

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA LIMA-PERU

FACULTAD DE ARQUITECTURA URBANISMO Y ARTES

**CLIMA Y VIVIENDA
EN EL CUZCO**

HUMBERTO SIFUENTES DEL AGUILA

DIRECTOR DE TESIS:
ARQ. MARIO SEGAMI SALAZAR.

1987

CONTENIDO

	Pág.
Introducción	
I.- Presentación del Problema	1
I.1. Antecedentes, Ubicación y Descripción del Conjunto Habitacional	1
I.2. Consideraciones Preliminares	4
I.3. Evaluación Climática	6
I.4. Evaluación Bioclimática	13
I.4.1. Gráfico Bioclimático y Gráfico de Necesidades Bioclimáticas	13
I.4.2. Orientación Optima	19
I.4.3. Conclusiones	23
II.- Recomendaciones de Diseño Bioclimático	24
II.1. Requerimientos Generales	24
II.2. Recomendaciones a Nivel Urbano	24
II.3. Recomendaciones a Nivel Arquitectónico	25
II.4. Elementos de los Edificios	26
III.- Evaluación Térmica de los Proyectos	29
III.1. Evaluación Térmica Diseño Original, Viv. Tipo A	29
III.2. Evaluación Térmica Diseño Original, Viv. Tipo B	36
III.3. Diseño Bioclimático Propuesto	41
III.4. Evaluación Térmica Diseño Propuesto I, Viv. Tipo A	48
III.5. Evaluación Térmica Diseño Propuesto I, Viv. Tipo B	51
III.6. Evaluación Térmica Diseño Propuesto II, Viv. Tipo A	53
III.7. Evaluación Térmica Diseño Propuesto II, Viv. Tipo B	55
IV.- Comportamiento Térmico Diario de los Proyectos	56
IV.1. Vivienda Tipo A: Proyecto Original, Proyecto Propuesto I y II	56
IV.2. Vivienda Tipo B: Proyecto Original, Proyecto Propuesto I y II	57
IV.3. Costos de Calefacción Eléctrica	58
V.- Conclusiones Finales	59

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA

	Pág.
Anexos	
Apéndice 1: Comportamiento Térmico de la Edificación	1A
Apéndice 2: Radiación Solar en Planos Verticales	29A
Apéndice 3: Pérdida de Calor por Infiltración y Pérdida de Calor por Sobrecimiento	33A
Apéndice 4: Características Radiantes de Superficies	34A
Apéndice 5: Características Térmicas de Diversos Materiales en la Edificación	36A
Apéndice 6: Cálculo de los Coeficientes Globales de Transmisión	39A

Bibliografía General

R E S U M E N

El presente trabajo tiene como objetivo mejorar termicamente el confort de una vivienda por medio tan solo de simples innovaciones en el diseño que toman en cuenta las peculiaridades del clima local .

La vivienda elegida se ubica en la ciudad del Cuzco; región que por poseer una gran insolación es ideal para el desarrollo de una arquitectura solar pasiva que contrarreste las desventajas climáticas. El método de trabajo empleado comprende en el inicio una evaluación climatológica, y en base a ésta una obtención de requerimientos de diseño.

Luego se procede a la evaluación térmica de la vivienda original , que en este caso se trata de un apartamento dentro de un conjunto habitacional construido por el FONAVI en un terreno vecino al actual aeropuerto de Quispiquilla.

Finalmente, se elaboran dos propuestas de diseño que mejoran el comportamiento térmico de la vivienda pero que a su vez implican diferentes costos en su ejecución.

I.- PRESENTACION DEL PROBLEMA

I.1 Antecedentes, Ubicación y Descripción del Conjunto Habitacional.

Este proyecto de viviendas forma parte del programa habitacional a cargo del Estado, destinado a cubrir las necesidades de vivienda de la población. Está dotado de una infraestructura que comprende servicios comunales, calles peatonales y vehiculares, así como parqueaderos y áreas verdes.

Se eligió para su emplazamiento un terreno aledaño al actual aeropuerto de la ciudad, en la actual área de expansión urbana de ésta, en el distrito de Huanchac.

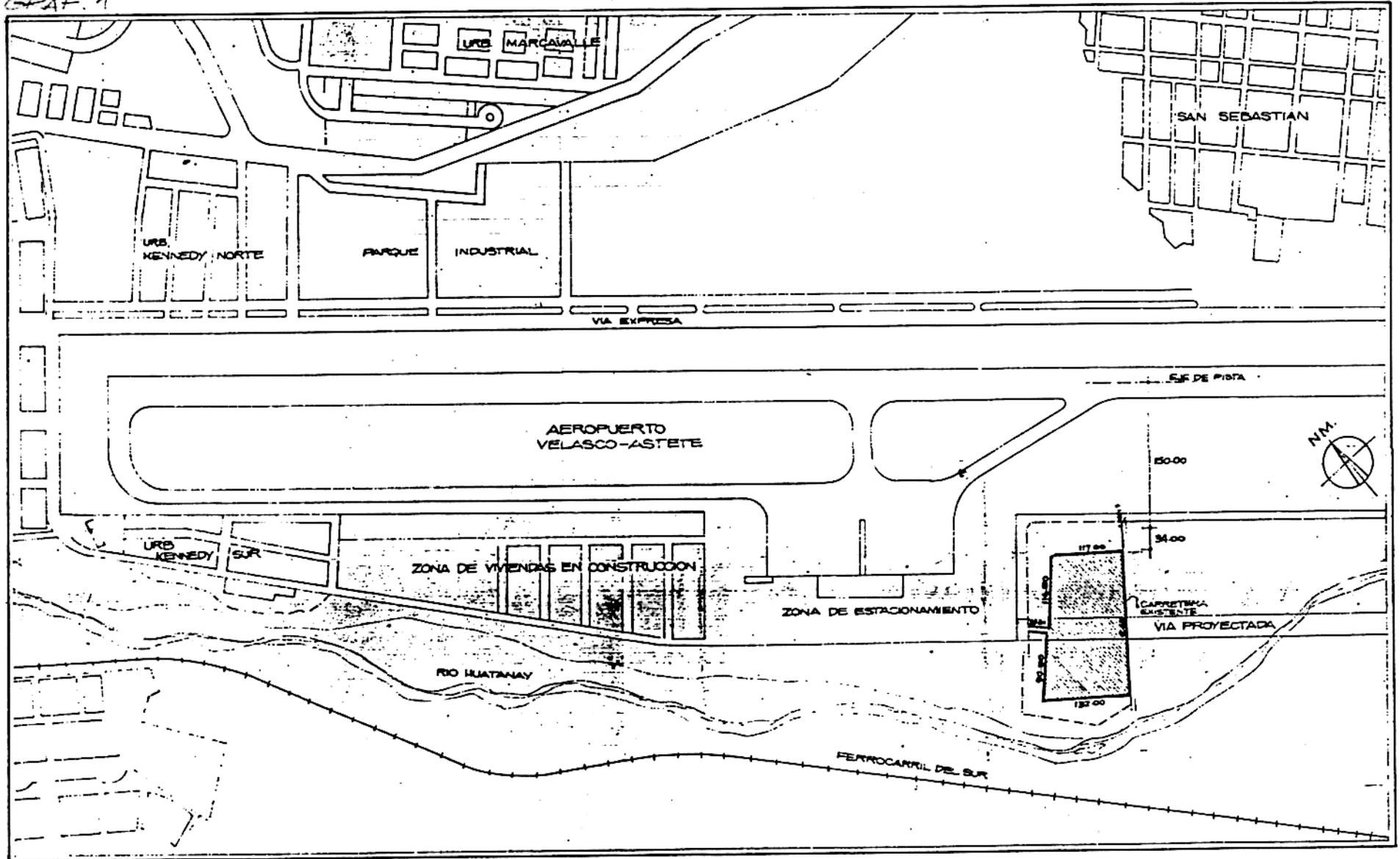
El área total del terreno comprende una extensión de 27.41 Has. y un área construída aproximada de 22,000 m² en el que están incluídas un centro escolar (C.E.I.), locales comerciales y viviendas.

Estas últimas están conformadas por dos tipos de apartamentos; unos con dos dormitorios, haciendo un total de 204 unidades y otros de tres dormitorios, haciendo un total de 90 unidades; lo que da un total general de 294 unidades de vivienda distribuídas en edificios de dos, tres y cuatro pisos.

Area construída Dptos. 2 dormitorios	=	60.0 m ²
Area construída Dptos. 3 dormitorios	=	73.0 m ²

El sistema estructural consiste en muros portantes construídos con bloquetas de concreto con agujeros, y con un ancho de 0.19 m. Los techos y pisos intermedios están constituídos por losas de concreto de 0.12 m. de espesor.

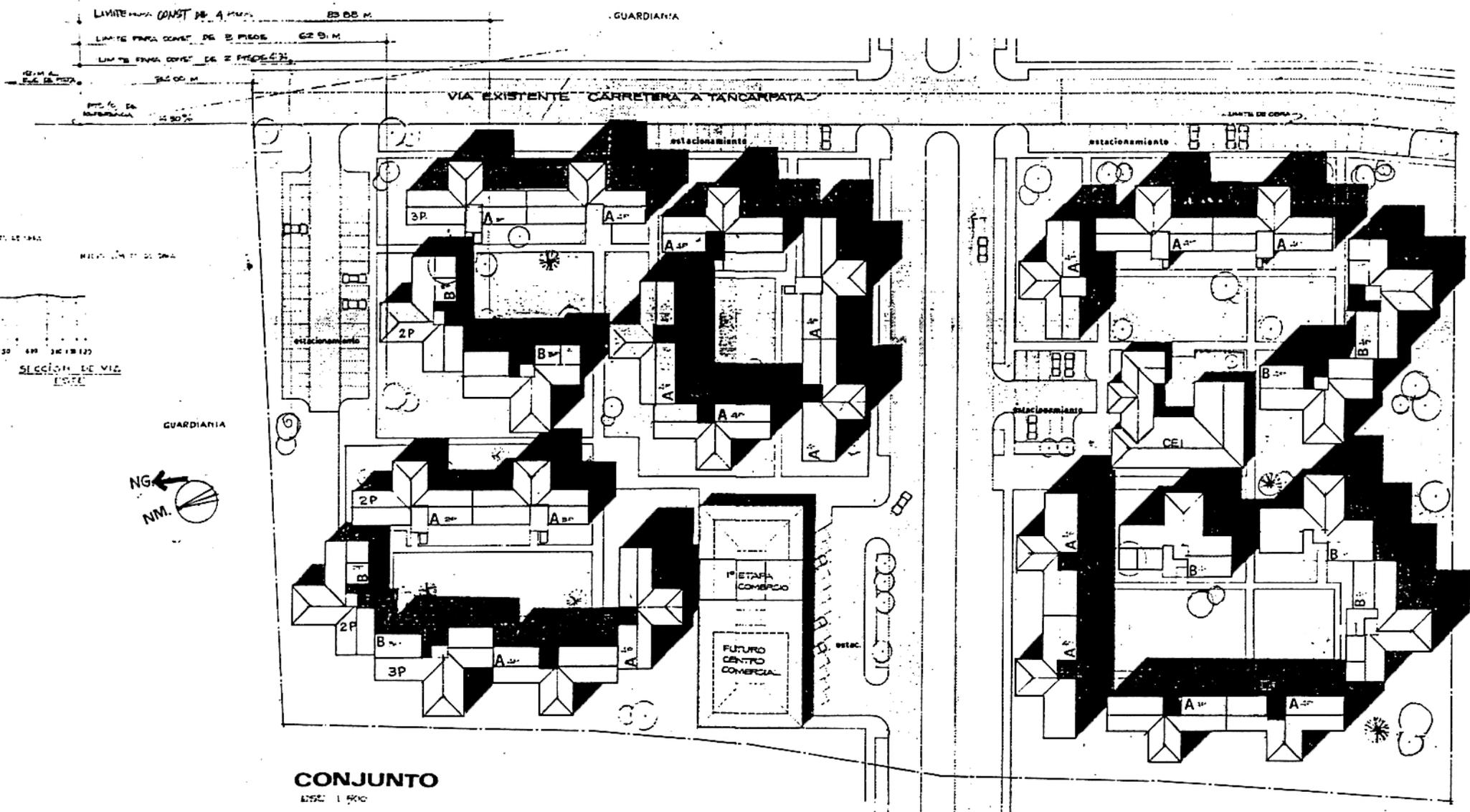
GRAF. 1



1
0
1

UBICACION

GRAF. 2



I.2 Consideraciones Preliminares

En el presente trabajo se buscará optimizar el acondicionamiento térmico de las viviendas pero, partiendo de una evaluación de las viviendas existentes y teniendo como premisas:

- Que se asegura un mayor éxito en todo proyecto bioclimático cuando los planteamientos de base adecuados han sido tomados en cuenta desde el inicio del proceso de diseño. Es por eso que en nuestro caso, a pesar que los proyectos se encuentran ya ejecutados, nuestra propuesta de mejoramiento térmico se hace a través de rediseños y no sólo de simples cambios, ya que nuestro propósito es el de desarrollar un método a través del cual puedan apreciarse claramente las mejoras obtenidas en lo que se refiere al confort de las personas, cuando se adopta una estrategia de diseño que toma en cuenta las ventajas y desventajas climáticas locales.
- Que el replanteamiento de los diseños de las viviendas, además de justificarse desde el punto de vista térmico debe cumplir también con los requerimientos de área y funcionalidad.
- Que las propuestas a plantearse no representen un incremento en los costos exagerado, con respecto a los costos originales.

El proceso comprende en primer término una evaluación climática del lugar, en base a la información meteorológica obtenida y complementada de ser posible, con observaciones hechas en vista de campo.

En seguida, relacionando este análisis con las condiciones termohigrométricas - previamente determinadas - que se consideran como confortables, se hace una evaluación bioclimática; de cuyo resultado se extrae una serie de recomendaciones de diseño.

Una vez hecho todo esto, se procede a una evaluación térmica de los proyectos originales mediante la cuantificación de los principales procesos de intercambio calorífico que se suceden en la edificación. Finalmente, se propone dos alternativas que intentan mejorar térmicamente el proyecto original: una primera, que comprende un rediseño a nivel de todo el conjunto habitacional, pues implica cambios de diseño de los edificios multifamiliares y de las viviendas que los conforman, así como una redistribución de todo los volúmenes y espacios en general en busca de una respuesta urbanística y arquitectónica con-

forman; así como una redistribución de todo los volúmenes y espacios en general en busca de una respuesta urbanística y arquitectónica consecuente con los dos elementos climáticos de mayor incidencia en la obtención del confort en este lugar, o sea el viento y la radiación solar. Y una segunda, consistente basicamente en pequeños cambios destinados a obtener mayor ganancia solar.

Todas las propuestas se acompañan de sus respectivos esquemas. Para completar el proceso de evaluación se procede a determinar el comportamiento térmico diario de todos los proyectos para varias fechas del año. Se comparan los resultados obtenidos en los dos proyectos originales (Viv. Tipo A y Viv. Tipo B) con los proyectos mejorados (Proy. Prop. I y Proy. Prop. II) y se elaboran las conclusiones y observaciones finales.

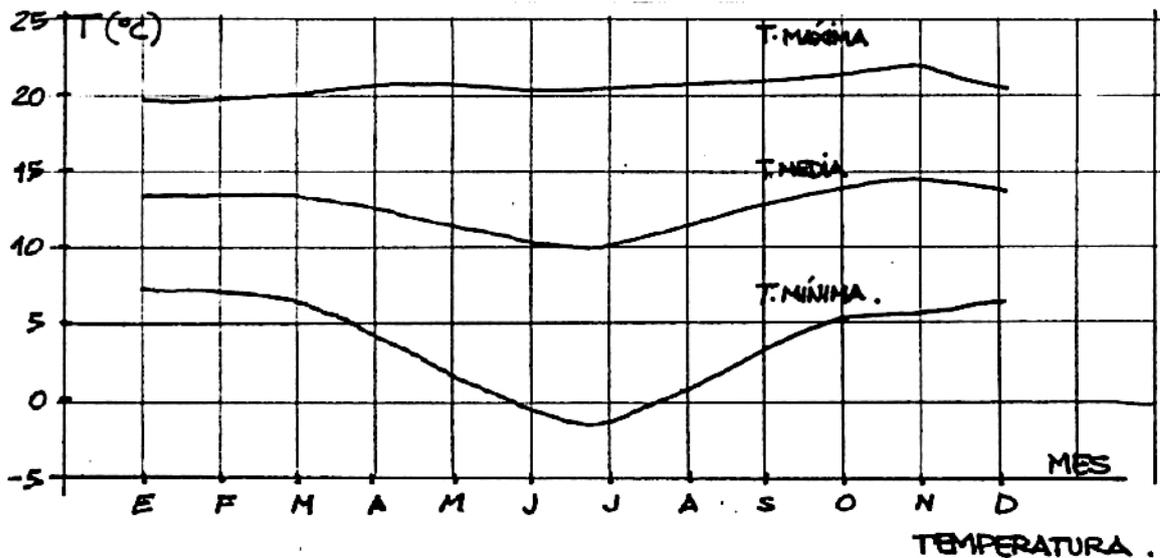
I.3 EVALUACION CLIMATICA

Se ha preferido trabajar con las estadísticas de mediciones efectuadas en la estación Kayra del SENAMHI por ser más completos que las de la estación Quispiguilla de Corpac (aeropuerto), a pesar que esta última se encuentra más próxima a la ubicación del proyecto de vivienda en estudio. Estos datos nos permitirán, sin embargo una aproximación adecuada en los cálculos a efectuar.

Estación Kayra

Latitud $13^{\circ} 32'$ Dpto. Cuzco
Longitud $71^{\circ} 58'$ Dpto. Cuzco
Altitud 3,399 m.s.n.m.

TEMPERATURA DEL AIRE



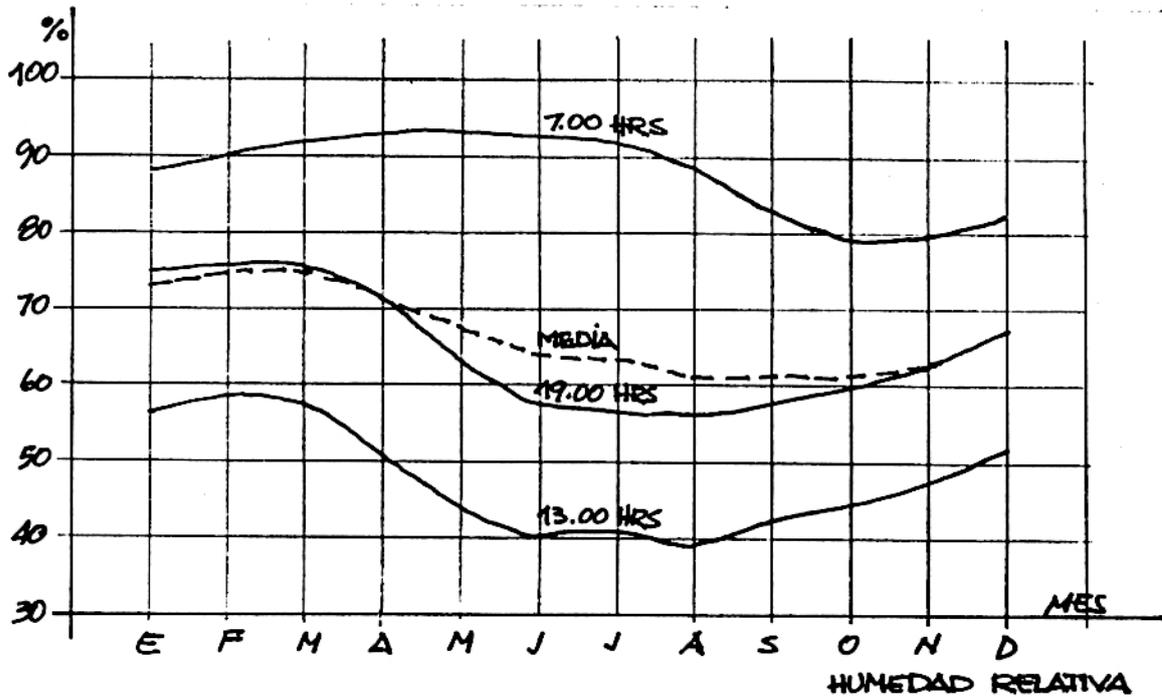
GRAF. 3

- A lo largo del año la curva de temperatura media se mantiene cerca a los 13°C , elevándose hasta 14.42°C en Noviembre (el mes más cálido) y descendiendo hasta 10.15°C en Julio (el mes más frío).
- La temperatura máxima es de alrededor de 20°C para todos los meses, en cambio la temperatura mínima varía desde 7.26°C en Febrero hasta -1.32°C en Julio, alcanzando su punto más bajo. De ésta manera se tiene que los meses más cálidos son Octubre, Noviembre y Diciembre y los más fríos Ju-

nio y Julio.

- Las fluctuaciones diarias de temperatura son muy grande. La amplitud promedio es de 15°C (en Julio es 21°C).

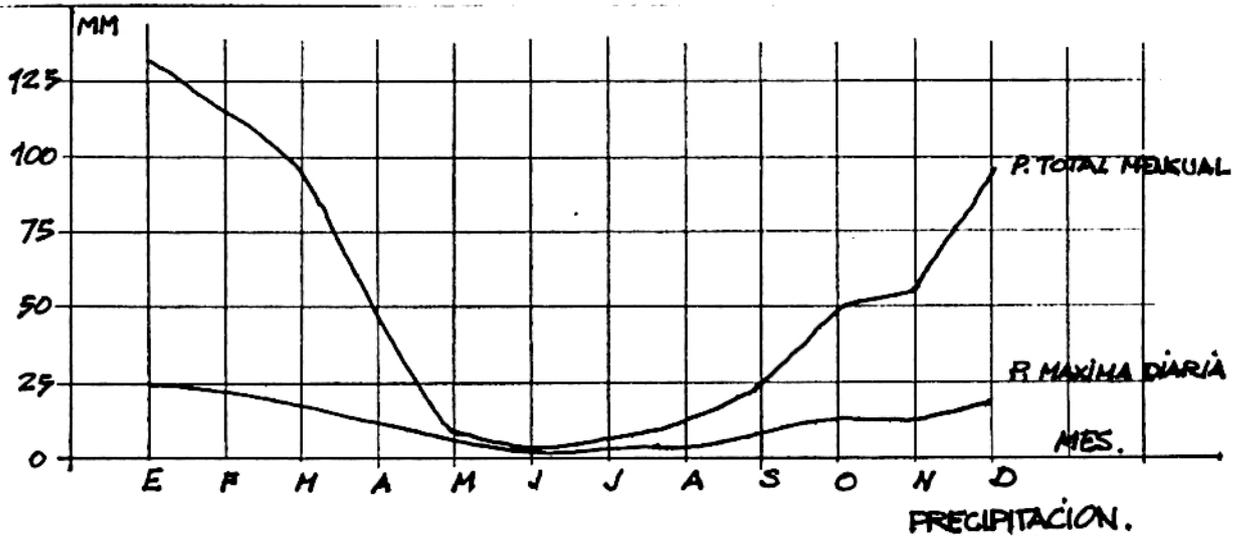
HUMEDAD RELATIVA MEDIA



GRAF 4

- La humedad relativa media promedio alcanza su más alto valor en el mes de Marzo con 75.1% , con un máximo a las 07:00 hrs. = 92.0% y la mínima a las 13:00 hrs. = 57.0%.
- La humedad relativa promedio alcanza su más bajo valor en el mes de Agosto con 61.1% , con una máxima a las 07:00 hrs. = 88.8% y una mínima a las 13:00 hrs. = 38.8%.
- Se ve pues que la mayor humedad relativa se da en las horas de la mañana disminuyendo al medio día, para volver a incrementarse al anochecer.

PRECIPITACION



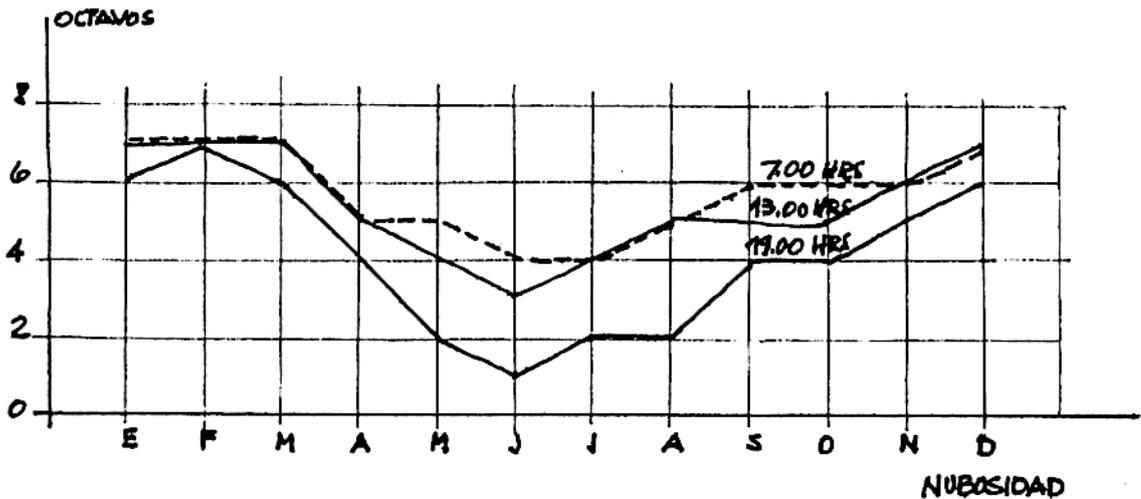
GRAF 5

El promedio anual de lluvias es de 644.8 mm.

El régimen de precipitaciones registra sus máximos en los meses de Diciembre, Enero, Febrero y Marzo con un promedio de 112 mm. y sus mínimos se dan en los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto con un promedio de 6 mm.

La máxima precipitación mensual tiene lugar en Enero con 131.5 mm. y la mínima en Junio con sólo 2 mm.

NUBOSIDAD

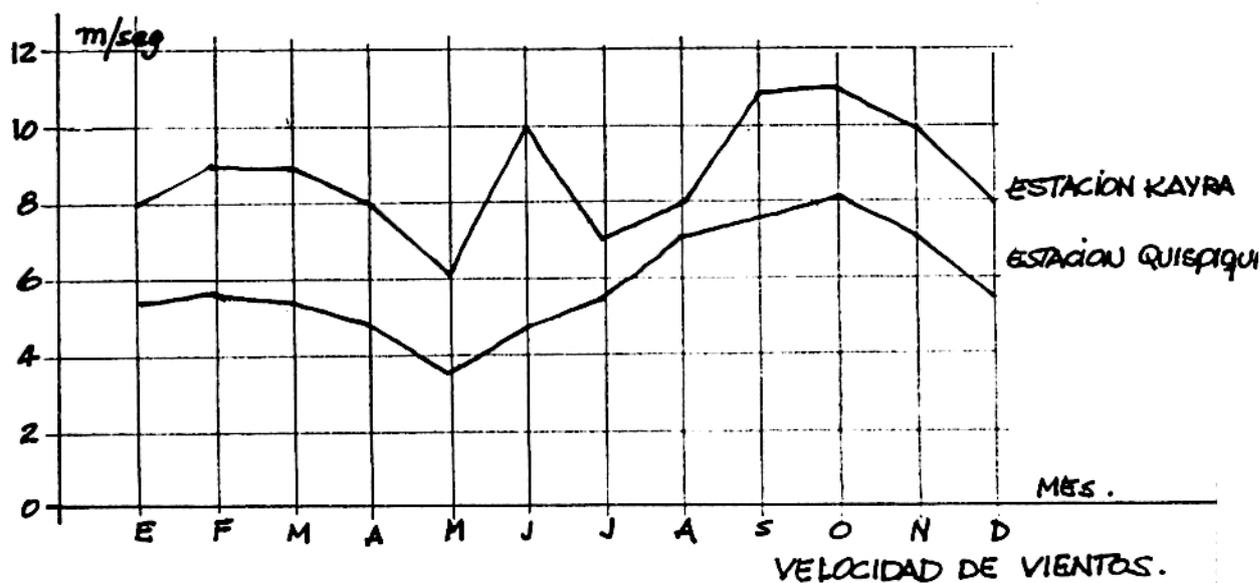


GRAF 6

La mayor nubosidad se presenta en los meses de Diciembre a Marzo (hasta 7/8) y el mínimo en Junio (con sólo 1/8). Hay una correspondencia con los meses de máximas y mínimas lluvias respectivamente.

La mayor nubosidad se presenta a las 13:00 hrs. y la menor a las 19:00 hrs.

VIENTOS



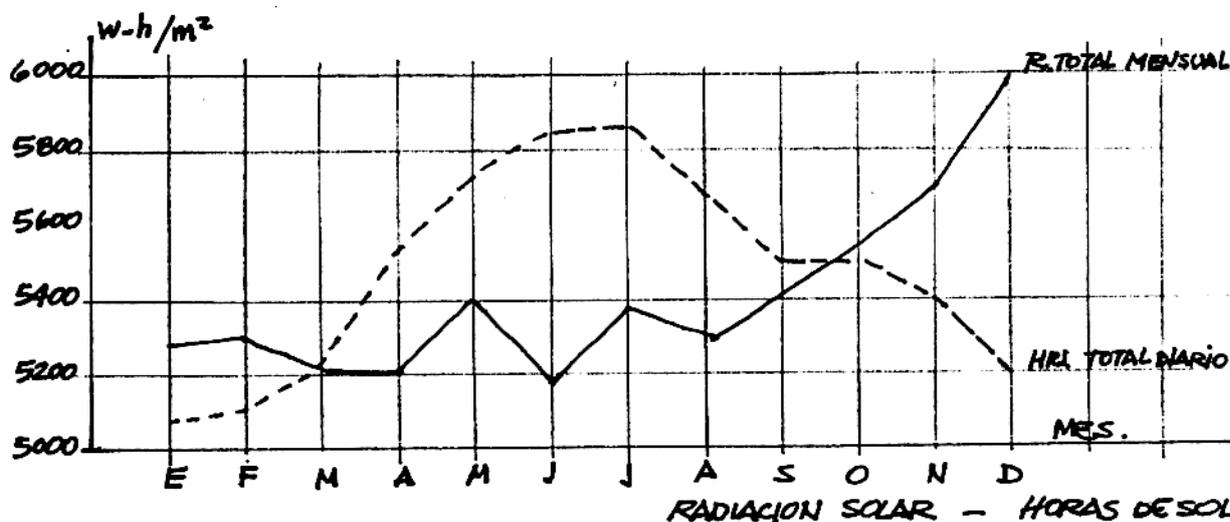
GRAF. 7

El viento constituye una fuerza climática que puede experimentar, más que otras, variaciones grandes - tanto en dirección como en magnitud - de un lugar a otro dentro de una misma región. Así se tiene una dirección predominante N-E en la estación Kayra, y NE-NO en la estación Corpac del Aeropuerto, nuestra zona específica en estudio.

En esta última las velocidades varían entre 3.48 m/seg y 8.13 m/seg.

Se observa en el cuadro resumen (Cuadro 1) que durante las horas de la mañana es escaso el movimiento del aire, aumentando éste en las tardes.

RADIACION SOLAR Y HORAS DE SOL



GRAF. 8

"Los datos se han obtenido en base a un corto período (1980 - 1982) y no han sido mediciones efectuadas por el SENAMHI, por lo que su evaluación puede no ser la más exacta." (1)

Debido a la latitud del lugar los valores de energía solar son muy altos. La alta nubosidad en los meses de verano aunada a la baja nubosidad en invierno (doble de horas de sol que en verano), permite que la radiación solar sea casi uniforme durante el año, es así que la fluctuación anual de la radiación solar no es muy significativa (817 Wh/m^2) manteniéndose alrededor de los 5403 Wh/m^2 en promedio. El máximo se da en Diciembre (5993 Wh/m^2) y el mínimo en Junio (5176 Wh/m^2).

Así, el gráfico anterior nos proporciona los valores de la radiación global (directa más difusa) sobre una superficie horizontal por unidad de área y unidad de tiempo (mediante piranómetro); por otro lado, no contamos con los valores de radiación sobre superficies verticales, como las paredes de los edificios, por ejemplo. Se pueden obtener estos valores por medio de gráficos que permiten su lectura inmediata. Se obtienen así unos ordenes de magnitud con márgenes aproximados de variación, adecuados para cálculos de balance térmico de edificaciones, en los que

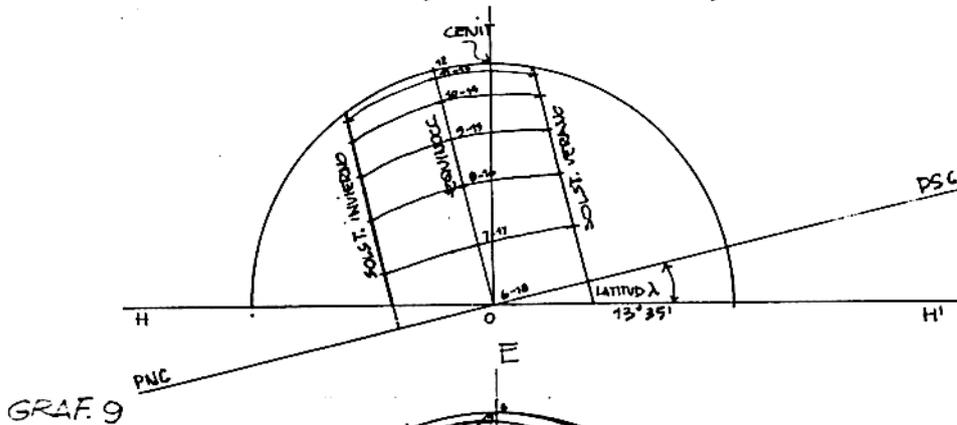
(1) Aclaración hecha en la fuente de información mencionada al inicio del capítulo.

es absurdo pretender precisiones.

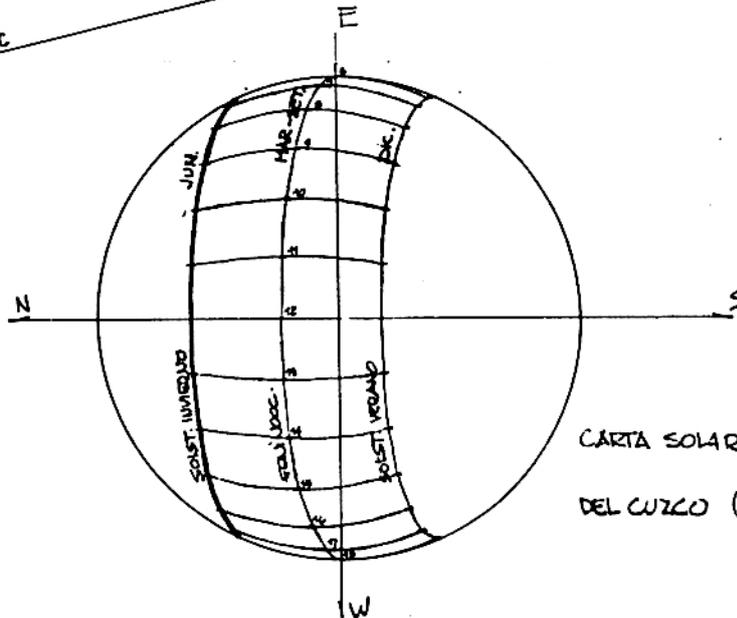
Para el presente caso nos hemos valido de unos gráficos de radiaciones solares ("Sol y Diseño" Puppo) cuyas copias se muestran más adelante. (1) Corresponden a condiciones de cielo medio y a nivel del mar, por lo que han sido afectados por un gradiente de altura, que considera que las radiaciones solares aumentan un promedio de 1% cada 200 m. , pero debido a la alta nubosidad en Diciembre, Marzo/Setiembre sólo lo tomamos en cuenta para Junio.

Radiación para cubiertas y paredes (en Wh/m² día)

Latitud 13°	Marzo/Sept. 21	Junio 21	Dic. 21
S	990	693	2420
SE - SW	2145	945	3190
E - W	3300	2655	3025
NE - NW	3190	4300	1650
N	1650	5370	880
Horiz. (2)	6050	5186	6100



GRAF. 9



GRAF. 10

CARTA SOLAR PARA LA LATITUD DEL CUZCO ($\lambda = 13^{\circ} 35' S.$)

(1) Ver apéndice 2

(2) Puede apreciarse que hay una buena aproximación a los valores obtenidos por medición meteorológica que se muestra en el Cuadro 1.

RESUMEN DE DATOS CLIMATOLÓGICOS ^{PUENTE} "VIVIENDA BIOLIMÁTICA EN EL CUZCO" JIMENEZ, GLORIA.

AÑOS	NORMA CLIMÁTICA	MESES											
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1964-1980	TEMPERATURA MÁXIMA MENSUAL °C	18.70	18.75	20.12	20.71	20.68	20.34	20.34	20.79	20.93	21.68	21.91	20.28
	TEMPERATURA MÍNIMA MENSUAL °C	7.17	7.26	6.62	4.36	1.44	-0.87	-1.32	0.63	3.79	5.54	5.89	6.55
1901-1949	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL °C	13.40	13.41	13.10	12.64	11.48	10.47	10.15	11.82	13.00	13.00	14.42	13.77
	DIFERENCIA	12.61	12.48	13.51	16.36	19.24	20.91	21.66	20.16	17.14	17.14	16.02	14.01
1964-1980	HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL %	73.10	74.50	75.10	71.00	67.00	63.20	63.40	61.00	61.40	61.10	62.90	66.90
	7:00	63.10	60.20	62.00	63.00	63.30	62.90	62.20	60.80	63.00	79.10	79.30	62.30
	13:00	65.10	58.70	57.80	60.80	43.30	39.90	41.20	38.80	42.90	44.60	47.60	51.50
	19:00	74.50	75.70	78.50	71.40	63.90	56.60	56.50	55.80	56.20	59.60	62.30	67.70
1971-1976	VIENTOS DIREC. PRED. Y VELOCIDAD MÁXIMA	NE-8	NE-9	NE-9	NE-6	SO-6	NE-10	N-7	SE-6	NE-11	NE-11	NE-10	NNR-8
	VELOCIDAD MEDIA 7:00	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0
	13:00	NE-1	C-0	C-0	C-0	NE-1	NE-1	NE-1	NE-2	NE-4	NE-4	NE-3	NE-3
	19:00	NE-1	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	NE-2	NE-2	NE-3	E-2	NE-1
1935-1968	PRESIÓN ATMOSFÉRICA MEDIA MENSUAL (mb)	624.20	624.50	624.60	625.10	625.50	625.60	625.20	625.30	625.20	624.20	623.70	623.80
1984-1976	NUBOSIDAD MEDIA												
	7:00 (octavas)	7	7	7	5	4	3	4	5	5	5	6	7
	13:00	7	7	7	6	5	4	4	5	6	6	6	7
1947	19:00	6	7	6	4	2	1	2	2	4	4	5	6
A. AL G.I.L.	PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)	131.50	114.50	96.30	43.10	8.00	2.00	3.40	8.60	22.60	49.70	53.40	103.80
	MÁXIMO DIARIO	24.90	23.10	17.60	13.30	4.00	1.40	3.70	3.20	2.00	13.70	12.00	19.10
	FRECUENCIA (N°)	22	21	20	12	5	1	2	5	6	13	14	20
1963-1976	EVAPORACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)	61.00	53.70	60.30	64.00	73.50	84.70	92.90	93.40	86.70	90.70	83.10	66.70
1931-1949	HORAS DE SOL TOTAL MENSUAL (hrs)	134.50	126.30	137.30	109.90	224.50	244.60	257.10	229.10	194.30	201.20	180.90	134.50
1964-1976	MEDIA DIARIA (hrs)	4.30	4.50	5.10	6.70	7.60	8.20	8.30	7.40	6.60	6.50	6.00	5.00
1960-1982	RADIACIÓN SOLAR MEDIA MENSUAL (Wh/m ²)	5275	5298	5215	5194	5411	5176	5371	5287	5402	5534	5667	5953
1972-1982	TEMPERATURA MÁXIMA MENSUAL °C	18.05	18.80	19.22	19.66	20.16	19.65	19.73	19.46	19.89	20.66	20.72	19.74
	TEMPERATURA MÍNIMA MENSUAL °C	6.35	6.39	6.19	4.08	1.75	0.27	0.49	1.35	3.39	5.01	6.02	6.12
	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL °C	12.02	12.16	12.22	11.95	11.35	10.15	9.81	10.43	11.70	12.46	12.65	12.50
1958-1962	VIENTOS VELOCIDAD MEDIA MENSUAL m/seg	5.45	5.57	5.35	4.91	3.48	4.74	5.38	7.14	7.46	8.13	7.14	5.37
	DIRECCIÓN PREDOMINANTE MENSUAL	NE	NE-NE	NE	NE	W-NO	NO	NO	NO	NO-NE	NE	NE	0

ESTACION GRAHAJA KAYTA (SEBAMHI)

ESTACION QUISPICUILLA (CORFAC)

I.4 EVALUACION BIOCLIMATICA

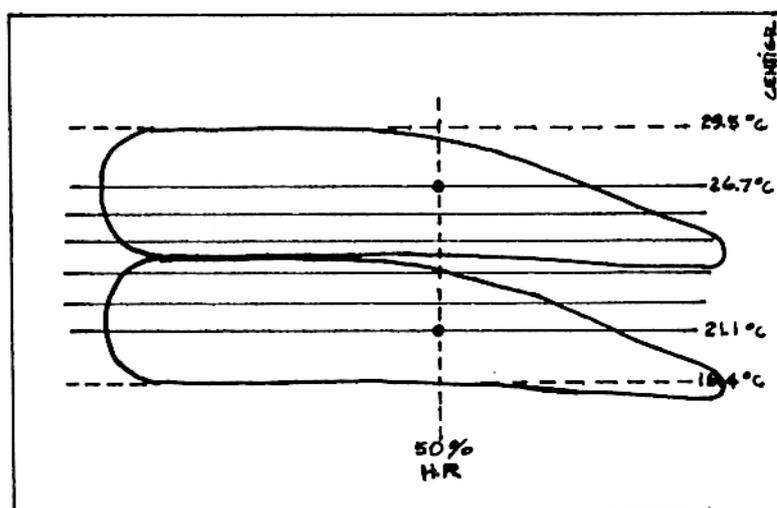
I.4.1 Gráfico Bioclimático y Gráfico de Necesidades Bioclimáticas.

Con miras a realizar un diseño arquitectónico que busque un equilibrio ambiental climático es necesario relacionar las condiciones climáticas anteriormente vistas con las condiciones de confort para la zona en estudio. Olgay (1963) propuso una forma de expresión de la zona de confort: la "carta bioclimática". Este gráfico tiene la zona de confort indicada en el centro y señala las medidas correctivas necesarias (incremento de la velocidad del aire, de la humedad o de la radiación) para restablecer la sensación de confort en cualquier punto fuera del área de confort. Habrá que agregar que este instrumento fue diseñado para su aplicación en latitudes medias (próximamente a los 40°) y a alturas hasta los 1000 pies sobre el nivel del mar con individuos vestidos normalmente y efectuando una actividad sedentaria.

Posteriormente, el mismo autor consideró un reajuste en lo referente a la posición del confort para áreas tropicales debido a la importancia de la aclimatación en la adaptación del mecanismo biológico humano; asimismo, el tipo de vestimenta usual en estas regiones es diferente al usado por los habitantes de las zonas templadas, disminuyendo su efecto aislante en las zonas tropicales y elevándose en las zonas frías de altura. Es así que llegó a definir que el nivel de confort en un determinado sitio sigue las temperaturas promedio de los tres meses más cálidos del lugar ("índice global de líneas isotérmicas"), con límites entre 21.1°C hasta 26.7°C; y a partir de éste nivel medio de confort se desciende 2.8°C y asciende 2.8°C (amplitud que corresponde a la vestimenta usual) para establecer que el nivel mínimo del perímetro de confort estará a 18.3°C y el máximo a 29.5°C. Por encima o por debajo de esos límites uno se encuentra fuera de confort y por lo tanto, para un sitio que posee una temperatura media de verano de 14.1°C, como el Cuzco, la posición de la zona de confort es la más baja posible con 1 "clo" de vestidos. * El perímetro inferior estará a 18.3°C y el superior a 24°C.

* La escala para medir el efecto del vestido en el cuerpo humano se basa en la unidad arbitraria de un "clo" (de clothing) que se supone indica una cantidad de aislamiento capaz de mantener el confort producido por un vestido común y corriente, a una temperatura del aire quieto en el interior de 21.1°C, humedad relativa menor del 50% y actividad casi nula.

NIVELES MAXIMOS Y MINIMOS DE CONFORT.

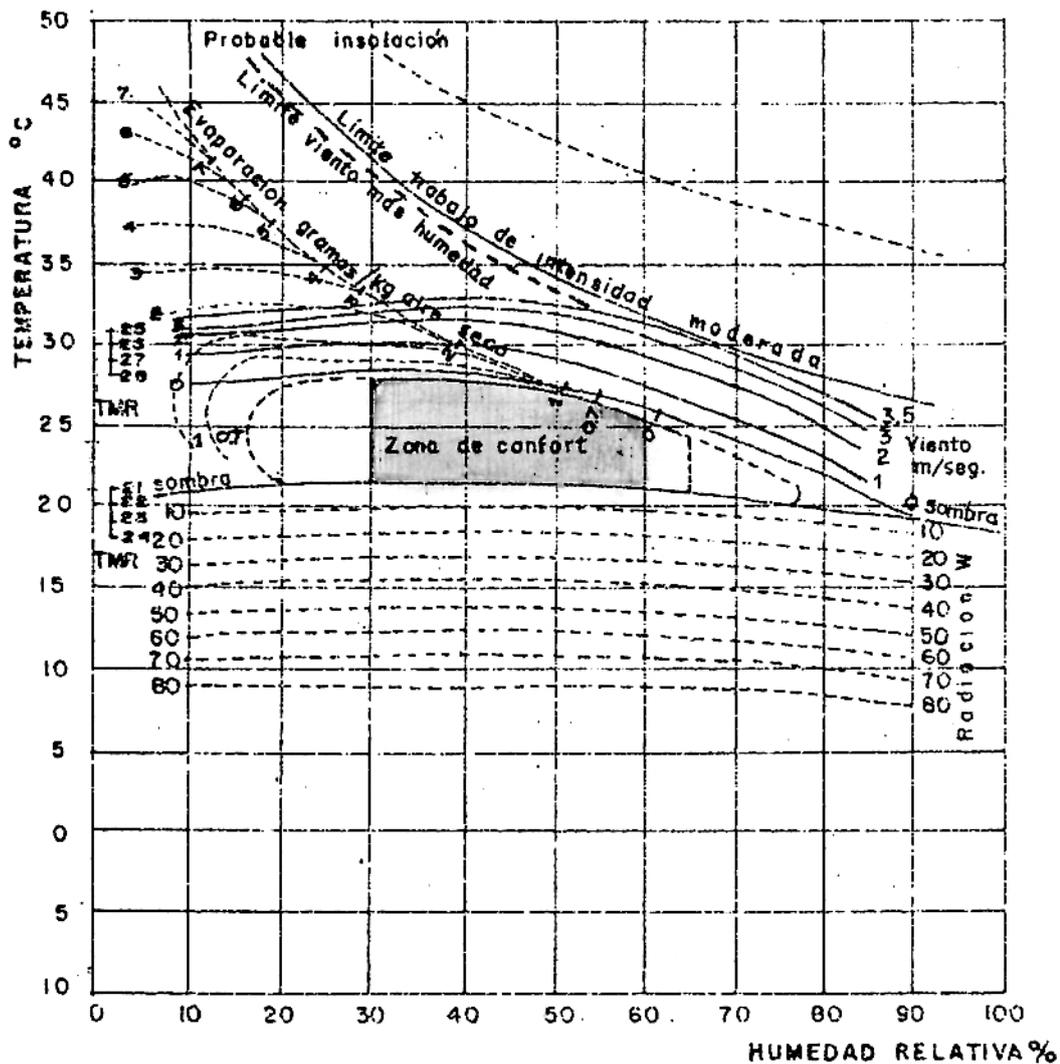


GRAF. 11

Cabe anotar sobre este punto, que en la búsqueda de una "zona de confort", o sea, el intervalo de condiciones dentro del cual al menos el 80% de las personas se sentirían cómodas, varios investigadores han definido diversos índices de confort térmico, con diferencias grandes entre los diversos límites conseguidos; lo cual sirve para demostrar que la obtención de unas condiciones bioclimáticas fijas y constantes, así sean ellas estadísticamente "confortables", además de ser un problema complejo e intrincado no puede hacerse bajo límites precisos pues con un mínimo de esfuerzos se pasa a una situación de incomodidad. Los perímetros del confort se basan en suposiciones más o menos arbitrarias. Para el caso del acondicionamiento mecánico sí es importante obtener las condiciones de neutralidad térmica que se encuentra en el centro del confort, pero cuando se busca el equilibrio térmico mediante acondicionamiento natural ya no son necesarios los parámetros estrictos. Por lo tanto, no debe perderse de vista que lo más importante en lo que respecta al confort térmico es tratar de establecer directrices de diseño que eviten las graves calamidades ambientales que todos padecemos en nuestras áreas urbanas, antes que perseguir unos óptimos inexistentes.

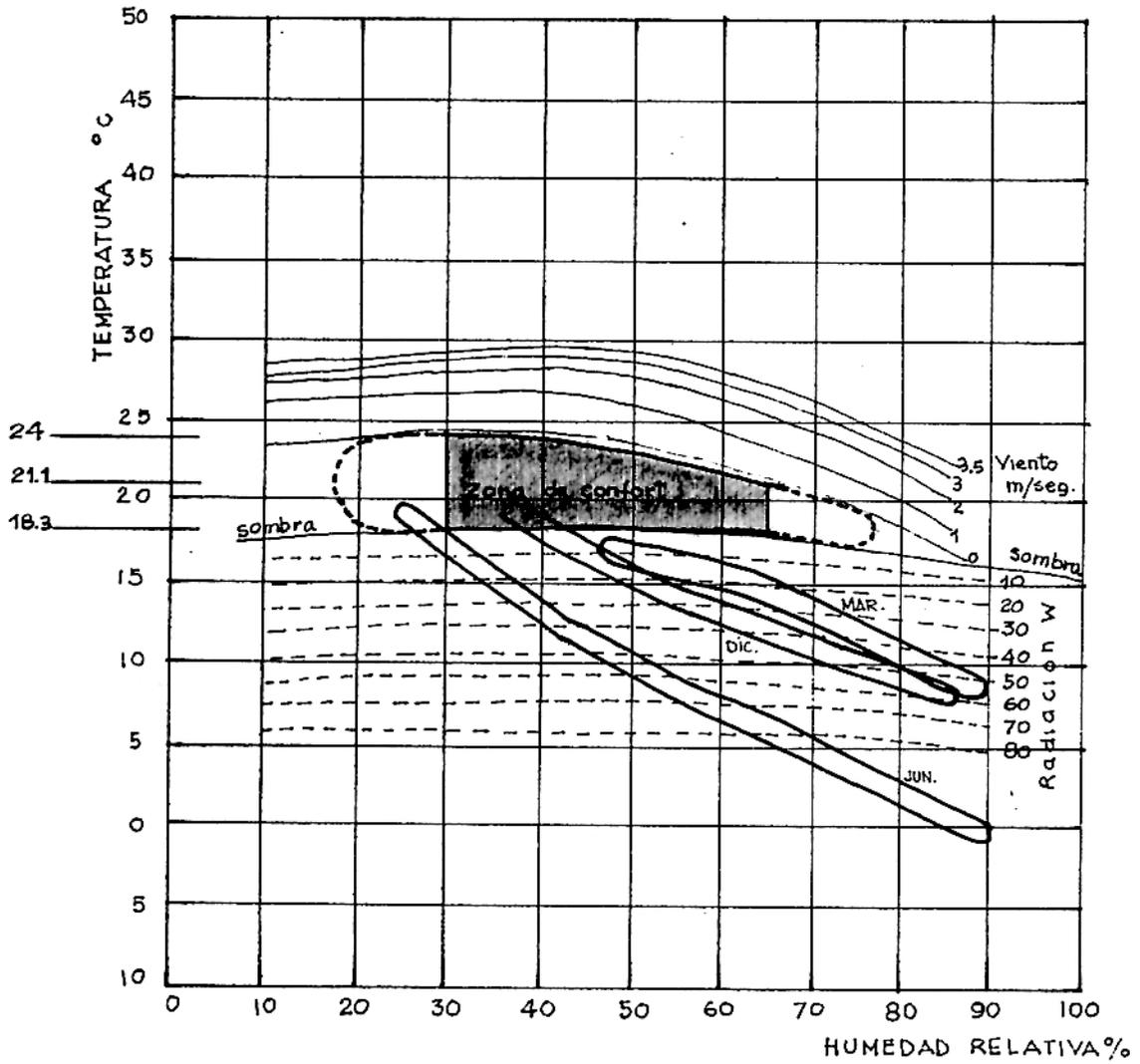
Una vez definida dentro del gráfico bioclimático la zona de confort para el Cuzco, podemos hacer una evaluación de las características generales

CARTA BIOCLIMÁTICA (ADAPTADA DE OLGAY 1963)



GRAF. 12 (REF. : N°1 BIBLIOGR.)

CARTA BIOCLIMATICA PARA EL CUZCO.



GRAF. 13

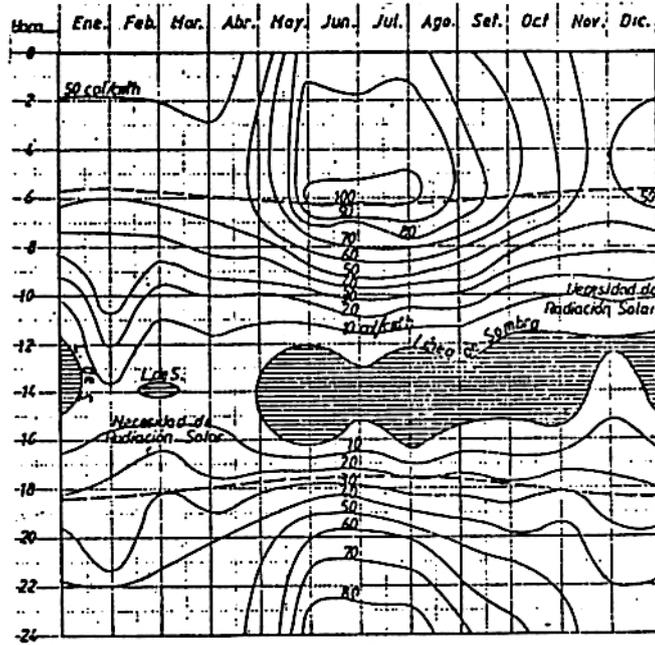
de la región. Para ello indicamos sobre el gráfico la situación climática ofrecida por un día típico promedio de cada mes, mediante puntos que combinan los datos de temperatura y humedad relativa a intervalos regulares de las 24 horas del día; y que al unírseles forman curvas cerradas según puede verse en el gráfico No. 13, donde se muestra las curvas esquemáticas de algunos días típicos.

Para la confección de estas curvas nos hemos valido de los datos de temperatura y humedad relativa del día típico de cada mes, proporcionados por SENAMI (ver gráfico No. 15).

En este gráfico bioclimático puede observarse que sólo una parte muy pequeña de las curvas diarias - entre las 12 y 14 horas aproximadamente de los días típicos de la mayoría de los meses, alcanzan la zona de confort.

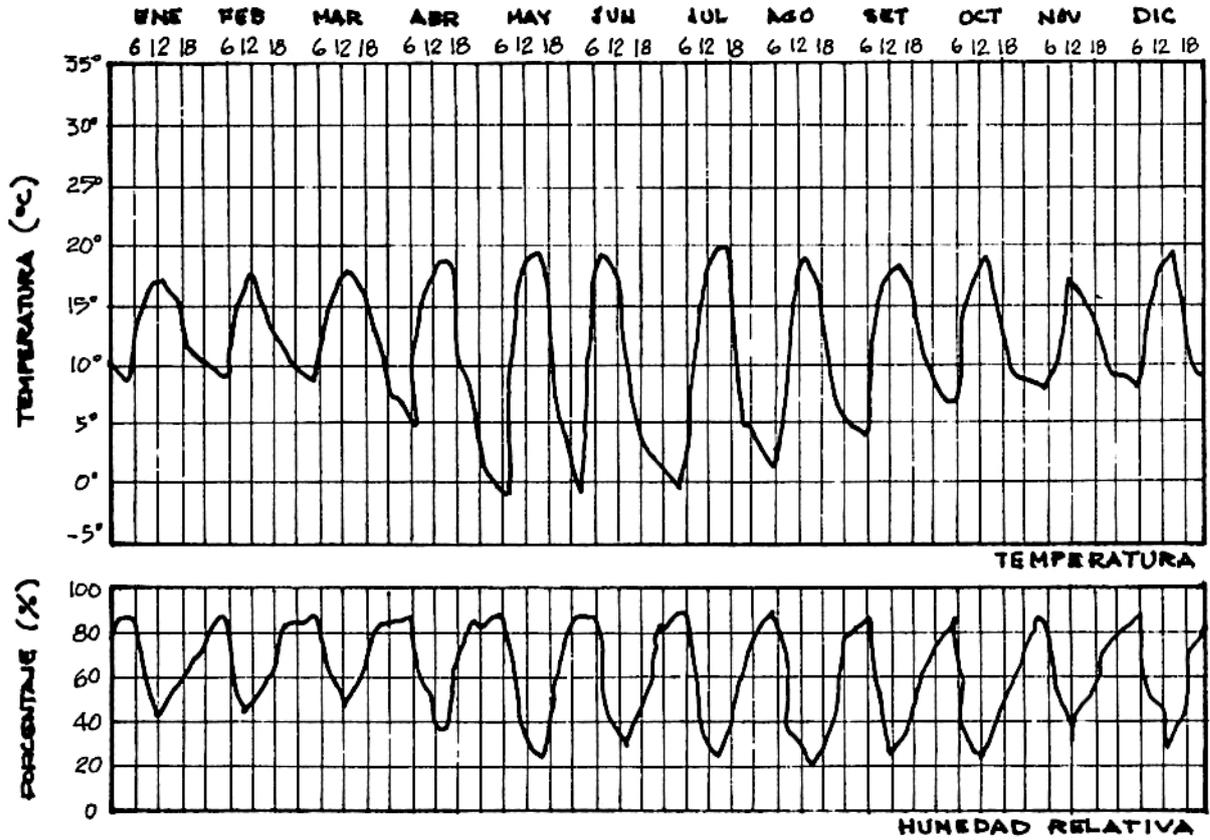
La inclinación de las curvas de temperatura - humedad diaria indica las variaciones diurnas, que son grandes, al igual que las necesidades de radiación solar, muy al contrario de los vientos, de los que debe buscarse protección.

A partir de las diferentes zonas del gráfico (que representan sensaciones humanas) donde caen estos puntos puede estimarse la importancia de los diferentes elementos climáticos de la región (necesidades de radiación, sombras, vientos, etc.); también podría representarse esas necesidades en un gráfico anual donde leerse para cualquier hora de cualquier mes del año. Se obtendría de esta manera pues, un gráfico de necesidades bioclimáticas tal como el expresado en el Gráfico 14.



GRAF. DE NECESIDADES BIOLIMÁTICAS

GRAF.14 (REF.: N°5 BIBLIOGR.): "VIVIENDA BIOLIMÁTICA EN EL CUZCO" JIMÉNEZ, G.



GRAF.15 (REF. SENAMHI)

VARIACION DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVAS.

I.4.2 Orientación Optima

Se puede confeccionar unas curvas como las mostradas en el gráfico No. 17 para determinar la mejor orientación de las superficies verticales, en base al cuadro de necesidades bioclimáticas que nos indica las horas en que se requiere radiación solar y las horas en que no es necesaria (existe confort).

En consecuencia, para el Cuzco podemos hablar sólo de dos períodos: uno frío y el otro de confort; a diferencia de otros lugares en que existen además de estos dos un período cálido.

El otro dato que se necesita es el de la radiación solar correspondiente a estos períodos. De tal manera que será necesario conocer la radiación por horas de cada día típico, que se recibe en las diferentes orientaciones.

Como no existen mediciones realizadas por el SENAMHI u otra estación meteorológica estas magnitudes pueden hallarse mediante un método de cálculo de la radiación.

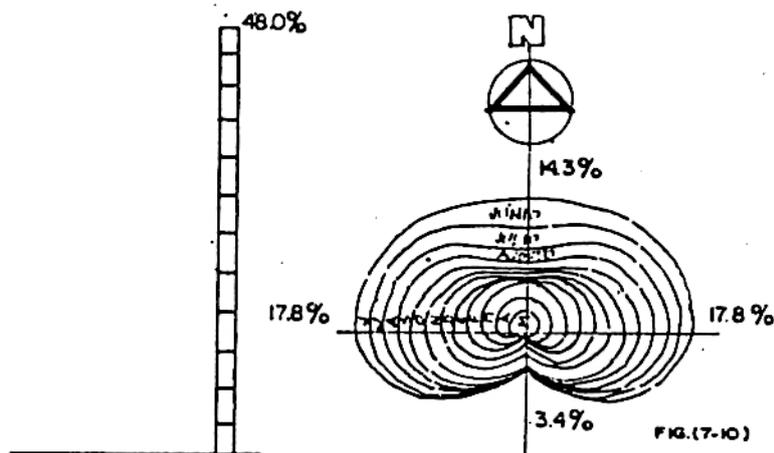
Método en el cual es necesario el cálculo de la posición del sol en los diferentes momentos, así como también el cálculo del ángulo de incidencia de los rayos solares; además cuando se trata de climas de altura el método considera unos incrementos, pero como en los climas de nuestra serranía existe una gran nubosidad resulta que los valores así hallados son excesivamente superiores a los reales, casi los duplican; por lo que su empleo requiere de ciertas precauciones salvo en los casos en que se los use para establecer diferencias en las diferentes alternativas de diseño solar pasivo de un mismo proyecto arquitectónico.

Un gráfico que expresa los resultados obtenidos en este método será muy similar al mostrado en el Gráfico No. 16 ya que corresponde a una latitud muy próxima a la del Cuzco.

En el puede apreciarse el impacto de radiación sobre diferentes superficies verticales, indicada en forma radial y en forma de proyección horizontal.

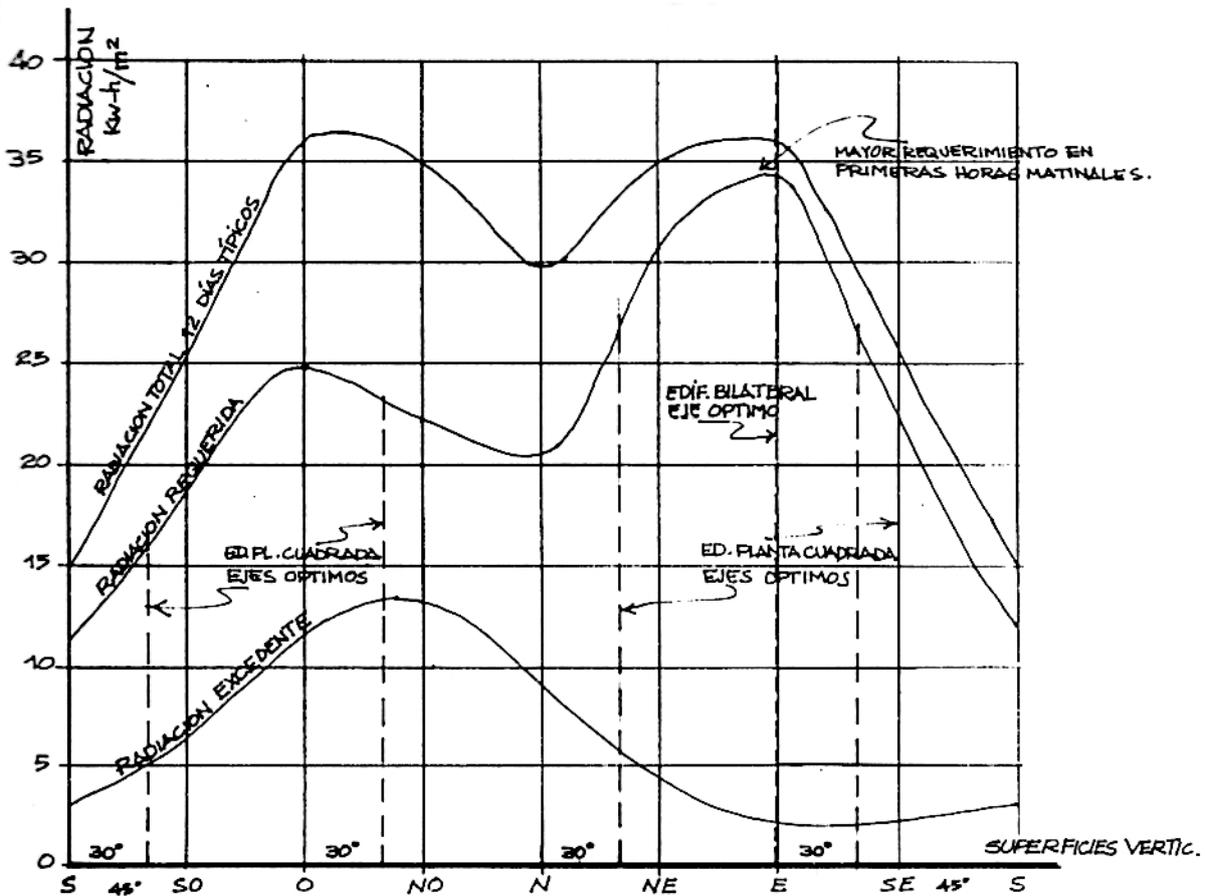
Cada curva representa la radiación mensual y el contorno indica la radiación total anual.

La columna vertical indica la radiación que cae sobre una superficie horizontal, y sus estratos indican los valores mensuales, mientras que la altura denota el total anual.



RADIACION SOLAR ANUAL SOBRE ;
SUPERFICIES HORIZONTALES, y SUPERFICIES VERTICALES EXTERIORES

GRAF. 16 (REF. : N° 9 BIBLIOGR.)

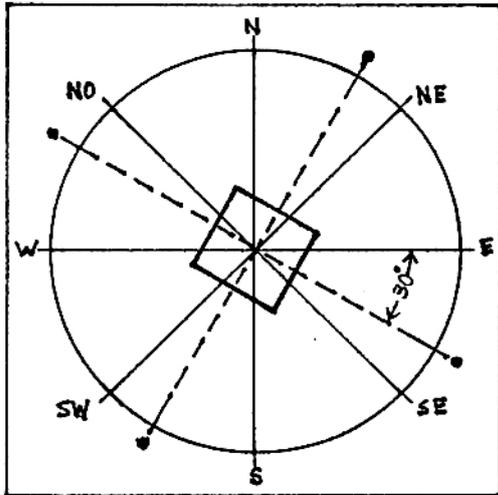


GRAF. 17 (REF.: N° 5 BIBLIOGR.)

GRAFICA DE EVALUACION DE RADIACION

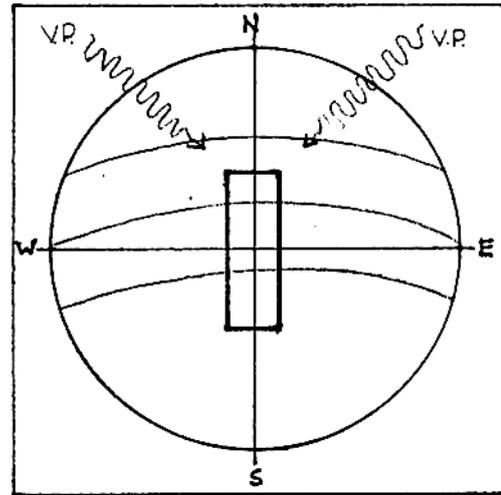
Del gráfico anterior podemos deducir que tratándose de un edificio de planta cuadrada la orientación más conveniente puede lograrse en una posición un poco menos inclinada que 45° con relación a los puntos cardinales, pues se consigue una distribución de la energía en forma más equilibrada que cuando los lados del edificio coinciden con los cuatro ejes cardinales, también se podría optar por una posición a 45° de los puntos cardinales pero habría mucha diferencia entre las caras SE y NE que son las que deben tratar de ganar la mayor cantidad de calor solar en las frías horas matinales.

La posición anterior, equilibra en algo los impactos de radiación en el período frío (o sea, las horas fuera de la zona de confort). Se denomina "posición equisolar". La figura 10 muestra esta posición para una edificación de planta cuadrada, con su "eje equisolar" a unos 30° con respecto a los ejes cardinales.



GRAF. 18

ORIENTACION EQUISOLAR.



GRAF. 19

ORIENTACION SOLAR AJUSTADA A LOS VIENTOS.

Por otro lado, se observa claramente en la figura 19 que un edificio bi-lateral recibe el máximo de radiación cuando sus lados están expuestos al Este y al Oeste; y como además sabemos que las horas más frías del día se dan en las mañanas de invierno, puede resultar conveniente girar un poco el edificio en sentido del Este.

Pero si tenemos en cuenta la dirección predominante de los vientos en el Cuzco, veremos que esta posición no es conveniente para ninguna zona de la ciudad, pues tanto en la zona urbana actual como en la ^{de} expansión (hacia el Este) se tienen vientos provenientes del NE - NO y NE respectivamente, que harían que esta inclinación este más expuesta a su acción en friadora.

Por consiguiente, un edificio bi-lateral alineado según el eje N - S recibe la mayor cantidad de energía solar.

Sin embargo, no debemos de dejar de tener en cuenta presente que la mejor exposición solar es la de un plano horizontal ya que debido a la baja latitud del lugar se tiene un "sol alto" durante todo el año, lo que también contribuye a que la radiación máxima se reciba al mediodía que es cuando también se tiene las temperaturas máximas; de ahí lo conveniente que puede resultar almacenar el calor ganado a través de tragaluces y claraboyas en la cubierta, cerradas con vidrio. Las superficies horizontales reciben durante el año una cuarta parte más o menos de la radiación solar global en esta región.

I.4.3 Conclusiones

La mayor parte del tiempo (a excepción del mediodía y un poco más tarde) las temperaturas del Cuzco se mantienen frías. El promedio de humedad se mantiene dentro de la zona de confort mayormente, por lo que no es problema. La temperatura y la humedad relativa tienen grandes fluctuaciones pero son diarias y estacionales, puede decirse que los cambios "debido a las estaciones" se suceden en un mismo día.

Las variaciones frías, notorias a lo largo del año, corresponden al nivel de precipitaciones y a las condiciones del cielo, por lo que es más apropiado hablar de una estación seca u otra de lluvias que de estación fría o cálida.

Estación seca: Mayo, Junio, Julio, Agosto. La ausencia de nubosidad en el invierno permite mayores horas de sol con lo que el nivel de radiación solar sea casi uniforme durante el año.

Se produce un enfriamiento y calentamiento rápido debido al cielo limpio, alcanzándose en esta época las temperaturas más bajas del año, incluso por debajo de los 0°C.

Estación de lluvias: Diciembre, Enero, Febrero, Marzo. La gran nubosidad en los meses de verano disminuye considerablemente la energía solar, que en el Cuzco y toda la Sierra del Perú en general es muy alta. Se reducen las horas de brillo solar y se presenta la mayor temperatura media ya que el frío no desciende a valores extremos.

A pesar de tener un clima predominantemente fresco-frío, éste puede mejorarse mediante el aprovechamiento de la abundante energía solar durante el año. La mejor orientación por radiación es hacia el Este, y los vientos predominantes en la ciudad y alrededores provienen del NE y NO; pero es una ventaja que las horas de calma se den durante las mañanas que es cuando interesa captar rápidamente el calor del sol levante.

II.-RECOMENDACIONES DE DISEÑO BIOCLIMATICO

II.1 Requerimientos Generales

Debido a que es un clima caracterizado por temperaturas frescas y frías durante todo el año se requerirá permanentemente:

- Conservar dentro el calor y fuera el frío. (aislamiento).
- Permitir la entrada del sol. (ganancia de calor).
- Proteger del enfriamiento causado por el viento.
- Reducir los saltos térmicos en el interior (almacenamiento y masa térmica).
- Disminuir pérdida de calor por convección.

II.2 Recomendaciones a Nivel Urbano

- Selección de sitios.- En ciudades localizadas en valles, como el Cuzco, son preferibles los emplazamientos a media pendiente, pues se evita los vientos excesivos de las partes altas y los "lagos de aire frío" que se forman durante la noche en las partes bajas. En el Cuzco, las laderas circundantes presentan fuertes pendientes por lo que las construcciones tienen que ubicarse en los terrenos planos o en las laderas bajas, sobretodo las orientadas hacia el Este, para poder captar la radiación solar en las mañanas, cuando las temperaturas son más frías que en la tarde.

- Tejido urbano.- Se debe agrupar las construcciones para que se resguarden entre sí del viento, pero estos grupos deben tender a aislarse con el objeto de buscar la radiación solar. Así pues el trazado urbano tiende a ser denso y soleado.

Por otro lado las calles deben ser interrumpidas y seguir la dirección de los cuatro puntos cardinales para evitar la formación de "túneles de viento". Las secciones mayores estarán en el eje Norte Sur para que las fachadas Este u Oeste de las edificaciones reciban mayor asoleamiento y a la vez queden a 45° con los vientos del NO y NE reduciendose la velocidad de estos a un 66% .

En edificaciones altas, tales como de apartamentos, de oficinas u hospitales (en donde el terreno circundante afecta poco los pisos superiores), la orientación según el viento se torna de especial importancia. Debe tenerse presente que a sotavento de una construcción se produce un área de relativa calma que se conoce como "sombra de viento" por lo que una forma correcta de espaciar los edificios en conjuntos habitacionales sería:

- Para edificaciones paralelas y enfrentadas entre sí la distancia entre ellos no debiera ser mayor de siete veces la altura de cada uno.

- Para edificios en disposición intercalada la separación no será mayor de dos a tres veces la altura.

- Espacios Públicos.- Los espacios públicos al aire libre como parques y plazas deben estar protegidos de los vientos, pero deben poseer árboles que resguarden de la lluvia y ofrescan sombra, al mediodía sobre todo. Puede ser conveniente que en ciertos sitios las superficies sean absorbentes (por ejemplo el asfalto) y no cubiertas de plantas y grama pues estas reducen las temperaturas debido a la absorción de la insolación y enfrían por evaporación.

- Vegetación.- Los vientos provenientes del noroeste pueden evitarse bloqueandolos con barreras de árboles (parabrisas) de especies frondosas desde su base, o combinar arbustos con árboles. La "sombra de vientos" actúa más eficazmente entre 5 y 7 veces la altura del árbol. Sin embargo, la proximidad de estas barreras a los edificios debe ser tal que no obstaculizen el asoleamiento de estos, y no contribuyan a refrescar la temperatura del aire circundante debido a sus procesos evaporativos.

- Paisajismo.- La topografía de la zona imprime a las calles y espacios un carácter irregular. Las laderas vecinas deben mantenerse como área paisajista y agrícola; pues se evita que en ellas se produzcan deslizamientos y también un rápido enfriamiento de sus superficies ya que si no se formarían vientos fríos que descienden hacia el valle en la temporada seca ("heladas" nocturnas).

II.3 Recomendaciones a Nivel Arquitectónico

- Tipos de Vivienda.- En viviendas de uno o dos pisos puede aprovecharse el calor solar captado a través de la cubierta, lo que es una desventaja en edificaciones de varios pisos, pero que puede ser compensada con una menor pérdida de calor por menor superficie exterior expuesta. Debe construirse las casas agrupadas, adosadas entre ellas, para compartir el calor y reducir la exposición al frío. En los edificios de apartamentos, de varios pisos, es preferible una disposición muy compacta (es más difícil la protección del viento, que en edificios bajos).

- Plantas.- Debe construirse casas compactas, con planta recogida; éstas son

más abrigadas, pues conservan dentro el calor. Debe situarse los espacios con menor demanda térmica (patios, servicios, escaleras, etc.) entre los muros exteriores y los espacios de habitación principales para mejorar el aislamiento. Se puede aprovechar el corto período de brillo solar para recibir radiación en terrazas o solarios. Estos también podrían contar con cubiertas transparentes y una masa acumuladora de calor (bidones de agua o parafina) como sistema de calefacción solar de la casa.

En viviendas de dos pisos, los dormitorios deben ubicarse en la parte superior para aprovechar la irradiación del calor acumulado por el techo y el calor ascendente de la parte baja.

- Forma y Volúmen.- Se debe proyectar casas compactas, que agrupen estrechamente las funciones para reducir al mínimo la superficie exterior. De acuerdo con el criterio de que una construcción cúbica combina el mayor volúmen práctico con la menor superficie exterior, en casas grandes la forma cúbica puede acentuarse por medio de estructuras de dos pisos. En el caso de edificios multifamiliares se prefiere torres de plantas bilaterales unidas por su parte posterior y sobre el eje N - S.

- Orientación.- Las viviendas deben ser alargadas, en dirección N - S, a fin de que los espacios de habitación principales se orienten hacia el Este y Oeste. Para edificios de planta cuadrada conviene una posición girada a 60° con relación a los ejes cardinales, en dirección antihoraria (posición equisolar).

- Color.- Las superficies exteriores deben ser de tonos medios u oscuros, para mayor captación solar.

II.4 Elementos de los Edificios

- Aperturas y Ventanas.- Los mayores impactos de radiación se reciben en las superficies horizontales, por lo que la instalación de lucernarios sobre la cubierta es muy ventajosa siempre y cuando no se produzcan sobrecalentamientos excesivos.

Las ventanas al Este y Oeste permiten una máxima ganancia de energía solar, en las mañanas y tardes.

Debe utilizarse persianas, pantallas, cortinas o contraventanas (interiores o exteriores) aislantes para reducir las pérdidas de calor nocturnas a través de las superficies acristaladas de los vanos.

Son útiles los vestíbulos y entradas con cortavientos (árboles, tierra, setos, vallas, etc.) para evitar el ingreso del viento en la casa.

La ventilación es secundaria, más bien debe reducirse la infiltración del aire sellando las juntas de puertas y ventanas.

- Paredes.- En el interior de la edificación los rayos del sol deben incidir sobre la superficie de materiales oscuros y de gran masa (por ejemplo chimeneas) capaces de acumular el calor así recibido y liberarlo durante la noche.

Debido a la temperatura permanentemente baja del lugar y a las pocas horas que el sol incide sobre las paredes exteriores, es preferible que estas tengan un bajo coeficiente de transmisividad. En caso de emplearse muros de gran masa, estos deben contar, preferiblemente, con una capa aislante en la cara interior.

Las superficies exteriores no deben absorber la humedad - el agua es 25 veces más conductora del calor que el aire en reposo - ya que aumenta la conductancia de las paredes.

- Cubiertas.- Estos elementos son los más asoleados durante el año, mucho más que los elementos verticales. Aquí conviene que sus elementos constructivos interiores acumulen calor para emitirlo hacia el interior de la vivienda. Las coberturas a su vez, deben ser de materiales con baja reflectancia y baja emitancia (se calientan rápidamente y se demoran en enfriarse).

- Parasoles.- No son necesarios, salvo en grandes ventanales. Los excesos de insolación que producen desequilibrios térmicos pueden controlarse fácilmente con pantallas flexibles y por medio de la ventilación.

- Pisos.- Para espacios públicos, calles y veredas es conveniente el uso de la piedra, tanto en forma de adoquines, lajas, cantos rodados, etc. pues evitan empozamiento de agua de lluvias; y su rugosidad aumenta su absorción de calor y es también durable. Otro material conveniente es el asfalto, pues absorbe bien la luz solar y elimina su reflexión.

En el interior de las viviendas la capa superior de los pavimentos debe estar constituida por sustancias con baja "admisividad" para que parezcan menos "frías" al tacto; serán convenientes los pisos de madera, linóleo, alfombra, etc. que tienen una conductividad bastante baja con respecto a las sustancias que componen los materiales de construcción de índole mineral (piedra, concreto, yeso, etc.). Los plásticos y cerámicos producen una sensación térmica intermedia entre fría y cálida.

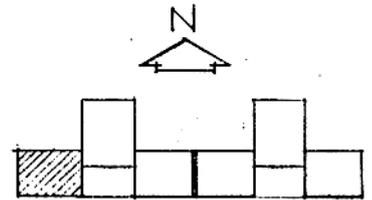
Finalmente, debe procurarse que todas las superficies contiguas al edificio sean pavimentadas con materiales acabados en tonos claros, capaces de reflejar la luz y el calor hacia la casa.

III.- EVALUACION TERMICA DE LOS PROYECTOS

III.1 EVALUACION TERMICA DISEÑO ORIGINAL

VIVIENDA TIPO A (2 DORMITORIOS)

Para la evaluación térmica de este proyecto se ha elegido un departamento del último piso por presentarse allí las mayores pérdidas de calor (techo al exterior).



TEMPERATURA MEDIA MENSUAL = 10.0 °C (Junio)
 TEMPERATURA INTERIOR DE DISEÑO = 18.4 °C $\Delta t = -8.4$ °C

CALCULO DE TRANSMISION DE CALOR (*)

A. POR CONDUCCION Q_c :

$$Q_c = A \times U \times \Delta t$$

Flujo de calor Area Coef. Global de Transm. Diferencia de Temp.

SUPERFICIE	A m ²	U w/m ² °C	Δt °C	TOTAL w
Paredes	73.76	1.70	8.4	1053.3
Ventanas	8.45	6.25	8.4	443.6
Puertas (contrapl.)	4.50	0.58	8.4	21.9
Techos	58.50	2.73	8.4	1341.5
Sobrecimiento (borde de piso)	24.00 ml	40 w/ml		960.0

$$Q_c = - 3820.3 \text{ w}$$

B. POR CONVECCION (infiltración) Q_v :

$$Q_v = V \times \text{cambios/hr.} \times K^{(1)} \times \Delta t$$

Flujo de calor Vol. Constante Diferencia de Temp.

(1) Constante $K = 1300 \text{ J/m}^3 \text{ °C}/3600 \text{ seg.} = 0.35 \text{ w/m}^3 \text{ °C}$

(*) Ver "Comportamiento térmico de la edificación"(procesos de intercambio de calor), Apéndice I

AMBIENTE	VOLUMEN m ³	CAMB./hr.	K w/m ³ °C	Δ t °C	TOTAL w
Sala-Com.	64.1	2.0	.35	8.4	376.9
Cocina	16.3	1.0	.35	8.4	48.2
Baño	8.5	1.0	.35	8.4	24.9
Dormit. 1	27.2	1.0	.35	8.4	79.9
Dormit. 2	35.4	1.0	.35	8.4	104.1

$$Q_v = - 634.0 \text{ w}$$

C. POR RADIACION A TRAVES DE VENTANAS Q_s :

$$Q_s = A \times I \times \theta$$

Aporte caloríf. Area Rad. solar promedio Factor de Gan. solar

ORIENTACION DE VENTANAS	A m ²	I w/m ²	θ	TOTAL w
S	3.28	29	0.85	80.8
SE - SW		93		
E - W	3.58	244	0.85	742.5
NE - NW		395		
N	0.25	500	0.85	106.2
	1.28	50 (2)	0.85	54.4
HORIZ.		454		

$$Q_s = 983.9 \text{ w}$$

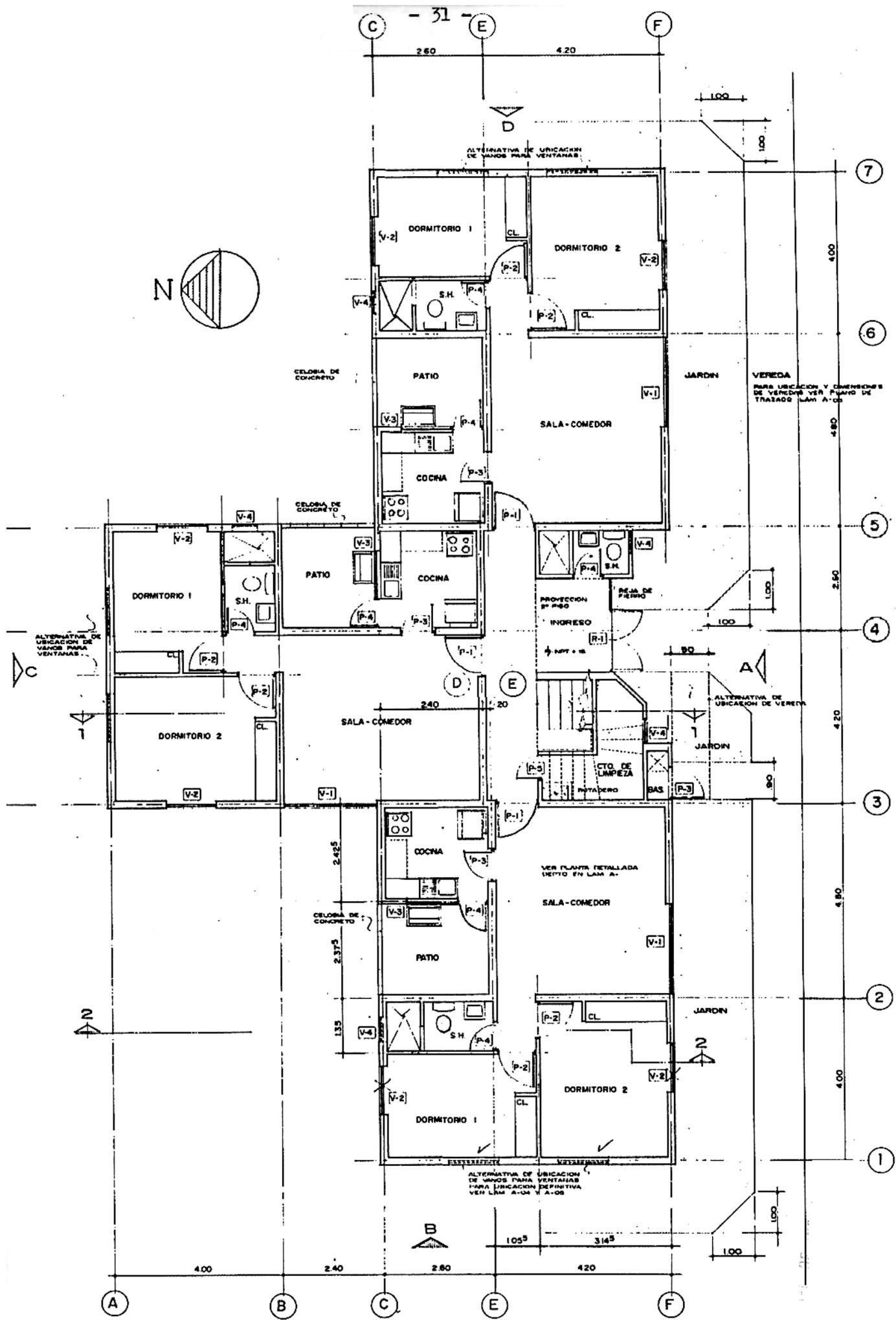
D. El enfriamiento por evaporación normalmente no se tiene en cuenta en los cálculos (excepto en las instalaciones mecánicas). No es significativo en este tipo de climas y su determinación es una labor difícil. Existe también un aporte interno de calor debido a las personas, luces y motores que tampoco llega a ser importante.

En resumen:

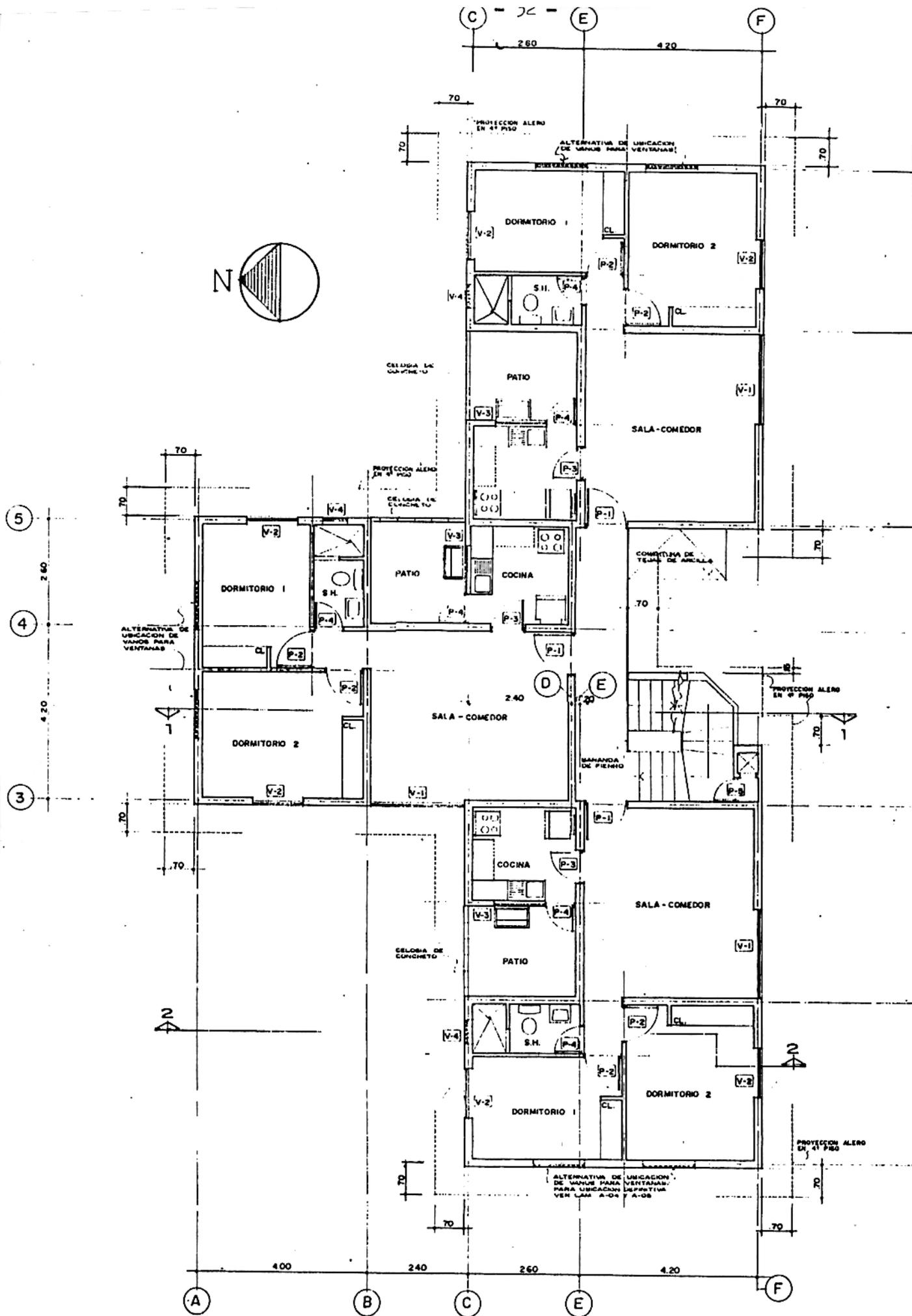
$$\text{Pérdida Total} = 3820.3 + 634.0 = 4454.3 \text{ w}$$

$$\text{Ganancia Total} = 983.9 \text{ w}$$

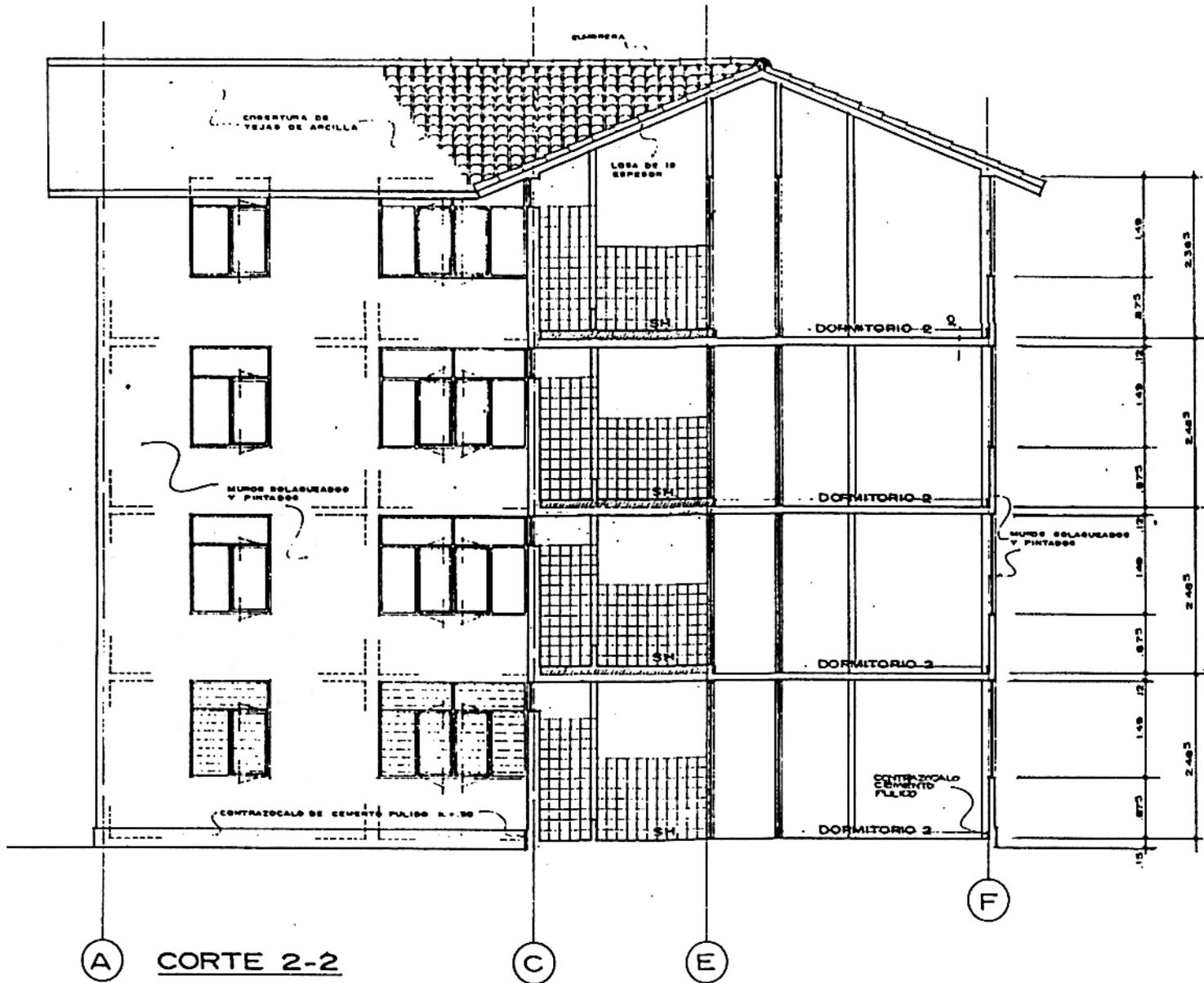
(2) Se ha supuesto que la ventana de la cocina recibe un 10% de la radiación sobre la cara norte, a través de la celosía del patio y luego reflejada hacia ella.



GRAF. 20
 PLANTA PRIMER PISO, EDIFICIO A (DISEÑO ORIGINAL)



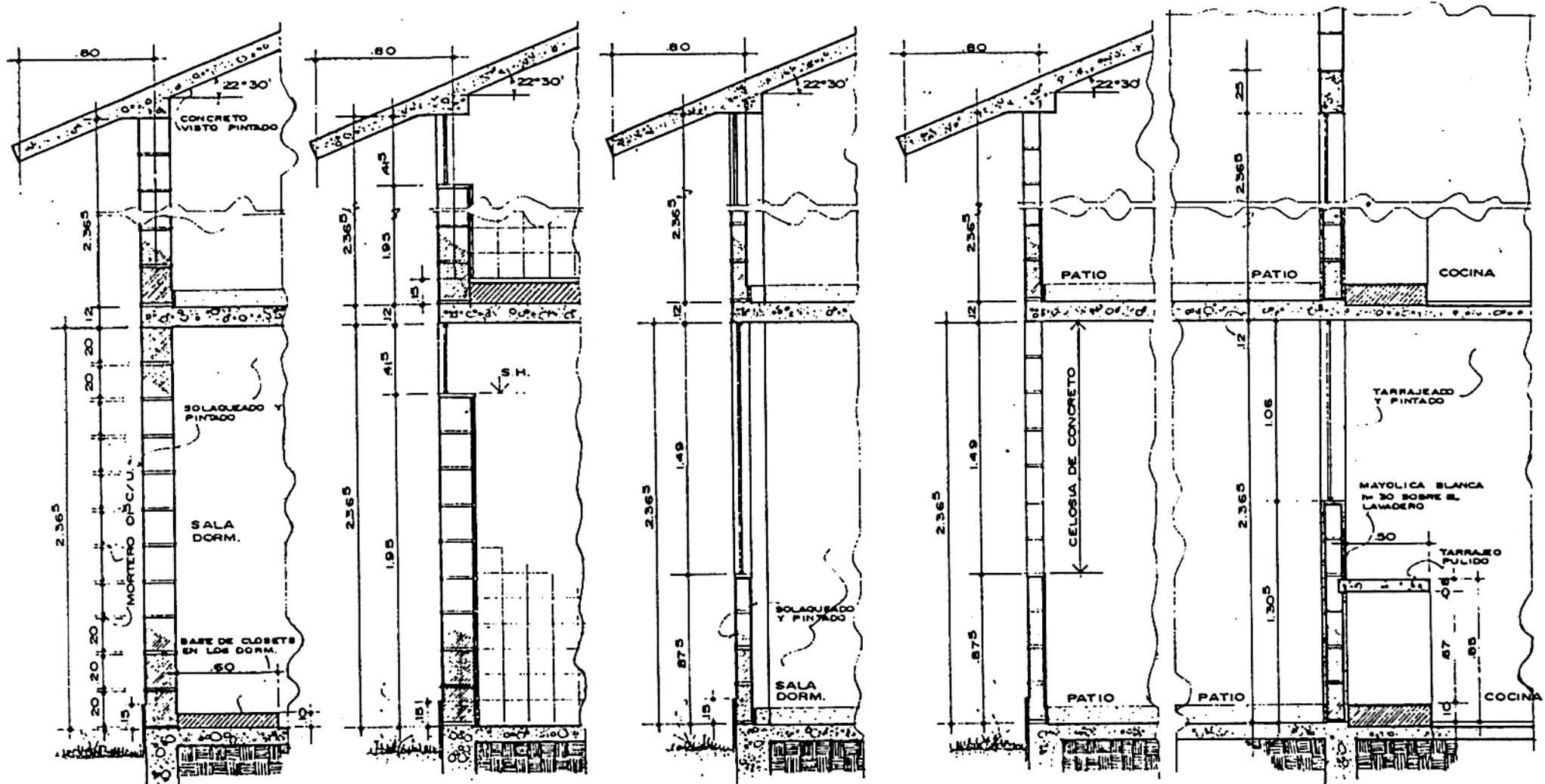
PLANTA TIPICA EDIF. A (DISEÑO ORIGINAL)
 GRAF. 21



(A) CORTE 2-2

(C) (E) EDIFICIO A (DISEÑO ORIGINAL)

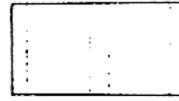
GRAF. 22



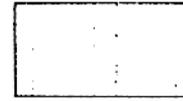
SECCIONES TIPICAS DE MUROS
 ESCALA 1:25

MURO DE BLOQUETAS DE CONCRETO (DETALLES)

TIPOS Y MEDIDAS DE LAS BLOQUETAS				
TIPO	LARGO	ANCHO	ALTO	observaciones
A	.39	.10	.20	
B	.39	.19	.20	
C	.39	.10	.20	
D	.39	.15	.20	



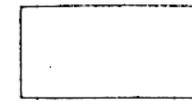
TIPO - A



TIPO - B

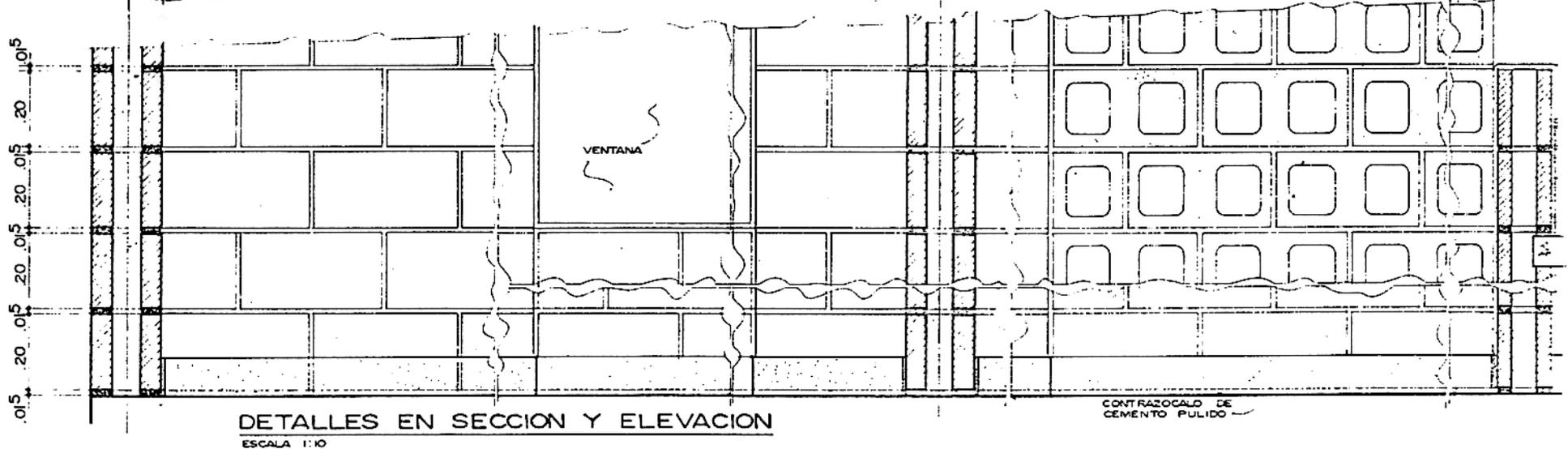
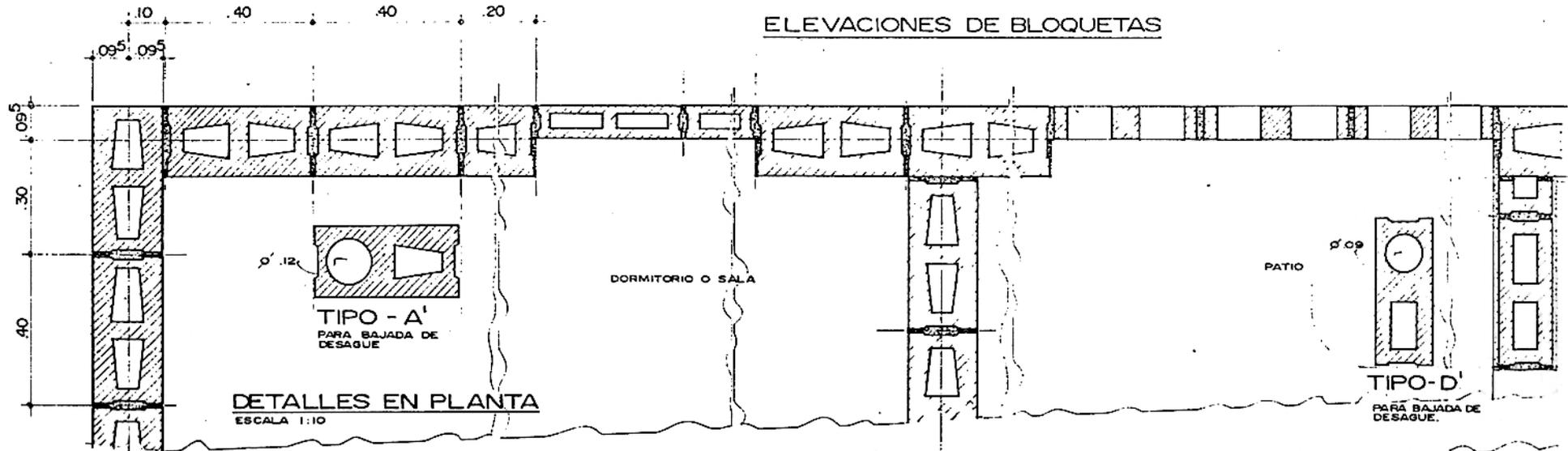


TIPO - C



TIPO - D

ELEVACIONES DE BLOQUETAS

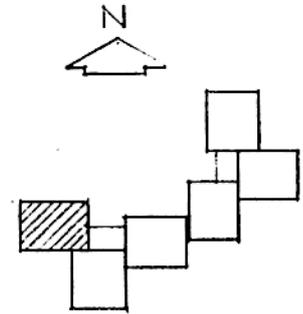


GRAF. 24

III.2 EVALUACION TERMICA DISEÑO ORIGINAL

VIVIENDA TIPO B (3 DORMITORIOS)

Para la evaluación térmica de este proyecto se ha elegido un departamento del último piso por presentarse allí las mayores pérdidas de calor (techo al exterior).



TEMPERATURA MEDIA MENSUAL = 10.0°C (Junio)
 TEMPERATURA INTERIOR DE DISEÑO = 18.4°C Δt = -8.4 °C

CALCULO DE TRANSMISION DE CALOR

A. POR CONDUCCION Q_c :

$$Q_c = A \times U \times \Delta t$$

Flujo de calor Area Coef. Global de Transm. Diferencia de Temp.

SUPERFICIE	A m ²	U w/m ² °C	Δt °C	TOTAL w
Paredes	75.50	1.70	8.4	1078.1
Ventanas	10.25	6.25	8.4	538.1
Puertas (contrapl.)	4.50	0.58	8.4	236.2
Techos	<u>76.50</u>	<u>2.73</u>	8.4	1754.3
Sobrecimiento (borde de piso)	25.5 ml	40 w/ml		1020.0

$$Q_c = -4626.0 \text{ w}$$

B. POR CONVECCION (infiltración) Q_v :

$$Q_v = V \times \text{cambios/hr.} \times K^{(1)} \times \Delta t$$

Flujo de calor Vol. # Constante Diferencia de Temp.

(1) Constante K = 1300 J/m³°C/3600 seg. = 0.35 w/m³°C

AMBIENTE	VOLUMEN m ³	CAMB./hr.	K w/m ² °C	Δ t °C	TOTAL w
Sala-Com.	72.16	2.0	.35	8.4	424.3
Cocina	23.19	1.0	.35	8.4	68.2
Baño	14.85	1.0	.35	8.4	43.6
Dormit. 1	27.51	1.0	.35	8.4	80.9
Dormit. 2	34.98	1.0	.35	8.4	102.8
Dormit. 3	45.22	1.0	.35	8.4	132.9

$$Q_v = - 852.7 \text{ w}$$

C. POR RADIACION A TRAVES DE VENTANAS Q_s :

$$Q_s = A \times I \times \theta$$

Aporte caloríf. Area Rad. solar promedio Factor de Gan. solar

ORIENTACION DE VENTANAS	A m ²	I w/m ²	θ	TOTAL w
S	3.29	29	0.85	81.1
SE - SW		93		
E - W	3.85	244	0.85	798.5
NE - NW		395		
N	1.80	500	0.85	765.0
	1.28	50 ⁽²⁾	0.85	54.4
HORIZ.		454		

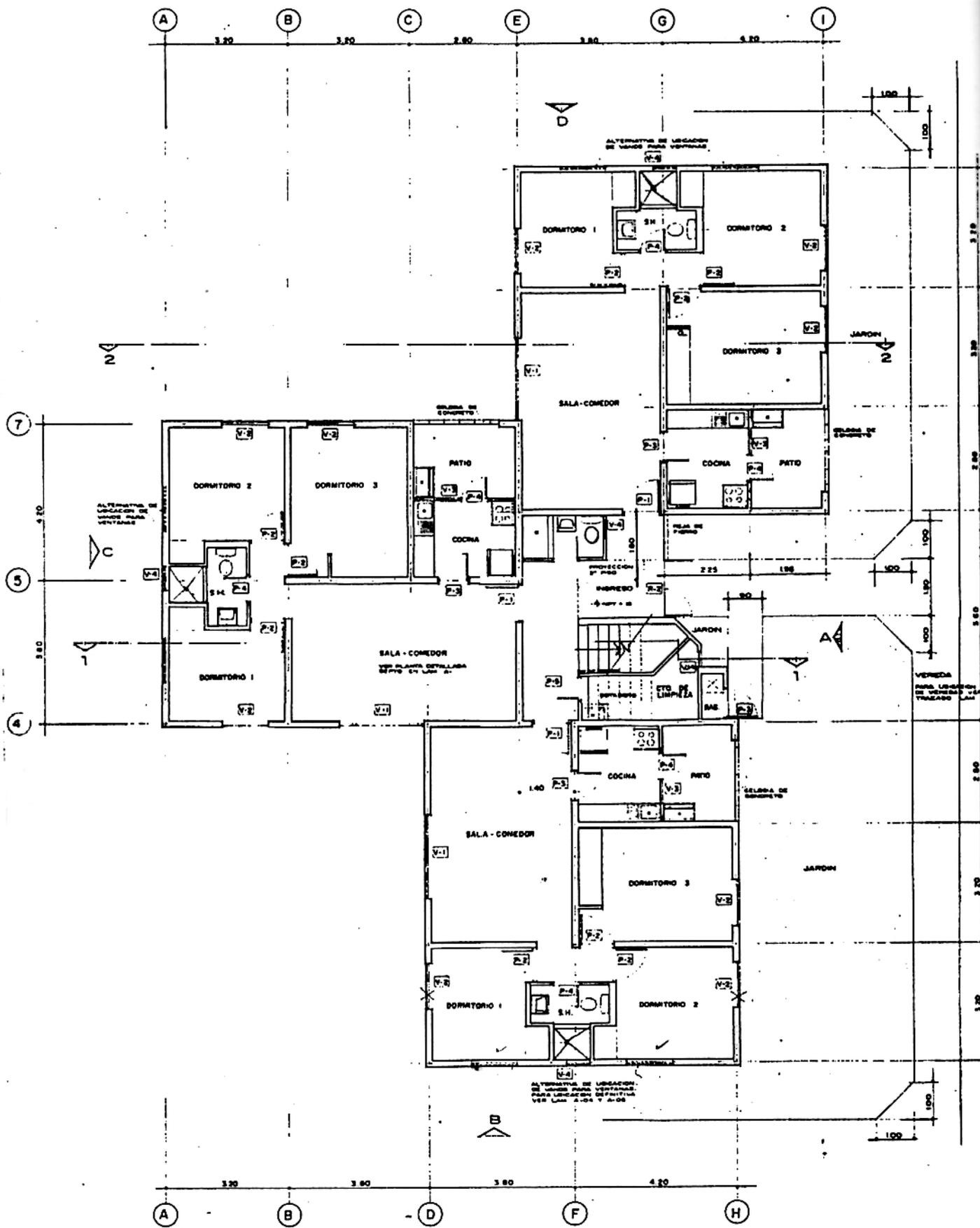
$$Q_s = 1699.0 \text{ w}$$

En resumen:

$$\text{Pérdida Total} = 4626.0 + 852.7 = 5478.7 \text{ w}$$

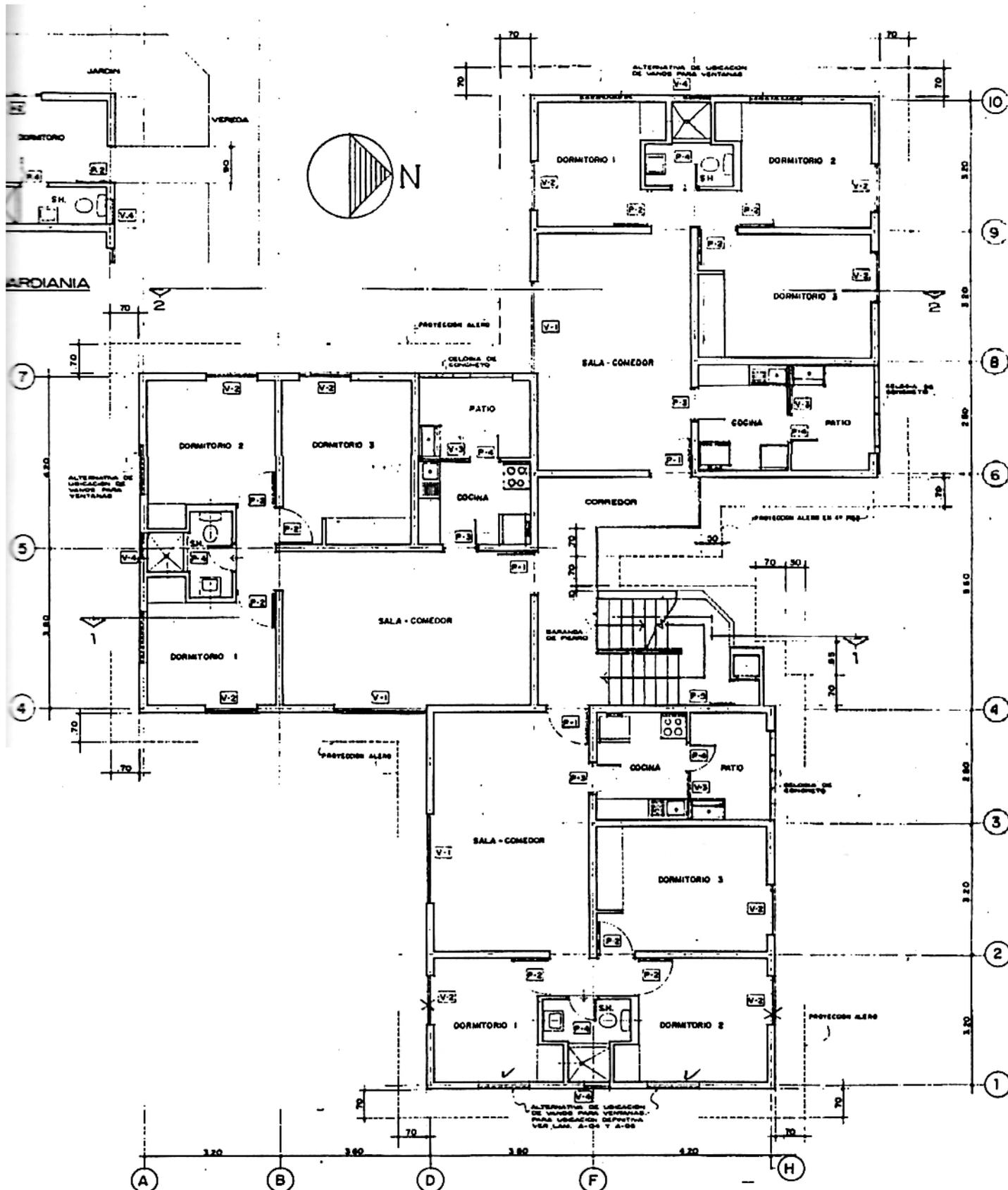
$$\text{Ganancia Total} = 1699.0 \text{ w}$$

(2) Se ha supuesto que la ventana de la cocina recibe un 10% de la radiación sobre la cara N, a través de la celosía del patio.



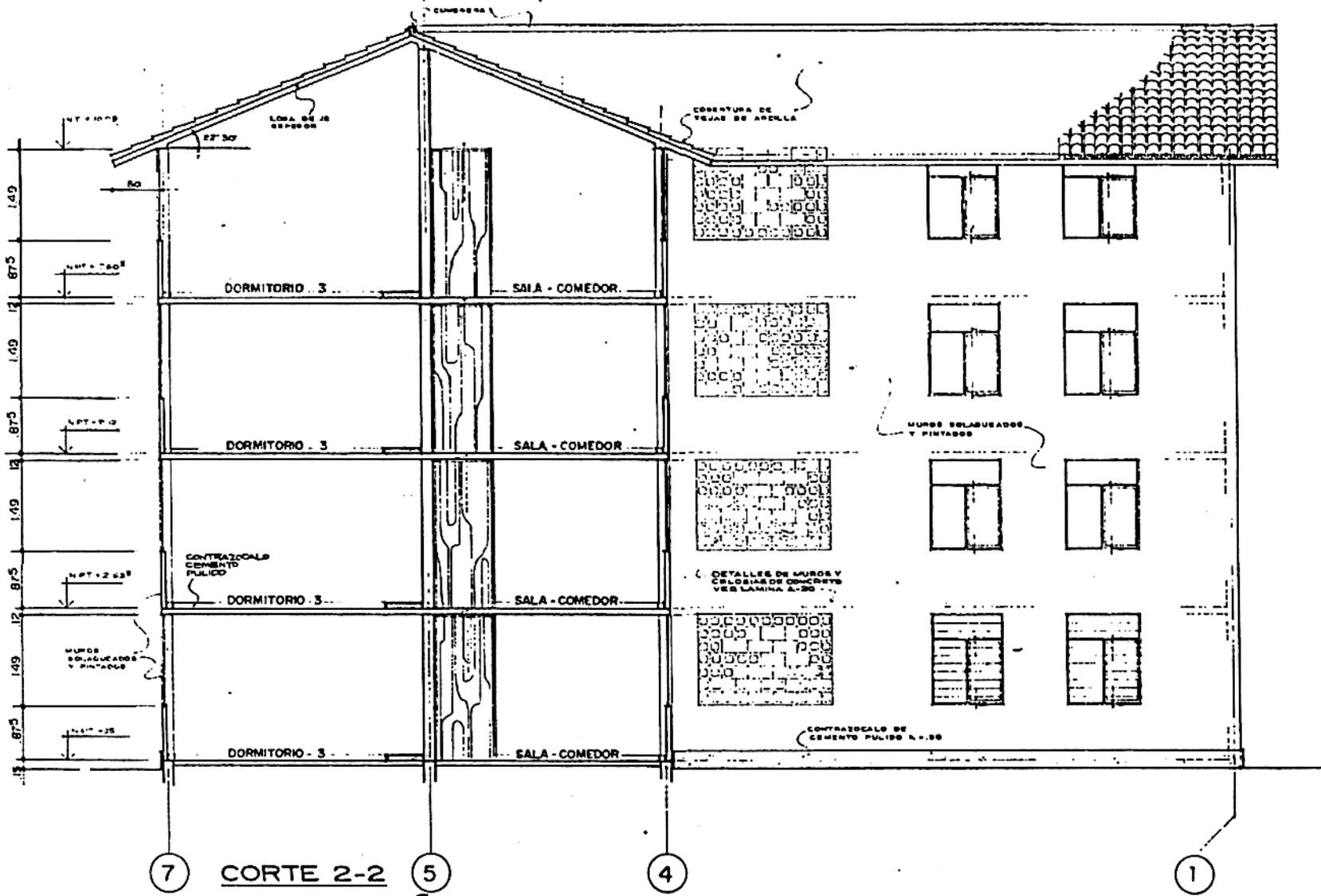
PLANTA PRIMER PISO. EDIFICIO B (DISEÑO ORIGINAL)

GRAF. 25



PLANTA TÍPICA EDIF. B (DISEÑO ORIGINAL)

GRAF. 26



EDIFICIO B (DISEÑO ORIGINAL)

GRAF. 27

III.3 DISEÑO BIOCLIMÁTICO PROPUESTO

Como es fundamental el obtener el máximo de asoleamiento se establece una disposición de todos los blocks de vivienda en dirección del eje N - S para que sus lados mayores queden enfrentados hacia el Este y el Oeste. Hacia estos extremos se ha buscado unir linealmente los blocks para que los espacios al interior del conjunto estén más protegidos de los vientos dominantes del NW y NE. Es en estos espacios centrales protegidos donde se establece la nueva ubicación del C.E.I. y el Centro Comercial. Con este mismo fin se plantea una hilera de eucaliptos en la calle central que cruza el conjunto, así también en los lados Norte y Sur del agrupamiento se propone una barrera parabrisas de árboles altos y frondosos desde su base.

Por otra parte la cantidad de viviendas que reúne cada multifamiliar propuesto es el doble de las contenidas en el diseño existente. Esto posibilita que las viviendas estén adosadas unas a otras en mayor número, disminuyendo sus pérdidas de calor.

Estos multifamiliares se han ubicado en forma intercalada, de tal manera que permitan el máximo aprovechamiento de la radiación por sus fachadas principales y de paso también evitar la formación de tuneles de viento; se consigue de esta manera un espaciamiento tal entre las edificaciones que determina que la trama del conjunto sea densa y aislada, en suma, bien asoleada.

En cuanto a las viviendas se ha buscado que todas tengan sus caras mayores dirigidas al Este y al Oeste y que la mayoría de ellas se protejan entre sí del enfriamiento causado por el viento. Como resultado se obtiene un diseño que agrupa a las viviendas alrededor de un patio central desde el que se accede a las viviendas. Las dimensiones de este espacio permiten que los rayos solares sean recibidos por las fachadas de las viviendas cuyos frentes convergen hacia él; además, como cuenta con protección del viento por los cuatro costados, salvo en su parte superior -ya que es al aire libre-, sirve como lugar de transición térmica entre los espacios exteriores fríos y el interior cálido de las viviendas. El microclima que se crea dentro de él, de características más confortables, posibilita su uso como zona de esparcimiento aún en las horas del día en que la temperatura decrece.

En cuanto a las modificaciones realizadas en las viviendas, estas basi-

camente estan dirigidas a obtener la mayor ganancia de calor, con este fin se han realizado los siguientes cambios:

Todos los espacios de habitación cuentan con ventanas tanto hacia el Este como el Oeste para obtener asoleamiento diario.

Los ambientes de servicio tales como la cocina, baño y patio se agrupan en un extremo, reduciendo así la superficie expuesta al viento.

Se ha dotado a las viviendas de vestíbulos que, aunque pequeños, evitan que los vientos fríos roben el calor del interior de la vivienda, y con similar proposito, a las ventanas se les agrega contraventanas interiores para reducir las pérdidas por convección e infiltración.

Se consigue que también las cocinas puedan obtener calor a través de ventanas al Este u Oeste, de las que adolecían anteriormente.

En el patio se ha cambiado la celosía conformada por bloquetas huecas por una superficie vidriada y con ventana. Así, este ambiente puede conservar el calor recibido durante el día, funcionando como una especie de invernadero. Estos patios - tendales pueden recibir radiación solar en las mañanas o en las tardes, compensando de esta forma su falta de ganancia solar en las horas más cálidas del día, ya que son techados.

Todas las ventanas de las viviendas estan orientadas sólo hacia el Este u el Oeste para que ninguna deje de obtener ganancia solar durante todo el año ya sea por las mañanas o por las tardes. Sus dimensionamientos responden tanto a estos requerimientos como a los de evitar excesivas pérdidas por convección y conducción.

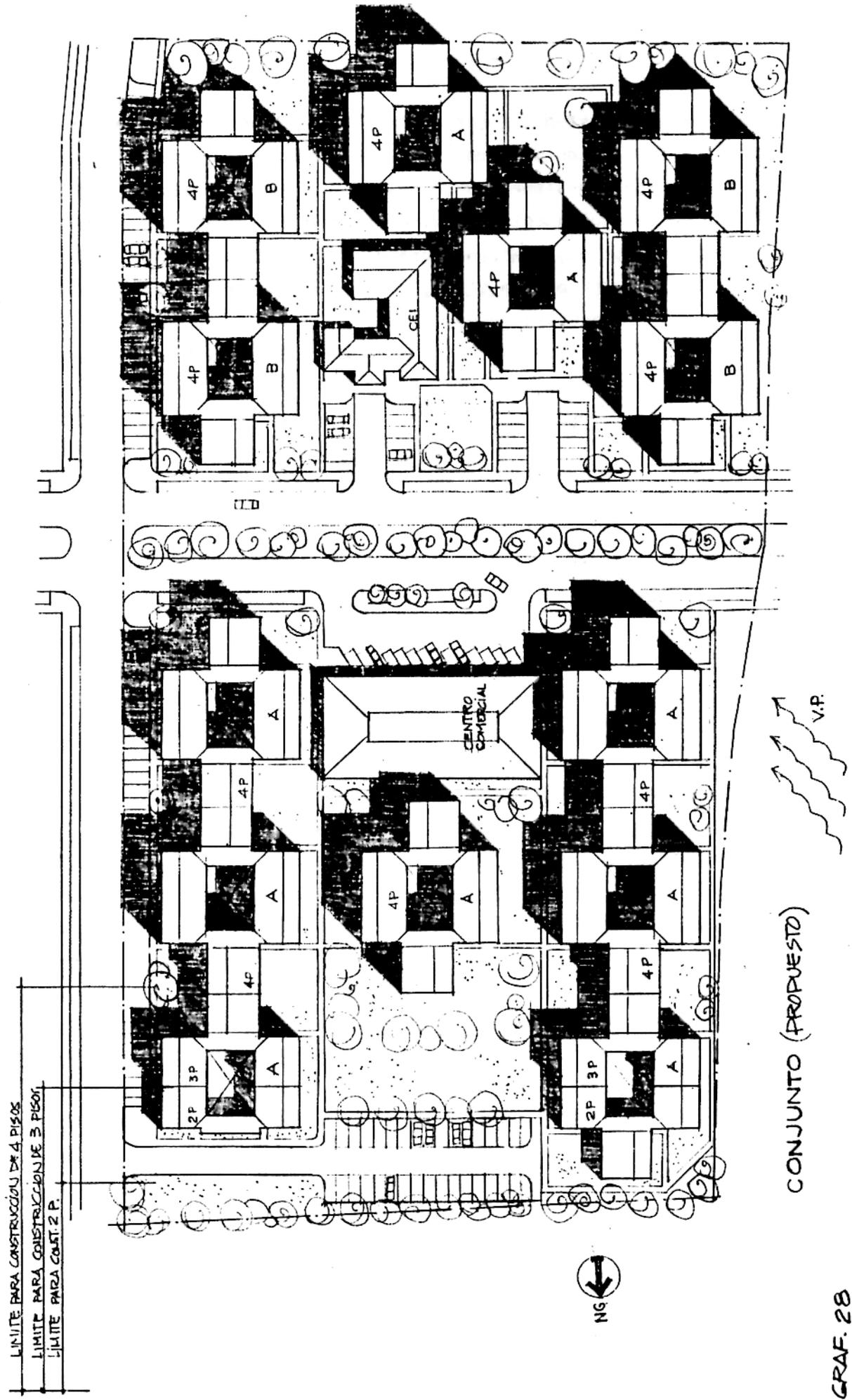
En lo referente a los materiales escogidos, cabe decir que resulta apropiado el que se haya elegido en el proyecto existente el empleo de bloquetas de concreto con agujeros, de 0.20 m. de espesor, debido a que estos presentan mayor resistencia a la pérdida de calor que los ladrillos comunes macizos; igualmente es conveniente que se haya previsto el acabado solaqueado de las paredes exteriores, pues su mayor rugosidad incrementa la absorción solar. Lo que sí es recomendable además, es que la pintura de las paredes exteriores sea de tonos oscuros ya que esto también contribuye a lo anterior.

Las contraventanas propuestas deben estar confeccionadas en forma que sean lo más aislante posible, por lo que sería conveniente que fueran contraplacadas, y sí es posible, contar además con una capa de material aislante en su interior. Estos elementos, al igual que los marcos de

las ventanas deben estar provistos de burletes sellantes para reducir al mínimo la infiltración de aire frío.

Los techos, que son los elementos de una vivienda que reciben la mayor cantidad de radiación solar durante el año, deben tratar de aprovechar al máximo esta cualidad, acumulando en su interior el calor absorbido. Es conveniente por lo tanto, agregar al techo original una torta de barro, y un revoque interior. Es preferible un techo pesado.

Los pisos de los dormitorios y de la sala - comedor conviene que sean de baja admisividad para que parezcan menos "frías" al tacto; se propone entablado de madera. Pisos asfálticos o vinílicos para la cocina, y cemento pulido, con tonos oscuros, para el patio.

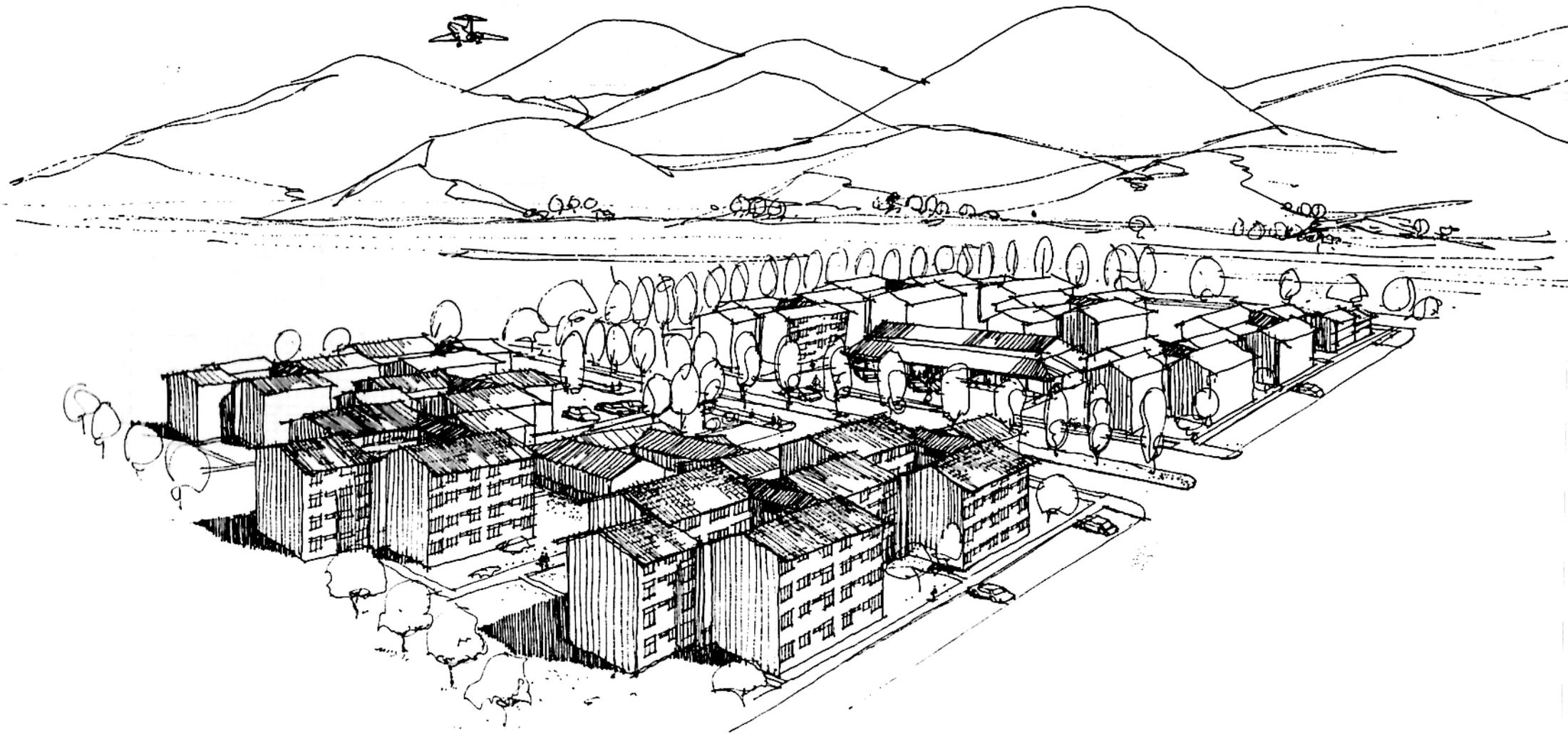


LIMITE PARA CONSTRUCCION DE 4 PISOS
LIMITE PARA CONSTRUCCION DE 3 PISOS
LIMITE PARA CONST. 2 P.

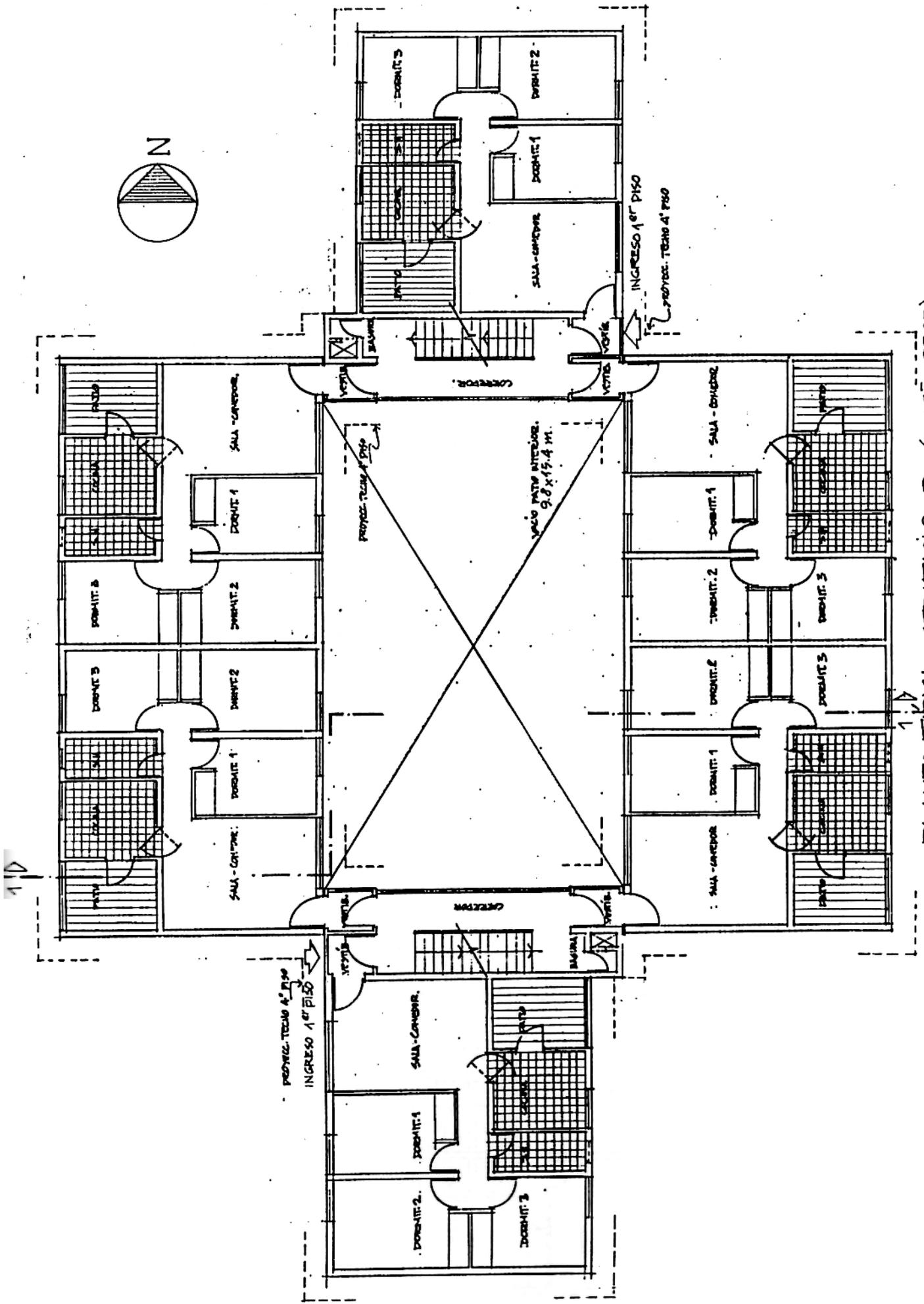
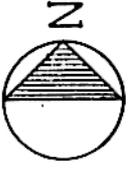
NG

CONJUNTO (PROPUESTO)

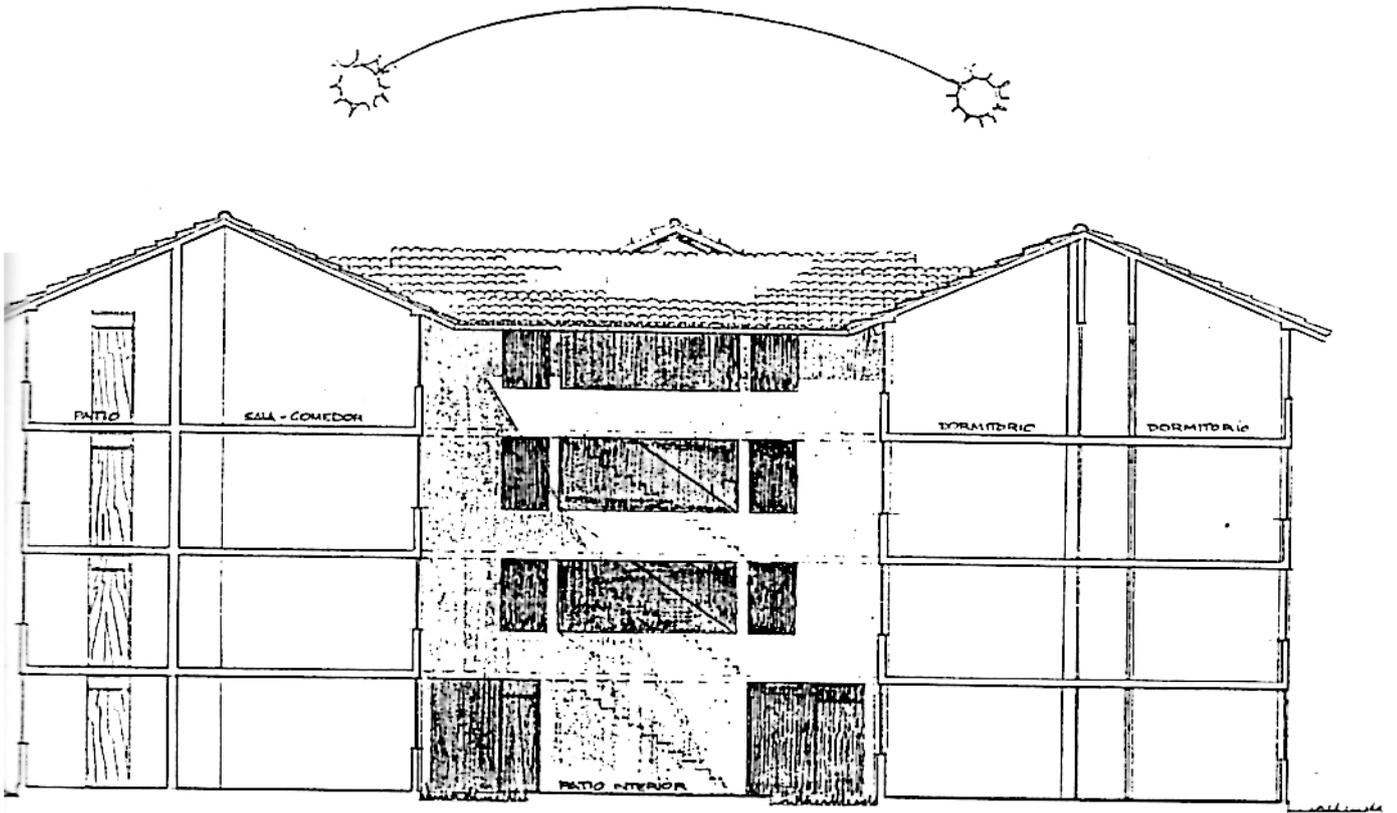
V.P.



PERSPECTIVA CONJUNTO PROYECTO.



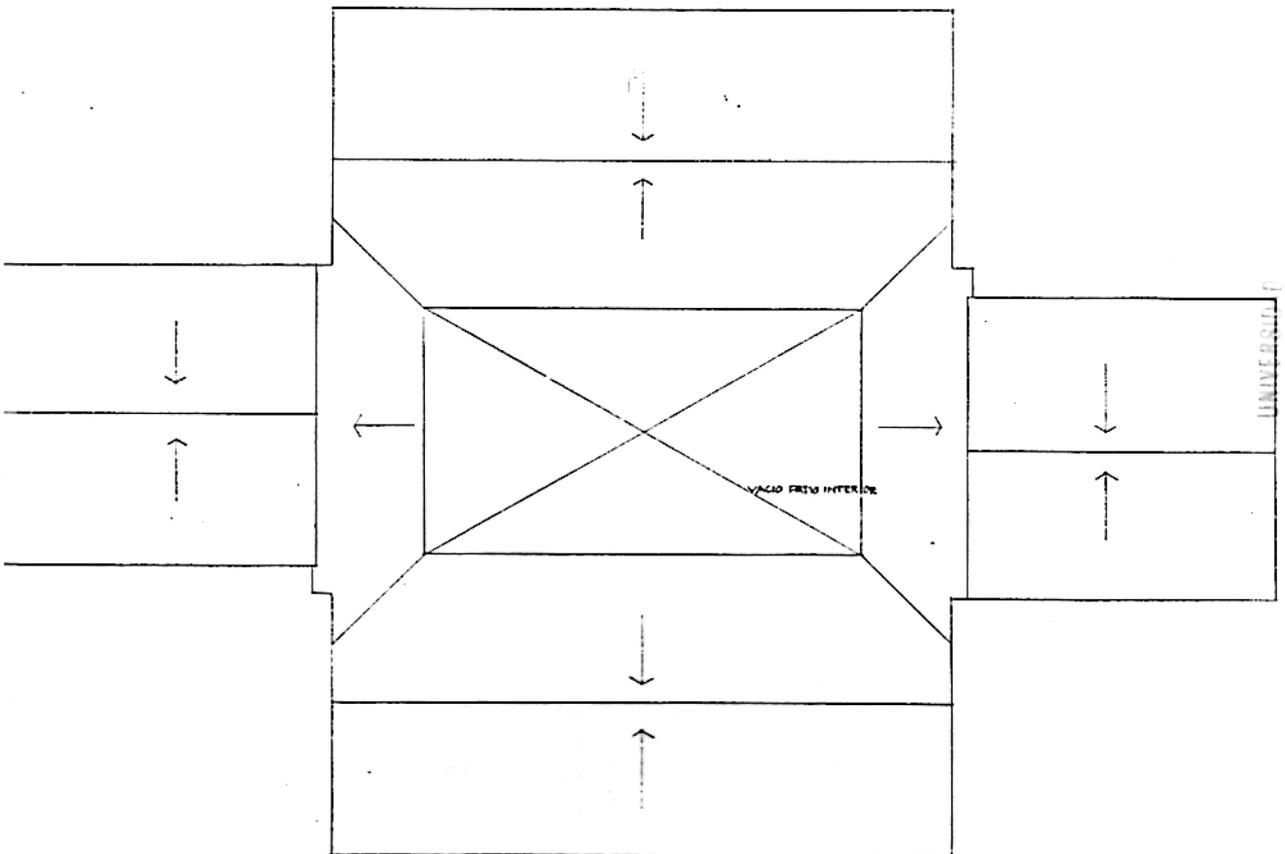
PLANTA TÍPICA EDIFICIO B (DISEÑO PROP.)



CORTE 1-1

DISEÑO PROPUESTO

GRAF. 31



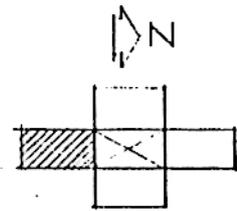
PLANO DE TECHOS.

DISEÑO PROPUESTO

GRAF. 32

III.4 EVALUACION TERMICA DISEÑO PROPUESTO I
VIVIENDA TIPO A (2 DORMITORIOS)

Al igual que en el caso del diseño original, también se elige una vivienda del último piso y las mismas condiciones de temperaturas.



TEMPERATURA MEDIA MENSUAL = 10.0°C (Junio)
 TEMPERATURA INTERIOR DE DISEÑO = 18.4°C $\Delta t = - 8.4^\circ\text{C}$

CALCULO DE TRANSMISION DE CALOR

A. POR CONDUCCION Q_c :

$Q_c = A \times U \times \Delta t$
 Flujo de calor Area Coef. Global de Transm. Diferencia de Temp.

SUPERFICIE	A m ²	U w/m ² °C	Δt °C	TOTAL w	
Paredes	61.40	1.70	8.4	876.8	
	14.60	1.70	4.2 ⁽¹⁾	104.2	
Ventanas	8.45	6.25	8.4	146.4	33% (2)
Vent.c/contrav.	8.20	1.19	8.4	54.9	67%
Puertas (contrapl.)	4.50	0.58	4.2	10.9	
Techos	58.50	1.99	8.4	933.6	
Sobrecimiento (borde de piso)	24.0 ml	40 w/ml		960.0	

$Q_c = - 3086.8 \text{ w}$

B. POR CONVECCION (infiltración) Q_v :

$Q_v = V \times \text{cambios/hr.} \times K \times \Delta t$
 Flujo de calor Vol. # Constante Diferencia de Temp.

(1) Se ha supuesto una diferencia de temperatura igual a la mitad de Δt , para paredes exteriores protegidas.

(2) Se ha considerado que las contraventanas estan abiertas 8 hrs. (33% día) y cerradas 16 hrs. (67% día).

Sabemos que 1w = 1J/seg.; luego, suponiendo que estas dos situaciones se dieran en 1 seg. en vez de un día, se tendría:

flujo en 33% (seg.) = 0.33 (443.6J) = 146.4 J (sin contrav.)

flujo en 67% (seg.) = 0.67 (81.9J) = 54.9 J (con contrav.)

AMBITO	VOLUMEN m ³	CAMB./hr.	K w/m ³ °C	Δ t °C	TOTAL w
Sala-Com.	64.1	1.5	.35	8.4	282.6
Cocina	16.3	1.0	.35	8.4	48.2
Baño	8.5	1.0	.35	8.4	24.9
Dormit. 1	27.2	1.0	.35	8.4	79.9
Dormit. 2	35.4	1.0	.35	8.4	104.1

$$Q_v = - 539.7 \text{ w}$$

C. POR RADIACION A TRAVES DE VENTANAS Q_s :

$$Q_s = A \times I \times \theta$$

Aporte caloríf. Area Rad. solar promedio Factor de Gan. solar

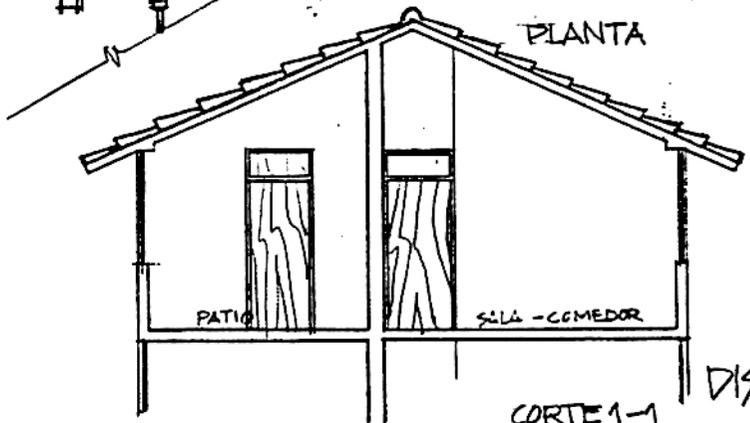
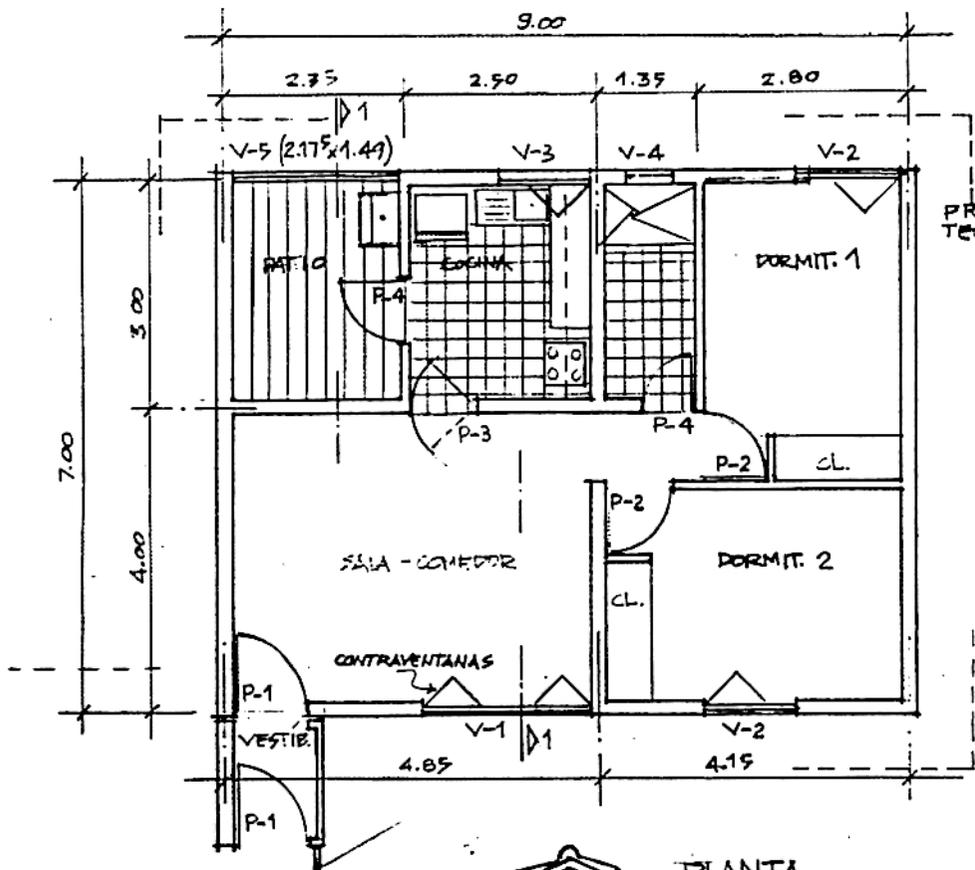
ORIENTACION DE VENTANAS	A m ²	I w/m ²	θ	TOTAL w
S		29		
SE - SW		93		
E - W	8.45	244	0.85	1752.5
NE - NW		395		
N		500		
HORIZ.		454		

$$Q_s = 1752.5 \text{ w}$$

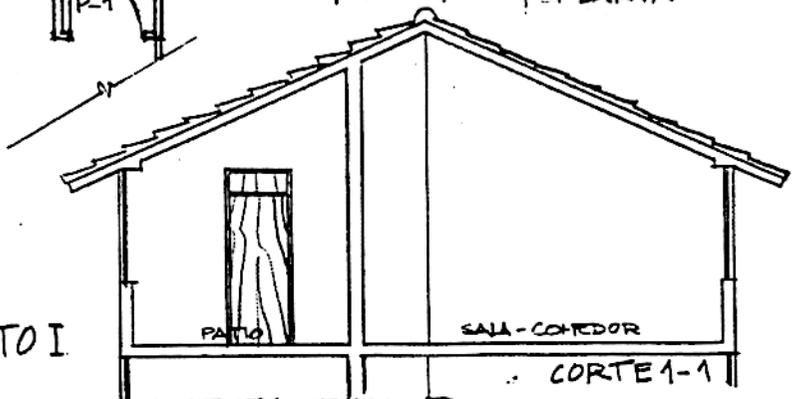
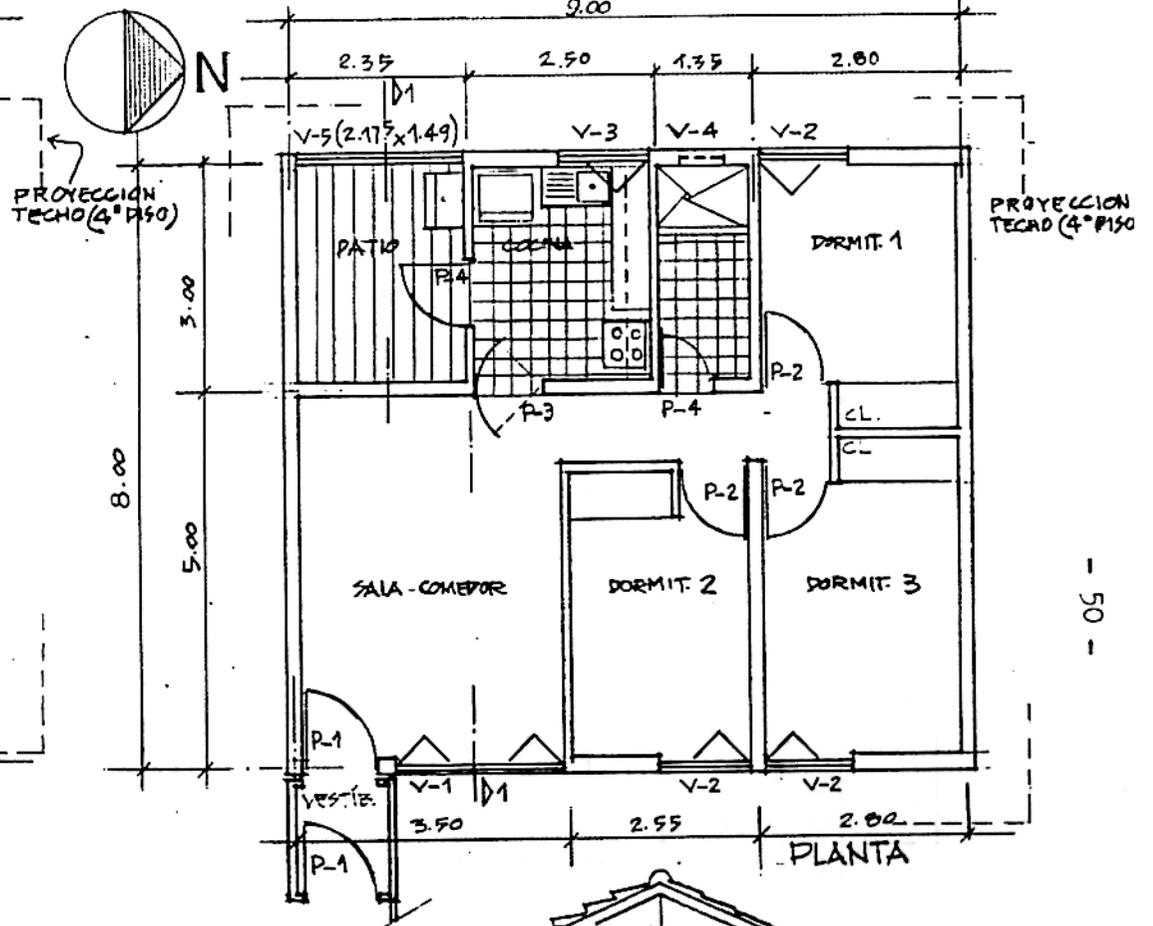
En resumen:

$$\begin{aligned} \text{Pérdida Total} &= (3086.8) + (539.7) = 3626.5 \text{ w} \quad (1) \\ \text{Ganancia Total} &= 1752.5 \text{ w} \end{aligned}$$

(1) No incluye pérdidas por el vestíbulo ni por el patio.



VIVIENDA TIPO A



VIVIENDA TIPO B

DISEÑO PROPUESTO I
GRAF. 33

AMBIENTE	VOLUMEN m ³	CAMB./hr.	K w/m ³ °C	Δ t °C	TOTAL w
Sala-Com.	71.08	1.5	.35	8.4	313.5
Cocina	22.61	1.0	.35	8.4	66.5
Baño	12.21	1.0	.35	8.4	35.9
Dormit. 1	29.65	1.0	.35	8.4	87.2
Dormit. 2	33.30	1.0	.35	8.4	97.9
Dormit. 3	37.69	1.0	.35	8.4	110.8

$$Q_v = - 709.8 \text{ w}$$

C. POR RADIACION A TRAVES DE VENTANAS Q_s :

$$Q_s = A \times I \times \theta$$

Aporte calorif. Area Rad. solar promedio Factor de Gan. solar

ORIENTACION DE VENTANAS	A m ²	I w/m ²	θ	TOTAL w
S		29		
SE - SW		93		
E - W	10.25	244	0.85	2125.8
NE - NW		395		
N		500		
HORIZ.		454		

$$Q_s = 2125.8 \text{ w}$$

En resumen:

$$\text{Pérdida Total} = 3553.0 + 709.8 = 4262.8 \text{ w} \quad (1)$$

$$\text{Ganancia Total} = 2125.8 \text{ w}$$

(1) No incluye pérdidas por el vestíbulo ni por el patio.

III.6 EVALUACION TERMICA DISEÑO PROPUESTO II

VIVIENDA TIPO A (2 DORMITORIOS)

Esta propuesta presenta algunos cambios en el diseño con respecto a la propuesta I, dirigidos a incrementar el porcentaje de calefacción solar. También se elige una vivienda del último piso.

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL = 10.0°C (Junio)

TEMPERATURA INTERIOR DE DISEÑO = 18.4°C $\Delta t = -8.4^\circ\text{C}$

CALCULO DE TRANSMISION DE CALOR

A. POR CONDUCCION Q_c :

Igual a la del diseño propuesto I, pero con los siguientes cambios:
(aumento de ventanas existentes y creación de ventanas altas).

SUPERFICIE	A m ²	U w/m ² °C	Δt °C	TOTAL w	
Ventanas	11.41	6.25	8.4	197.7	33%
Ventanas c/contrav.	11.16	1.19	8.4	74.7	67%
Vent. altas	3.50	6.25	8.4	60.6	33%
Vent. altas c/contrav.	3.50	1.19	8.4	23.4	67%

356.4 w

$$Q_c = 2885.5 + 356.4 = - 3211.9 \text{ w}$$

B. POR CONVECCION Q_v :

Igual a la del Diseño Propuesto I $Q_v = - 539.7 \text{ w}$

C. POR RADIACION A TRAVES DE VENTANAS Q_s :

Hay un incremento por mayor área de ventanas, todas al E y W.

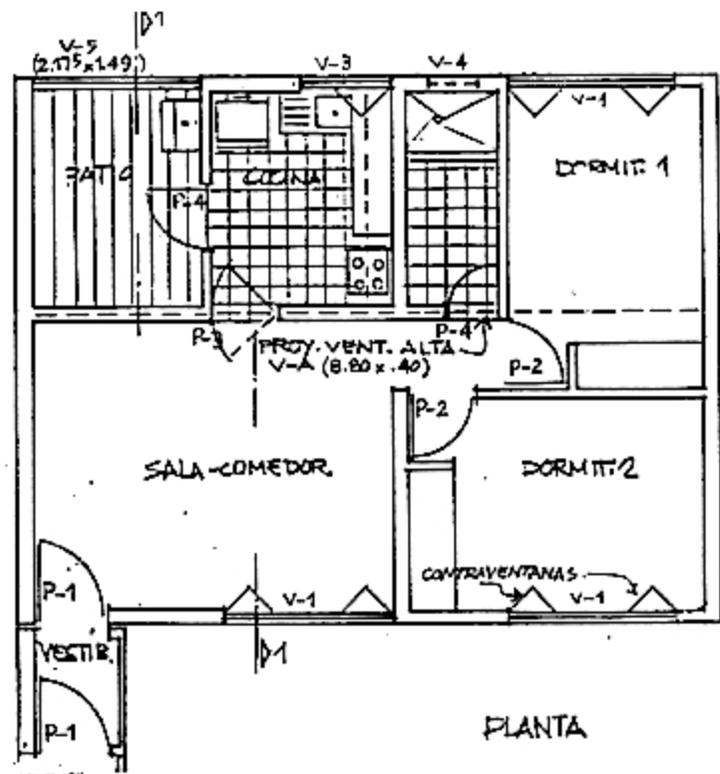
ORIENTACION DE VENTANAS	A m ²	I w/m ²	θ	TOTAL w
E - W	14.91	244	0.85	3092.3

$$Q_s = 3092.3 \text{ w}$$

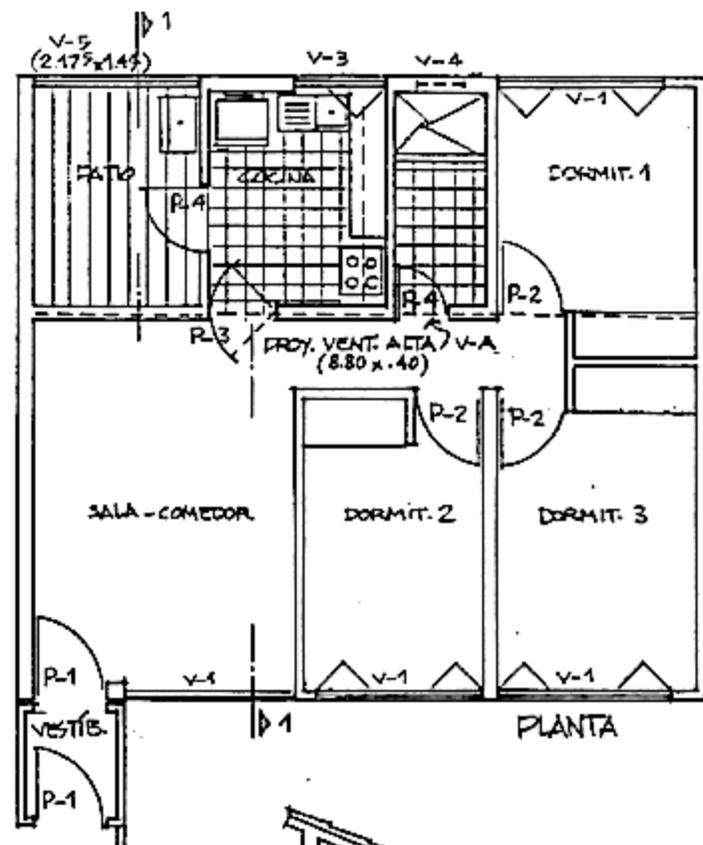
En Resumen:

$$\text{Pérdida Total} = 3211.9 + 539.7 = 3751.6 \text{ w}$$

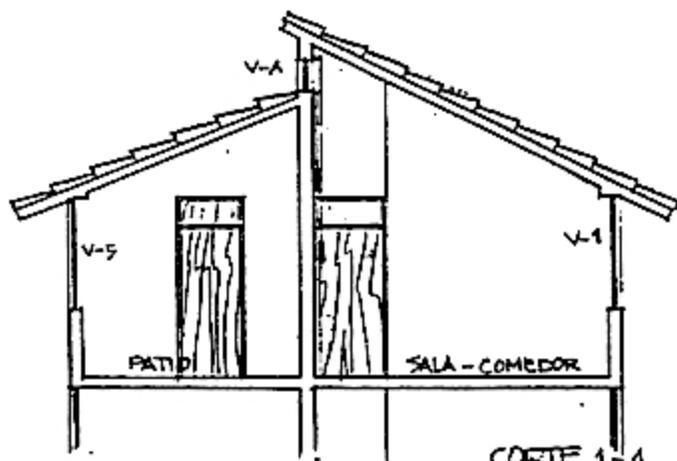
$$\text{Ganancia Total} = \quad \quad \quad = 3092.3 \text{ w}$$



PLANTA

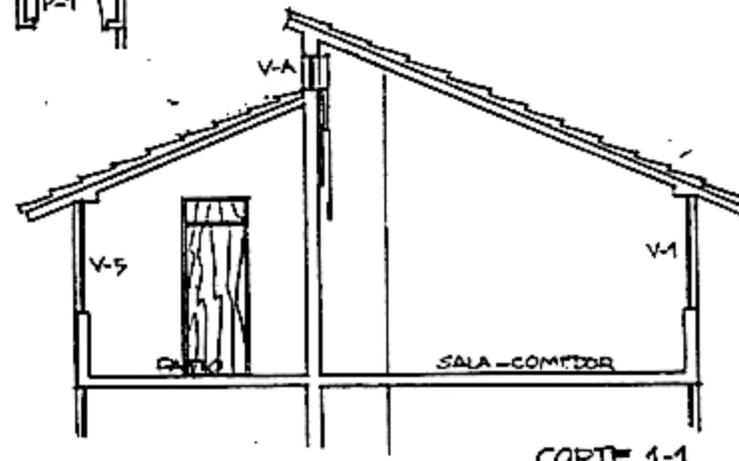


PLANTA



CORTE 1-1

VIVIENDA TIPO A



CORTE 1-1

VIVIENDA TIPO B

DISEÑO PROPUESTO II
 - SIMILAR A DIS. PROP. I, PERO CON MAYOR ÁREA DE VENTANAS E INCORPORACIÓN DE VENT. ALTA.
 GRÁF. 34

III.7 EVALUACION TERMICA DISEÑO PROPUESTO II

VIVIENDA TIPO B (3 DORMITORIOS)

Esta propuesta presenta algunos cambios en el diseño con respecto a la propuesta I, dirigidos a incrementar el porcentaje de calefacción solar. También se elige una vivienda del último piso.

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL = 10.0°C (Junio)
 TEMPERATURA INTERIOR DE DISEÑO = 18.4°C $\Delta t = -8.4^\circ\text{C}$

CALCULO DE TRANSMISION DE CALOR

A. POR CONDUCCION Q_c :

Igual al diseño propuesto I, pero con los siguientes cambios:
 (aumento de ventanas existentes y creación de ventanas altas).

SUPERFICIE	A m ²	U w/m ² °C	Δt °C	TOTAL w	
Ventanas	14.70	6.25	8.4	254.7	33%
Ventanas c/contrav.	14.45	1.19	8.4	96.7	67%
Vent. altas	3.50	6.25	8.4	60.6	33%
Vent. altas c/contrav.	3.50	1.19	8.4	23.4	67%

-575.4 w

$$Q_c = 3308.5 + 575.4 = - 3883.9 \text{ w}$$

B. POR CONVECCION Q_v :

Igual a la del Diseño Propuesto I $Q_v = - 709.8 \text{ w}$

C. POR RADIACION A TRAVES DE VENTANAS Q_g :

Hay un incremento por mayor área de ventanas, todas al E y W.

ORIENTACION DE VENTANAS	A m ²	I w/m ²	θ	TOTAL w
E - W	18.20	244	0.85	3774.7

$$Q_g = - 3774.7 \text{ w}$$

En Resumen:

$$\text{Pérdida Total} = 3883.9 + 709.8 = 4593.7 \text{ w}$$

$$\text{Ganancia Total} = = 3774.7 \text{ w}$$

IV.- COMPORTAMIENTO TERMICO DIARIO DE LOS PROYECTOS

IV.1 VIVIENDA TIPO A

	PROY. ORIGINAL	PROY. PROPUESTO I	PROY. PROPUESTO II
JUNIO			
Temp. media = 10.0°C	$\Delta t = -8.4^{\circ}\text{C}$		Prom. diario horas de sol = 8.2 h
Pérdida diaria	(4454.3 w)(24 h) = 106903.2 w-h	(3626.5 w)(24 h) = 87036.0 w-h	(3751.6 w)(24 h) = 90038.4 w-h
Ganancia diaria	(983.9 w)(8.2 h) = 8067.9 w-h	(1752.5 w)(8.2 h) = 14370.5 w-h	(3092.3 w)(8.2 h) = 25356.9 w-h
Calef. solar	= 7.5%	= 16.5%	= 28.0%

MARZO			
Temp. media = 12.5°C	$\Delta t = -5.9^{\circ}\text{C}$		Prom. diario horas de sol = 5.1 h
Pérdida diaria	(3392.0 w)(24 h) = 81408.0 w-h	(2825.4 w)(24 h) = 67809.6 w-h	(2934.0 w)(24 h) = 70416.0 w-h
Ganancia diaria	(1161.5 w)(5.1 h) = 5923.6 w-h	(2104.4 w)(5.1 h) = 10732.4 w-h	(3713.3 w)(5.1 h) = 18937.8 w-h
Calef. solar	= 7.3%	= 15.8%	= 26.9%

DICIEMBRE			
Temp. media = 13.0°C	$\Delta t = -5.4^{\circ}\text{C}$		Prom. diario horas de sol = 5.0 h
Pérdida diaria	(3044.6 w)(24 h) = 73070.4 w-h	(2564.8 w)(24 h) = 61555.2 w-h	(2657.9 w)(24 h) = 63789.6 w-h
Ganancia diaria	(1372.9 w)(5.0 h) = 6864.5 w-h	(1968.0 w)(5.0 h) = 9840.0 w-h	(3472.5 w)(5.0 h) = 17362.5 w-h
Calef. solar	= 9.4%	= 15.6%	= 27.2%

COMPORTAMIENTO TERMICO DIARIO DE LOS PROYECTOS

IV.2 VIVIENDA TIPO B

PROY. ORIGINAL	PROY. PROPUESTO I	PROY. PROPUESTO II
JUNIO		
Temp. media = 10.0°C $\Delta t = -8.4^{\circ}\text{C}$ Prom. diario horas de sol = 8.2 h		
Pérdida diaria (5478.7 w)(24 h) = 131488.8 w-h	(4262.8 w)(24 h) = 102307.2 w-h	(4593.7 w)(24 h) = 110248.8 w-h
Ganancia diaria (1699.0 w)(8.2 h) = 13931.8 w-h	(2125.8 w)(8.2 h) = 17431.6 w-h	(3774.7 w)(8.2 h) = 30952.5 w-h
Calef. solar = 10.6%	= 17.0%	= 28.0%
MARZO		
Temp. media = 12.5°C $\Delta t = -5.9^{\circ}\text{C}$ Prom. diario horas de sol = 5.1 h		
Pérdida diaria (4141.6 w)(24 h) = 99398.4 w-h	(3291.4)(24 h) = 78993.6 w-h	(3521.6 w)(24 h) = 84518.4 w-h
Ganancia diaria (1468.0 w)(5.1 h) = 7486.8 w-h	(2552.7 w)(5.1 h) = 13018.7 w-h	(4531.9 w)(5.1 h) = 23112.7 w-h
Calef. solar = 7.5%	= 15.2%	= 27.3%
DICIEMBRE		
Temp. media = 13.0°C $\Delta t = -5.4^{\circ}\text{C}$ Prom. diario horas de sol = 5.0 h		
Pérdida diaria (3695.6 w)(24 h) = 88694.4 w-h	(2967.5 w)(24 h) = 71220.0 w-h	(3164.2 w)(24 h) = 75940.8 w-h
Ganancia diaria (1523.3 w)(5.0 h) = 7616.5 w-h	(2387.2 w)(5.0 h) = 11936.0 w-h	(4238.8 w)(5.0 h) = 21194.0 w-h
Calef. solar = 8.6%	= 15.5%	= 27.9%

IV.3 COSTOS DE CALEFACCION ELECTRICA

Si se supone el empleo de un equipo de calefacción a electricidad para mantener la temperatura de confort en forma permanente dentro de la vivienda, el costo por hora de esta calefacción nos sirve como una referencia más para comparar las características térmicas de los seis proyectos:

$$\frac{(\text{Pérdidas} - \text{Ganancias}) \text{ Kw-h}}{24 \text{ h}} (\text{S/. } 400.00/\text{Kw-h}) = \text{S/. soles/h}$$

VIVIFNDA TIPO A

<u>PROY. ORIGINAL</u>	<u>PROY. PROP. I</u>	<u>PROY. PROP. II</u>	
S/. 1647.2/h	S/. 1211.1/h	S/. 1078.0/h	JUN.
S/. 1258.1/h	S/. 951.3/h	S/. 857.9/h	MAR.
S/. 1103.4/h	S/. 861.3/h	S/. 773.8/h	DIC.
Promedio:	Promedio:	Promedio:	
S/. 1336.2/h	S/. 1007.9/h	S/. 903.2/h	

VIVIFNDA TIPO B

<u>PROY. ORIGINAL</u>	<u>PROY. PROP. I</u>	<u>PROY. PROP. II</u>	
S/. 1959.3/h	S/. 1414.6/h	S/. 1321.6/h	JUN.
S/. 1531.9/h	S/. 1099.6/h	S/. 1023.4/h	MAR.
S/. 1351.3/h	S/. 988.0/h	S/. 912.4/h	DIC.
Promedio:	Promedio:	Promedio:	
S/. 1614.2	S/. 1167.4/h	S/. 1085.8/h	

V.- CONCLUSIONES FINALES

Al hacerse la comparación del comportamiento térmico de los diferentes proyectos, debe tenerse presente el carácter relativo de aquella; ya que los balances térmicos efectuados en todos los casos, no han tenido en cuenta los efectos de la radiación incidente sobre superficies opacas (temperatura sol-aire), ni la ganancia interna de calor, aparte que los valores de radiación, coeficientes, etc. pueden no ser muy reales que digamos. Sin embargo, estas deficiencias que sí son importantes para el caso de evaluarse una vivienda con fines de calcular la capacidad de un sistema de acondicionamiento mecánico, no lo son en el caso de hacerse para proyectos modificados que buscan un mayor confort. Lo importante es que los planteamientos de base adoptados sean los adecuados. Así entonces, podemos apreciar que el proyecto propuesto I logra un considerable aumento del porcentaje de calefacción solar, pues prácticamente duplica el del diseño original. Esto se debe fundamentalmente a las mayores ganancias de radiación, debido al reordenamiento de todas las viviendas en función de la orientación más conveniente, o sea que todas sus fachadas miran hacia el Este y Oeste.

Se ha dispuesto que todas las ventanas miren sólo hacia estas orientaciones; o sea que estas aperturas permitan que se reciba el sol todos los días, ya sea más en las mañanas que en las tardes o viceversa.

Debido a las temperaturas permanentemente bajas durante todos los días del año, no son eficaces las orientaciones de ventanas al Norte y al Sur, pues aparte de presentar desequilibrios estacionales, tienen valores de radiación bajos.

La trayectoria alta del recorrido solar hace que la insolación sobre las paredes verticales sea breve y escasa en comparación con la que reciben las superficies horizontales. Hemos visto anteriormente que el efecto de la radiación total incidente sobre una pared, no es muy significativa; puesto que la energía absorbida difícilmente logra pasar al interior de la vivienda, en la mayoría de los muros, sobre todo aquellos que poseen gran masa. Sus efectos son más bien atenuantes en cuanto se oponen al flujo de calor hacia el exterior.

Es preferible que los muros exteriores tengan una alta resistencia térmica y no una gran masa que se piensa almacenará alguna energía exterior, ya que más bien esta absorberá el calor del interior y lo emitirá hacia afuera de la casa, donde las temperaturas por lo general siempre son más bajas

Resulta apropiado el que se haya decidido desde un comienzo que los muros de las viviendas esten hechos a base de bloquetas de concreto, con agujeros; pues se consigue mayor aislamiento resistivo que en muros macizos. Donde sí debe absorberse la radiación incidente es en las superficies horizontales. Consecuente con esto se ha agregado al techo de las viviendas una torta de barro sobre la loza de concreto, además de un revoque de cemento en su cara inferior; así se consigue mayor masa, conveniente para acumular la abundante energía que cae sobre estos elementos horizontales. Se puede colocar una capa de material aislante hacia el exterior para que impida que el calor acumulado fugue hacia afuera de la vivienda, tanto en los techos como en los muros, pesados ambos. No existe este inconveniente en el caso de acumularse calor en los suelos y muros del interior de la casa.

Con el fin de elevar aún más los porcentajes de calefacción solar se ha elaborado un segundo proyecto (proyecto propuesto II) que incluye algunos cambios, como son: incorporación de ventanas altas orientadas al Este u Oeste, para compensar las pérdidas por el techo, y aumento del área de ventanas en los dormitorios. Esta última constituye la única manera de obtener una mayor ganancia solar en las viviendas de los pisos intermedios ya que estan imposibilitadas de hacerlo a través de los techos. Sin embargo esta condición resulta beneficiosa en cuanto se consigue una importante disminución de las pérdidas de calor.

De resultados de esto se tiene que los porcentajes de calefacción para estas viviendas son mayores que los que corresponden a las viviendas del último piso. En todas las ventanas, incluso las altas, se provee contraventanas de madera contraplacadas, y con burletes. Las protecciones contra los vientos fríos para disminuir la convección de calor al exterior incluyen también la ubicación de un vestíbulo.

Estos porcentajes obtenidos finalmente, triplican y hasta cuadruplican en algunos casos los valores del proyecto original. Otra forma de apreciarse las ventajas térmicas de los diseños propuestos puede hacerse a través de los costos de una calefacción eléctrica.

Debe tenerse presente, por otro lado que las evaluaciones térmicas se hacen considerando constante la temperatura exterior e interior, o sea, bajo un régimen constante de flujo de calor; que no contempla tampoco las variaciones en la temperatura interior debido al calor emitido por los muros, pisos, techos, etc. según retardos y amortiguamientos en la emisión de la energía que acumulan en su interior.

Otra consideración, a tomarse en cuenta, es que algunos cambios en el diseño proveen de beneficios térmicos que no son cuantificables del todo. Esto acontece por ejemplo con el patio de las viviendas; las cuales al haber sido provistas de una superficie vidriada en vez de una pared calada, se convierten en ambientes capaces de mantener temperaturas más altas, pudiéndoseles dar un uso más ventajoso, especialmente como lavandería-tendal. Así también podemos mencionar las ventajas que brinda el patio interior en cada block de viviendas. Este es un espacio que por encontrarse encerrado por sus cuatro costados tiene características especiales a manera de un microclima. Ofrece protección del viento a las fachadas, escaleras y puertas que dan hacia él.

Posee sólo dos ingresos desde el exterior, con puertas transparentes, en las esquinas opuestas de manera que se constituye en un lugar de transición térmica entre el espacio exterior, con temperaturas más bajas y las viviendas, con temperaturas más altas; propiciando el esparcimiento y reunión de las personas aún en las horas frías del día.