

DISEÑO PARA REFRESCAMIENTO DE VIVIENDA FONAVI (PROTOTIPO COMPACTO)

ARQ. ARTURO F. BUIGUES NOLLENS #
ING. DOMINGO HECTOR PONTORIERO #
ING. GRACIELA CHIAPPERO DE BUIGUES #
ING. MANUEL ANGEL SANCHEZ #*

AREA DE ENERGIA SOLAR DEL INSTITUTO DE MECANICA APLICADA
FACULTAD DE INGENIERIA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN
AVDA. LIBERTADOR GRAL. SAN MARTIN 1109 OESTE
5400 - SAN JUAN

RESUMEN

Para la vivienda económica compacta de la operadora FONAVI se ha diseñado un sistema de refrescamiento pasivo, solicitado para integrar un programa de investigación de vivienda encarado en la FACULTAD DE INGENIERIA. Dado que en este programa se había finalizado la etapa de proyecto, la propuesta de refrescamiento busca complementarse en lo posible con las condiciones iniciales del programa.

Las unidades habitacionales (de planta baja y apareadas) serán construídas en un terreno ubicado en las cercanías de la ciudad de San Juan; siendo las características de su clima en verano:

Temperatura:

Máximas absolutas 46.3°C (enero)

Temperaturas	NOV.	DIC.	ENERO	FEB.
Máximas medias	30.0°C	32.4°C	33.4°C	32.2°C
Mínimas medias	13.5°C	16.4°C	17.7°C	16.7°C

Humedad relativa: 50%

Radiación solar promedio: 625 Watt/m²

Promedio anual de cielo cubierto: 36 días

Promedio anual de precipitaciones: 96 mm.

Dirección predominante de vientos: Sur y Sudeste

Características: Fresco y con algo de humedad
Velocidad de 14 Km/h dentro de un promedio anual de 4 a 7 Km/h

GENERACION DE REQUERIMIENTOS

La generación de los requerimientos para la propuesta surge de la adecuación al programa iniciado y del análisis conjunto del comportamiento funcional de la vivienda; la calidad del aire de ventilación y renovación; la conservación de energía en función de las estrategias planteadas originalmente y la necesidad de obtener temperatura de confort interior para la situación de verano mediante el refrescamiento.

CALIDAD DEL AIRE DE VENTILACION: (Planteo original Fig. 1 A, B, C)

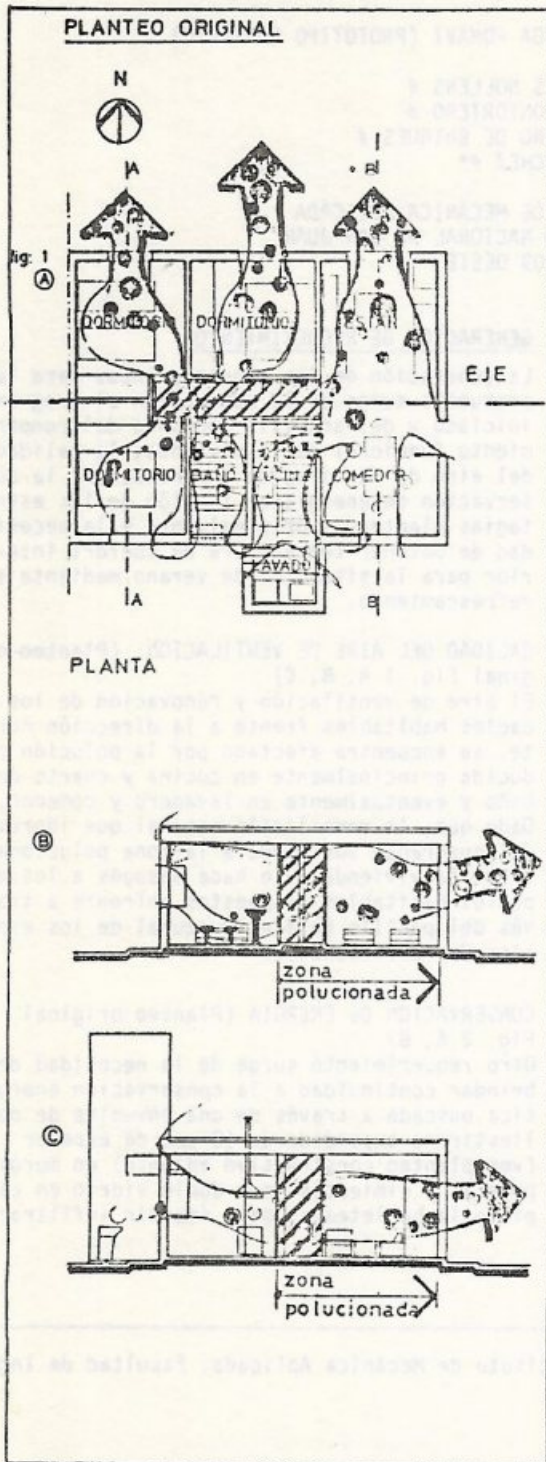
El aire de ventilación y renovación de los espacios habitables frente a la dirección norte, se encuentra afectado por la polución producida principalmente en cocina y cuarto de baño y eventualmente en lavadero y comedor. Dado que, la ventilación natural que ingresa del cuadrante sur sirve a la zona polucionante de la vivienda y lo hace después a los espacios habitables dispuestos enfrente a través del pasillo (eje estructural de los espacios de la vivienda).

CONSERVACION DE ENERGIA (Planteo original Fig. 2 A, B)

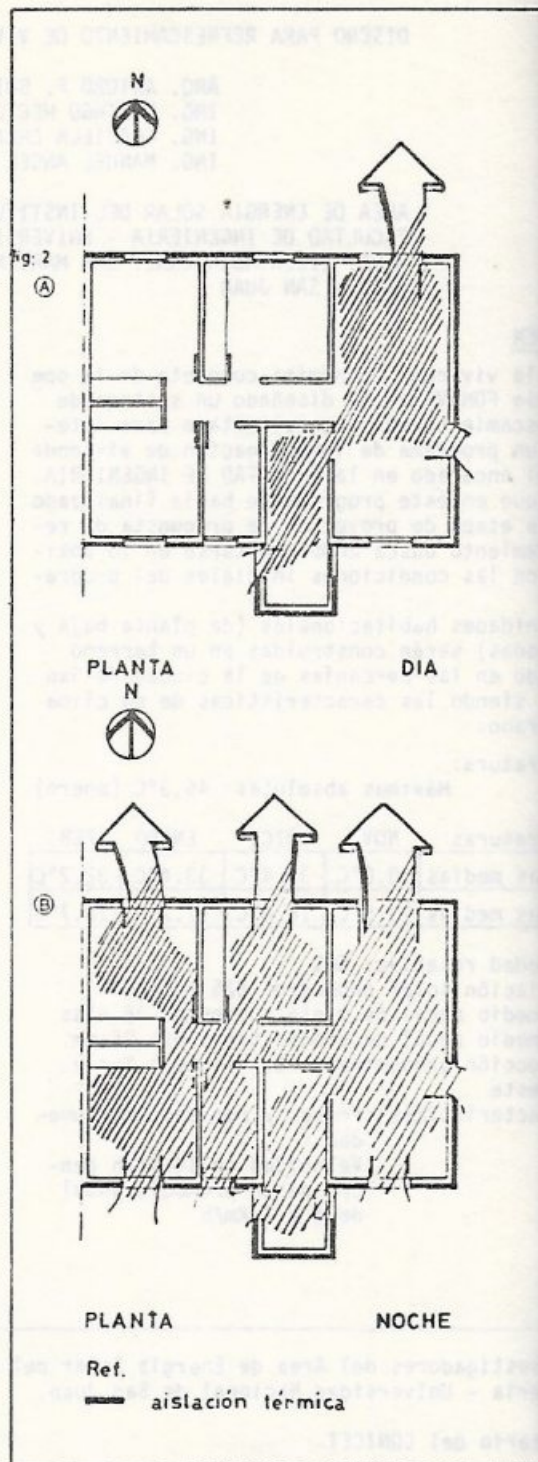
Otro requerimiento surge de la necesidad de brindar continuidad a la conservación energética buscada a través de una envuelta de poliestireno expandido de 10 cm. de espesor (ver planteo constructivo adjunto) en muros, puertas y cimientos, con doble vidrio en carpintería burleteadas para impedir infiltración.

Investigadores del Area de Energía Solar del Instituto de Mecánica Aplicada. Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de San Juan.

Becario del CONICET



ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE VENTILACION



ANALISIS DE CONSERVACION TERMICA

... y postigones de P.V.C. Dado que en la zona de estar comedor, las perturbaciones exteriores se incrementarán por renovaciones no deseadas e infiltraciones por aperturas de puertas diurnas (en verano y eventualmente en invierno según modos de vida de la población) tanto en cocina como de estar-comer.

PLANTEO PROPUESTO:

- A la planta primitiva se le adicionan en sus accesos (principal y de servicio) puertas trampas para brindar una continuidad más eficaz a la conservación buscada.
- Se coloca un cielorraso suspendido en pasillo y división virtual de estar-comer, buscándose favorecer tanto la ventilación directa desde el exterior de los espacios habitables orientados al sur, como también introducir a través del descenso del cielorraso aire fresco y limpio en los espacios habitables orientados al norte.
- Se agrega a esto el sistema de refrescamiento natural, aprovechando la frecuencia de vientos frescos y con algo de humedad, provenientes del cuadrante sur, mediante la generación de un conducto extendido sobre cubierta de techo. Para ello se coloca una chapa de aluminio reflejante (perfil panel autoportante AUL1 - Trafitubo) pintado de color blanco con bióxido de Titanio, de mayor emisividad en el infrarrojo, orientados al sur (ver planteo propuesto). Se favorece así el enfriamiento del aire exterior nocturno por la alta emisividad por radiación de onda larga al cielo (más frío) el que penetrará luego al interior de los espacios en forma natural, produciendo el refrescamiento de la envolvente interior (ladrillón 0.10

de esp.) que será luego conservada durante el día (envolvente exterior de poliestireno expandido de 8 y 10 cm.).

De esta manera se disminuye la temperatura media interior de cálculo a temperaturas de confort (ver comportamiento térmico - ver esquema propuesto para la circulación del aire). Las tomas de aire (de 0.18 m²) ubicadas sobre fachadas sur (dispuestas sobre dormitorio y estar) cuentan con un control de caudales de aire y de polvo (mediante filtros secos) de reglaje manual, como así también la toma central (0.27 m²) (sobre lavadero); consta además con un ventilador centrífugo axial de bajas revoluciones en su interior, como apoyo opcional del sistema ante la ausencia de viento.

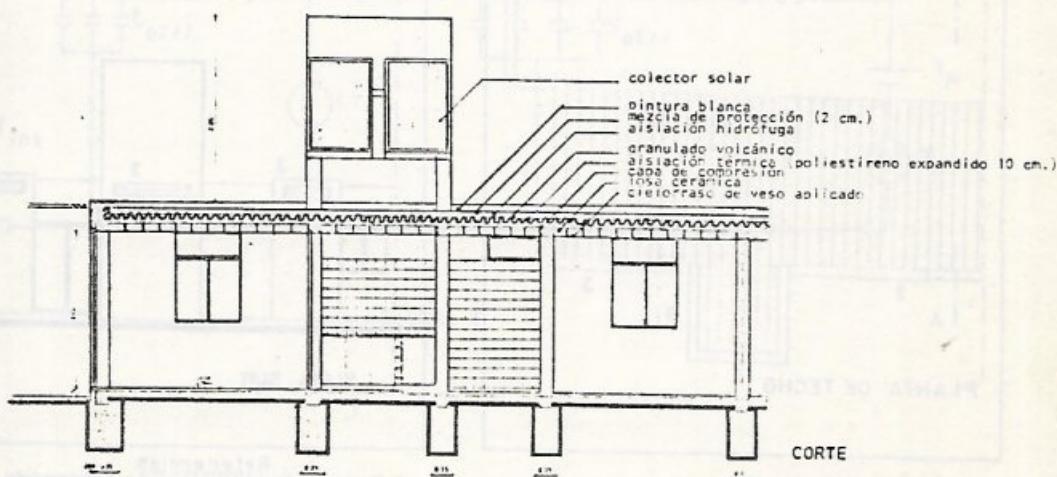
En continuidad con esta toma de aire se ha previsto en las salidas del conducto, aletas direccionales de modo que contribuyan a la repartición proporcional del aire de refrescamiento generado en el conducto y dispuestas en relación a los espacios habitables.

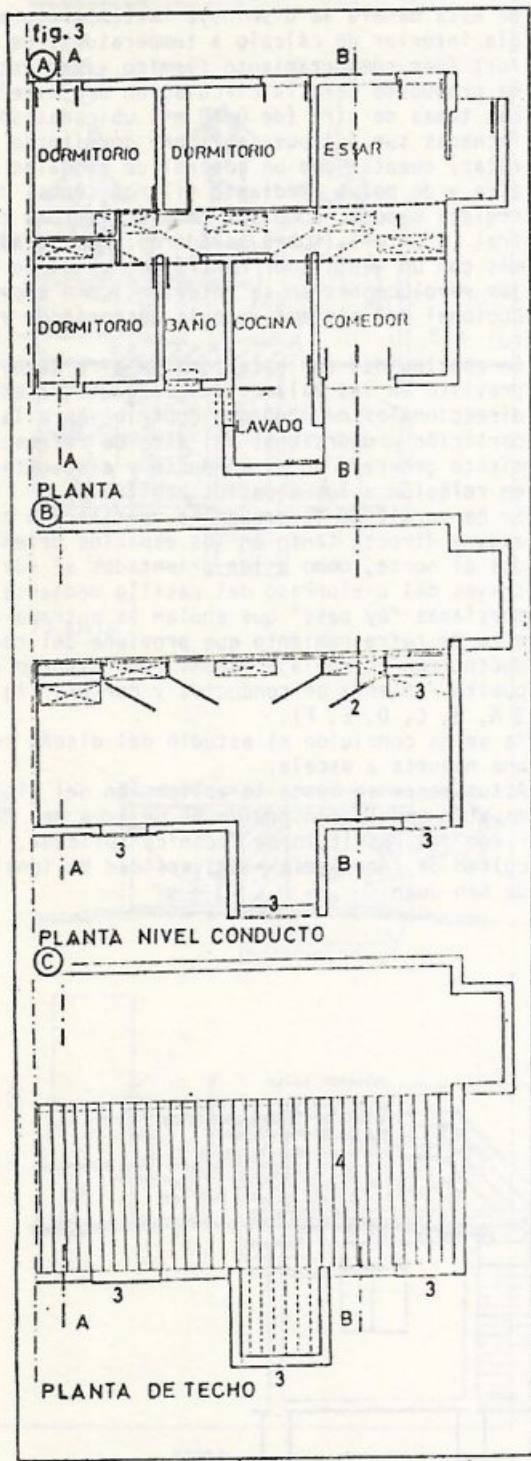
Se ha permitido favorecer la ventilación cruzada y directa tanto en los espacios orientados al norte, como a los orientados al sur a través del cielorraso del pasillo mediante persianas "by pass" que anulan la entrada del aire de refrescamiento que proviene del conducto, con un reglaje manual (ver planteo propuesto - planta de conductos y cortes, Fig. 3 A, B, C, D, E, F).

Ya se ha concluido el estudio del diseño con una maqueta a escala.

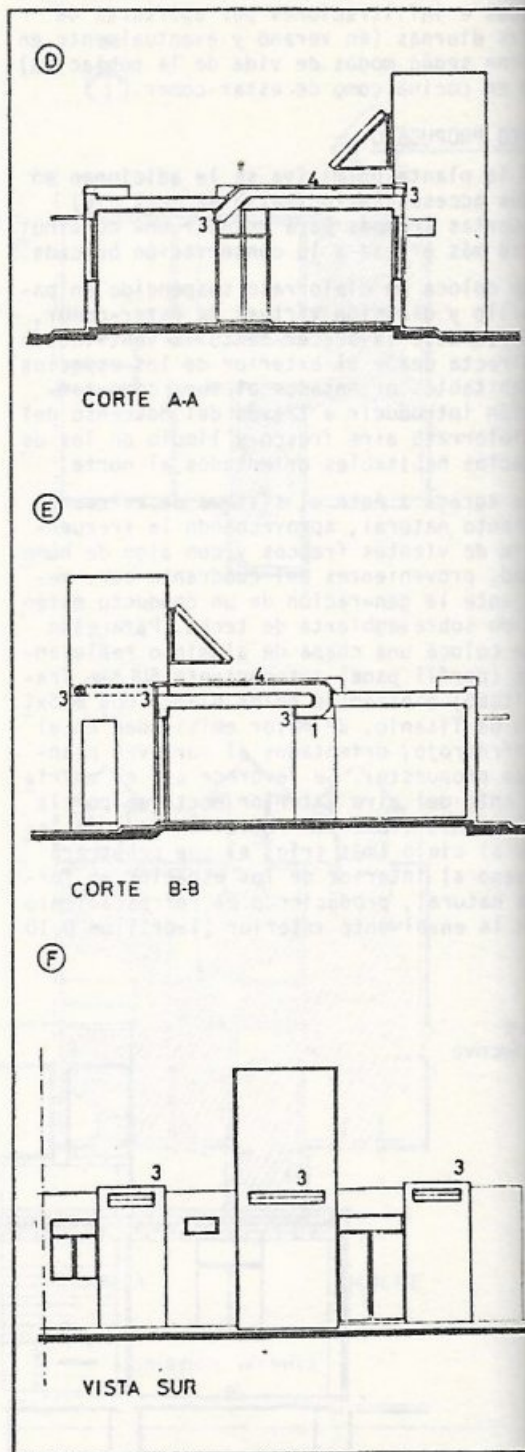
Actualmente se busca la aplicación del sistema a un módulo construido en un área del terreno del Instituto de Mecánica Aplicada, Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de San Juan.

PLANTEO CONSTRUCTIVO





PLANTEO PROPUESTO



Referencias

1. Proyección de cielo raso suspendido
2. Aletas direccionales de aire de retresco
3. Tomas de aire fresco y bocas de salida
4. Superficie de enfriamiento radiante nocturno

COMPORTAMIENTO TERMICO

Los fines de analizar el comportamiento de la casa diseñada, se procedió a realizar una analogía Térmico-Eléctrica de los parámetros intervinientes. Este sistema eléctrico tiene la gran ventaja de su simplicidad de resolución. En un primer análisis se intentó considerar el funcionamiento global de la vivienda.

La analogía se establece de las siguientes equivalencias eléctricas:

- Temperatura \rightarrow Tensión- $^{\circ}\text{C}=\text{Volt}$
- Flujo de Calor \rightarrow Corriente-Kcal/seg=Amper
- Capac. Térmica \rightarrow Resistencia-Kcal/ $^{\circ}\text{C}=\text{Faradio}$
- Capac. Térmica \rightarrow Capacidad- $^{\circ}\text{C}.\text{seg}/\text{Kcal}=\text{Ohm}$

En función de estas consideraciones, se obtuvo el siguiente circuito eléctrico que simula el comportamiento eléctrico global, el comportamiento térmico de la vivienda (Fig. 4), donde cada uno de los parámetros y variables representan:

- T_{int} : Temperatura en el interior de la casa (uniforme)
- T_x : Temperatura media exterior como promedio de los valores medios de la época de los meses de verano = 29.8°C
- T_y : Variación de la temperatura exterior entre los promedios de las máximas y las mínimas de esa época de verano = $T_x \cdot \text{sen}(\omega.T)$; siendo $T_x = 8^{\circ}\text{C}$
- T_{ext} : Temperatura exterior, siendo $T_{ext} = T_M + T_y$

I : Flujo de calor de entrada y salida de la casa, producida por el refrescamiento nocturno, radiación, infiltraciones, etc. = $0.616111 \text{ Kcal/seg}$

R_{in} : Resistencia térmica del aire interior de la casa = $5.6 \text{ seg } ^{\circ}\text{C}/\text{Kcal}$

R_{ex} : Resistencia térmica del aire exterior de la casa = $1.47 \text{ seg } ^{\circ}\text{C}/\text{Kcal}$

$R_{p1/i}$: Resistencia térmica de una sección i de los muros, puertas, ventanas y techo. Considerando dichos elementos divididos en i partes iguales = $29.88 \text{ seg } ^{\circ}\text{C}/\text{Kcal}$

$R_{p2/i}$: Resistencia térmica de una sección i de los muros y puertas interiores = $16.2 \text{ seg } ^{\circ}\text{C}/\text{Kcal}$

$C_{p1/i}$: Capacidad térmica de una sección i de los muros, puertas, ventanas y techo = $19.435 \text{ Kcal}/^{\circ}\text{C}$

$C_{p2/i}$: Capacidad térmica de una sección i de los muros, puertas, ventanas y techo = $9.707 \text{ Kcal}/^{\circ}\text{C}$

i : Número de secciones iguales en que se pueden dividir los muros, puertas y ventanas

T : Período de variación de la temperatura exterior = 24 horas

ω : Frecuencia angular

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 0.26179938333 \text{ 1/hora}$$

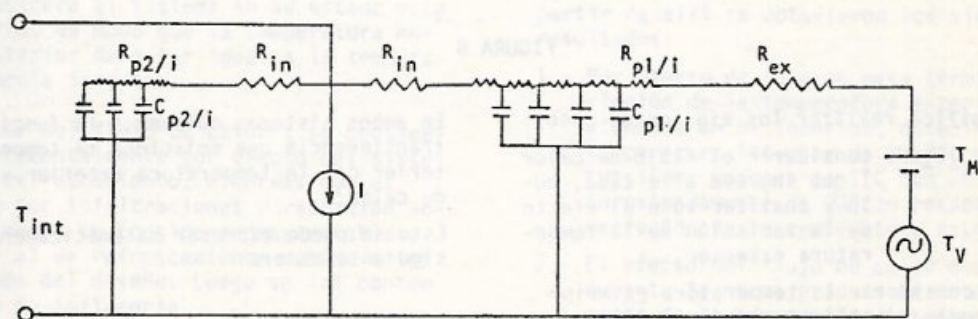


FIGURA 4

Para resolver este circuito, se procedió a realizar algunas simplificaciones en sus elementos, teniendo presente que esto nos conducirá a que el sistema no se ajuste en forma real al modelo térmico, pero que nos dará una idea muy cercana de su Comportamiento. A partir de este primer modelo se procederá luego

a considerar los distintos efectos que se aproximan cada vez más al sistema real. Esta primera simplificación consiste en considerar los parámetros concentrados de los muros, puertas, ventanas, techos, de modo que el circuito de la Figura 5

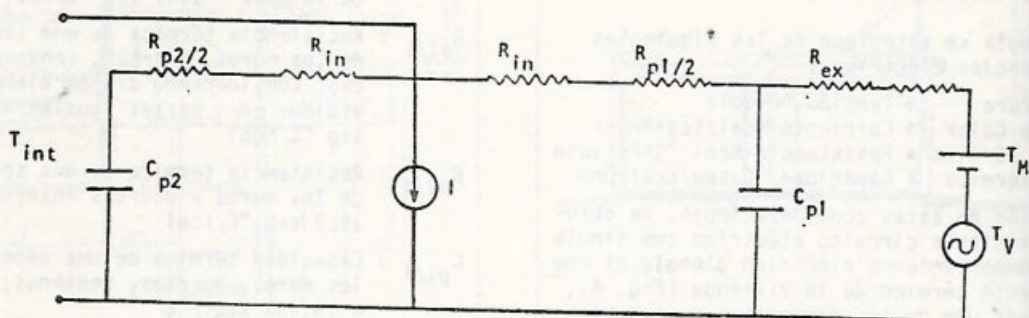


FIGURA 5

En este circuito consideramos la superposición de efectos, graficado en su diagrama de Control sería:

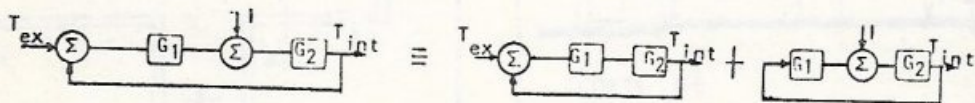


FIGURA 6

Esto significa realizar los siguientes pasos:

En primer lugar: considerar el flujo de calor I que ingresa a la casa, nulo y analizar sólo el efecto de la variación de la temperatura exterior,

y luego: considerar la temperatura exterior nula y analizar el efecto de flujo de calor I .

En ambos sistemas obtenemos la función de transferencia que relaciona la temperatura exterior con la temperatura interior y el flujo de calor:

Esto se puede expresar matemáticamente de siguiente manera:

$$T_{int} = \left[\frac{1 + D(R_3 C_{p2})}{1 + D(C_{p1}R_1 + C_{p2}R_2 + C_{p2}R_2 + C_{p2}R_3) + D^2(C_{p1}C_{p2}R_1R_2 + C_{p1}C_{p2}R_1R_3)} \right] \times T_{ex} +$$

$$+ \left[\frac{(R_1 + R_2) + D(R_1R_3C_{p2} + R_3R_2C_{p2} + R_1R_2C_{p1}) + D^2(R_1R_2R_3C_{p1}C_{p2})}{1 + D(C_{p2}R_3 + R_1C_{p2} + R_1C_{p1} + R_2C_{p2}) + D^2(R_1R_2C_{p1}C_{p2} + R_1R_3C_{p1}C_{p2})} \right] \times I$$

donde:

$D = \frac{d}{dt}$; operador derivación

$$y \quad R_1 = R_{p1/2} + R_{ex}$$

$$R_2 = R_{in} + R_{p1/2}$$

$$R_3 = R_{in} + R_{p2/2}$$

Para ser necesario realizar las siguientes suposiciones:

- La temperatura exterior tiene una variación senoidal con un período de 24 horas, suposiciones que están muy cerca de la realidad según la forma $T_{ex} = T_M \text{ sen } \omega T$
- La temperatura interior también posee una variación senoidal, según una forma general $T_{int} = N \text{ cos } \omega T + M \text{ sen } \omega T$
- Se considera el sistema en su estado estacionario, de modo que la temperatura media exterior debe ser igual a la temperatura media interior.
- El valor del flujo de calor I se considera fundamentalmente por efecto del sistema de refrescamiento, mientras que el aporte por infiltraciones y radiación solar directa se considera despreciable frente al de refrescamiento debido a los cuidados del diseño. Luego se irá contemplando su influencia.
- El aporte suministrado por el sistema de refrescamiento que significa una cantidad de Calor I (calor que se sustrae del sistema) se considera que sigue una ley senoidal con un valor medio negativo, ya que el sistema de refrescamiento no actúa de día (semiciclo negativo).

Luego se irán considerando los demás factores para aproximar el modelo a la realidad, por el momento, a los fines de tener una primera aproximación global del sistema, consideramos las suposiciones ya mencionadas:

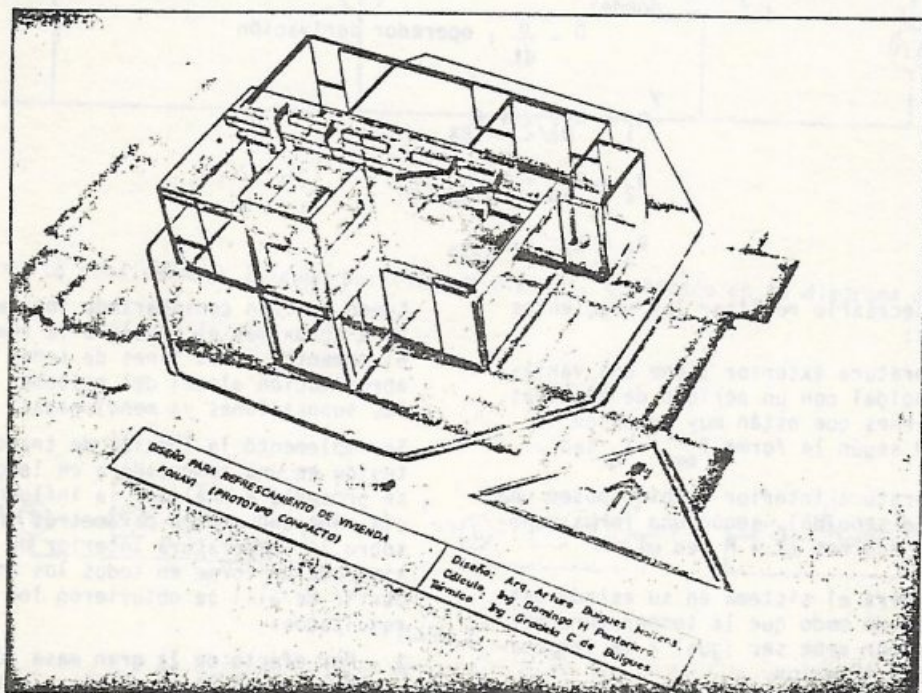
Se implementó la función de transferencia obtenida en una computadora en lenguaje Basic y se procedió a analizar la influencia que ejercía cada uno de los parámetros intervinientes sobre la temperatura interior de la casa (considerada uniforme en todos los ambientes) y a partir de allí se obtuvieron los siguientes resultados:

- 1 - Por efecto de la gran masa térmica, la variación de la temperatura exterior se ve atenuada en el interior, obteniéndose una temperatura interior de 29.8°C con fluctuaciones menores de 1°C con un desfase aproximadamente de 90° con respecto a la variación de la temperatura exterior.
- 2 - El efecto del flujo de calor que ingresa durante la noche produce un notable descenso de la temperatura interior; para el caso del área de chapa del sistema propuesto, esta temperatura puede llegar a descender aproximadamente 5°C por debajo de la temperatura media, es decir, alcanza una temperatura de 24°C que irá aumentando durante el día, pero se conservará en gran medida debido a la gran masa térmica del sistema.

Como se observa en las conclusiones, estos valores son muy generales y pueden tener alguna diferencia con la realidad, actualmente se está profundizando en el modelo tratando de ajustarlo lo más posible con la realidad; como así también se busca realizar las mediciones prácticas de un sistema real que permitirá en definitiva perfeccionar dicho modelo, para luego utilizarlo como herramienta válida

de trabajo.

Se han obtenido valores horarios generales función a las primeras consideraciones, da nos una idea de la variación general de la temperatura interior, que se incluirán más adelante cuando los resultados tengan todos los elementos intervinientes y el modelo perfeccionado.



MAQUETA A ESCALA