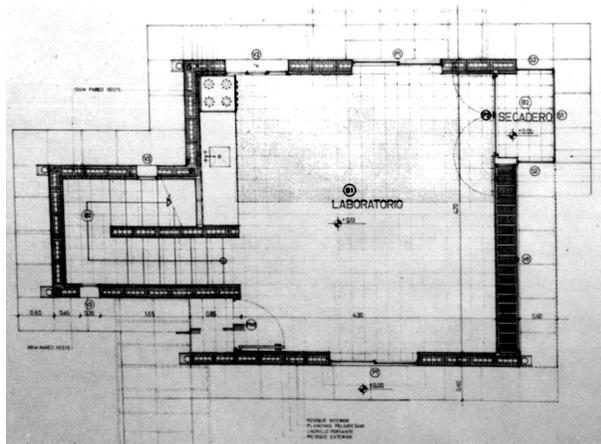


Figura 15.

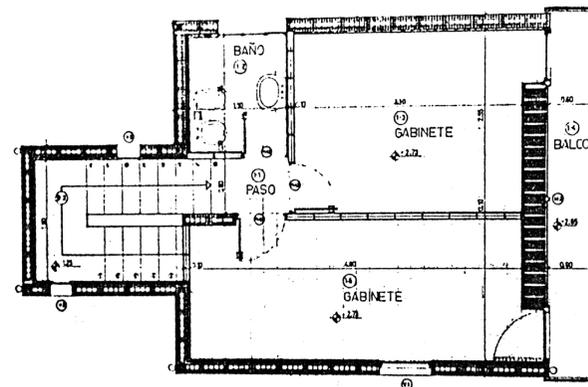


Figura 16.

Figura 14.
Corte A-A.

Figura 15.
Planta baja
del prototipo
experimental.

Figura 16.
Planta alta
del prototipo
experimental.



Figura 17.

5.2 Partido Solar

El partido solar responde fundamentalmente a tres condicionantes:

- a) Modelo climático energético del Programa CESAD; y el análisis profundizado de los días tipo de diseño.
- b) Características propias del prototipo en cuanto a edificio solar experimental.
- c) Adaptación de una tecnología apropiada para el plan FONAVI en función de sus costos iniciales.

Del análisis del punto a) surge que, debido a la irregularidad en la secuencia de días de distinto comportamiento térmico, los elementos edilicios que pueden cargar calor y descargarlo sin control (como muros o elementos de la masa interior de la

envolvente) no pueden ser utilizados con efectos benéficos ya que descargarían el calor cuando sus características físicas se lo indiquen y no cuando sea necesario. Esta descarga incontrolable podría en determinadas circunstancias –muy frecuentes– apartar al edificio de la zona de bienestar higrotérmico necesaria para asegurar las condiciones de habitabilidad.

Del análisis del punto b) surge la necesidad de tener ganancia directa al Este y al Oeste para poder ensayar las características de los prototipos de punta en las tiras del conjunto CESAD.

Para satisfacer estos requerimientos se decidió:

I- Un edificio que aportara y evacuara el calor en forma controlada,

II- Un edificio que pudiera adecuar la inercia térmica y la capacidad térmica interiores (tabiques, entrepiso y piso) para que con la ganancia directa, la temperatura de las superficies opacas interiores no ascienda por encima de 2°C y que el calor acumulado en ellas sea suficiente para entregarlo en una sola noche (12 horas). En estas condiciones se asegura no apartarse de la zona de bienestar higrotérmico. Habiéndose asegurado la descarga de las masas térmicas no controladas en una noche, el prototipo estará dispuesto a recibir un día de cualquier otro tipo de condiciones;

III- Un edificio aislado interiormente por tres razones:

a) En este prototipo es necesario, vista la no periodicidad de los parámetros climáticos, el control de la descarga del calor para los momentos en que es requerido. Es en consecuencia contraproducente tener una gran masa térmica incontrolable, por lo que optamos por dejarla al exterior, contando con que la masa térmica dada por tabiques y losas es suficiente para mitigar y prolongar los efectos de la ganancia directa.

b) Para proteger los aislantes, teniendo en cuenta la lluviosidad de la zona y la posibilidad de microgrietas en los enlucidos exteriores que aumentarán las posibilidades de ingreso de agua.

Por otra parte el problema de la condensación en los muros, fue evaluado teniendo en cuenta las propiedades de conductividad térmica y permeabilidad al vapor de agua de los materiales.

c) Para optimizar la utilización del calor aportado por el muro colector acumulador –MAC– ya que teniendo la masa térmica del lado interior, ésta absorbería una parte significativa del calor entregado por el MAC para alcanzar una temperatura de superficie de pared cercana o igual a la de bienestar higrotérmico.

IV- Diseñar y ensayar un muro colector acumulador para 4-5 días nublados, para lograr un aporte solar del 100%, dadas las características de prototipo experimental.

V- Combinar ventilación cruzada y chimenea solar para períodos de calma diurnos como sistema de refrescamiento para verano.

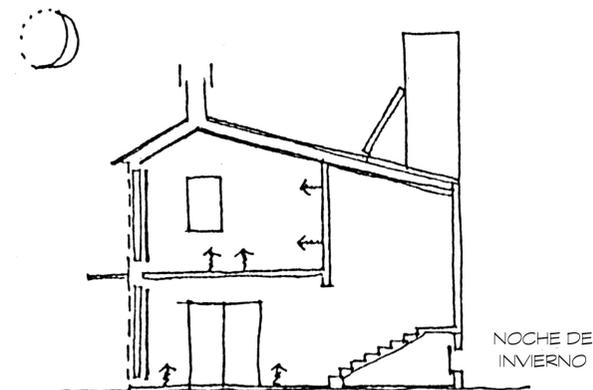
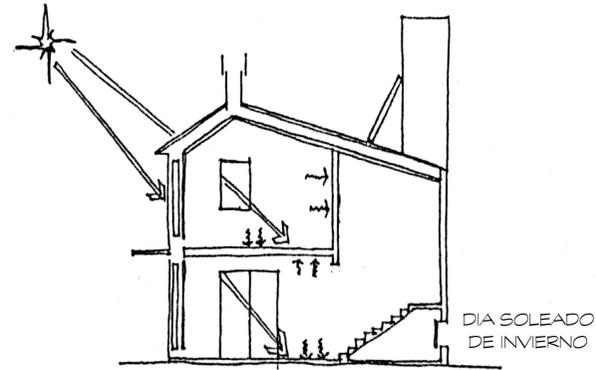
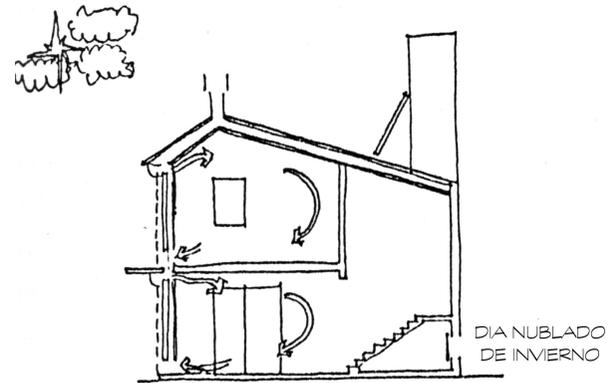
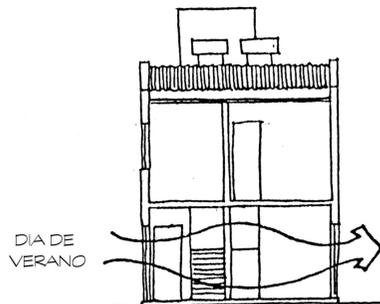
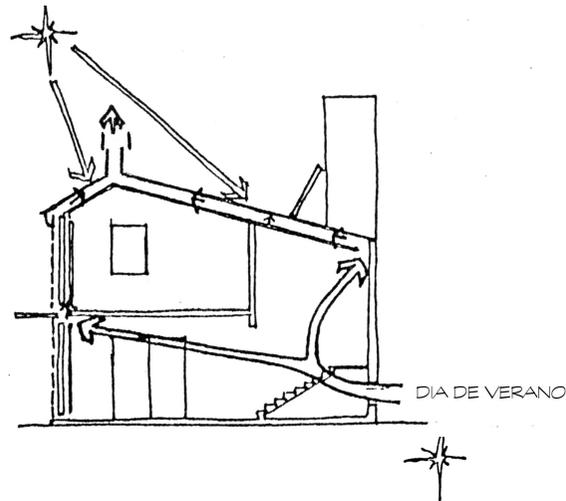


Figura 18.
Esquema gráfico de funcionamiento de verano e invierno.

Balance térmico del prototipo

6

La mecánica general para los balances térmicos del prototipo se basa en la consideración de las pérdidas o aportes de calor por la envolvente y por ventilación.

Se considera que el interior del edificio se halla en la zona de bienestar higrotérmico. Su temperatura se fija cercana al límite superior en los meses cálidos, al límite inferior en los meses fríos y en valores intermedios en las restantes épocas del año.

De esta manera para cada día tipo se hallan las necesidades de aporte o evacuación de calor y se define el sistema que la proveerá (MAC, chimenea solar, ventilación cruzada, etc.). En principio cada elemento de la envolvente es considerado como colector solar durante las horas de insolación y durante el resto como un elemento de conducción.

Se fija una ventilación sanitaria mínima de 1,5 veces el volumen habitable del prototipo por hora.

Los calores considerados en los balances son los siguientes:

- Ganancia solar directa (GAD): a través de los vanos transparentes.
- Ganancia solar indirecta (GSI): a través de los vanos opacos y muros.
- Conducción: a través de todos los elementos de la envolvente.
- Ventilación en función de las renovaciones mínimas necesarias del aire interior por razones higiénicas.

- Aporte suplementario por muro colector-acumulador (MAC) o en su defecto por alguna fuente auxiliar.

- Disipación suplementaria de calor a través de ventilación forzada por viento, chimenea solar u otro sistema.

6.1 Ganancia solar directa

El calor incorporado por el edificio al cabo del día en función de la ganancia solar directa por cada vano vidriado puede ser hallado de la siguiente manera:

$$Q = a \cdot S_t \cdot \tau \cdot (G - s_l) \quad [\text{MJ}]$$

donde:

$a =$ es el valor de la apertura de la zona transparente del vano durante las horas de insolación. En el caso de ventanas sin cortinas, $a = 1$. Si la ventana tuviera la cortina totalmente cerrada, $a = 0$ (s/d). En los balances que figuran en el punto 7.7 se simplificó considerando que el valor de “a” se mantiene constante durante todo el período de insolación y es el mismo valor para todos los cerramientos con cortina del edificio, situación que si no es real en la operación habitual y correcta del prototipo, implica un error aceptable en su contexto.

$S_t =$ es el área transparente del vano en cuestión (m^2).

$G =$ es la radiación solar global incidente sobre el plano del vano (MJ/m^2).

S = es el coeficiente de sombreado a la radiación solar directa que tiene el vano (parasoles, dinteles, mochetas) (s/d). El valor “s” se determina a través de las técnicas usuales de asoleamiento por relación entre el área sombreada y la total del elemento considerado. Los valores de altura y acimut del sol empleados son los correspondientes al día del mes en el cual se produce una radiación solar extra-atmosférica sobre el plano horizontal igual a la media mensual (y no el 21 del mes en cuestión).

l = es la radiación solar que en forma directa incide sobre el vano del plano (MJ/m²).

τ = es la transmitancia del elemento (vidrio, etc.) (s/d).

6.2 Ganancia solar indirecta

El calor incorporado por ganancia solar indirecta es el transmitido al cabo del día por el calentamiento solar de los elementos opacos de la envolvente.

Operativamente conviene diferenciar los elementos opacos de dimensión no variable (muros, puertas de madera, cubiertas, etc.) de aquellos que cierran vanos transparentes y cuya dimensión puede ser variable. De esta manera aparecen dos expresiones:

para el primer caso:

$$Q = \frac{S_o \cdot R_{cl} \cdot \alpha}{R_o} \cdot (G - sl) \quad [MJ]$$

para el segundo caso:

$$Q = \frac{(1 - a) \cdot S_v \cdot R_{cl} \cdot \alpha}{R_v} \cdot (G - sl) \quad [MJ]$$

donde:

S_o = es el área del elemento opaco no variable (m²).

R_{cl} = es la resistencia térmica de la capa límite exterior (m² °C/W).

R_o = es la resistencia al paso del calor del elemento en cuestión (m² °C/W).

α = es el coeficiente de absorción de la radiación solar (s/dim) de la superficie exterior del elemento.

S_v = es el área total del vano incluidas las partes opacas del mismo (marcos, parantes, etc.) (m²).

R_v = es la resistencia al paso del calor del vano cerrado (m² °C/W).

Las demás variables de las expresiones coinciden con las del punto anterior.

6.3 Conducción

El calor ganado o perdido por conducción a través de los distintos elementos de la envolvente –también por razones intrínsecas del funcionamiento de los elementos– se ha separado operativamente en dos formas:

para cada elemento de dimensión no variable.

$$Q = \frac{S_o}{R_o} \cdot (T_e - T_i) \cdot t \quad [J]$$

para vanos transparentes con cerramientos:

$$Q = \frac{b \cdot S_v}{R_v} + \frac{(1 - b) S_v}{R_v} \cdot (T_e - T_i) \cdot t \quad [J]$$

donde:

T_e = es la temperatura exterior media (°C).

T_i = es la temperatura interior adoptada (°C).

t = es la duración de un día o sea 86.400 seg.

$b = \frac{a \cdot t_d}{t}$ es la porción de apertura media del cerramiento del vano durante todo el día, considerando que de noche está cerrado.

$t_d =$ es la duración de la insolación (seg).

Las demás variables coinciden con las de los puntos anteriores.

6.4 Ventilación

El calor que normalmente se disipa del prototipo en función de la mínima ventilación necesaria por razones higiénicas se lo separó en los balances de los calores de ventilación provocados por otros motivos, por ejemplo refrescamiento.

Su expresión es la siguiente:

$$Q = n \cdot V \cdot \rho \cdot \Delta E \quad [\text{MJ}]$$

donde:

$n =$ es el número medio de renovaciones totales del aire del espacio habitable por día: $n = 36$ es decir una vez y media horaria como promedio.

$V =$ es el volumen del prototipo considerando una altura de 2,4 m sobre el área habitable (m^3).

$\Delta E =$ es la diferencia de entalpía entre el aire exterior y la zona de bienestar higrotérmico (MJ/Kg). Ver Tabla 1.

$\rho =$ es la densidad del aire (kg/m^3).

6.5 Aportes suplementarios

El aporte suplementario de calor está dado por la diferencia entre las pérdidas y las ganancias en el balance del edificio y es distinto para cada tipo de día, aún dentro del mismo mes. Obviamente

es igual a esta diferencia si el balance está hecho con la temperatura límite inferior de bienestar. La magnitud de este calor define las características de los sistemas, solares o no, que habrán de proveerlo. En el caso del prototipo define las características del muro colector-acumulador.

6.6 Disipación suplementaria

La disipación suplementaria de calor está dada por el desequilibrio de los balances, fundamentalmente en los meses estivales. En esta zona templada-húmeda, dada la irregularidad en la ocurrencia de estos desequilibrios y otras características climáticas, un medio apropiado de disipación de calor es la ventilación. Claro está que ésta debe ser realizada en momentos en que el aire exterior no se encuentre por encima de los límites superiores de bienestar higrotérmico. La diferencia en exceso de calor necesitará ser disipada si el balance se ha realizado en la temperatura límite superior de bienestar.

Para el caso del prototipo, este calor a disipar, ha sido la base del dimensionamiento de la ventilación cruzada y chimenea solar.

6.7 Análisis de los balances térmicos

Para cada uno de los días tipo del modelo climático-energético fueron realizados balances en la forma indicada en los párrafos anteriores. Los resultados que estos arrojaron son consignados en la Tabla 3 y representados gráficamente en el diagrama de la Figura 19.

Los desequilibrios que aparecen de los balances de la Tabla 3 no siempre provocan la necesidad de aportes o disipación del calor pues su influencia en la temperatura interior no provoca indefectiblemente que se exceda allende los límites de bienestar.

Mes	Día Tipo	T _i °C	Ent. KJ/Kg	Pér. Ventana MJ	Pér. Opaca MJ	Pér. Vidrios/ cortina MJ	Pér. Vidrio c/ cortina MJ	G.S.I MJ	G.S.D MJ	Q. Bal. MJ
Enero	1	28	-24,37	-3,37	-29,33	-8,03	-14,30	2,88	77,19	25,07
	2	26,25	-51,72	-7,14	-22,84	-6,25	-11,13	1,70	49,92	-1,74
Febrero	1	26,73	-49,71	-6,87	-25	-6,85	-12,19	2,46	75,09	26,64
	2	26,33	-55,56	-7,67	-22,66	-6,21	-11,05	1,52	46,21	0,14
Marzo	1	26,25	-58,26	-8,04	-40,62	-11,15	-19,85	2,17	57,59	-20
	2	26,25	-47,04	-6,50	-36,22	-9,92	-17,66	1,34	32,97	-35,99
Abril	1	23,5	-85,5	-11,81	-45,9	-12,55	-22,38	2,04	89,56	-1,04
	2	23,75	-62,08	-8,57	-41,6	-11,24	-20,02	1,16	53,91	-25,82
Mayo	1	21,12	-172,56	-23,83	-53,3	-14,70	-29,47	0,89	106,62	-13,69
	2	20,75	-97,52	-13,47	-38,78	-10,62	-21,44	0,53	44,98	-38,8
Junio	1	19,4	-227,76	-31,46	-56,78	-15,55	-31,39	0,91	11,72	-11,78
	2	19,57	-206,4	-28,51	-52,5	-14,38	-29,03	0,67	62,34	-61,4
	3	19,23	-172,8	-23,87	-45,77	-12,51	-25,25	0,31	22,68	-84,3
Julio	1	19,5	-289,92	-40,04	-69,3	-18,98	-38,31	1,02	134,32	-31,29
	2	19	-216,96	-29,96	-51,82	-14,19	-28,65	0,63	48,68	-75,31
	3	19	-171,36	-23,67	-40,94	-11,21	-22,63	0,35	25,2	-72,89
Agosto	1	19,53	-186,24	-25,72	-47,49	-13,01	-26,25	1,22	108,86	2,39
	2	19,97	-200,16	-27,65	-50,51	-18,83	-27,92	0,85	62,02	-57,04
	3	19,67	-179,76	-24,82	-46,75	-12,8	-25,85	0,45	27,47	-82,31
Septiembre	1	20,87	-160,38	-22,15	-41,34	-11,32	-22,85	1,7	108,95	12,99
	2	21,12	-156,96	-21,68	-46,70	-12,79	-25,81	0,97	57,58	-52,43
Octubre	1	23,75	-81,28	-11,23	-44,59	-12,21	-24,65	2,14	94,86	4,32
	2	23,25	-70,68	-9,76	-40,89	-11,20	-22,60	1,24	53,55	-29,66
Noviembre	1	26,37	-34,40	-4,75	-36,27	-9,93	-20,05	2,6	81,91	13,51
	2	26	-42,60	-5,88	-40,55	-11,10	-22,41	1,62	53,1	-25,22
Diciembre	1	27,46	-23,68	-3,27	-31,38	-8,59	-15,30	2,91	75,33	19,7
	2	27,06	-30,96	-4,28	-31,95	-8,75	-15,58	1,83	50,69	-8,04

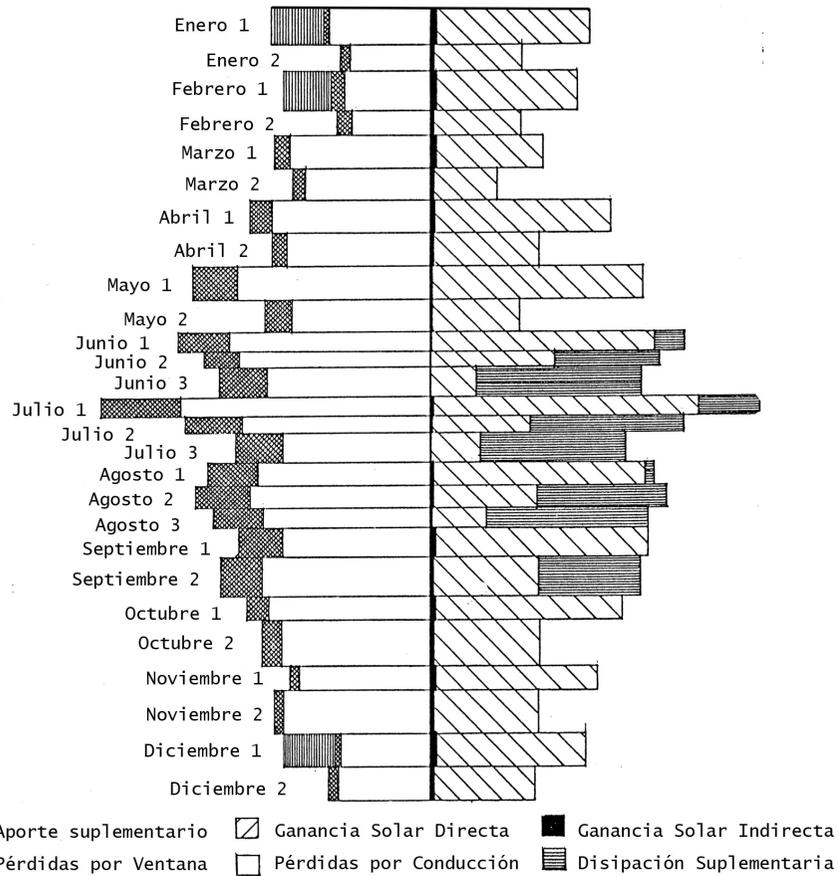
Tabla 3.

Tabla 3.
Balance térmico para cada uno de los días tipo de los distintos meses.

En la Figura 19 han sido indicadas las situaciones donde es requerido un aporte térmico al edificio o donde es necesario provocar refrescamientos para llegar nuevamente a los límites de bienestar.

La magnitud dada en el gráfico a estos calores es para restablecer la temperatura en la cual se hizo el balance, pero no es el calor necesario para

llegar a los límites extremos de bienestar salvo en los meses de diciembre, enero, junio y julio. En los meses en que el desequilibrio del balance lleva a una temperatura dentro de los límites de bienestar no han sido representadas necesidades de aporte o disipación dado que estas en la realidad no son necesarias.



Determinados tipos de calores intervinientes en realidad en el balance, como por ejemplo, el aporte de calor y humedad dado por personas y artefactos no fueron considerados en los balances porque sus magnitudes no son significativas frente a variaciones en la operación de aberturas y protecciones y la elasticidad que confieren los límites de la zona de bienestar higrotérmico.

En estos balances han sido discriminados 17 elementos de envolvente con características térmicas particulares, a los cuales se los supuso operando de una manera fija en el mes.

Entre estos elementos hay varios (por ejemplo cerramientos con cortina) cuya operación puede ser diferente en distintos momentos del día, lo cual debe ser también considerado en los balances que requieran mayor definición, como sería el caso de los usados para dimensionar subsistemas para aportar o disipar calor (MAC). También en los dimensionamientos de acumulaciones de calor debe considerarse la secuencia estadística de los distintos tipos de día que ocurren en el mes. No obstante el presente balance muestra las características fundamentales del movimiento del calor en el prototipo.

Figura 19. Balance térmico para cada uno de los días tipo de los distintos meses.

Sistemas pasivos adoptados

7

En base al modelo climático energético, a las consideraciones surgidas del partido solar y a los requisitos de balances se decidió implementar los siguientes sistemas pasivos:

- Aislaciones.
- Ganancia solar directa (GAD).
- Ventilación cruzada.
- Chimeneasolar (CHIS) para refrescamiento ambiental.
- Muro colector solar, acumulador de agua con descarga de calor controlada (MAC) para calefacción.
- Secadero solar para secado de ropa con un coeficiente de utilización de 0,5, considerando el resto como ganancia directa.
- Sistema solar para agua caliente.

7.1 Sistemas de aislaciones

Un sistema pasivo de acondicionamiento conlleva fundamentalmente, una optimización de las aislaciones para minimizar las pérdidas de calor durante el invierno y las ganancias en el verano.

Del cálculo optimizado en cuanto a la relación aislamiento-pérdidas totales-costos, surgió una aislación de 2 cm de poliuretano, o 5 cm de lana de vidrio, o 3 cm de poliestireno expandido, con el objeto de ensayar los distintos tipos de aislantes. Es de destacar que se optó por colocar aislaciones en lugar de un doble muro de 15 cm y cámara de aire, por la reducción que esta solución

implicaba respecto al área habitable total, según las normativas vigentes en 1979.

La aislación se colocó del lado interior por lo explicitado en el Capítulo 5. Esta situación es beneficiosa pues no incrementa la masa térmica que debía ser baja, y además permite optimizar la utilización del calor aportado por el muro colector-acumulador ya que de tenerse la masa térmica del lado interior ésta absorbería una parte significativa del calor entregado por el MAC para alcanzar una temperatura de superficie de pared cercana a la del aire interior.

El riesgo de condensación sobre los muros se evita porque:

1. La superficie de la pared se encuentra a una temperatura muy cercana a la del aire interior por lo tanto no puede llegar a la temperatura de rocío. Esto se debe a que al estar la aislación del lado de adentro, en ella caerá la temperatura, o lo que es lo mismo, la cara interior del aislante tendrá casi la temperatura del aire, ya que no absorbe calor.

2. Cuando se emplea espuma rígida de poliuretano expandida con freón, la permeabilidad del material al vapor de agua es muy baja. La presión del vapor de agua no llega en ningún caso a la de saturación en su interior. Tabla 4 y Figura 20.

Cuando se emplea poliestireno expandido, su permeabilidad al vapor de agua es mayor y, si bien no se verifica en ninguna situación que llegue el vapor de agua a su presión de saturación dentro del aislante, se optó por adicionar una barrera de vapor de polietileno de espesor adecuado que le impida

el ingreso de vapor desde el interior, eliminando el riesgo totalmente. Cabe aclarar que esta medida se tomó, además, por la disparidad de los datos de permeabilidad obtenidos para este material, que varía según el proceso de producción. Tabla 5.

Para la lana de vidrio en la que la permeabilidad al vapor de agua es muy grande, se especificó material con barrera de vapor incorporada.

7.2. Ganancia directa

Puede ser empleada para suplir el calor equilibrante del balance en los días soleados, —dado que el rendimiento de esta es cercano al 80%— y acumular en la masa interior del edificio (muros y entrepisos) que a través de un desfase de aproximadamente 12 horas mantendrán la vivienda dentro de los límites de confort, como se muestra en la Figura 33 de mediciones realizadas en el prototipo.

El riesgo del uso de la ganancia solar directa como elemento calefactor es la posibilidad de exceso de iluminación interior. Este riesgo limita su empleo por un lado o bien lleva al empleo de cerramientos lumínicos interiores. En estos días también se carga el muro colector-acumulador. De esta manera, en días nublados, cuando la ganancia no es suficiente se empleará la descarga del muro.

A efectos de que esta ganancia no provoque sobrecalentamiento, no sólo en días tipo de estas características y pérdidas innecesarias durante la noche o días nublados, será necesario establecer una relación entre el área efectiva del muro colector-acumulador (MAC), con la correspondiente de la ganancia directa (GAD) para su empleo combinado.

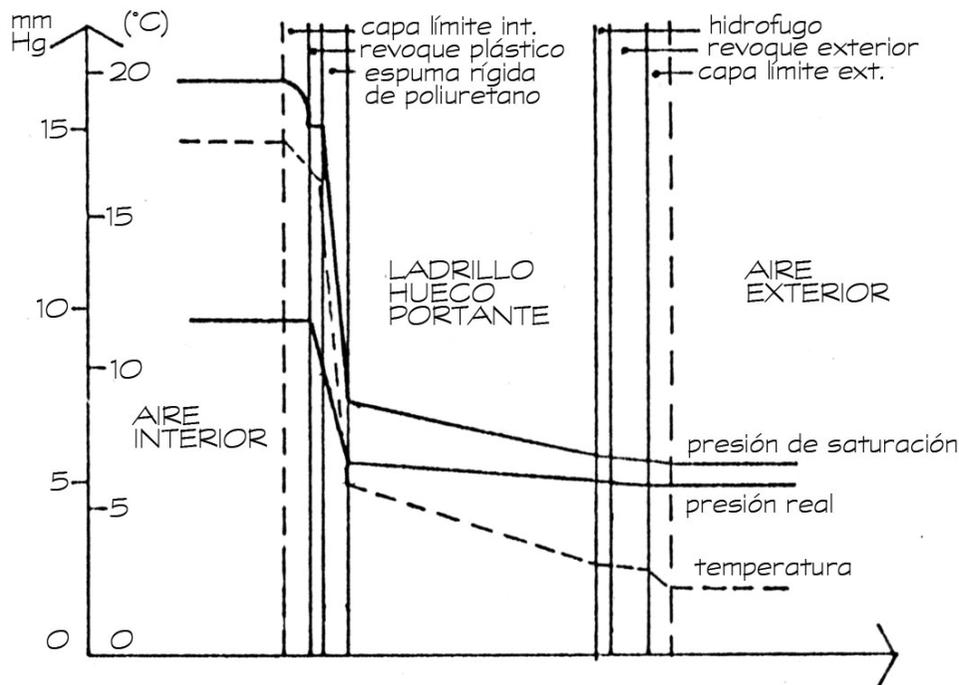


Figura 20.
Diagrama de presión de vapor, temperatura y presión de saturación.

Poliuretano sin barrera de vapor		Espesor m	Conductividad térmica $X=W/m^{\circ}C$	Resistencia térmica $R=m^2^{\circ}C/W$	Temperatura cara interior $t^{\circ}C$	P. sat. mm hg/W	Permeabilidad al vapor de agua $X=perm/m$	Resistencia al paso vapor $R_{vap}= 1/perm$	Presión real de vapor agua cara interior $P_{vap}= mm hg$
	Aire interior				18,5	15,98			9,6
	Capa límite interior			0,11	18,5	15,98			9,6
	Salpicado plástico	0,0005	0,9	0,006	17,56	15,06		26,4	9,6
	Espuma rígida de poliuretano	0,02	0,015	1,333	17,51	15,01	0,0005	40	8,08
	Ladrillo portante hueco	0,18	0,54	0,333	6,22	7,12	0,015	12,05	5,77
	Hidrófugo	0,0005	1,4	0,004	3,4	5,85	0,020	0,25	5,07
	Revoque exterior	0,02	1,1	0,018	3,36	5,84	0,020	1,0	5,06
	Capa límite exterior			0,06	3,21	5,77			5
	Aire exterior				2,7	5,57			5
Totales				1,864				79,7	

Tabla 4.

Poliestireno con barrera de vapor		Espesor m	Conductividad térmica $X=W/m^{\circ}C$	Resistencia térmica $R=m^2^{\circ}C/W$	Temperatura cara interior $t^{\circ}C$	P. sat. mm hg/W	Permeabilidad al vapor de agua $X=perm/m$	Resistencia al paso vapor $R_{vap}= 1/perm$	Presión real de vapor agua cara interior $P_{vap}= mm hg$
	Aire interior				18,5	15,98			9,6
	Capa límite interior			0,11	18,5	15,98			9,6
	Entucido interior	0,02	0,93	0,021	17,56	15,05	0,02	1,0	9,6
	Metal desplegado	0,003			17,56	14,88			9,59
	Polietileno	0,0001			17,56	14,88		178,57	9,59
	Poliestireno expandido	0,03	0,023	1,304	17,38	14,88	0,003	10,0	5,54
	Ladrillo portante hueco	0,18	0,54	0,333	6,24	6,23	0,015	12,05	5,31
	Hidrófugo	0,005	1,4	0,004	3,4	5,83	0,020	0,25	5,03
	Revoque exterior	0,02	1,2	0,018	3,37	5,82	0,020	1,0	5,02
	Capa límite exterior			0,06	3,21	5,78			5
	Aire exterior				2,7	5,57			5
Totales				1,85				202,87	

Tabla 5.

Tabla 4. Muros para prototipo experimental del programa CESAD. Situación de día húmedo y frío de Junio (7 hs), peor situación posible.

Tabla 5. Comportamiento de muros en días cálidos.

La determinación de la superficie estará en función de la cantidad mensual de días claros en invierno o sea que el área total de ventanas, considerando una orientación arbitraria y para simplificar sólo días nublados y días claros.

$$S_{vt} = \frac{12}{30} + \frac{Q_p}{\eta \cdot G} \quad [m^2]$$

donde:

12 = Número de días claros en el mes.

30 = Total de días en el mes.

Q_p = Pérdidas totales (MJ). Predimensionados o postulados.

η = Rendimiento de vidrios.

G = Radiación solar diaria sobre el plano elegido (MJ/m^2).

La contribución a S_{vt} de cada ventana concreta considerando su orientación y coeficiente de sombreado estará dada por la expresión.

$$S_v = \frac{G_1 - s_1 \cdot I_1}{G} \cdot S_{v1} \quad [m^2]$$

donde:

S_{v1} = Área real transparente de la ventana (m^2).

G_1 = Radiación solar global sobre el plano de la ventana considerada (MJ/m^2).

s_1 = Coeficiente de sombreado de la radiación directa (s/d).

I_1 = Componente directa de la radiación solar sobre el plano de la ventana (MJ/m^2).

7.3 Ventilación Cruzada

La ventilación cruzada es considerada como un sistema de refrescamiento en el período estival.

Tiene como norma la ubicación de aberturas en orientaciones opuestas, o en las que puedan producirse corrientes de aire, en las superficies de la envolvente. El criterio para su determinación es que la presión motora [IRAM] de la circulación provocada por el viento iguale a las presiones dinámicas [C.Rumor, 1972] por rozamientos dentro del edificio.

La expresión general para su determinación:

$$m = \sqrt{23 \cdot \frac{v^2}{r}} \quad [Kg/seg]$$

donde:

m = Masa de aire circulante (Kg/seg).

v = Velocidad del viento (m/seg).

r = Resistencia dinámica del interior del edificio ($1/m^4$) considerado como un conducto de aire.

Nota: las unidades del coeficiente 23 son (Kg^2/m^6).

7.4 Chimenea solar

La chimenea solar tiene como misión fundamental el movimiento del aire empleando la energía solar incidente sobre ella, fundamentalmente en momento de calma, para producir evacuación del aire caliente. La chimenea solar contrariamente a las habituales, no es vertical, debido a que su empleo estival motiva pendientes de colección cercanas a la horizontal. Por ello la configuración es similar a la de la Figura 21 en la mayoría de los casos. Consta de tres partes principales: Toma de aire, cámara de calentamiento y tobera de salida.

La primera y la última cumplen fundamentalmente la misión de orientar el flujo del aire, tomándolo de lugares apropiados y evitando perturbaciones a su salida. Bajo determinadas circunstancias (buena aislación térmica y suficiente altura) la última puede contribuir al tiraje general del sistema.

La cámara de calentamiento es un colector solar, cumpliendo a la vez la función de “hogar” de la chimenea y el ducto principal donde realiza su ascensión gravitacional el aire.

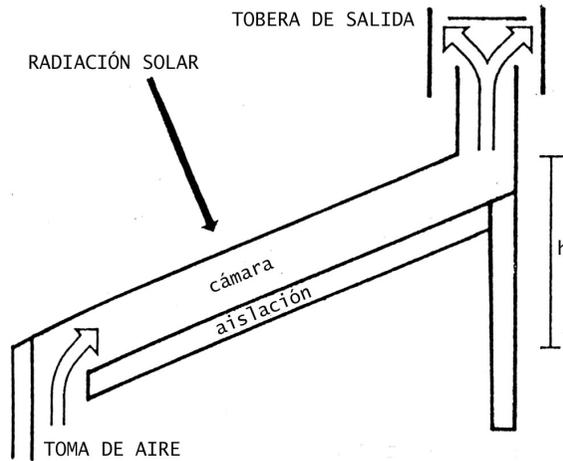


Figura 21.

Si bien el sistema es simple y de costo bajo (dado que la cubierta es en sí la chimenea) su dimensionamiento no reviste precisamente un carácter sencillo. [J.L.Guerrero, 1981].

El área necesaria de colección puede determinarse con suficiente aproximación por medio de la siguiente expresión:

$$S_{chis} = \frac{\dot{m} \cdot C_p (T_s - T_i) + \frac{m^3 \cdot \beta^2 \cdot T_s^2}{2 \cdot a^2 \cdot \rho_0^2}}{F' \left\{ \alpha \cdot \dot{G} - \frac{1}{R_{c1}} \cdot \left(\frac{T_s - T_i}{2} - T_e \right) \right\}} \quad [m^2]$$

donde:

\dot{m} = Masa de aire a evacuar en la unidad de tiempo (Kg/seg)

C_p = Calor específico del aire (1 KJ/Kg K).

β = Coeficiente (1/273 K).

a = Área de la sección de la tobera de salida (m^2).

ρ_0 = Densidad del aire a 0°C (1,293 Kg/ m^3).

F' = Relación entre la potencia absorbida por la chapa de la cubierta realmente y la que absorbería la chapa de estar a la temperatura media del aire en la cámara.

$F' = 0,35$ según [J.L.Guerrero, 1981].

α = Coeficiente de absorción solar de la chapa (s/d).

\dot{G} = Potencia de la radiación global sobre el plano de la cubierta (W/m^2).

R_{c1} = Resistencia térmica de la capa límite exterior de la cubierta ($m^2 K/W$).

T_i = Temperatura del aire interior habitable (K).

T_e = Temperatura del aire ambiente exterior (K).

T_s = Temperatura del aire que abandona la tobera de salida (K).

De los parámetros intervinientes algunos son definidos por las condiciones de trabajo (T_i , T_e , R_{c1} , \dot{G}), otros son constantes (ρ_0 , β , C_p , F'), otros definidos por la tecnología a emplearse (a , α) y los restantes: \dot{m} es definido por el trabajo que debe realizar el sistema y T_s es una temperatura que puede fijarse por razones de diseño pero no debe olvidarse que está relacionada con otras partes del sistema en sí.

Figura 21. Configuración esquemática de la chimenea solar.

Su relación está expresada por:

$$T_s = \left(\frac{2}{T_e} - \frac{1}{T_i} - \frac{m^2 \cdot r \cdot \beta^2 \cdot T_i}{10 \cdot g \cdot \rho_0^2 \cdot h} \right)^{-1} \quad [K]$$

donde:

- g = Aceleración de la gravedad (9,81 m/S²).
- h = Altura total de la chimenea desde su base (m).
- r = Resistencia al paso del aire que ofrece todo el circuito que él recorre (1/m⁴).

El hecho de presuponer T_s es equivalente a presuponer la resistencia del circuito, la que es deseable pequeña a fin de no elevar demasiado la T_s .

Esta resistencia es producida por las caídas de presión por el paso del aire a través de las entradas, al edificio, las toberas de entrada y salida y la misma cámara de la CHIS.

$$r = r_{CHIS} + \sum_i K_i \cdot L_i \cdot \sum_n \frac{K_n}{S_n^2} \quad [1/m^4]$$

donde:

- r_{CHIS} = Resistencia de la cámara de la CHIS (1/m⁴).
- K_i = Resistencia por unidad de longitud de tramos rectos según su sección (1/m³).
- L_i = Longitud de los tramos rectos.
- K_n = Resistencia por entrada, salida, cambio de sección o dirección de una sección de un m² (1/m²).
- S_n = Área de la sección (m²).

Los valores de K_i y K_n pueden ser extraídos de [IRAM].

En particular la resistencia de la cámara [J.L.Guerrero, 1981] y [W.H.Mc Adams, 1978] se puede estimar como sigue:

$$CHIS = 8,37 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{L}{Y^3 \cdot Z} \quad [1/m^4]$$

donde L es el largo de la cámara, Y es el espesor y Z el ancho expresados en metros.

Las expresiones volcadas más arriba conforman un esquema simplificado para dimensionar una CHIS, las aberturas, toberas y demás elementos, o bien en el caso de que condicionantes diversos obliguen a definiciones no acordes con la óptima, a comprobar su grado de alejamiento.

Obviamente, si el alejamiento da mayores caudales no es perjudicial.

5.5. Muro colector solar, acumulador en agua con descarga de calor controlada (MAC)

El MAC es un dispositivo solar pasivo controlable, destinado a proveer calefacción ante requerimientos del edificio. Es decir que el MAC está destinado a proveer la calefacción necesaria cuando la temperatura interior está por debajo del límite inferior de bienestar higrotérmico.

El MAC se caracteriza por tener tres procesos independientes pero que están relacionadas si se toma en cuenta una secuencia de días de invierno. Estos son: colección de la radiación solar, acumulación del calor y descarga del calor.

Las expresiones generales que gobiernan estos procesos son:

para colección:

$$\dot{Q}_{col} = S \cdot F' \cdot \left[\alpha \cdot \tau \cdot G - \frac{1}{R} \cdot (T_a - T_e) \right] \quad [W]$$

Para las pérdidas de acumulación:

$$\dot{Q}_p = \frac{S}{R_e} \cdot (T_a - T_e) + \frac{S}{R_i} \cdot (T_a - T_i) \quad [W]$$

Nota: el 2º término de la ecuación puede significar un calor aportado al interior de la vivienda.

Para el caso de la descarga, el calor entregado será igual a:

$$\dot{Q}_d = K \cdot (T_a - T_i) \quad [W]$$

Lo importante en la descarga es que el coeficiente K sea suficientemente grande como para proveer la descarga de calor durante el tiempo requerido. Es decir que el muro colector acumulador deberá ser diseñado de manera tal que satisfaga la potencia de descarga necesaria. Se puede tomar a esta como el valor de desbalance diario dividido 86.400 seg que es la duración del día.

La masa de acumulación necesaria en el muro colector acumulador deberá ser tal que responda a la ecuación siguiente:

$$\dot{Q}_d = \left\{ M_a \cdot C_p (T_a - T_{lic}) - t \cdot \dot{Q}_p \right\} : n \quad [J]$$

En las expresiones anteriores son:

\dot{Q}_{col} = Calor colectado por el MAC (W).

\dot{Q}_p = Calor perdido por el MAC (W).

\dot{Q}_d = Calor entregado por el MAC al interior (W).

S = Área del MAC (m²). En el caso en que el área interior.

α = Absortancia del MAC (s/d).

τ = Transmitancia del MAC (s/d).

F' = Factor aproximadamente igual a 0,96.

R = Resistencia diurna del MAC hacia el exterior (°Cm²/W).

T_a = Temperatura del agua en las cápsulas del MAC (K).

R_e = Resistencia térmica nocturna del MAC hacia el exterior (°Cm²/W).

R_i = Resistencia térmica del MAC hacia el interior (°Cm²/W).

K = Coeficiente de transferencia de calor conductivo conectivo entre las cápsulas de agua y el interior del edificio (W/K).

M_a = Masa total del agua de las cápsulas (Kg).

C_p = Calor específico del agua de las cápsulas (J / Kg . K).

Q_d = Calor entregado por el MAC en el día al interior (J).

t = Duración del día (seg).

n = Número de días sucesivos en los cuales el MAC debe equilibrar el balance. En esta zona, n = 4,5.

5.6 Secadero solar de ropa

El secadero solar de ropa funciona equilibrando el calor solar que a él llega y el calor empleado tanto en la evaporación del agua de la ropa como el de la moción del aire para evacuar esta humedad. La expresión de equilibrio es:

$$S \cdot \left[\alpha \cdot \tau \cdot \dot{G} - \frac{1}{R} \cdot \frac{(T_s - T_e)}{2} \right] = \dot{m}_a \cdot 1200 \cdot C_p + C_{pa}$$

$$\dot{m}_a \cdot (T_s - T_e) + \dot{m}_a^3 \cdot \left(1 + \frac{1200}{T_s - T_e} \right)^3 \cdot \frac{1}{2 \cdot \rho^2 \cdot a^2 \cdot g^3} + CL \dot{m}_a$$

donde:

S = Área de colección del secadero (m^2)

α = Absortividad global del secadero (s/d).

τ = Transparencia de las superficies colectoras (s/d).

\dot{G} = Radiación global incidente sobre el plano del secadero (W/m^2).

R = Resistencia al paso del calor del secadero al exterior por unidad de superficie ($m^2 \text{ } ^\circ C / W$).

g = Aceleración de la gravedad (m/seg^2)

T_s = Temperatura a la salida del secadero (K).

T_e = Temperatura a la entrada del secadero igual a la exterior (K).

\dot{m}_a = Masa de agua a evaporar por unidad de tiempo (Kg/seg).

C_p = Calor específico del aire (J/Kg . K).

C_{pa} = Calor específico del vapor del agua (J/Kg . K).

ρ = Densidad del aire (Kg/ m^3).

a = Área de la boca de salida de aire del secadero (m^2).

CL = Calor latente de evaporación del agua (J/Kg).

Nota: 1.200 está expresado en (K) y corresponde a una aproximación que presupone que en los secaderos de ropa la masa de aire circulante (\dot{m}) guarda la siguiente relación respecto a la masa de agua evacuada (\dot{m}_a):

$$\frac{\dot{m}}{\dot{m}_a} = \frac{1200}{(T_s - T_e)} \quad [s/d]$$

La temperatura de salida no es arbitraria y responde aproximadamente a la siguiente expresión:

$$T_s = T_e = \sqrt[2]{\frac{2 \cdot \rho_0^2 \cdot h \cdot g}{m^2 \cdot r \cdot \alpha^2}} \quad [K]$$

Donde los parámetros intervinientes están explicados en puntos anteriores.

5.7 Sistema solar para agua caliente

Para el dimensionamiento del sistema de agua caliente se tomó como temperatura de diseño $60^\circ C$ y se estimó una cantidad de 100 litros diarios de agua caliente, teniendo en cuenta que si la temperatura de uso es de $45^\circ C$ contaremos con aproximadamente el doble de agua.

Partiendo de la ecuación del rendimiento del colector:

$$\eta = F' \cdot (\alpha \cdot \tau - U \cdot \psi)$$

donde:

η = Rendimiento del colector (s/d).

α = Absortancia de la superficie receptora de radiación solar (s/d).

τ = Transmitancia de la cubierta transparente a la radiación solar (s/d).

U = Coeficiente global de pérdidas por unidad de superficie ($W/m^2^\circ C$).

T_p = Temperatura media de la placa receptora (K).

$$\psi = \frac{\frac{T_s + T_e}{2} - T_a}{\dot{G}}$$

- T_a = Temperatura del aire ambiente (K).
- T_e = Temperatura de entrada al colector (K).
- T_s = Temperatura de salida del agua del colector (K).
- \dot{G} = Radiación incidente sobre el plano del colector (W/m^2).
- F' = Factor de proporcionalidad entre la temperatura del agua y la del receptor en el sentido transversal al flujo de la primera (s/d).

Se han hallado los ψ y η de cada día tipo necesarios para cumplir todo el año con los condicionantes.

Entendiéndose como η el rendimiento medio necesario en tipo y como ψ la expresión:

$$\psi = \frac{T_i + T_f - 2T_a}{2\dot{G}} \quad [Km^2/W]$$

donde:

- T_i = Temperatura inicial del agua (K).
- T_f = Temperatura final del agua (K).
- T_a = Temperatura media del día (K).
- \dot{G} = Potencia media en el día de la radiación solar (W/m^2).

Para determinar el área de colección se planteó la siguiente ecuación de equilibrio:

$$S \cdot \bar{\eta} \cdot \dot{G} = M \cdot C_p \cdot (T_f - T_i)$$

despejando la superficie:

$$S = \frac{M \cdot C_p \cdot (T_f - T_i)}{\bar{\eta} \cdot \dot{G} \cdot t} \quad [m^2]$$

donde:

- S = Superficie de colección (m^2).
- M = Masa de agua a calentar (Kg).
- C_p = Calor específico del agua -4,18 (J/Kg.K).
- T_f = Temperatura final de acumulación (K).
- T_i = Temperatura de entrada del agua (K).
- $\bar{\eta}$ = Rendimiento medio del colector (s/d)
- \dot{G} = Radiación global incidente en el plano de colección (W/m^2).
- t = Tiempo de insolación sobre el plano (seg).

En función de la necesidad de acumulación (de 5,5 días) el tanque de reserva tiene una capacidad cuatro veces mayor que el consumo diario. Es decir, se optó por un tanque de 500 litros ya que de 550 no existen en el mercado. El sistema funciona por termosifón natural siendo despreciable la energía solar consumida en este proceso. La prevención del congelamiento se ha tomado en función de que la masa de agua contenida en el colector no congele totalmente en las noches de helada debido a la resistencia térmica de la doble capa de vidrio de los colectores.

Características tecnológicas

8

Se ajustan a las normas de la Operatoria FONAVI, plan gubernamental de viviendas económicas. En tal sentido, todo el diseño de arquitectura e ingeniería de detalle, del cual se exponen algunos aspectos en las Figuras 22 a 26, trató de compatibilizar un costo inicial racionalmente bajo y el límite mínimo definido por la antigua fórmula “del buen construir según las reglas del arte” interpretada con la

incorporación de las posibilidades de la tecnología actual.

Este prototipo experimental tiende a configurar un edificio económico en el sentido más integral de la acepción, ya que además de su economía inicial brinda una significativa economía operativa.

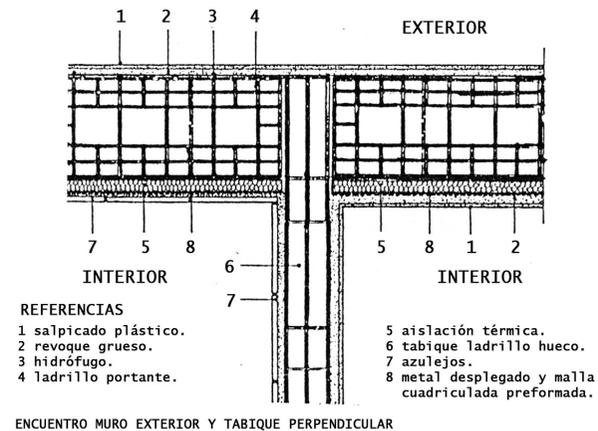
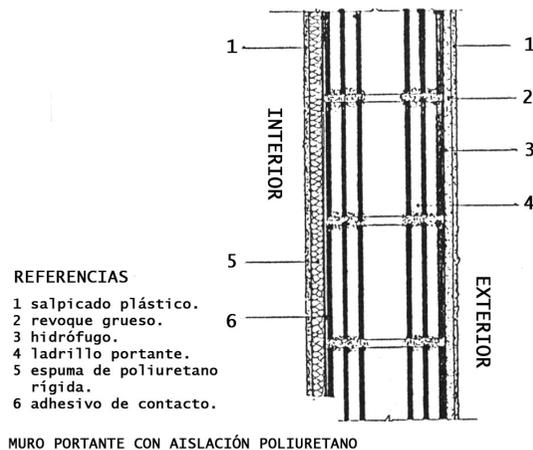
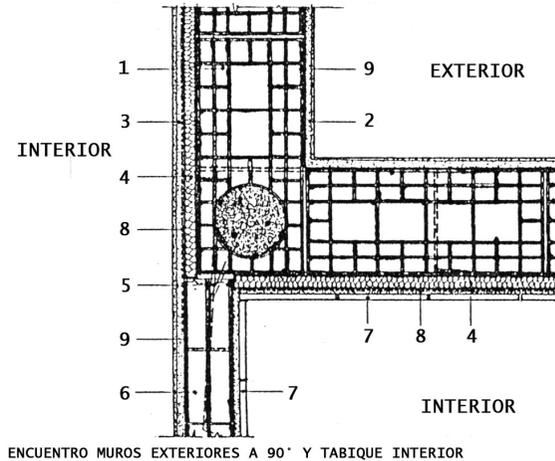
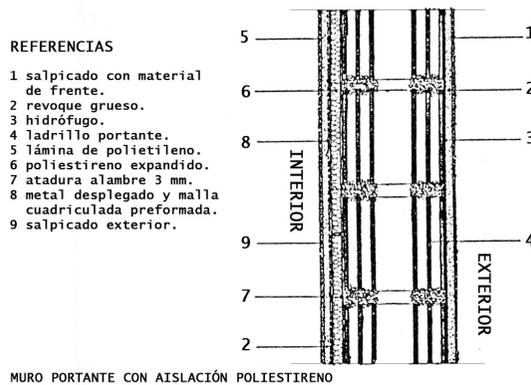
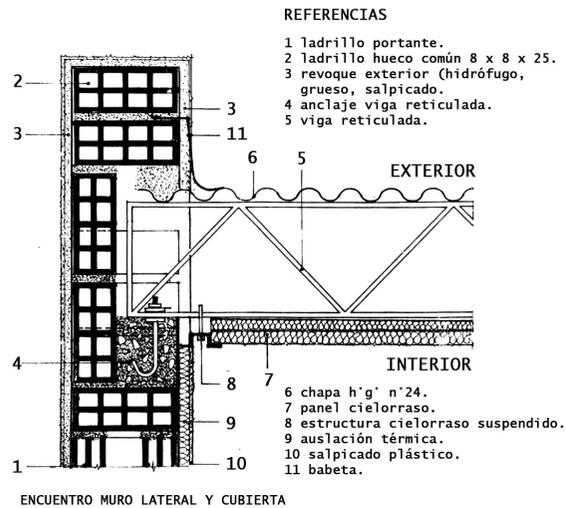


Figura 22. Muro portante con aislamiento de poliestireno.

Figura 23. Muro portante con aislamiento de poliuretano.

Figura 24. Encuentro muros exteriores a 90° y tabique interior.

Figura 25. Encuentro muro exterior y tabique perpendicular.



En el orden constructivo las decisiones fundamentales fueron las siguientes: la estructura portante y de cerramiento es de muros de ladrillos cerámicos huecos de 0,18 x 0,19 x 0,40 m con vigas de encadenado de hormigón armado en cada nivel y fundada sobre pilotines y vigas de tipo usual en la zona y dimensiones adecuadas a los valores de los ensayos de suelo realizados.

La composición final de los muros, así como otros detalles constructivos de la envolvente se muestran en los detalles de las Figuras 22 y 23, destacándose que la aislación hidrófuga es la usual y la aislación térmica es de poliestireno expandido en los paramentos Oeste, parte del Este y parte del Sur, complementándose el Este y parte del Sur con poliuretano y el Sur con lana de vidrio (ver Tablas 4 y 5).

Esta decisión se fundamenta en la necesidad de probar diferentes materiales aislantes en situaciones reales de uso. El comportamiento térmico y de riesgo de condensación para el caso más extremo se muestra en la figura 20. Los tabiques interiores (Figuras 24 y 25) son de ladrillos cerámicos huecos de 0,08 m de espesor, terminados con diferentes tipos de salpicados con color incorporado, celulósicos y comunes.

La carpintería es metálica de chapa doblada N° 16 diseñada especialmente.

La cubierta es de chapa ondulada de hierro galvanizado N° 24 apoyada sobre vigas metálicas reticuladas sujetadas con elementos especiales de fijación a efectos de no obstruir el funcionamiento de la Chimenea Solar. El cielorraso es de paneles modulares de 0,05 m de lana de vidrio con folio de aluminio en su cara superior necesario para el funcionamiento del subsistema. Figura 26.

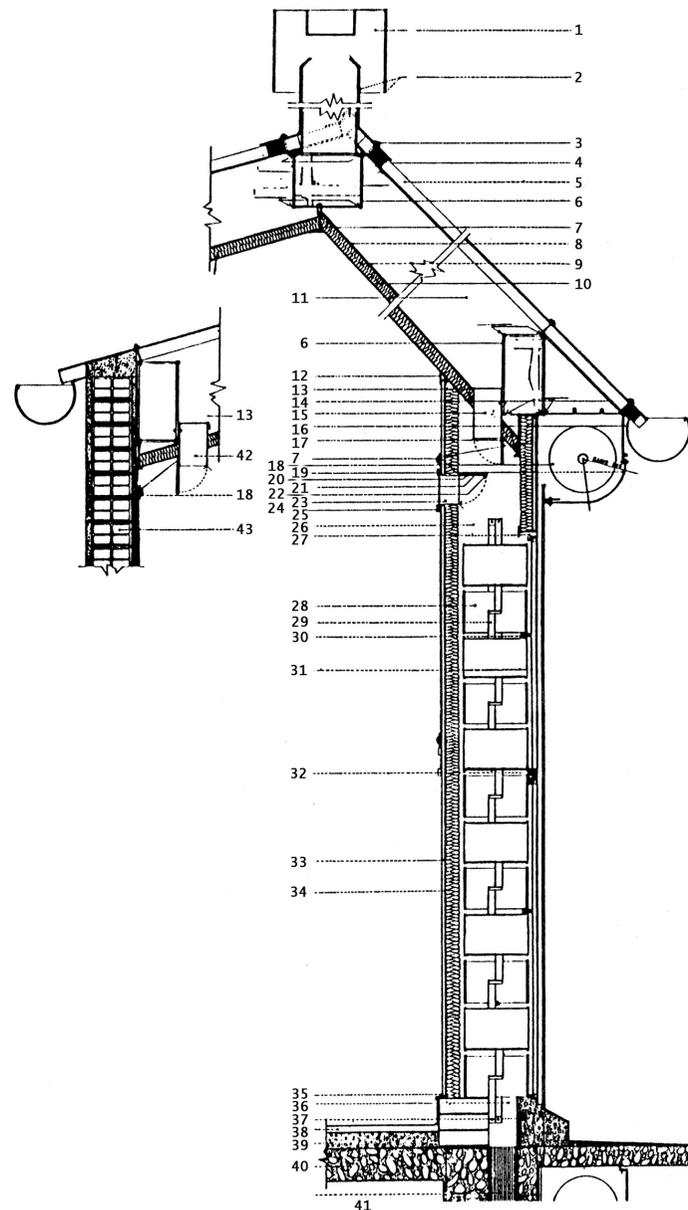
8.1 Muro Colector Acumulador

En la Figura 27 se muestra un corte del muro combinado con la chimenea solar para evacuación de gases calientes, diseñado para el Programa CESAD y donde se observan sus partes. Las referencias de la misma son las siguientes:

1. Tobera de salida de la chimenea solar (CHIS).
2. Chapa de hierro galvanizado n° 24.
3. Ganchos de sujeción de cubierta y tobera de salida de la CHIS.
4. Moldura plástica de cierre hermético.
5. Cubierta de chapa acanalada de hierro galvanizado n° 24.
6. Viga reticulada de hierros redondos.
7. Perfil de aluminio de soporte del cielorraso.
8. Folio de aluminio.
9. Aislante: paneles autoportantes de fibra de vidrio suspendidos entre perfiles de aluminio de soporte del cielorraso.
10. Película de P.V.C blanco texturado, adherida al panel aislante.
11. Cámara de calentamiento de aire de la CHIS.

Figura 26.
Encuentro muro lateral y cubierta.

12. Marco de soporte del panel posterior de chapa doble decapada N° 16.
13. Malla metálica tipo mosquitero.
14. Tensor para canaleta y taparrollo de hierro redondo \varnothing 6 mm.
15. Tobera de entrada de la CHIS desde la cámara de distribución de salida del muro colector-acumulador (MAC).
16. Canaleta de chapa de hierro galvanizado N° 24.
17. Tapa de la tobera de entrada de la CHIS.
18. Cadena de accionamiento de compuertas de tobera (sistema tipo banderola).
19. Rollo de la cortina aislante de protección del MAC.
20. Taparrollo de chapa de hierro doble decapada N° 16.
21. Espuma elástica de poliuretano adherida a la tapa para hermetizar su cierre.
22. Chapa de hierro galvanizado N° 24 fijada al marco.
23. Marco de \varnothing 6 mm de la tapa de la tobera.
24. Tobera de salida del MAC.
25. Burllete de plástico de fijación de la malla tipo mosquitero.
26. Cámara de distribución de salida del MAC.
27. Carpintería metálica de chapa doble decapada N° 16 con guía para cortina de enrollar.
28. Cápsula acumuladora, conteniendo agua con aditivo anticorrosivo y alguicida.
29. Separadores de cápsulas.
30. Supresor de convección de fieltro.



CORTE DEL MURO COLECTOR ACUMULADOR Y CHIMENEA SOLAR

31. Vidrio de 2,9 mm traslúcido.
32. Contravidrio de aluminio.
33. Panel posterior de madera aglomerada de 10 mm de espesor, removible.

Figura 27.
Corte del muro colector acumulador y la chimenea solar.

34. Paneles de lana de vidrio de 50 mm de espesor adheridos al panel posterior y revestido con fieltro asfáltico negro.
35. Entrada del MAC de ladrillos portantes cerámicos de 0,40 m x 0,19 m con sus orificios horizontales.
36. Cámara de distribución de entrada del MAC.
37. Zócalo de hormigón pobre.
38. Piso.
39. Contrapiso.
40. Losa.
41. Interconexión con MAC inferior.
42. Tobera de entrada a la CHIS.
43. Muro exterior.

Se particularizó el estudio de la estructura de sostén de las cápsulas de agua, arribándose a dos modelos que fueron instalados en planta baja y planta alta. El modelo de planta baja consiste en una estructura de planchuelas metálicas plegadas en zig-zag conformando una trama tipo panal de abejas que asegura el distanciamiento de 2 cm entre cápsulas y la colocación en tresbolillo. Figura 28.

Cuenta con una superficie de colección de 7,70 m² y una capacidad de 917 litros de agua, distribuida en 234 recipientes de tipo comercial, de 4 litros cada uno. Los mismos fueron revestidos interiormente con caucho siliconado y el agua tratada con aditivo anticorrosivo y alguicida, estando terminados exteriormente con negro mate. La aislación hacia el interior consiste en una lámina de cartón asfáltico y 5 cm de lana de vidrio adheridos a panelería de madera aglomerada con estructura de soporte de chapa doblada. El accionamiento de compuertas de descarga es por roldanas.

El MAC de planta alta fue diseñado con la intención de reducir costos. Para ello se reemplazó la

estructura de tipo panal por otra con soportes horizontales cada tres hiladas de cápsulas. Las mismas se hallan trabadas y separadas entre sí por 2 sogas de 2 cm de diámetro, colocadas hacia el borde exterior e interior. Como consecuencia de los espacios libres resultantes se debió emplear recipientes más largos, variando la acumulación a 1039 litros en 212 recipientes de 5 litros. Los resultados no fueron totalmente satisfactorios pues si bien se reduce el costo de la estructura aumenta el costo del montaje y el sistema no asegura una separación regular entre cápsulas. En todos los envases se dejó una cámara de aire del 2% de su volumen.



Figura 28.

Figura 28.
Estructura portante
y cápsulas MAC
inferior.

Luego de esta experiencia pensamos que una solución mejor –como respuesta a un requerimiento de un orden mayor de unidades de vivienda– consistiría en cabezales matrizados autoportantes.

Por otra parte, después de tres años de instaladas las cápsulas no presentaron señales de corrosión ni pérdidas por falta de estanqueidad, observándose sólo unos pocos casos atribuibles a fallas de llenado y defectos de calidad de las tapas de los envases.

Respecto a las cortinas plásticas de enrollar oportunamente se las escogió por resultar la mejor opción existente en el mercado nacional dentro de los costos FONAVI, si bien no limitaban las pérdidas nocturnas según la necesidad prevista. Una vez instaladas se ha podido comprobar un buen funcionamiento mecánico pero una resistencia térmica real inferior a la suministrada por los fabricantes, lo que ha redundado en detrimento de la capacidad de acumulación necesaria de los MAC. En consecuencia deberá diseñar y producir prototipos de sistemas de aislaciones móviles de bajo costo inicial para reemplazarlas.

8.2 Chimenea solar

Este subsistema cuyo modelo está expuesto en [J.L.Guerrero, 1981] fue construido con las siguientes características: La cubierta es de chapas de hierro galvanizado onduladas, sobre viguetas metálicas de hierros redondos y sujetadas con ganchos a efectos de eliminar todo elemento que pueda perturbar el flujo dentro de la cámara.

El cielorraso aislante que conforma la cara inferior de la chimenea se dimensionó de 5 cm de lana de vidrio, con barrera de vapor y protección hidráulica superior. Ello se conformó utilizando un cielorraso de paneles de lana de vidrio autoportantes de 2,5 cm de espesor, con cara vista de PVC, sobre perfilera de aluminio al cual se le superpuso planchas de lana de vidrio de 2,5 cm y un folio de aluminio para proteger la lana de vidrio de infiltraciones

pluviales, a la vez que actúa reflejando en el infrarrojo dentro de la cámara.

Las toberas de salida se construyeron de 1 m de altura a efectos de asegurar la salida de gran caudal de aire a baja velocidad e impedir la entrada de aire exterior. En función de la experiencia ganada estimamos que en la actualidad esta medida podría reducirse a 30/40 cm.

El funcionamiento de la chimenea ha resultado satisfactorio proveyendo un efectivo refrescamiento en el último período cálido, excepto en situaciones climáticas extremas que se presentaron en no más de 4 o 5 ocasiones.

El mejoramiento de este sistema requiere la experimentación de un modelo físico. En el orden constructivo debe mejorarse la composición del cielorraso, evitando eventuales corrimientos del folio superior y proveyendo la evacuación del agua de posibles infiltraciones. Las toberas son susceptibles de mejoras para resistir la entrada de agua en situación de tormentas excepcionales.

8.3 Aislaciones térmicas en muros

Establecida en el dimensionamiento una resistencia térmica de los muros de la envolvente de aproximadamente $1,8 \text{ m}^2\text{C}/\text{W}$ se decidió ganar experiencia en cuanto a detalles constructivos y costos, utilizando algunos de los materiales aislantes compatibles con los costos FONAVI, la resistencia térmica necesaria y la relación área de muros/área habitable. Se probaron, en consecuencia: a) planchas de poliestireno expandido; b) planchas de espuma rígida de poliuretano y c) lana de vidrio con barrera de vapor incorporada.

a) El poliestireno expandido colocado en los muros del Oeste presentó las siguientes particularidades: se diseñó un muro con 3 cm de poliestireno; como barrera de vapor una película de polietileno sobre ella, metal desplegado y terminación de salpicado con color incorporado. Se colocaron ganchos

de alambre para sujeción convenientemente espaciados para minimizar los puentes térmicos. En esas condiciones el polietileno se ondea en forma inaceptable lo que se solucionó colocando una malla de hierro cuadrículada preformada de diámetro de 4,5 mm que sirvió asimismo para fijar mejor el metal desplegado y dar resistencia al conjunto.

El resultado es muy bueno presentando el paramento una resistencia al impacto normal. El costo podría reducirse incrementando los puntos de sujeción y cambiando la barrera a efectos de suprimir la malla metálica.

b) La espuma rígida de poliuretano de 2 cm de espesor y densidad 32 kg/m³ implicaba un costo relativo mayor que las otras opciones, situación que podría equilibrarse teniendo en cuenta que no requería barrera de vapor y se reducía la incidencia de la mano de obra. Para lograr un equiparación de costos se decidió probar el salpicado directo de las planchas, mediante el sopleteado de una costra suficientemente resistente. El resultado no es suficientemente aceptable pues el paramento no resiste impactos fuertes. Ello es aparentemente atribuible a que no se logró el espesor de recubrimiento adecuado. En el Baño donde se colocaron azulejos sobre el mismo material no se registraron inconvenientes.

c) Respecto a la lana de vidrio con barrera de vapor incorporada requiere metal desplegado para su revocado. Durante la ejecución se presentaron problemas de ondulado del material que debieron ser solucionados con una malla cuadrículada como en el caso del poliestireno. Asimismo el material presenta características que aconsejan su manipulación cuidadosa para evitar su deterioro y las eventuales molestias que puede ocasionar a la mano de obra. Los resultados son totalmente aceptables. Sólo cabe destacar el mayor espesor relativo y los cuidados que hay que guardar en la solución de las aristas revocadas.

8.4 El invernadero - secadero de ropa

Fue construido inicialmente con un cerramiento de vidrios traslúcidos de 4,2 mm de espesor.

Ante roturas y eventual vandalismo se los reemplazó por planchas de policarbonato de 6 mm de espesor con la intención de probarlo teniendo en cuenta su alta resistencia al impacto y la resistencia térmica de 0,26 m²C/W. El comportamiento ha sido satisfactorio, notándose luego de dos años un ligero amarilleo del material. Debe tenerse en cuenta que se trata de un producto cuyo costo en el momento de instalación resultaba equiparable a un doble vidrio.

El funcionamiento de este subsistema en su doble función como elemento de aporte de calor instantáneo y como sistema ávido de humedad [IAS, 1984] ha cumplido las premisas de su dimensionamiento.

Simulaciones y programas experimentales

9

El prototipo ha sido diseñado contemplando que resulte una estructura apta para realizar diferentes simulaciones, habiéndose definido las siguientes:

9.1. Comportamiento en diferentes situaciones de clima

Comprende las siguientes partes, a realizar en la primera campaña de ensayos:

- a) Comportamiento estacionario, a diario.
- b) Comportamiento dinámico en días claros.
- c) Comportamiento medio mensual.
- d) Comportamiento dinámico de subsistemas solares.

a) Para este punto han sido evaluados los balances térmicos del prototipo para cada uno de los 27 días tipo del año [J.L.Guerrero, 1979]. Dichos balances se realizaron con los procedimientos descritos en el Capítulo 6 considerándose las pérdidas y ganancias por envolvente y ventilación y los aportes de calor de los dispositivos solares.

Teniendo en cuenta que la mayor parte de los días tipo del año son de poca amplitud térmica, este esquema estacionario tiene especial interés en la zona. En síntesis, la comprobación experimental a realizarse bajo este esquema, es la ubicación diaria del estado higrotérmico interior en el diagrama psicrométrico para días reales y su cotejo con los días típicos correspondientes.

b) En días de mayor amplitud en la variación de sus parámetros climáticos, resulta de interés la comprobación instantánea de la ubicación del estado higrotérmico interior dentro del diagrama psicrométrico y la temperatura de tabiques y losas. Para estas situaciones el esquema de cálculo no es sencillo y se encaró su simplificación, habiéndose ya simulado para cada uno de los 12 días tipo claros. Se constatará experimentalmente los efectos de aportes o pérdidas de calor de corta duración para que representen esos días típicos [J.L.Guerrero, 1979].

c) El comportamiento medio mensual se ha calculado en base al día tipo medio mensual [E.Rosenfeld, 1979a] que es coincidente para el mes de junio con el usado para definición del Modelo Climático Energético de la Zona [E.Rosenfeld, 1978] como situación extrema de alejamiento climático de la zona de bienestar higrotérmico.

Esta simulación permite evaluar los dimensionamientos de los subsistemas solares y en particular las interacciones acumulación de calor-situación higrotérmica interior, a lo largo de períodos mensuales.

d) Los subsistemas solares tienen un comportamiento dinámico aperiódico. Por esta razón resulta necesaria la corroboración experimental de las variaciones del calor acumulado, sus pérdidas y descargas en función del tiempo durante varios días seguidos y según diferentes regímenes de uso. Para los subsistemas empleados los esquemas de cálculo son los habituales de colección, acumulación en líquidos, pérdidas de calor y descarga por transferencia al aire. La complejidad

de la simulación teórica se manifiesta por la interacción continua (o en lapsos cortos) entre estos fenómenos y su distribución a lo largo del intervalo considerado.

9.2. Consumos energéticos según condición y cantidad de usuarios

Para esta simulación se trabajó en el sentido de llegar a determinar los distintos “usuarios tipo” definidos a partir de: Modalidades, hábitos de vida y ocupación de los edificios.

Serán encaradas en primer término las diferencias y repercusiones derivadas de usuarios con diferentes tiempos de permanencia y por consiguiente períodos en los que la vivienda se encuentra sin atención y por lo tanto los dispositivos de operación manual sin accionamiento adecuado.

En segundo término se constatarán la sensibilidad y flexibilidad de los sistemas helioenergéticos frente a la conducta de dos usuarios diferenciables: usuario disciplinado y usuario no disciplinado.

En la primera campaña se simulará un usuario disciplinado, definido como aquél que presta debida atención a los elementos de control de un edificio solar:

a) Operación correcta de los cerramientos de acuerdo a un régimen preestablecido; b) uso racional del control de descarga del MAC; c) uso del agua caliente dentro de los márgenes establecidos; d) uso racional del artefacto cocina; e) uso racional de la electricidad en iluminación y otros usos; f) uso racional de ventilación, sea por aberturas o por la CHIS; g) operación correcta del MAC durante los períodos de carga.

Los consumos energéticos considerados en esta simulación son solares y también los provenientes de otras fuentes, o sea que se plantea la medición de fuentes de calor y/o humedad, como son determinados artefactos domésticos, electricidad

para iluminación artificial y otros enseres. En campañas subsiguientes se simulará un usuario no disciplinado, definiendo como tal aquel que no adapta su conducta a las modalidades de uso de una vivienda solar, prosiguiendo con las pautas correspondientes a una vivienda convencional. En este caso será medido el “aporte” de energía solar necesaria para conservar la situación higrotérmica interior de bienestar, la que se verá afectada por la no correcta operación del edificio solar.

Estos ensayos tendrán como objetivo cuantificar la repercusión energética de ambas conductas y en consecuencia poder llegar a determinar el grado de necesidad y el orden de prioridad en la introducción de controles automáticos.

Además se hará una simulación del consumo energético de las unidades de dos y tres dormitorios. En este último caso se adicionarán al sistema los aportes y pérdidas correspondientes al tercer dormitorio y serán adecuados los consumos de energías, aportes de artefacto de cocina y consumo de agua caliente derivados de la variación en el número de ocupantes que conlleva esta situación.

Los puntos 9.2, 9.3, 9.4 y 9.5 no se realizaron pues el IVBA adjudicó el prototipo a un usuario que nos impidió el acceso al mismo.

9.3. Variables de acondicionamiento según destino

Estas simulaciones tenderán a reproducir el comportamiento del prototipo como edificio solar con destinos alternativos al de una vivienda aunque de similar complejidad e importancia funcional y edilicia. Se intentará con ellas ampliar el destino original aprovechando la estructura existente y sus facilidades de instrumental.

Están provistos de dos destinos alternativos:

- a) Pequeña escuela primaria o guardería infantil;
- b) Unidad sanitaria de mínima complejidad.

a) En este caso las principales diferencias derivan de la utilización del edificio en su régimen de uso diario, de las necesidades de iluminación natural y del aporte de calor y humedad provenientes de los alumnos. Se limitarán las experiencias al período anual de clases. Todo lo mencionado implica necesidades de los servicios solares y consumos energéticos muy diferentes al de una vivienda.

b) En este caso las modalidades de uso reproducirán el régimen de uso diario u ocasional y las mayores necesidades de ventilación exigidas por las normas sanitarias.

9.4. Variables de integración al conjunto urbano

Se tratará de reproducir las situaciones en que se encuentran los distintos prototipos del Programa CESAD 3 que en un principio pueden considerarse comunes a cualquier conjunto de viviendas solares agrupados de alta densidad y baja altura y que son, dentro de un subconjunto:

- a) Posición de punta Este u Oeste
- b) Posición intermedia

Para lograrlo se dispondrán dispositivos removibles de aislación y transporte de calor equivalentes a la situación a ensayar. No se ha encontrado aún un esquema práctico para reproducir las situaciones en que las unidades se encuentran bajo otra similar apilada aunque el problema se enfocará a partir del uso de la planta alta como prototipo superior y la planta baja como prototipo inferior.

Se prevé, por último, reproducir casos de viviendas aisladas con edificios a proximidades diferentes.

9.5. Incorporación de subsistemas alternativos

La instalación de calentamiento de agua ha sido diseñada para recibir diferentes colectores y variar el funcionamiento del sistema.

El diseño del MAC prevé la posibilidad de sustituirlo por otro de características diferentes en cuanto a colección, acumulación y descarga.

El diseño del cielorraso permite variar la sección e intercomunicación de la CHIS:

Está previsto ensayar sistemas de GAD y de protección solar, incluyendo vegetación en los frentes Este y Oeste.

9.6 Instrumental de mediciones

El instrumental de mediciones con el cual se han realizado los registros durante 1983 es el siguiente:

- HP85 con interfase IB y GPI/O para interconexión con el sistema de adquisición de datos.
- Sistema de adquisición de datos de fabricación nacional RELEVAR EE 101 con capacidad para 60 canales. Termocuplas cobre-constantante y diversos sensores e instrumental periférico de comprobación.
- Solarímetro.
- Termómetros de bulbo.
- Termohigrógrafos.

Algunos resultados obtenidos en la primera campaña de mediciones

10

Se muestra a continuación algunas de las mediciones realizadas y su interpretación, que corresponden a la primera campaña de mediciones:

10.1. Comportamiento acústico

Fueron realizadas por el laboratorio de Acústica del LEMIT, C.I.C., Gonnet, La Plata. Abarcaron:

a) Mediciones en laboratorio: se realizaron reproduciendo una pared exterior de bloques cerámicos autoportantes de 0,18 m de espesor con 0,05 m de lana de vidrio y detalle constructivo similar al prototipo, midiendo el índice de reducción acústica (R) en función de la frecuencia según la Norma IRAM 4063, parte 2 equivalente a Norma ISO 140. Mediante el empleo del sistema de evaluación de la Norma IRAM 11.585 se calculó el índice de aislación, siendo:

$$I_a = 49 \text{ dB}$$

De acuerdo a la clasificación de la Norma antes citada se encuadró a la muestra dentro de la categoría 1, o sea la de mayores aislaciones acústicas.

b) Mediciones “in situ”: Se realizaron diversas mediciones del entrecimso, estando la losa de viguetas pretensadas con 5 cm de capa de comprensión de hormigón liviano desnuda y recubierta con alfombra. Se midió en ambos casos el nivel de impactos normalizados (N'nt) según la Norma IRAM 4063, parte 6. Utilizando el sistema de evaluación de la Norma ISO 717 se calcularon los índices de impacto correspondientes, resultando:

Entrecimso desnudo: $I_i = 80 \text{ dB}$

Entrecimso con alfombra: $I_i = 61 \text{ dB}$

Existe por lo tanto una disminución del índice de impactos de 19 dB, lo que expresa la mejora lograda. Las diferencias resultantes de niveles N'nt en cada banda de frecuencia al agregar la alfombra van desde 7 dB para 125 Hz hasta 27 dB para 4000 Hz.

Se midió asimismo la aislación acústica de la pared divisoria entre los locales de Planta Alta. Se trata de una pared de ladrillos huecos de 10 cm. de espesor; los locales se hallan servidos por un MAC unitario. Se midió la diferencia de nivel normalizada (Dnt) en función de la frecuencia según método de la Norma IRAM, parte 3.

Realizando una evaluación según Norma IRAM 11.585 se calculó el índice de aislación correspondiente siendo:

$$I_a = 34 \text{ dB}$$

Según la clasificación mencionada la pared se encuentra fuera de categoría, o sea posee una aislación acústica muy baja. Se presume que es debido a la existencia de una vía de transmisión sonora franca a través del MAC y/o de los cielorrasos. La solución implicaría independizar los MAC de cada habitación y elevar la pared divisoria por sobre los cielorrasos. Ello redundaba en mayores costos y menores eficiencias térmicas o de funcionamiento.

De cualquier manera el problema deberá ser encarado en el futuro para mejorar la aislación

acústica mínima compatible con la necesaria privacidad que debe existir entre estos ambientes.

10.2. Comportamiento en una situación climática extrema

Estas mediciones se realizaron durante 5 días en una situación climática extrema cuyos parámetros fundamentales se detallan a continuación:

Día 1

Temp. máx. a 16 hs	24,1°C
Temp. mín. a 6 hs	17,2°C
Temp. Media	20,65°C
Humedad relat. máx.	97%
Humedad relat. mín.	80%
Radiación máx.	754 W/m ²
Radiación global diaria	14,078 MJ/m ²

Día 2

Temp. máx. a 9.30 hs	22,93°C
Tem. mín. a 16.30 hs	14,47°C
Temp. Media	18,7°C
Humedad relat. máx.	100%
Humedad relat. mín.	88%
Radiación máx.	302 W/m ²
Radiación global diaria	2,6 MJ/m ²

Día 3

Temp. máx. a 1.50 hs	21,52°C
Temp. mín. a 23.50 hs	13,32°C
Temp. Media	17,42°C
Humedad relat. máx.	100%
Humedad relat. mín.	94%
Radiación máx.	133 W/m ²
Radiación global diaria	2,2 MJ/m ²

Día 4

Temp. máx. a 17.50 hs	16,44°C
Temp. mín. a 10.50 hs	7,33°C
Temp. media	11,87°C

Humedad relat. máx.	100%
Humedad relat. mín.	80%
Radiación máx.	153 W/m ²
Radiación global diaria	3,1 MJ/m ²

Día 5

Temp. máx. a 13.16 hs	14,69°C
Temp. mín. a 10.15 hs	5,57°C
Temp. media	10,13°C
Humedad relat. máx.	100%
Humedad relat. mín.	62%
Radiación máx.	611 W/m ²
Radiación global diaria	14,4 MJ/m ²

Es decir, a un día de buena radiación (754 W/m²) y aceptable heliofanía, le siguieron tres días con sudestada, bajando la temperatura hasta 5,6°C. En esta situación se analizó el comportamiento del prototipo en su conjunto, del Estar, del Dormitorio Este, del Dormitorio Oeste y del Invernadero.

Del análisis de las mediciones realizadas se pudo deducir: durante el primer día estudiado, con valores máximos de radiación sobre el plano horizontal de 754 W/m² e integrales diarios de 14 MJ/m², las temperaturas de dormitorios y estar se mantuvieron estables alcanzando una máxima de 24,8 y mínima de 19°C, definiéndose una temperatura media de 20,15°C, Figura 29. El invernadero alcanzó a 34,8°C, correspondiendo al momento de máxima radiación y sin abrir las compuertas de ventilación.

Al segundo día, comenzó la sudestada con una radiación de 300 W/m² en las primeras horas, que se redujo a valores no registrables. La temperatura exterior descendió a 14,5°C, Figura 30.

Los ambientes mantuvieron una temperatura estable entre 21°C y 22°C durante las 24 horas. El invernadero alcanzó una temperatura máxima de 23,5°C en función de la radiación incidente disminuyendo luego a temperatura de 21,5°C.

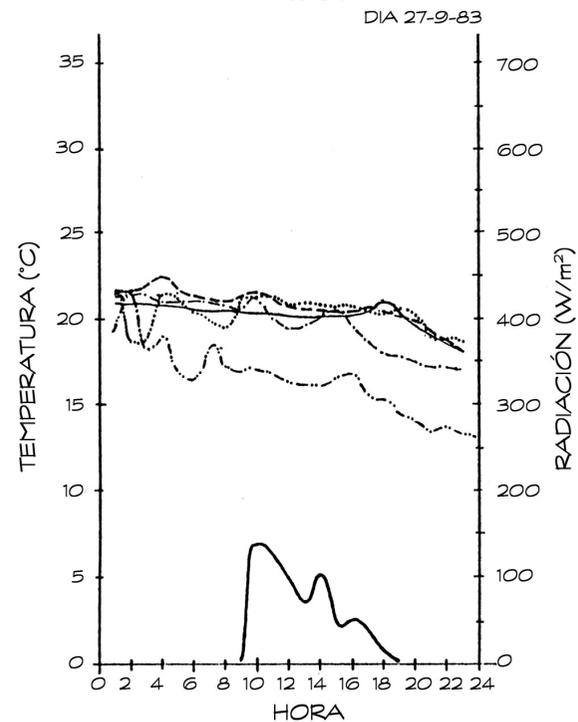
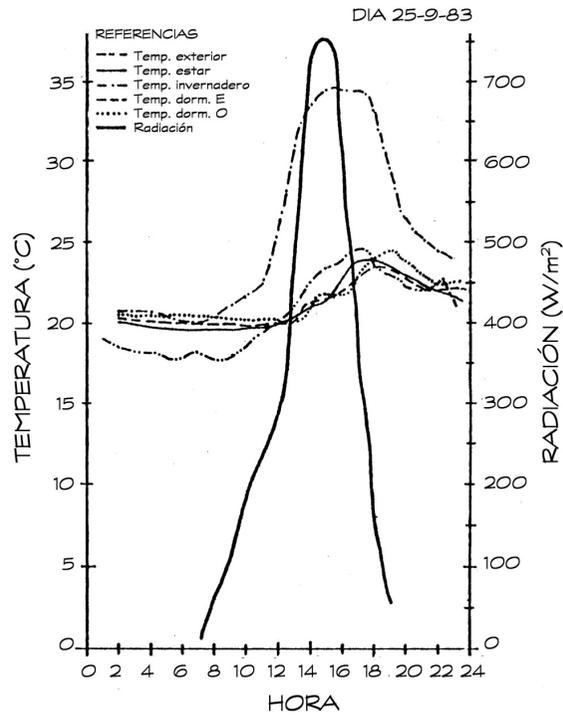
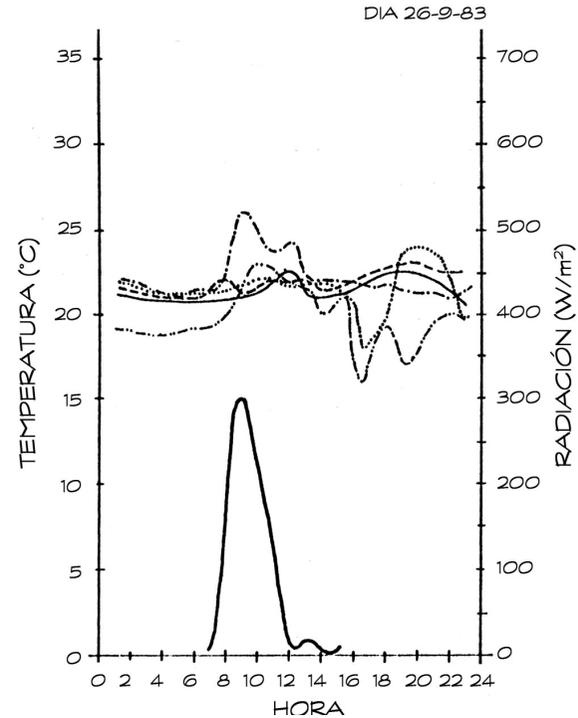
En el tercer día la radiación no superó los 140 W/m², en su totalidad difusa. Fue un día totalmente

nublado con temperaturas exteriores que bajaron hasta 13,5°C. Los ambientes mantuvieron temperaturas entre 18°C y 21°C (zona de confort), notándose un lento descenso respecto al día anterior, Figura 31. El invernadero mantuvo niveles intermedios entre las temperaturas exteriores e interiores, registrándose picos coincidentes con las máximas radiaciones.

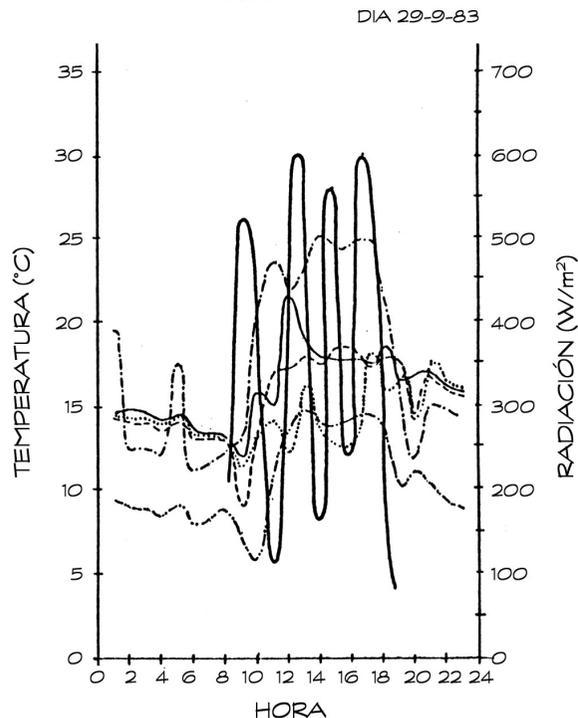
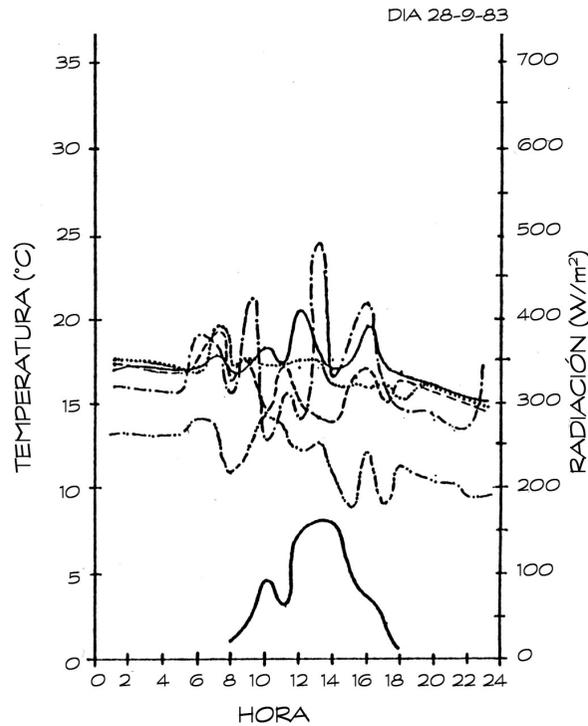
En el cuarto día se observaron temperaturas exteriores inferiores a 8°C y su amplitud térmica fue del orden de los 9°C y la radiación de hasta 150 W/m². Las temperaturas interiores bajaron a 15°C, Figura 32.

El retorno a la zona de bienestar desde este extremo demandó sólo dos horas, en el quinto día tuvo características solares mejores, Figura 33.

El régimen ya no fue estable como en días anteriores en función de la ganancia de la radiación solar por las ventanas, y, en menor medida, por la influencia



Figuras 29 a 31. Evolución del comportamiento del edificio en situación climática extrema.



de la amplitud de la temperatura ambiente exterior.

Como se observa, en este período se mantuvo el prototipo dentro de los límites de confort dos días sin la utilización del MAC ni de fuente convencional como en el resto del lapso. El invernadero actúa como espacio tapón, amortiguando las pérdidas térmicas del estar, con valores de temperatura intermedias.

10.3. Comportamiento de muros

Se realizaron mediciones en los muros Este y Oeste cuyos detalles constructivos se explicitaron en 8.3. Dichas mediciones se realizaron colocando termocuplas en los puntos que se indican en la Figura 34.

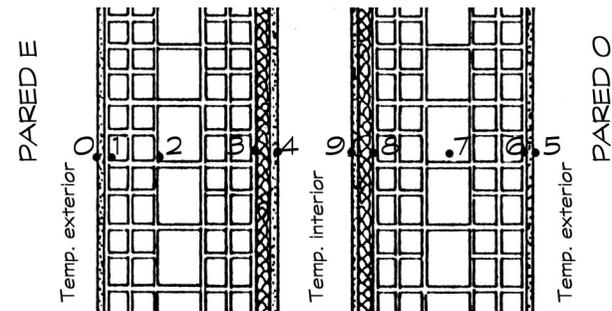


Figura 34.

Los puntos 0 y 5 corresponden a la temperatura de la superficie exterior de los muros Este y Oeste respectivamente; los puntos 1 y 6 a las temperaturas de la cara exterior de los ladrillos portantes; los puntos 2 y 7 a las temperaturas de las cámaras de aire centrales; los 3 y 8 a las de la cara interior de las aislaciones y los 4 y 9 a las temperaturas de las caras interiores de los muros.

Se presentan las mediciones realizadas durante tres días con las siguientes características:

DIA 17/XI/83
 Heliofanía menor a 70%
 Radiación global en plano horizontal 6,88 MJ/m²
 Radiación global en plano vertical Oeste y Este 4,26 MJ/m²

Figuras 32 y 33.
 Evolución del comportamiento del edificio en situación climática extrema.

Figura 34.
 Ubicación de termocuplas en muros.

DIA 19/XI/83
 Heliofanía mayor al 70%
 Radiación global en plano horizontal 6,88 MJ/m²
 Radiación global en plano vertical Oeste y Este 6,95 MJ/m²

DIA 23/XI/83
 Helofanía mayor al 70%
 Radiación global en plano horizontal 11,06 MJ/m²
 Radiación global en plano vertical Oeste y Este 6,69 MJ/m²

La Tabla 6 muestra los datos generales obtenidos. Las Figuras 35 a 40 grafican el comportamiento pico de los muros. En ningún caso la cara interior de los muros presentó sobrecalentamientos indeseables, con lo cual se verifica el buen comportamiento de la aislación del lado interior.

Día		17/11		19/11		23/11	
Hora		12	14	10:30	14:30	11	16
Pared "E"	0	23,9	24,6	31,6	26,9	30,1	27,5
	1	24,1	24,3	32,5	26,8	30,6	27,7
	2	21,9	22,8	25,3	26,8	24,4	26,9
	3	21,8	22,6	21,9	25,1	21,8	26
	4	22,4	23	21,7	23,5	22,2	25,6
XtE		1,5°C	1,6°C	9,7°C	3,4°C	7,9°C	1,9°C
Pared "O"	5	24,4	25,2	21,4	29,5	23	33,3
	6	24,1	24,5	21,4	28,6	22,8	32
	7	22,2	22,9	19,5	22,3	19,7	25,1
	8	22,3	22,8	20,3	22,2	20,3	24,5
	9	22,6	23,1	21,6	22,9	21,5	25,2
XtO		1,8°C	2,1°C	-0,2°C	6,6°C	1,5°C	8,1°C
Temperatura Exterior		24,8	25,7	27,3	27,4	26,8	28,5
Temperatura Interior		23,4	24,2	22,5	23,7	22,9	26,9
Xt		1,4°C	1,5°C	4,8°C	3,7°C	3,9°C	1,6°C

Tabla 6.

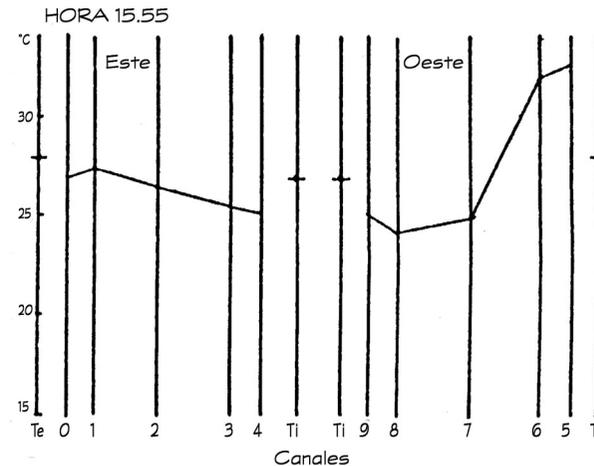
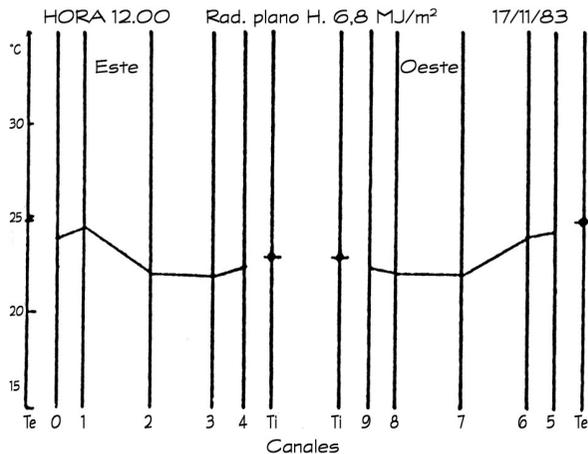
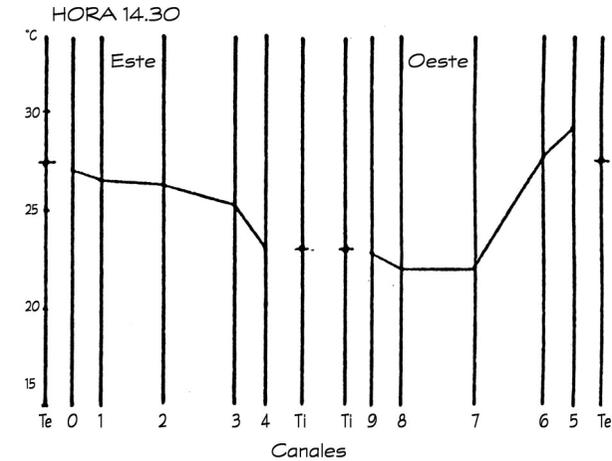
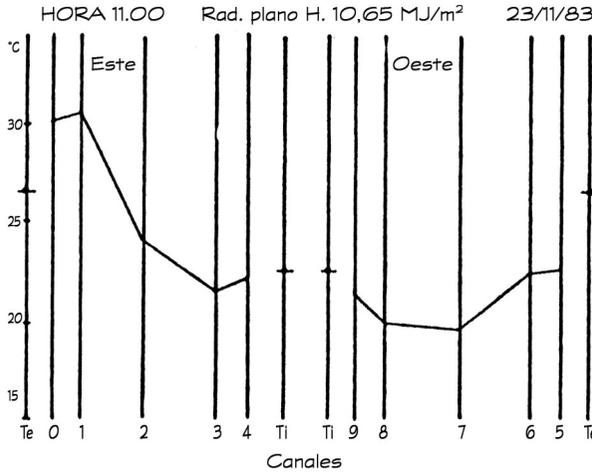
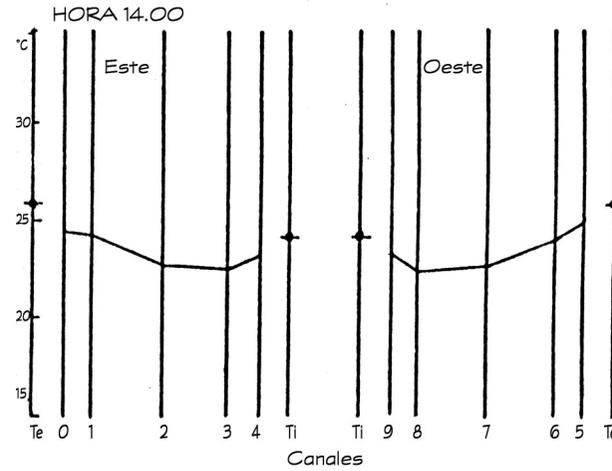
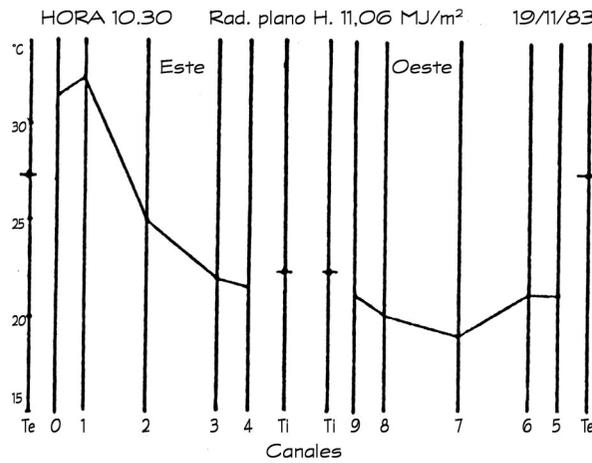


Tabla 6.
 Datos de mediciones.

Figuras 35 y 36.
 Gradientes térmicos máximos en muros.

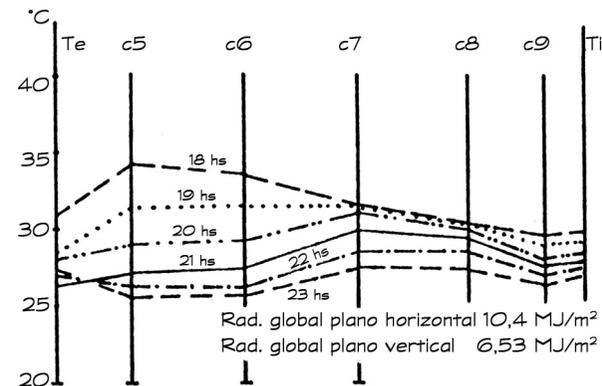
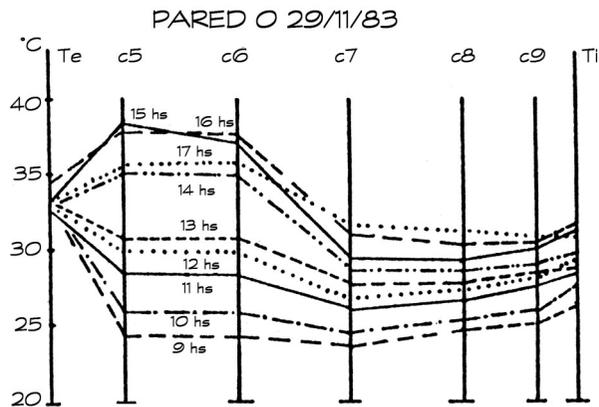


En las Figuras 41 y 42 se muestra el comportamiento del muro Oeste, que sufre las mayores variaciones, mostrándose las variaciones de los gradientes térmicos en el interior del muro y el salto de temperaturas entre su superficie y las temperaturas del aire, durante un día cuyas características son de alejamiento de la zona de confort, alta radiación (10,4 MJ/m² en el plano horizontal y 6,53 MJ/m² en el plano vertical), y altas temperaturas (34°C).

La temperatura de la cara exterior del muro se eleva a 38°C, mientras que la cara interior se mantiene por debajo de la temperatura que toma el ambiente

interior, que se eleva a casi 32°C, debido a que permaneció abierto durante las primeras horas de la tarde, dada la baja presión atmosférica (750 mm Mg). Esta situación provocó elevación consecuente de la temperatura de la cara interior del muro, no debiéndose este fenómeno al calor proveniente del exterior a través del muro, situación que es mostrada por los gradientes internos. A partir de las 18 horas, el gráfico muestra la pérdida de calor del muro hacia el exterior.

Figuras 37 a 40.
Gradientes térmicos
máximos en muros.



10.4. Temperatura media del bulbo radiante

Durante todas las etapas se ha registrado la temperatura de bulbo radiante pudiendo de esta manera ser comparada en todo momento con la temperatura ambiente e ir verificando el comportamiento térmico de la masa del prototipo.

Este termómetro radiante detecta en el ambiente en que se encuentra todo foco frío o caliente que no ha podido ser compensado térmicamente por la inercia propia del mismo ambiente; acusando el termómetro una emisión o absorción radiativa hacia ese foco frío o caliente y registrando una disminución o aumento térmico en el seno del bulbo radiante.

Como se ha podido verificar a lo largo de los períodos en estudio la temperatura radiante no tiene prácticamente variación con respecto a la temperatura ambiente, diferenciándose una de la otra en valores de centésimos de grado centígrado, estando fuera de la exactitud del instrumental. Estos resultados definen una mecánica de compensaciones termomásicas prácticamente instantánea y equilibrante, debido a la ausencia localizada de focos fríos o calientes.

Se determina la temperatura media superficial de la envolvente interna del ambiente (muros, pisos, cielorrasos y cerramientos), conociendo la temperatura del termómetro radiante y la del aire que lo rodea, por medio de la siguiente expresión:

$$\bar{T}_m = \sqrt[4]{T_r^4 - \frac{T_r - T_a}{\alpha \epsilon \sigma R_c}}$$

donde:

- \bar{T}_m = Temperatura media de muros (K).
- T_r = Temperatura de termómetro radiante (K).
- T_a = Temperatura ambiente interior (K).
- α = Absortancia del termómetro globo.
- ϵ = Emitancia media de las superficies de muros, pisos, cielorraso y cerramientos.
- σ = Constante de Stefan Boltzman ($W/m^2 K^4$).
- R_c = Resistencia superficial de la capa límite del termómetro globo ($m^2 K/W$).

El equilibrio existente entre elementos de alta y baja masa térmica permite lograr esta igualdad de temperaturas deseables para el confort térmico.

Figuras 41 y 42. Evolución del gradiente térmico de los muros a lo largo del día.

10.5. Comportamiento de la acumulación de agua caliente

Se analiza la estratificación de la temperatura en el tanque de acumulación de agua caliente del subsistema de calentamiento solar de agua.

Se graficaron y analizaron las temperaturas del agua bajo dos formas diferentes de extracción de agua, lo que permitió registrar el comportamiento de los estratos en el tanque de acumulación.

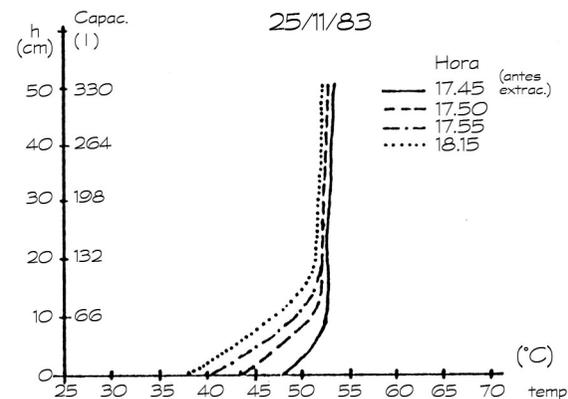
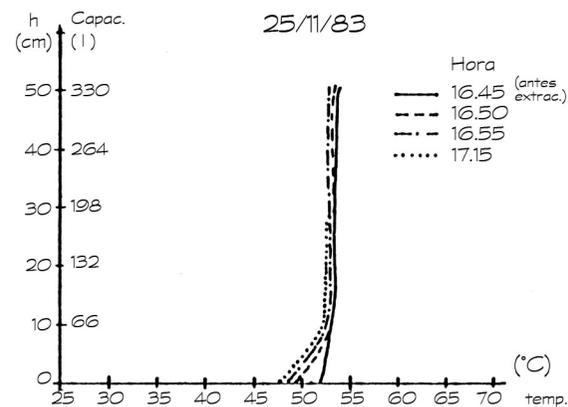
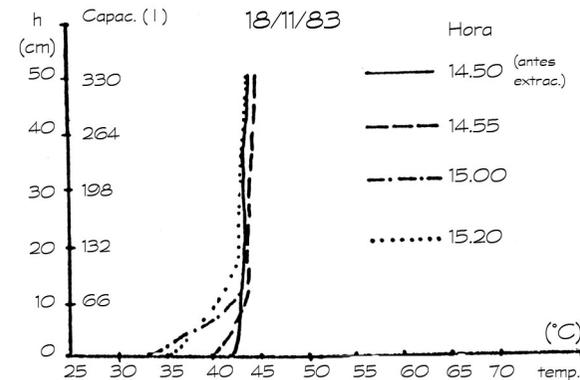
En la Figura 43, la acumulación registraba un nivel térmico prácticamente constante de 44°C, temperatura final luego de tres días sucesivos de baja radiación, extrayéndose en forma continua 100 litros de agua y observando la variación que sufría la temperatura a diferentes profundidades.

La extracción violenta de agua provocó una remoción del fluido en el fondo, registrando descensos de temperatura de 8°C. Esta diferencia con el resto del tanque va disminuyendo hasta hacerse casi nula a un nivel de 20 cm (132 litros). A partir de ese nivel el agua prácticamente no sufría variaciones térmicas, permaneciendo a 44°C y siendo desplazada por el agua de renovación sin perjudicar las estratificaciones superiores.

Las Figuras 44 y 45 muestran dos extracciones de agua, con una acumulación cuya temperatura inicial era de 53°C. Con la primera extracción se produjo una remoción de agua del fondo equivalente a 50 litros, creando un salto térmico de 4°C sin modificar la temperatura inicial del agua a partir de los 10 cm medidos desde el fondo.

Una vez estabilizado el tanque de acumulación se realizó la segunda extracción, de igual volumen, que produjo un mayor desplazamiento de agua en el fondo registrándose, un decrecimiento de temperatura superior al de la primera extracción, de 10°C, haciéndose casi nula esta diferencia al nivel de 20 cm (132 litros.) Pasado este nivel el agua no sufrió perturbaciones en los estratos superiores ni variaciones térmicas, permaneciendo

a la temperatura inicial de 53°C. Con estos gráficos se comprueba la estabilidad térmica de los estratos, produciéndose solamente variaciones de temperatura en el fondo del tanque sin que su remoción perjudique al resto del agua de acumulación.



Figuras 43 a 45.
Variación de la temperatura de acumulación en función de la descarga de agua caliente.

Referencias

IAS/FABA. *Metodología para la elaboración de un conjunto de 30 viviendas con aprovechamiento de energía solar y conservación de la energía*. Ed. del autor, La Plata, 1978.

E.Rosenfeld. “Modelos de edificios solares para la subzona bioclimática INTI IIIb”. *Actas del Seminario sobre Aprovechamiento de la Energía Solar y Eólica*, CNIE, San Miguel, 1978.

IAS/FABA. *Programa CESAD*, Biblioteca SSDUV, Buenos Aires, 1979.

J.L.Guerrero et al. “Modelo energético para el Programa CESAD”, *Actas de la 5° Reunión de Trabajo de ASADES*, Córdoba, 1979.

E.Rosenfeld et al. “Programa CESAD: Modelo de edificios solares para la zona templada-húmeda”, *Actas de la 5° Reunión de Trabajo de ASADES*, Córdoba, 1979a.

E.Rosenfeld et al. “Programa CESAD: Conjunto de 30 viviendas en La Plata, Lat. -35°”, *Actas de la 5° Reunión de Trabajo de ASADES*, Córdoba, 1979b.

IAS/FABA, *Conservación de la Energía. Estudio del consumo energético en viviendas de la zona templada-húmeda. Informe Final, patrón de compacidad, Anexo 1* Biblioteca SSDUV, Buenos Aires, 1983.

Norma IRAM 11507, Buenos Aires, Argentina.

C.Rumor y Strohmenger. *Calefacción, ventilación, acondicionamiento*. HOEPLI, Barcelona, 1972.

J.L.Guerrero et al. “Modelo para chimeneas solares”. *Actas de la 7° Reunión de trabajo de ASADES*, Rosario, 1981.

W.H.Mc Adams. *Transmisión de calor*, Mc Graw Hill, México, 3° Edición, 1978.

IAS. *Ensayos de habitabilidad, comportamiento energético en el Prototipo solar de La Plata, Informe n° 6*. Biblioteca SEDUV, Buenos Aires, 1984.

Datos técnicos del Prototipo Solar

- Volumen del prototipo $V_{to} = 154 \text{ m}^3$
- Superficie opaca cubierta $S_{oc} = 30,92 \text{ m}^2$
- Superficie opaca Este $S_{oe} = 20,29 \text{ m}^2$
- Superficie opaca Oeste $S_{oo} = 22,98 \text{ m}^2$
- Superficie opaca Sur $S_{os} = 34,71 \text{ m}^2$
- Superficie transparente con protección $S_{vc/p} = 10,57 \text{ m}^2$
- Superficie transparente sin protección $S_{vs/p} = 1,11 \text{ m}^2$
- Superficie transparente sin protección doble vidrio $S_{ws/p} = 6,77 \text{ m}^2$
- Resistencia térmica de superficies opacas $R_o = 1,85 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$
- Masa sólida afectada al balance térmico $M = 15.271 \text{ Kg}$
- Capacidad específica media de acumulación en masa sólida $C = 14,6 \text{ MJ/ } ^\circ\text{C}$
- Superficie transparente de MAC $S_t = 11,7 \text{ m}^2$
- Masa de acumulación de MAC $M = 19,56 \text{ Kg}$
- Capacidad específica de acumulación del MAC $C = 8,2 \text{ MJ/ } ^\circ\text{C}$
- Superficie de colección sistema de calentamiento de H_2O $S_c = 4 \text{ m}^2$
- Volumen de acumulación de H_2O caliente $V_{ac} = 500 \text{ l}$