

PROYECTO CAMPAMENTO VIAL "LA GRUTA" PASO DE SAN FRANCISCO: DISEÑO Y CÁLCULO TÉRMICO

R.Feroli, A.Iriarte, J.Sequi, I.Golomb,
G.Ahumada, A.Amaya y A.Sanz

INENCO*, Unidad de Investigación Catamarca'
Facultad de Ciencias Agrarias-UNCa.
C.C.189 - 4700 Catamarca

J.Marchioli, C.Manzone y A.Salas
Vialidad Provincial Catamarca
G.Charito y G.Lesino
INENCO - UNSa.

RESUMEN

En el presente trabajo se describe el proyecto de remodelación y refuncionalización del edificio e instalaciones de un campamento vial de alta montaña, con adaptación de sistemas pasivos de aprovechamiento de energía solar para:

- Acondicionamiento higrotérmico de locales habitables.
- Calentamiento de agua para uso sanitario.
- Inhibición de congelamiento del sistema de provisión de agua.
- Generación de energía eléctrica.
- Potabilización de agua por destilación.

En el punto I se incluye la introducción al tema y se reseñan los objetivos y condicionantes principales del trabajo.

El punto II incluye datos de ubicación, clima y topografía. El III ilustra sobre las características de las instalaciones existentes, su comportamiento térmico y las condiciones de confort actual.

En el IV se enuncian las premisas básicas de diseño y los criterios adoptados. En el punto V se describe la propuesta de acondicionamiento o "partido solar" y su compatibilización con la edificación existente. El VI se refiere a la adaptación de sistemas de aptitud probada o descriptos en otros trabajos y finalmente en el VII, se explica el método de cálculo térmico utilizado y los resultados de su aplicación al diseño.

I.- INTRODUCCION

En el marco de un Convenio de cooperación técnica formalizado entre la Universidad Nacional de Catamarca (INENCO-UDICA.) y Vialidad Provincial Catamarca para el desarrollo y adaptación de sistemas de aprovechamiento de energía no

Miembro de la carrera de Investigador del CONICET

Instituto UNSa-CONICET

Unidad de Investigación del INENCO en Catamarca-UNCa-UNSa-CONICET

Convenio UNCa-Vialidad Provincial Catamarca

convencional en campamentos viales de la provincia, se otorgó prioridad al presente proyecto, correspondiente al asentamiento ubicado en el Paso Internacional de San Francisco, en virtud de su localización estratégica, interés provincial y extremas condiciones de habitabilidad. Este campamento constituye a la fecha el único asentamiento humano existente en esa inhóspita zona y cuenta con una dotación de personal semipermanente afectado a tareas de conservación y mejoramiento de la infraestructura vial, mantenimiento de equipos e instalaciones, comunicaciones radiales y apoyo al tráfico vehicular.

Los objetivos básicos del trabajo responden a los requerimientos planteados por Vialidad, y son:

- 1.- Mejorar las condiciones de trabajo y habitabilidad.
- 2.- Posibilitar la habilitación permanente del campamento.
- 3.- Lograr la máxima autonomía funcional posible.
- 4.- Posibilitar su uso como albergue eventual para viajeros.
- 5.- Asegurar la máxima confiabilidad de los sistemas a incorporar.

Las distancias a los centros de aprovisionamiento, el aislamiento y la rigurosidad climática son los principales condicionantes que tiene el proyecto, junto a la austeridad presupuestaria vigente.

II.- DATOS DE LOCALIZACION

El campamento se encuentra ubicado sobre la ruta Nacional N° 60 que une con la República de Chile, en el Departamento de Tinogasta, Provincia de Catamarca, a unos 20 km. al límite internacional y a 200 km. de la localidad argentina más cercana (Fiambalá-Tinogasta). Se sitúa a 27° de latitud sur y a 4.000 metros de altitud, en plena Cordillera de los Andes y muy próximo a la línea de altas cumbres (Cerro San Francisco: 6.200 mts., Cerro Inca Huasi: 6.610 mts., Cerro Ojo del Salado: 6.870 mts.).

El clima es típico de la región de Alto Andino,

con gran amplitud térmica, temperaturas mínimas extremas (-20°C); muy escasa humedad relativa (promedio anual 5-10%) y gran radiación solar.

Las precipitaciones pluviales son muy escasas, con nevadas de invierno moderadas y vientos fuertes de los sectores N y O.

No se contó con datos meteorológicos precisos por no existir estación en la zona, situación que varía con la reciente instalación de instrumental al efecto.

El campamento se emplaza en una zona de relieve suavemente ondulado con afloramiento de riscos de poca elevación, uno de los cuales sirve de apoyo y protección de la edificación existente.

III.- INSTALACIONES EXISTENTES

La actual edificación totaliza unos 250 mts² cubiertos de construcciones semi precarias parcialmente terminadas y comprenden: locales para dormitorios del personal con sanitarios no habilitados, cocina-comedor, cuarto para la radio, cobertizo para un vehículo y otro sector de locales sin completar, destinados a huéspedes (ver fig. 1).

Constructivamente presenta resoluciones distintas: locales ejecutados con mampostería de adobe, techado rústico de caña y "torteados" de barro y piso de tierra pisonada (cocina y radio); sectores en que se aprovechó el paramento de roca natural como cerramiento y por último estructuras constituidas por arcos autoportantes de chapa de acero de 6 mm de espesor, sustentados en basamento de piedra trabajada en sillares, conformando recintos abovedados (dormitorios, cobertizo, huéspedes).

Estas estructuras presentan la ventajosa particularidad de poseer gran resistencia a las cargas gravitacionales, ya que originariamente estaban destinadas a la construcción de puentes. De ellos, sólo dos módulos se encuentran habitables, con cerramientos, contrapiso de hormigón pobre y una capa aislante de mortero de piedra pómez ejecutada sobre los arcos de chapa.

No cuenta con instalaciones sanitarias habilitadas dado que carece de sistema de captación, almacenamiento y distribución de agua. El aprovisionamiento de agua se realiza en forma manual desde el pequeño arroyuelo que flanquea el campamento y cuyo curso se congela la mayor parte del año.

La fuente combustible más utilizada para cocinar y calefaccionar es la leña, provista irregularmente desde Fiambalá y el "Pasto Cuerno", una especie vegetal de raíz leñosa, no muy abundante en la zona. Existen reservas de combustibles líquidos (nafta y gas oil) para el funcionamiento de máquinas, vehículos y un pequeño generador eléctrico con el que se alimenta al equipo radio transmisor y esporádicamente a la precaria instalación de iluminación disponible.

El comportamiento térmico de las construcciones es malo, en virtud de la insuficiente o nula acción incorporadas en techos y pisos, la falta de masas de acumulación que proporcionen inercia térmica, la casi nula ganancia directa de energía por aberturas y la excesiva exposición de accesos, que provoca renovaciones de aire incontrolables. Todo ello se ve agravado por la deficiente funcionalidad del edificio y el mal manejo de dispositivos de cerramiento por parte del personal. Mediciones de temperaturas en puntos significativos de las estructuras durante período prolongado y en secuencia horaria, confirmaron estas fallas, evidenciando un comportamiento positivo pero insuficiente de la capa aislante de piedra pómez retardador de onda térmica y un efecto histeréisis de la bóveda de chapa por su gran conductividad térmica (fig. 2).

Este deficiente comportamiento térmico, sumado al muy bajo tenor de humedad relativa ambiente se traduce en un alto grado de discomfort que obliga al personal del campamento a pasar la mayor parte de las horas de descanso diurno en el calor de la cocina, donde permanentemente se mantiene el fuego y agua hirviendo. En los meses de invierno la situación se torna crítica y obliga a reducir la dotación del campamento.

IV.- PREMISAS BASICAS ADOPTADAS

En función de los requerimientos, las condiciones y los recursos e instalaciones disponibles, definieron las siguientes premisas básicas:

1.- DE DISEÑO ARQUITECTONICO

a) Mejorar sustancialmente la funcionalidad del edificio incorporando áreas de estar y comedor para el personal, generando circulaciones interiores protegidas y controlando la exposición excesiva a aberturas.

b) Proteger el entorno inmediato del edificio de los vientos, creando barreras que delimiten por el lado de trabajo.

2.- CONSTRUCTIVAS

a) Mantener la solución estructural de arcos autoportantes en las ampliaciones a realizar.

b) Utilizar al máximo posible los materiales disponibles en la zona (áridos, rocas, piedra pómez).

c) Reducir al mínimo imprescindible la obra de ejecución "in situ".

3.- DE ACONDICIONAMIENTO HIGROTÉRMICO

a) Crear condiciones de confort higrotérmico constante en locales habitables y diurno en locales de tránsito (15 a 20°C de temperatura y 40% de humedad relativa).

b) Controlar las renovaciones de aire en locales habitables manteniéndolas en el orden de una

por hora.

c) Calentar agua para uso sanitario en baños y cocina manteniéndola a temperatura constante superior a los 35°C.

d) Inhibir el congelamiento del sistema de provisión de agua.

4.- DE DOTACION DE SERVICIOS

a) Habilitar servicios sanitarios completos en dormitorios y cocina.

b) Proveer agua totalmente potable para consumo humano.

c) Dotar de un sistema de iluminación nocturna al campamento.

5.- PROPUESTA

5.1.- Diseño Arquitectónico

Se producen modificaciones sustanciales a los locales existentes el proyecto contempla:

- Crear locales de transición exterior-interior que a la vez permitan vincular los módulos entre sí, incorporar superficie cubierta útil y contribuir al acondicionamiento higrotérmico (invernadero).

- Incorporar un ambiente de estar-comedor para personal y visitas, en el módulo actualmente destinado a garage, que a la vez sirva de nexo circulatorio entre cocina y dormitorios.

- Eliminar el precario cuarto de la radio para permitir iluminar y ventilar la cocina y liberar el patio de trabajo.

- Crear con muro (pirca) de piedra en seco el patio principal y delimitar un segundo patio apropiado para ubicación de equipos solares.

- Pasar a una segunda etapa de diseño la reubicación de garages y taller.

5.2.- ACONDICIONAMIENTO

5.2.1.- LOCALES HABITABLES

Para lograr el aporte térmico básico, se incorporan superficies colectoras-acumuladoras simulando tipo trombe, con doble vidrio sellado y lecho de piedras en contacto directo con la bóveda de chapa.

En el módulo Norte, esta solución se logró sobreponiendo el muro de piedra del basamento sobre los 2 mts. de altura, con un espesor promedio de 0,30 mts. y basamento casi vertical. Se usó aquí por un trombe modificado, sin aberturas de convección de aire al local, ya que si bien de esta manera su eficiencia disminuye en aproximadamente un 10%, la gran superficie disponible compensa el déficit y por otra parte se evita la complicación constructiva de perforar la estructura resistente.

En los módulos ubicados al Sur del anterior, se optó por incorporar los colectores-acumuladores en el techo, con el mismo criterio térmico, pero con una inclinación de vidrio distinta (40° respecto a la horizontal) y lecho de piedra de 0,30 mts. de espesor.

A efectos de disponer de masas de acumulación dentro de los locales, que permiten almacenar el calor aportado y aumentar la inercia térmica se reemplaza el actual contrapiso de hormigón pobre por un lecho de 0,30 mts. de piedra, aislado del terreno natural con un manto de piedra pómez y film de polietileno. Al mismo fin se incluyen lechos de piedra en los encuentros de bóvedas en contacto directo con la chapa.

En los sectores de techo no ocupados por colectores, se dispuso una capa de aislación térmica constituida por 35cm de piedra pómez y una cubierta hidrófuga de terminación, concreto asfáltico negro. Se completan las aislaciones con un aumento de espesor e inclusión de 5 cm de poliestireno expandido en muros de cerramiento Oeste.

2.2.- INVERNADEROS

En el extremo Este de cada módulo habitable se anexaron a la estructura sendos recintos vidriados constituyendo locales de transición con características de invernáculos, que al par mejoran la funcionalidad, corrigen la excesiva exposición de los accesos, regulan naturalmente las renovaciones de aire, aportan calor adicional a los locales principales y permitirán humidificar y oxigenar el aire interior mediante la inclusión de recipientes con agua y especies vegetales en cultivo experimental.

Se adopta aquí la misma solución de piso y aislación de techo que en los locales principales.

2.3.- SISTEMAS DE PROVISION DE AGUA

Como se ha dicho, el campamento carece de sistema de provisión de agua corriente, por lo que el proyecto incluye instalaciones de captación, colección, impulsión, reserva elevada y distribución. De éstas, se describirá aquí la correspondiente a tanques de reserva, por haber requerido una solución no convencional. Evaluados térmicamente varios diseños, se arribó a la conclusión de que solo mediante un aporte de calor se podrá evitar el congelamiento del agua en los depósitos, debido a que la misma ingresa a temperaturas muy cercanas a los 0°C. Se proyectó para ello un recinto de piedra calefaccionado mediante una placa colectora solar vertical con doble vidrio y chapa metálica, que convecta aire caliente hacia el recinto. El calor entregado se acumula en los muros de piedra y en 4 tanques de fibrocemento de 850 litros de agua (ver fig.7). Se completa la instalación con una adecuada aislación de cañerías y piezas expuestas.

VI.- ADAPTACION DE SISTEMAS SOLARES

Completando la cobertura de requerimientos de

acondicionamiento y dotación de servicios, se incluyen sistemas o equipos solares que, sea por su probada eficiencia o por ser objeto de análisis en otros trabajos, no se describirán aquí, incluyéndose solo una breve consideración sobre su finalidad y características de uso.

VI.1. CALENTAMIENTO DE AGUA

Frente a un requerimiento total estimado en 600 litros diarios de agua caliente y ante el riesgo cierto de congelamiento en colectores convencionales de cañería expuesta, se decidió adaptar aquí calentadores solares que utilicen aire como fluido de transferencia, con intercambiadores debidamente aislados, optándose por equipos ya desarrollados por esta Unidad de Investigación (1).

Se incluyen dos módulos calentadores de 6m² cada uno, adosados a las estructuras del primer y último módulo, con arranque a nivel del suelo para reducir su exposición a los vientos. El primero abastecerá a los dos baños de personal y el segundo al baño de huéspedes y cocina.

VI.2. GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA

A fin de satisfacer los requerimientos de suministro de energía, se instalará un sistema fotovoltaico de 660 Watts pico de potencia, que incluye paneles solares, controladores de cargas y bancos de baterías de 1.480 amperes por hora en 12V. El sistema se divide en dos módulos: uno que alimenta el equipo de radio y una instalación mínima de iluminación de emergencia y el segundo que provee la iluminación completa y alimenta a la bomba de agua.

A título experimental se instaló en el campamento un equipo reducido, que permite el funcionamiento nocturno de dos tubos fluorescentes de 15 Watts, habiéndose comprobado una disponibilidad de energía superior en aproximadamente 20% a la normal en el valle central de Catamarca.

VI.3. DESTILACION DE AGUA

Aunque el agua de consumo disponible se halla dentro de los límites de potabilidad, la presencia de carbonatos en proporción superior a la habitual ocasiona algunos trastornos orgánicos al personal, razón por la que se ha decidido incluir equipos destiladores a simple invernadero, del tipo de los desarrollados por esta Unidad de Investigación (2) adaptados para las bajas temperaturas del lugar mediante adecuada aislación nocturna. Su resolución definitiva está supeditada a una serie de ensayos que se realizarán "in situ".

VII. CALCULO TERMICO

Con el objeto de verificar si el diseño responde a los requerimientos de confort térmico formulados se utilizó un modelo matemático para simularlo numéricamente en computadora (Programa SIMEDIF-INENCO) y predecir su comportamiento térmico en el tiempo. Esto permite conocer, en función de

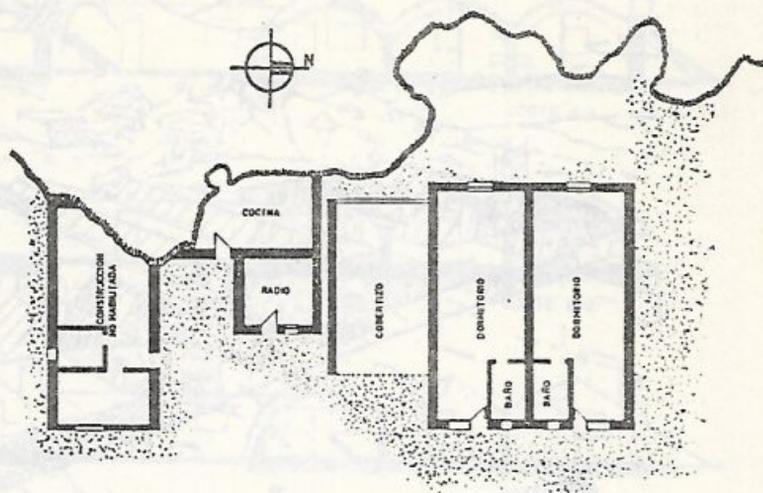
condiciones de temperatura ambiente y radiación prefijadas y dado un número de renovaciones de aire por hora, la variación horaria de temperatura en los locales habitables, calculado para un lapso de tiempo tal que permita inferir la entada en régimen del sistema.

En el presente caso se trabajó con parámetros de temperatura ambiente fijados en 15°C de máxima y -15°C de mínima y valores de radiación correspondiente al 21 de junio para la ubicación del campamento, presuponiendo una renovación total del volumen de aire de los locales por cada hora. Un primer cálculo realizado en base a prediseños, permitió comprobar una buena reputación de la solución adoptada, pero con una excesiva amplitud en la variación diaria de las temperaturas interiores (10°C) y un progresivo incremento de las mismas, superando los parámetros de confort. Se procedió entonces a un ajuste de diseño, decidiéndose la incorporación de mayor masa de acumulación por incremento del volumen de los lechos de piedra, de manera de aumentar la inercia térmica. Con ello se logró un mejor comportamiento en lo que respecta a la inercia térmica, con variaciones de temperatura del orden de los 5°C, pero superando aún los valores de confort, razón por la cual en próximos ajustes se considerará una reducción en las superficies de colección.

REFERENCIAS

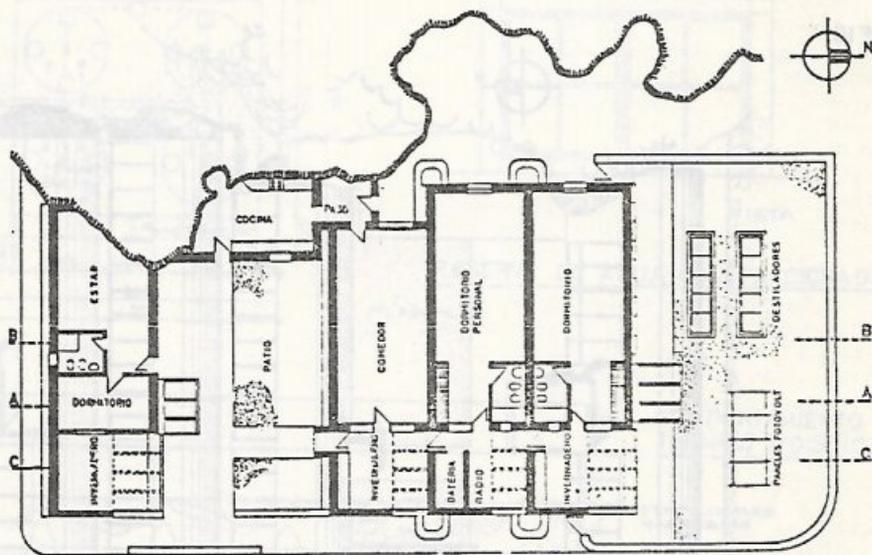
- (1) Uso de Intercambiadores compactos aire-aire en calentadores solares de agua. 9na. Reunión de Trabajo de ASADES, San Juan 1984. C. Ahumada, A. Iriarte y A. Amaya. INENCO-Unidad de Investigación Catamarca. L. Saravia, INENCO UNSa.
- (2) Destiladores Solares Unifamiliares para Territorios Catamarca: Diseño y Ensayos preliminares. 10ma. Reunión de Trabajo de ASADES, Neuquén 1985. A. Iriarte, I. Golomb, J. Sequi, S. B. de Biagi, R. Vargas y A. Sanz. INENCO-Unidad de Investigación Catamarca. M. Paviotti y M. S. de Rodríguez. Obras Sanitarias Catamarca.

FIG. 1



PLANTA ACTUAL

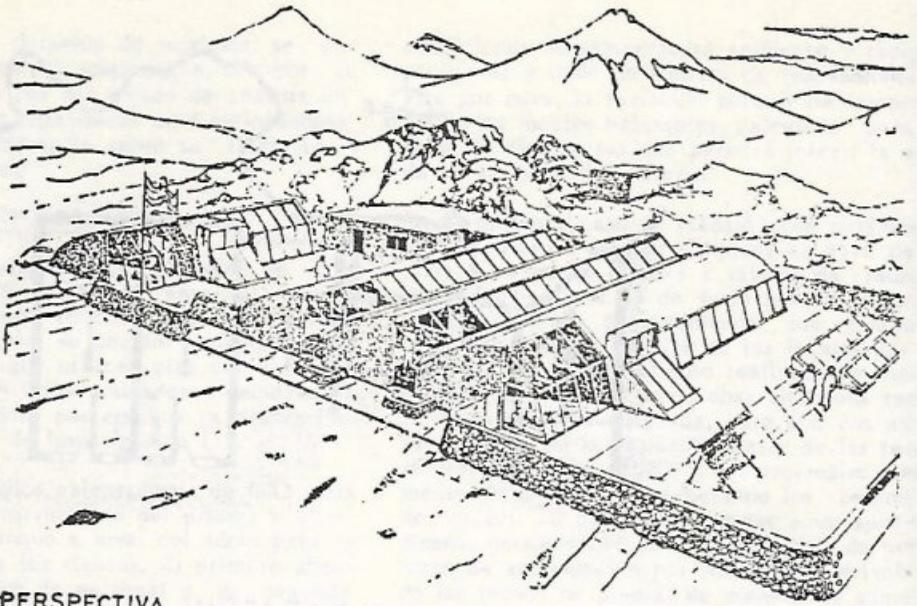
FIG. 2



PLANTA PROPUESTA

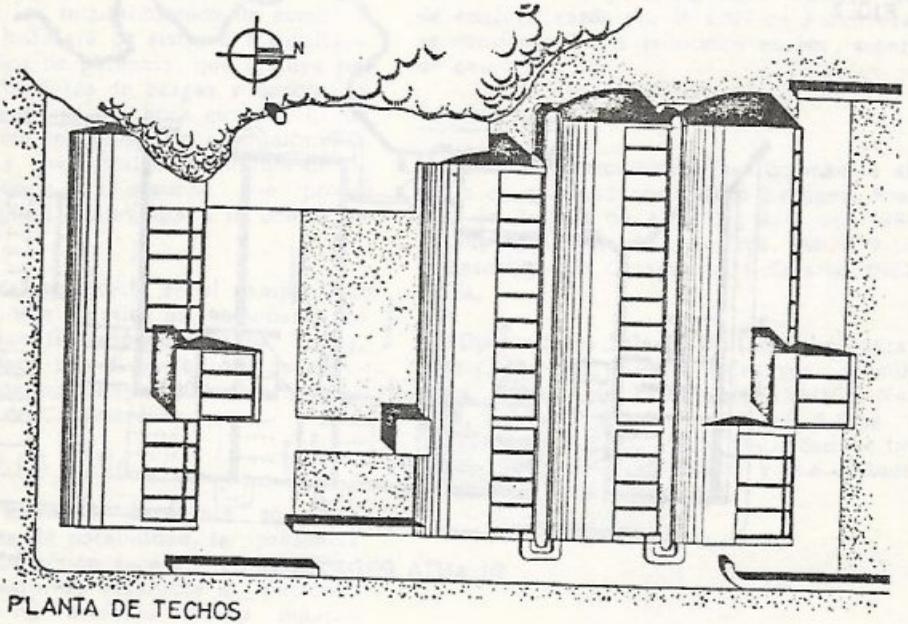


FIG.3



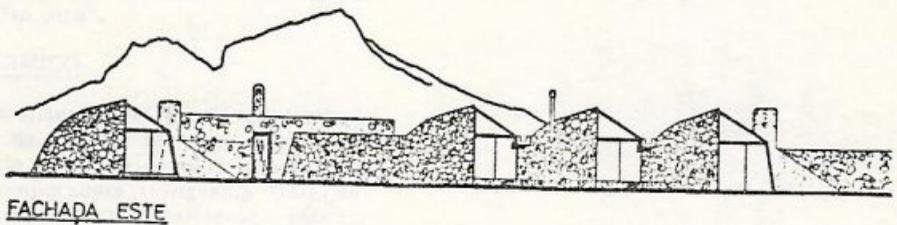
PERSPECTIVA

FIG.4



PLANTA DE TECHOS

FIG.5



FACHADA ESTE

FIG. 6

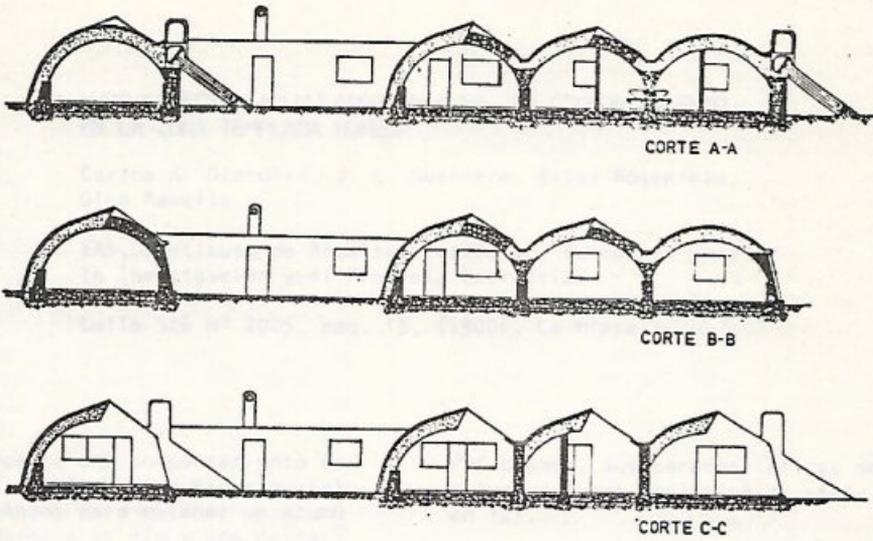
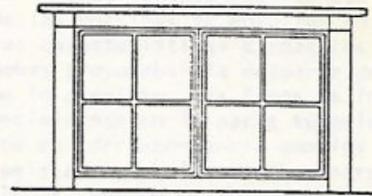
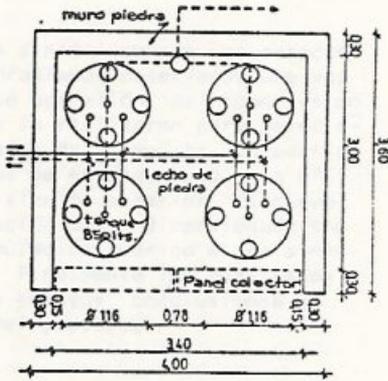


FIG. 7



VISTA

RESERVA DE AGUA CALEFACCIONADA

PLANTA

FIG. 8 T^oC

