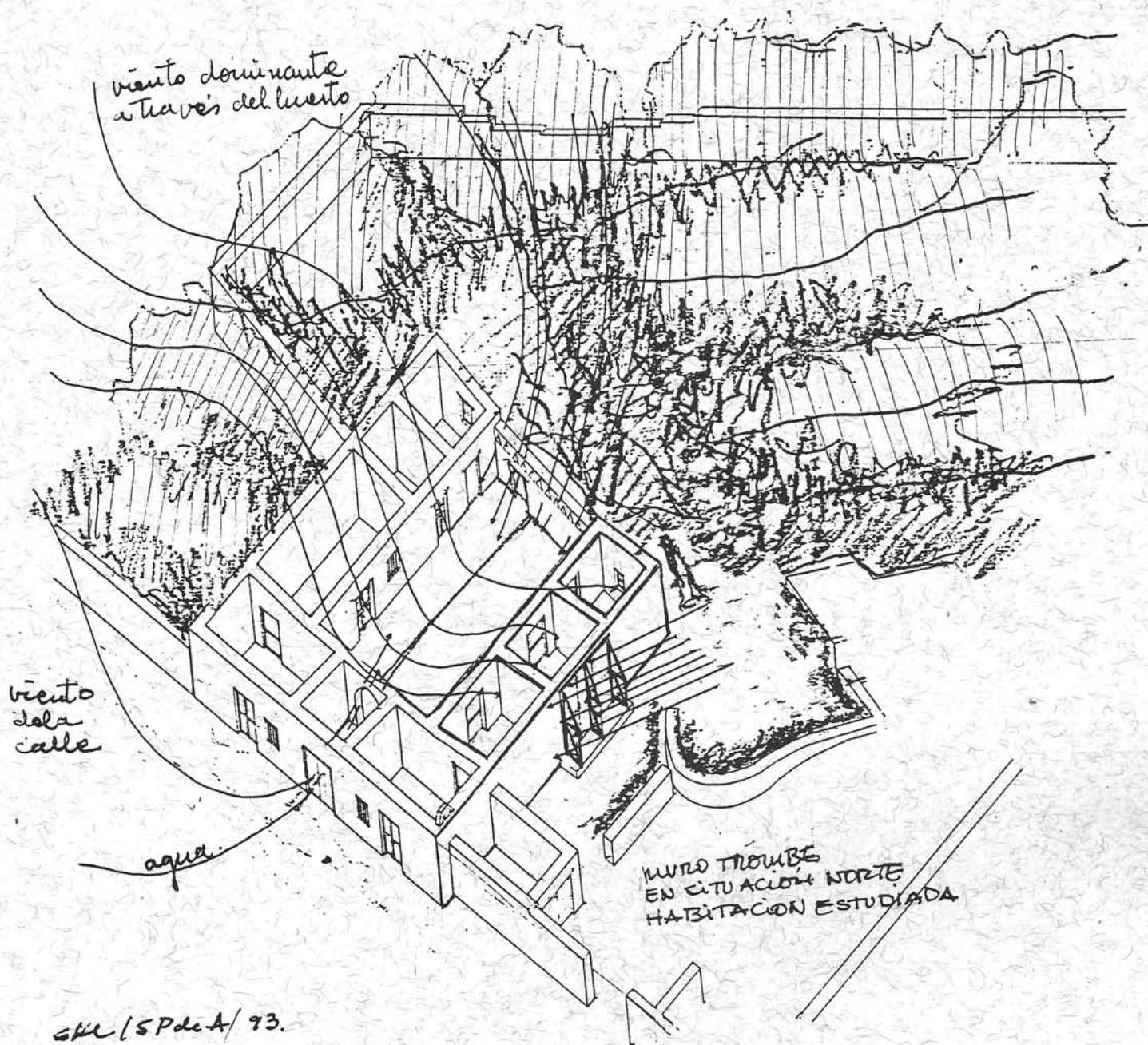


# OPTIMIZACION E INCORPORACION DE SISTEMAS PASIVOS A LA ARQUITECTURA TRADICIONAL DE LA CUENCA DEL SALAR DE ATACAMA

Glenda Kapstein L.  
Pedro Sarmiento M.  
Claudio Ostria G.  
Ricardo Zuleta M.



La masa foliar del huerto, genera un microclima capaz de regular  
**HIDROTERMICAMENTE** el aire que pasa al patio e interior de las habitaciones.  
Es particularmente interesante la ubicación  
de la puerta y los triángulos -huecos- sobre el muro.

A modo de introducción, cabría la explicación, de que el artículo presentado, corresponde a un trabajo de investigación recientemente realizado, en un período de dos años y medio -1992/1994- avalado por CONICYT (Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile).

Inscrito en la temática global de Arquitectura y Medio Ambiente, su materia específica nace de la publicación de un anterior estudio de la Arquitectura de la Cuenca del Salar de Atacama, denominado «Espacios Intermedios, Respuesta Arquitectónica al Medio Ambiente, II Región». (1)

Lógicamente, el análisis de una arquitectura asentada en un ambiente árido, como lo es el Desierto de Atacama, durante un largo período de tiempo, ha desarrollado, si pudiéramos decir, de una manera implícita, los actualmente llamados Sistemas Pasivos, que dicen relación con la Energía Solar y Eólica, principalmente.

El trabajo plantea la optimización, de ellos, a través de la incorporación de elementos simples, a una arquitectura que posee propiedades y materiales aptos para desarrollar ambientes gratos al interior, como al exterior inmediato de las viviendas.

Es así como, condicionados por las singulares características de su ubicación geográfica, y por sus profundas raíces étnicas, los asentamientos de la precordillera y del altiplano chileno han mantenido hasta

hoy una continuidad en sus expresiones espaciales, plásticas y constructivas, sean ellas de origen pre-hispánico o producto de las misiones de la conquista española, y/o una fusión de ambas, que aún es posible reconocer en el interior de Tarapacá y Antofagasta.

Para recuperar o revitalizar estas edificaciones es necesario, la más de las veces, renovar o cambiar su programa, con el consiguiente peligro de modificar a tal extremo su estructura, de modo que ya no podría ser considerado patrimonio. Es en este punto que detenemos nuestra observación, y en San Pedro de Atacama como un sitio especial, ya que sus viviendas han mantenido su condición de tal, por casi dos siglos.

Teóricamente esta idea de agregar modernidad y confort a la vivienda se pensó desde dos instancias. La primera se refiere a la optimización de los propios sistemas que las estructuras presentan, como condición propia, connatural a su materialidad: adobe, piedras y torta de barro como cubierta, y su disposición respecto a los agentes medio ambientales de desierto extremo. Y, en segunda instancia, aumentar el rendimiento de las energías pasivas, acentuando sus cualidades a través de la incorporación de elementos simples, sin modificar la vivienda en lo estructural, de tal manera que respeta su carácter patrimonial, a la vez que se prepara para responder exigencias más contemporáneas de bienestar.

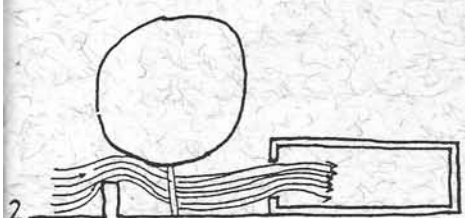
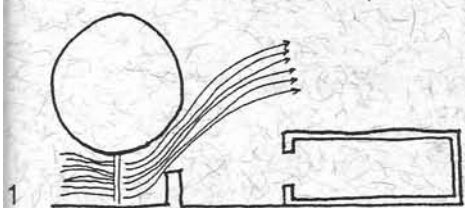
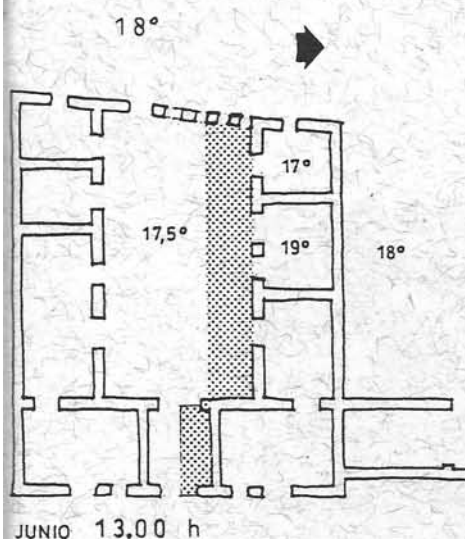
Los objetivos generales del trabajo se pueden resumir en la idea de desarrollar una arquitectura bioclimática desde los recursos y materiales propios y sus conquistas en el campo de las energías pasivas.

La optimización de ellos necesariamente conlleva la incorporación de elementos y materiales más elaborados como el acero, vidrio, plástico o madera, cuyo diseño específico para cada caso, deberá ser respetuoso de la arquitectura, estructuras y materiales participantes.

Los objetivos específicos están referidos a precisar parámetros climáticos y de diseño que influyen en el comportamiento de los sistemas pasivos y registrar la información a través de gráficos que faciliten la evaluación técnica y su uso, económica y de confort para sus habitantes, profesionales arquitectos y para el diseño de ambientes. También está en este sentido la idea de mejorar la vivienda existente y futuras viviendas de bajo costo.

El clima específico del Salar de Atacama, se caracteriza por las grandes diferencias de temperatura del día y la noche, durante gran parte del año. Las temperaturas extremas estarían representadas por las altas temperaturas diurnas en el verano, y las bajas temperaturas nocturnas en invierno.

Para ello, se seleccionaron tres variables de confort de gran importancia en las condiciones climáticas del Salar de Atacama, cuales son:



1 SITUACION DE UN ARBOL AL EXTERIOR DE UN HUERTO.

2 SITUACION DE UN ARBOL AL INTERIOR DE UN HUERTO.

# A

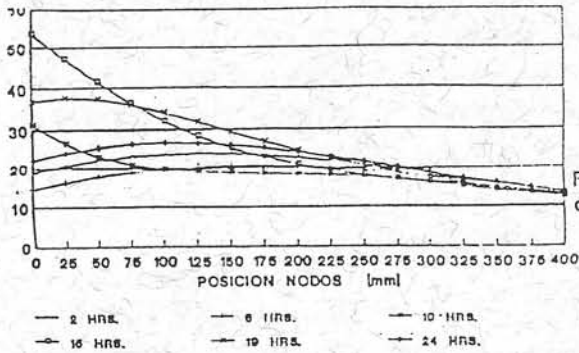


Fig. 4 . Temperaturas nodales para diferentes hora del día de un muro Trombe de dos vidrios en Julio .

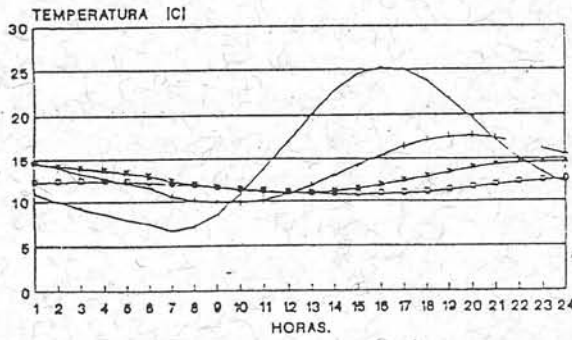


Fig. 5 . Temperaturas de superficie interior para diferentes horas del día de un muro Trombe de diferentes grosores , de un vidrio , en Julio .

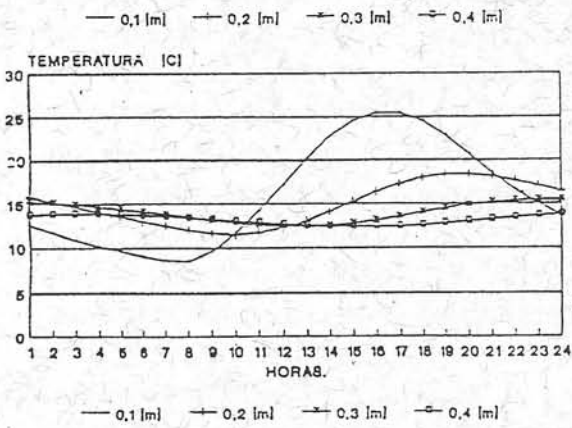
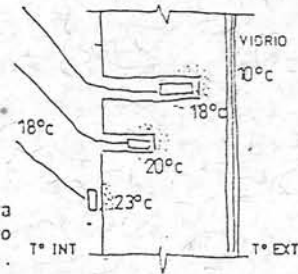


Fig. 6 . Temperaturas de superficie interior para diferentes horas del día de un muro Trombe de diferentes grosores , de dos vidrios , en Julio .

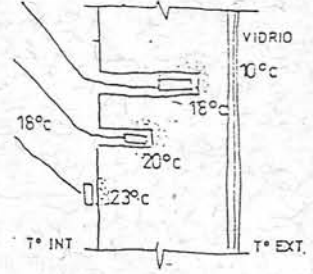
MEDICIONES DE TEMPERATURA EN °C MEDIANTE TERMOMETRO DIGITAL DE TERMOPAR ELECTRICO CALIBRADO

MEDICIONES DE TEMPERATURA EN °C MEDIANTE TERMOMETRO DIGITAL DE TERMOPAR ELECTRICO CALIBRADO

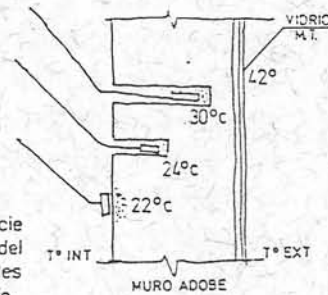
SITUACION MEDIANOCHE



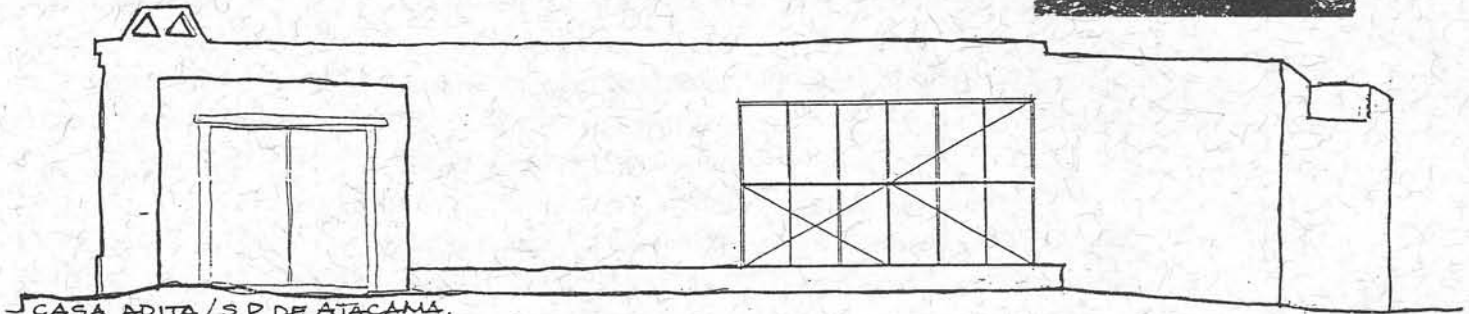
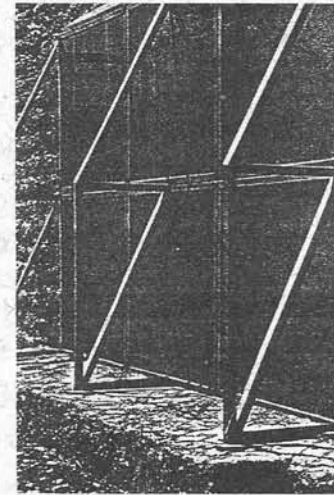
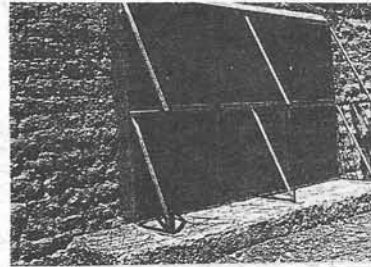
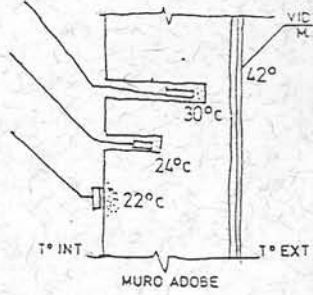
SITUACION MEDIANOCHE



SITUACION MEDIODIA



SITUACION MEDIODIA



CASA ADITA / S. P. DE ATACAMA. FACHADA NORTE

El proyecto considera la superficie norte del muro de 40 cms. de espesor y se cubre con vidrio. Sin embargo la dificultad constructiva de unir el vidrio al adobe, nos conduce al diseño de una estructura autoportante (desarmable) de hierro montada en un cemento de piedras que a la vez sirve de refuerzo a la base del muro.

- A. Calefacción nocturna de recintos cerrados, dormitorios y estar.
- B. Ventilación diurna, de recintos cerrados y dormitorios.
- C. Calentamiento solar de agua, para aseo e higiene personal.

Es así como los antecedentes climáticos y de requ-

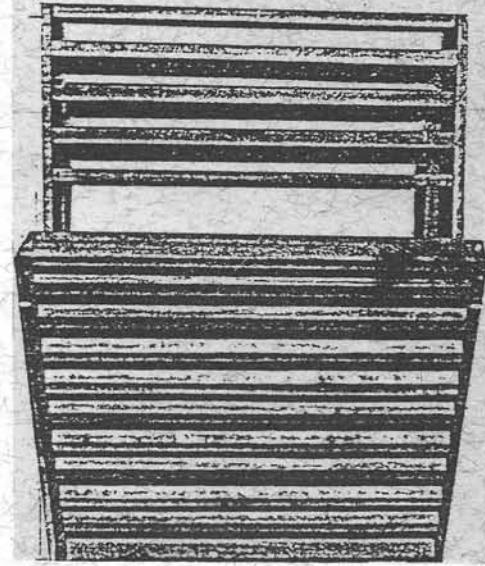
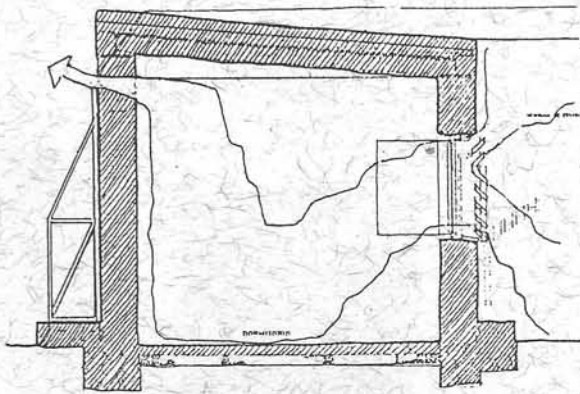
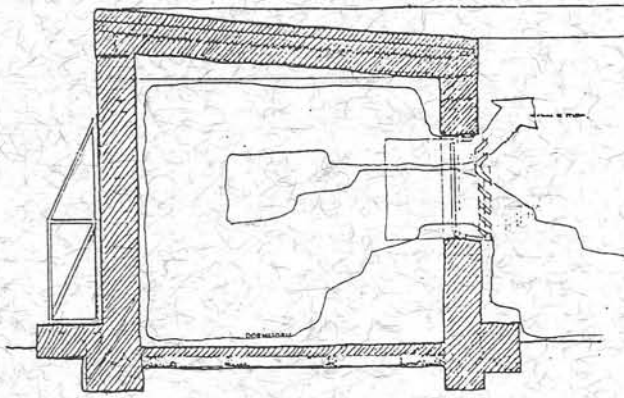
rimientos térmicos recopilados nos dan un antecedente válido para el inicio del diseño de algunas intervenciones puntuales como un Muro Trombe, para la calefacción nocturna de una habitación, una celosía y ventana para la ventilación del mismo recinto y en el caso de calentamiento de agua por radiación solar, se instaló un colector solar -

INGESOL, de 200 litros- con los cuales se realizaron las mediciones correspondiente de ganancias y pérdidas de temperaturas en los materiales de construcción, en los ambientes involucrados y las temperaturas del agua caliente y su rendimiento durante el día y la noche.

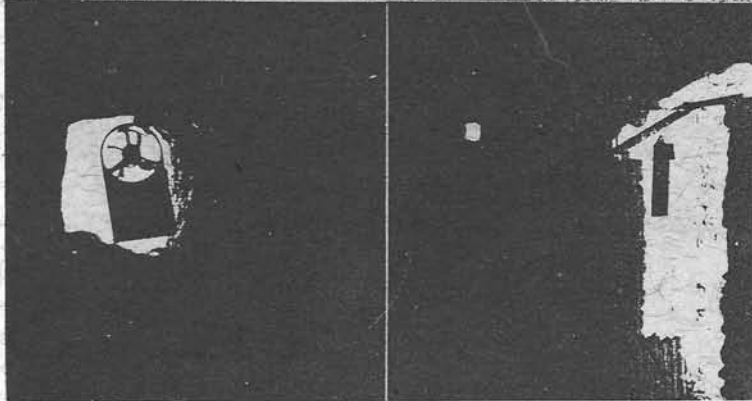
Desde los antecedentes

climáticos y el análisis de las viviendas seleccionadas, medio ambiente y la disposición de elementos arquitectónicos y su orientación en el lugar de trabajo nos permitió concluir que las necesidades de calefacción nocturna son permanentes durante todo el año.

En referencia a los valores grado-día de lugares simi-

**B**

DOI: 10.22499/S07198590.1998.0006.00003



*Ventanas mínimas de ventilación - para lo cual cuentan con celosía exterior - e iluminación, para lo cual se coloca una ventana con vidrio al interior. Con ello se obtiene una ventilación cruzada.*

*Orificio de ventilación: incorporamos este descubrimiento, consolidando la idea del orificio de ventilación, a través de un tubo metálico, con una tapa controlable desde el interior. La ubicación de los orificios era la correcta para producir ventilación cruzada en la galería.*

lares, los valores máximos serán en los meses de invierno, y los valores mínimos en los meses de verano.

Estudiando los datos de radiación, se comprueban los valores para distintos elementos constructivos, del cual se deduce que las superficies verticales orientadas hacia el norte obtienen alta radiación

en invierno, y menor radiación en verano.

Si bien es cierto, las superficies inclinadas de mayor capacidad solar anual serían las orientadas al norte con inclinación cercana a los 20 grados, también es cierto que estas superficies tendrían los valores máximos en verano y los valores mínimos en invierno,

que no es lo requerido.

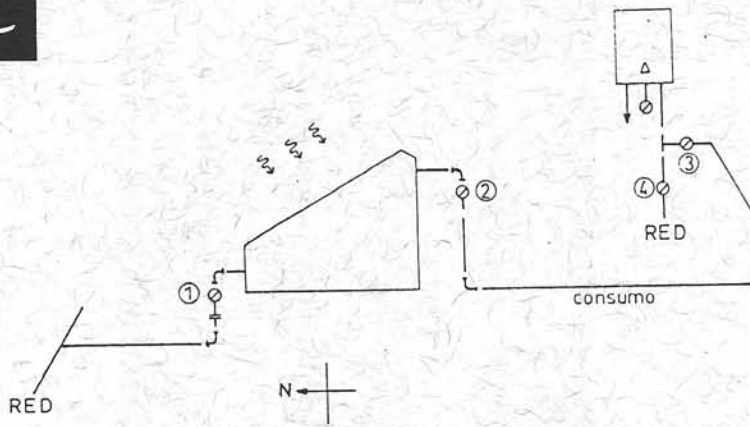
En términos generales se concluye, que para San Pedro de Atacama y poblados del Salar, las necesidades de calefacción nocturna, se pueden conseguir por medio de superficies captadoras verticales orientadas hacia el norte, en condiciones óptimas en relación a recibir una mínima

radiación durante el verano.

Los puntos A y B citados, o sea, calefacción nocturna y ventilación, se aplicaron en una habitación de la vivienda seleccionada, por cuanto están relacionados en lo que se refiere a conseguir aumentos o pérdidas en las temperaturas al interior de ella.

EFFECTO TERMOSIFON

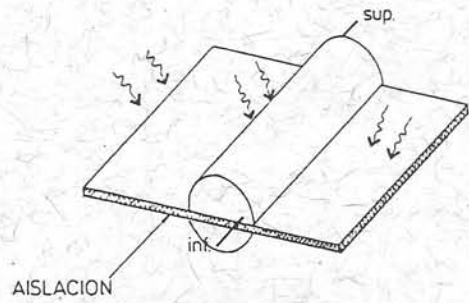
- ALEROS CONDUCEN CALOR AL ESTANQUE.
- ESTANQUE ABSORBE RADIACION.
- AGUA CALIENTE A LA PARTE ALTA.



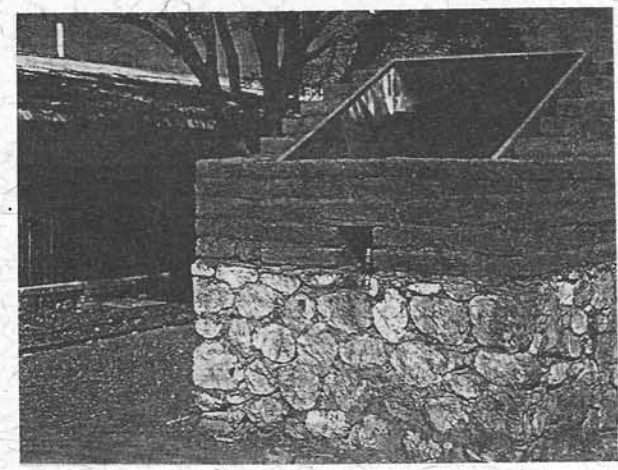
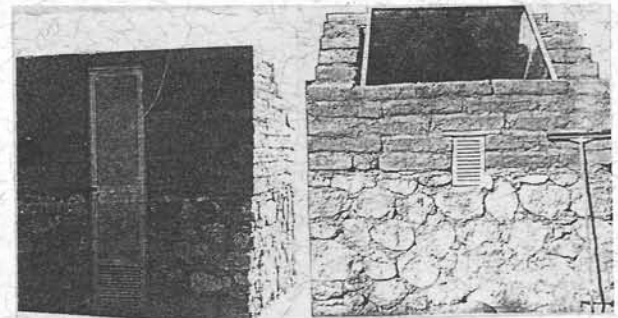
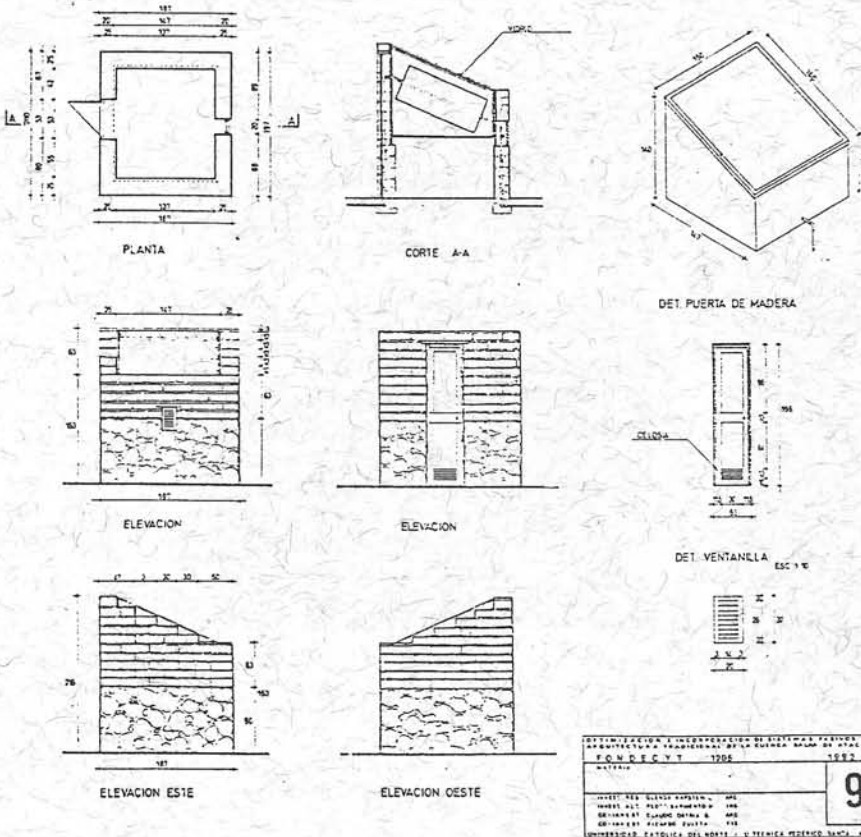
Llaves

- ① ENTRADA RED AGUA POT.
- ② SALIDA AGUA CALIENTE
- ③ ENTRADA CALEFONT
- ④ ENTRADA RED AGUA POT. CALEFONT

- ③ PERM. ABIERTA
- ④ PERM. CERRADA



- DOBLE CUBIERTA DE VIDRIO: impedir el enfriamiento nocturno.



Cimiento piedra/debe soportar aproximadamente 700 kg.  
El adobe mantiene el calor de las paredes del calefactor solar.

De los sistemas pasivos que se conocen, el más apropiado para nuestras necesidades y condiciones sería el Muro Trombe, ya que nos permitirá acumular calor durante el día para entregarlo gradualmente durante la noche. Así se deduce la conveniencia que se diseñe arquitectónicamente un muro Trombe de pared vertical

orientada al norte y sin troneras de ventilación, para obtener la calefacción deseada.

Las necesidades de ventilación, serán satisfechas de manera convencional o ventilación natural desde los orificios o elementos diseñados para ello, donde se produce la ventilación cruzada.

Las necesidades de enfriamiento del aire ambiente, se pueden deducir del estado de las variaciones diarias del aire exterior de la zona a lo largo del año. Se deduce que el enfriamiento prácticamente no es requerido, sino sólo la ventilación. Esto último además es conveniente por razones de higiene ambiental.

En este caso deberá consultarse la tabla de valores de vientos dominantes, y habrá que realizar un análisis de las condiciones medio ambientales exteriores e interiores del caso específico, arquitectura, materiales y estado de la edificación de que se trate. (2)

En este sentido es im-

portante señalar que el trabajo de campo también consideró importantes aspectos de restauración de las estructuras de adobe, ya que los sistemas pasivos al traspasar las temperaturas exigen una continuidad en los materiales. No puede haber grietas-fugas- o aire porque se interrumpe el sistema.

El trabajo incluye un análisis del adobe como material y sus cualidades ante las energías pasivas y técnicas básicas de su restauración. (4)

En lo referente a calentamiento solar de agua, los recursos hídricos en la zona, como en toda región desértica son de vital importancia. El uso de agua caliente para las condiciones de bienestar en la vivienda, incluye la utilización en el aseo personal y el lavado de ropa. A diferencia de la zona central, el lavado personal se hace frecuentemente en la tarde o en la noche, motivado por el tipo de clima y las actividades del lugar. (6)

Como en la cuenca de Salar de Atacama no se dispone de energía eléctrica, el sistema solar a utilizar para calentamiento de agua de uso sanitario deberá ser del tipo termosifón, es decir, eminentemente pasivo.

El sistema instalado, considera el problema de las heladas, para lo cual debería estar protegido -lona- a pesar de que el doble vidrio que posee deja una capa de aire que evita en parte el contacto con el exterior.

Resumiendo, las necesidades de agua caliente sani-

tarias se resuelven por un sistema de calentamiento solar de agua pasivo y protegido contra heladas. Según los antecedentes anteriores, la máxima producción anual se logrará con superficies captadoras de la radiación solar, inclinada en valores cercanos, a los de la latitud del lugar.

Para satisfacer las necesidades anotadas en el párrafo anterior, cumpliendo además con las rigurosas exigencias climáticas, el sistema INGESOL es el único publicado y disponible en el mercado. (5 y 6)

Como ilustración, se analiza el comportamiento de equipos en dos lugares de características climáticas diferentes: Santiago y Chuquicamata.

En Santiago, como promedio anual, la radiación solar incidente en los colectores es de 16,3 (MJ/m<sup>2</sup> día). El sistema convencional entrega el agua 5,7 (MJ/m<sup>2</sup> día) y el sistema INGESOL 8,6 (MJ/m<sup>2</sup> día). Lo anterior implica que el rendimiento anual en Santiago de un equipo convencional es de 34,9%, y el rendimiento de uno INGESOL de 52,7%.

Con criterio análogo, se puede deducir que un equipo convencional en Chuquicamata, con radiación anual de 22,3 (MJ/m<sup>2</sup> día) tiene un rendimiento de 36,3% y uno INGESOL de 54,2%.

Algunas ventajas que tiene este sistema es el que no usa componentes eléctricos, por lo que puede instalarse en lugares remotos o en la

ciudad. No requiere bomba de circulación, sistema de control, sistema anticongelante, estanque acumulador ni de expansión; y prácticamente no necesita mantenimiento.

Quedaría por comprobar, si los componentes salinos que tiene el agua de uso doméstico en San Pedro de Atacama, tienen algún efecto negativo sobre el equipo.

Este equipo fue instalado en la Escuela E-26 de San Pedro de Atacama, mediante convenio, para a través del uso interno que hicieron alumnos y profesores del internado, comprobar cual era su rendimiento en las condiciones climáticas del Salar.

Los resultados son evidentes, ya que se dobló su capacidad de 200 litros la que está diseñada para 12 duchas diarias en la zona centro del país.

En San Pedro, se obtuvieron entre 20 a 24 duchas diarias, ordenadas en turnos de 8 alumnos, cada 6 horas aproximadamente.

A modo de conclusión podríamos decir que la complejidad del trabajo de campo radica en lo aislado del lugar, ya que todo material, por mínimo que sea, para la instalación de los equipos, es necesario llevarlo desde fuera. Por otra parte se confirma a través de nuestro maestro de obras, Sr. Gerardo Coca (estucos, bases y reparaciones de la vivienda elegida) que la gente del lugar domina la técnica del adobe, quincha y torta de barro de cubierta, lo cual significó un aprendizaje por parte del equipo.

El equipo interdisciplinario que trabajó en esta investigación: arquitectos, Glenda Kapstein Lomboy, Claudio Ostria Gonzalez, Master en restauración. Físico, Ricardo Zuleta Maass, por parte de la Universidad Católica del Norte, Ing. Pedro Sarmiento Martínez, de la Universidad Técnica Fed. Santa María.

Los gráficos y fotos incluidos colaboran en la comprensión de las obras realizadas y aplicadas a la arquitectura de adobe existente en el lugar.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. G. Kaptein, «Espacios Intermedios», Universidad del Norte - Fundación Andes, 1988.
2. R. Zuleta, «Datos climatológicos del Salar de Atacama», Publicación Universidad Católica del Norte, 1985.
3. P. Sarmiento, «Tabla de Radiación para diferentes planos y localidades del país», «V Seminario Nacional de Energía Solar y Eólica», 1968.
4. C. Ostria G., «Restauración teatro Chacabuco. Revista C.A. N° 73
5. P. Sarmiento, F. Carvajal, «Estudio del transiente de la temperatura de la superficie interior del muro Trombe y sus consecuencias», «V Congreso Latinoamericano de Energía Solar», 1986.
6. P. Sarmiento M., «Resultados comparativos de un nuevo sistema de calentamiento solar de agua», «VII Seminario Nacional de Energía Solar y Eólica», 1992.