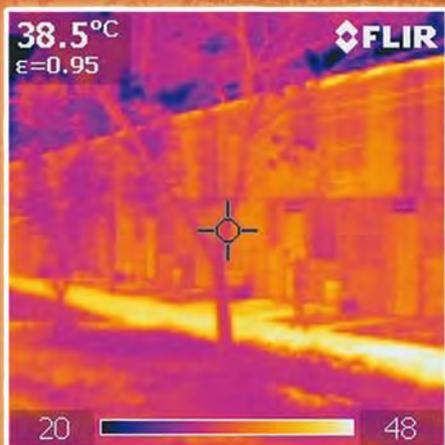


Jhonny D. Gamboa H. - Miguel E. Rosillo P.  
Carlos A. Herrera C. - Oswaldo López B. - Verónica Iglesias

# CONFORT AMBIENTAL EN VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN CALI



Los escritores realizan un análisis de la situación de confort a nivel urbano y de VIS en la ciudad de Cali. Presentan en forma condensada la información de vientos, insolación e isotermas típicas, y determinan las islas de calor. Un examen crítico indica que la planeación urbana es deficiente en términos de sostenibilidad y confort, y que podría mejorarse potenciando microclimas reguladores de altas temperaturas, y diseño paisajístico urbano. Respecto a las VIS, muestran estadísticas y ediciones que conforman la percepción común de in confortabilidad dándole un carácter científico a esta creencia. Los autores respaldan técnicamente la evaluación del confort y muestran el método, e indican que la oferta de urbanizaciones VIS no posee respaldo científico en sus pretensiones de sostenibilidad. Finalmente demuestran, con una aplicación práctica, que es posible mejorar la VIS hasta lograr en confort de manera económica siguiendo una secuencia lógica y académica.



# CONFORT AMBIENTAL EN VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN CALI



Colección Artes y Humanidades

Los autores conforman el grupo de investigación “Hábitat y Desarrollo Sostenible” de la Escuela de Arquitectura e Ingeniería Mecánica de la Universidad del Valle. Profesores de la Maestría en Arquitectura y Urbanismo con énfasis en Desarrollo Sostenible, y de la Maestría en Ingeniería Mecánica con énfasis en Energética. Han realizado proyectos de diseño y construcción donde aplican los conceptos académicos desarrollados, integrando la academia y la práctica. Actualmente trabajan sobre diseño pasivo confortable, y eficiencia energética en edificaciones en aplicaciones de industrias, comercios y vivienda, Igualmente se desempeñan en los efectos de confort y energía a escala urbana y territorio.

# CONFORT AMBIENTAL EN VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN CALI

**Jhonny D. Gamboa H.**  
**Miguel E. Rosillo P.**  
**Carlos A. Herrera C.**  
**Oswaldo López B.**  
**Verónica Iglesias**



Colección Artes y Humanidades

Confort ambiental en vivienda de interés social en Cali / Jhonny D. Gamboa H., ... [et al.]. – Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del Valle, 2011.  
112 p. ; 24 cm. – (Colección Ciencias Naturales y Exactas)  
Incluye bibliografía  
1. Vivienda popular - Aspectos ambientales - Cali (Colombia)  
2. Construcción de viviendas - Estudio de casos - Cali (Colombia)  
3. Vivienda de bajo costo - Cali (Colombia) I. Gamboa H., Jhonny D.  
II. Serie.  
728.1 cd 21 ed.  
A1282965

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

**Universidad del Valle**

**Programa Editorial**

Título: Confort ambiental en Vivienda de Interés Social en Cali  
Autores: Jhonny D. Gamboa H., Miguel E. Rosillo P., Carlos A. Herrera C., Oswaldo López B. y Verónica Iglesias  
ISBN: 978-958-670-887-6  
ISBN-PDF: 978-958-5156-55-5  
DOI: 10.25100/peu.430  
Colección: Artes y Humanidades - Arquitectura  
**Primera Edición Impresa abril 2011**

Rector de la Universidad del Valle: Édgar Varela Barrios  
Vicerrector de Investigaciones: Héctor Cadavid Ramírez  
Director del Programa Editorial: Omar J. Díaz Saldaña

© Universidad del Valle

© Jhonny D. Gamboa H., Miguel E. Rosillo P., Carlos A. Herrera C.,  
Oswaldo López B. y Verónica Iglesias

Diagramación y corrección de estilo: G&G Editores

Este libro, o parte de él, no puede ser reproducido por ningún medio sin autorización escrita de la Universidad del Valle.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión del autor y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad del Valle, ni genera responsabilidad frente a terceros. El autor es el responsable del respeto a los derechos de autor y del material contenido en la publicación, razón por la cual la Universidad no puede asumir ninguna responsabilidad en caso de omisiones o errores.

Cali, Colombia, octubre de 2020

## RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecemos a las entidades que proporcionaron la información necesaria para la realización del trabajo de investigación. Entre otras, vale destacar:

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)
- Corporación Autónoma del Valle del Cauca (CVC)
- Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente de Cali (DAGMA)
- Departamento Administrativo de Planeación Municipal (DAPM)
- Secretaría de Vivienda de Cali
- Revistas del mercado inmobiliario: *Finca raíz* y *Dónde vivir*.

Queremos agradecer también a todos los estudiantes de la Universidad del Valle, que con sus aportes nutrieron esta investigación. Entre ellos se destacan:

Ingeniería Estadística: Jhovana Reina García, Leidy Lorena Torres R., dentro de su práctica profesional de último semestre.

Arquitectura: Guillermo Tosse L., Martha Fernanda Vanegas, Ingrid Johanna Pretel, Edwin Segura G., Jonathan Gaviria G. y Saulo Andrés Gómez.

Ingeniería Mecánica: Andrés Rangel y Julián Solarte.

Expresamos nuestro reconocimiento a la Universidad del Valle, Vicerrectoría de Investigaciones, por su apoyo económico mediante convocatorias internas de investigación. Así mismo, a la Escuela de Arquitectura, Departamento de Proyectos y a la Escuela de Ingeniería Mecánica, cuyo decidido apoyo hizo posible la concreción de esta publicación.

Cali, 4 de febrero de 2011.

**PÁGINA EN BLANCO  
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

## CONTENIDO

PREFACIO	19
INTRODUCCIÓN	21
<b>CAPÍTULO 1.</b>	
<b>EL CONFORT AMBIENTAL Y EL CLIMA EN LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL (VIS)</b>	23
HIPÓTESIS: LA PERCEPCIÓN DE CONFORT EN VIS	23
ASPECTOS RELEVANTES DEL CONFORT VIS	24
Concepto de confort	24
- ¿Cómo el cuerpo regula la temperatura?	25
- Condiciones de confort	25
- Tasa de metabolismo	25
- Evaluación del aislamiento por ropa	25
- Temperatura media radiante	28
- El índice de Fanger - PMV y PPD	30
EL CLIMA EN CALI	30
Vientos	32
Lluvias	32
Temperatura	32
Humedad relativa	37
Radiación solar	38
Zonificación climática de la ciudad de Cali	41

<b>CAPÍTULO 2.</b>	
<b>FENOMENOLOGÍA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO</b>	43
TIPOS DE VIS. MODOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	43
MODOS DE TRANSFERENCIA DE ENERGÍA EN EDIFICACIONES	43
CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS	46
<b>CAPÍTULO 3.</b>	
<b>RELACIÓN DEL PAISAJE Y DEL CONTEXTO URBANO DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL CON EL CONFORT</b>	49
ANTECEDENTES HISTÓRICOS	49
ALTERACIÓN DEL CLIMA URBANO –Isla de calor–	51
LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN CALI (PERÍODO 2004-2007)	53
LAS RELACIONES URBANAS DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL	54
Sistema de movilidad	59
Sistema de espacio público	60
Sistema ambiental	61
Estructura funcional	62
Morfología	62
Imagen urbana	64
CLASIFICACIÓN VIS SEGÚN AÑO DE CONSTRUCCIÓN, TIPOLOGÍA, TIPO, SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	66
Construcción de Vivienda de Interés Social por año	66
Construcción de Vivienda de Interés Social por tipología	66
Clasificación de la Vivienda de Interés Social por tipo	69
Vivienda de Interés Social por sistemas constructivos	69
<b>CAPÍTULO 4.</b>	
<b>CASO DE ESTUDIO - INDAGACIONES</b>	77
ANÁLISIS CUALITATIVOS DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL (VIS) - LA ENCUESTA	77
ANÁLISIS CUANTITATIVOS DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL: MEDICIONES	82
Caracterización de conductividad de materiales de construcción utilizados en la Vivienda de Interés Social	82
Estudio de sombras	82
Confort ambiental del contexto urbano de la Vivienda de Interés Social	85
- Conjunto Residencial Calicanto I	85
- Urbanización Vallegrande	86
Mediciones para cálculos de índices de confort en la Vivienda de Interés Social	89
- Análisis de resultados	92

<b>CAPÍTULO 5.</b>	
<b>VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL (VIS)</b>	
<b>SOSTENIBLE - PROPUESTA DE MEJORAMIENTO</b>	95
ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO DEL CONFORT	
AMBIENTAL ARQUITECTÓNICO DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL	95
Experiencia Vallegrande	95
- Situación inicial y problema	95
- Caracterización del problema	95
- Análisis del problema	97
- Propuesta de solución	97
- Resultados y testimonio	98
- Índices de Fanger antes y después de la barrera radiante	101
<b>CAPÍTULO 6.</b>	
<b>CONCLUSIONES</b>	103
EN RELACIÓN CON EL ASPECTO URBANO	103
EN RELACIÓN CON LAS HERRAMIENTAS DEL ANÁLISIS	103
EN RELACIÓN CON EL CONFORT TÉRMICO	104
BIBLIOGRAFÍA	105

**PÁGINA EN BLANCO  
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1.	Diagrama general del concepto de confort	24
Figura 1.2.	Regulación del cuerpo	24
Figura 1.3.	Balance energético	25
Figura 1.4.	Metabolismos según actividad	26
Figura 1.5.	Metabolismos según actividad	26
Figura 1.6.	Aislamiento térmico por ropa (Clo)	27
Figura 1.7.	Cálculo del factor de vestimenta por prendas	29
Figura 1.8.	Temperatura radiante	29
Figura 1.9.	Índice de Fanger	30
Figura 1.10.	Localización de Cali	31
Figura 1.11.	Clasificación climática - Valle	31
Figura 1.12.	Rosa de vientos Cali	32
Figura 1.13.	Dirección de los vientos en Cali	33
Figura 1.14.	Precipitación mensual en Cali	34
Figura 1.15.	Promedio de precipitación anual - Valle	34
Figura 1.16.	Número de días con lluvia - Valle	35
Figura 1.17.	Clasificación climática - Valle	35
Figura 1.18.	Temperatura media anual - Valle	36
Figura 1.19.	Temperaturas medias en Cali	36
Figura 1.20.	Humedad relativa promedio en Cali	37
Figura 1.21.	Temperatura y humedad relativa en un día normal en Cali	37
Figura 1.22.	Temperatura y humedad relativa día caluroso en Cali	38
Figura 1.23.	Heliógrafo	38
Figura 1.24.	Brillo solar mensual en Cali	39
Figura 1.25.	Brillo solar, mes de agosto en Colombia	39

Figura 1.26.	Radiación solar kWh/m <sup>2</sup> promedio anual en Colombia	40
Figura 2.1.	Casas Terranova	43
Figura 2.2.	Apartamentos Calicanto 1	43
Figura 2.3.	Bloque de escoria	44
Figura 2.4.	Bloque estructural	44
Figura 2.5.	Apartamentos en ladrillo estructural - Calicanto	44
Figura 2.6.	Apartamento en Utinord - Senderos del Caney	44
Figura 2.7.	Irradiación solar vs longitud de onda	45
Figura 2.8.	Espectro solar	45
Figura 2.9.	Portada software Cartersoft	47
Figura 2.10.	Presentación de resultados finales en Cartersoft	47
Figura 3.1.	Palacio del Generalife, La Alhambra (Granada-España)	50
Figura 3.2.	Isotermas Ciudad de Cali 12.30 p.m.	52
Figura 3.3.	Centro de Cali	53
Figura 3.4.	Conjunto Bosques de la Abadía	74
Figura 3.5.	Urbanización Vallegrande (pieza oriental)	74
Figura 4.1.	Aparato medidor de conductividades térmicas	82
Figura 4.2.	Muro concreto 8,4 cm espesor, concreto	83
Figura 4.3.	Muro concreto 10,7cm espesor, acabado	83
Figura 4.4.	Superboard	83
Figura 4.5.	Panel yeso	83
Figura 4.6.	Ladrillo estructural	83
Figura 4.7.	Módulo con granito lavado	83
Figura 4.8.	Calicanto - Junio 21/12 m	84
Figura 4.9.	Calicanto - Diciembre 21/9 am	84
Figura 4.10.	Calicanto - Diciembre 21/3 pm	84
Figura 4.11.	Calicanto 1, fachada oeste y termografía, junio - 2.00 p.m.	85
Figura 4.12.	Calicanto 1, fachada norte y termografía, junio - 2.00 p.m.	85
Figura 4.13.	Calicanto 1, parqueaderos norte y termografía, junio - 2.00 p.m.	86
Figura 4.14.	Calicanto 1, Fachada sur y termografía, junio - 2.00 p.m.	86
Figura 4.15.	Parque Vallegrande, junio - 1.00 p.m.	87
Figura 4.16.	Parque Vallegrande, zona juegos blandas, junio - 1.00 p.m.	87
Figura 4.17.	Parque Vallegrande, superficies duras, junio - 1.00 p.m.	88
Figura 4.18.	Parque Vallegrande, zonas de juego - superficies duras, junio - 1.00 p.m.	88
Figura 4.19.	Parque Vallegrande, superficies blandas - zonas de juegos infantiles, junio - 1.00 p.m.	88
Figura 4.20.	Parque Vallegrande, mobiliario público, junio - 1.00 p.m.	89
Figura 4.21.	Urbanización Terranova, fachada casa	89
Figura 4.22.	Urbanización Terranova, cubierta en concreto	90
Figura 4.23.	Registro de temperaturas en apartamento 1 Calicanto	90
Figura 4.24.	Evolución de la humedad relativa - Apartamento Calicanto 1	91
Figura 4.25.	Monitoreo de temperaturas y humedades relativas - Apartamento Calicanto 1	91

Figura 4.26. Monitoreo de temperaturas, casa Vallegrande, pisos 1 y 2	92
Figura 4.27. Índice de Fanger y PPD para caracterización de Vallegrande 1, peor momento del día.	93
Figura 4.28. Psicrometría con escala de confort para VIS típica de Cali	93
Figura 4.29. Psicrometría con escala de confort para VIS típica, implementando media de alivio temporal	94
Figura 5.1. Cubierta del hall, sin ventilación	96
Figura 5.2. Temperaturas superficiales cocina, primer piso	96
Figura 5.3. Temperaturas de superficie de una habitación, sin tratamiento	96
Figura 5.4. Temperatura de superficies exteriores	97
Figura 5.5. Vivienda en Vallegrande	97
Figura 5.6. VIS con solución	97
Figura 5.7. Vallegrande, habitación sin barrera radiante	98
Figura 5.8. Vallegrande, habitación con foil de aluminio	98
Figura 5.9. Vallegrande, con barrera radiante de otro material	99
Figura 5.10. Vallegrande, entrada de aire, otro material	99
Figura 5.11. Vallegrande, evacuación de aire caliente, hall escalera	99
Figura 5.12. Vallegrande, habitación sin barrera radiante	100
Figura 5.13. Tejas de zinc, con ventilación cruzada	100
Figura 5.14. Curva comparativa en el momento de adecuación de la barrera radiante	100
Figura 5.15. Índice de Fanger para el caso de Vallegrande, sin barrera	101
Figura 5.16. Simulación Human Comfort para el caso de Vallegrande, sin barrera	101
Figura 5.17. Índice de Fanger para la misma vivienda, con barrera radiante	102
Figura 5.18. Simulación Human Comfort para vivienda con barrera	102

**PÁGINA EN BLANCO  
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Clasificación de VIS según s.m.m.l.v.	21
Tabla 1.1.	Tasas de metabolismo (según texto Macquarie University)	26
Tabla 1.2.	Factor de vestimenta = No. Clo	27
Tabla 1.3.	Radiación solar incidente W/m <sup>2</sup> sobre superficie plana horizontal, Cali	41
Tabla 3.1.	VIS existente según precio, tipo, tipología, año y sistema constructivo	55
Tabla 3.2.	Distribución de VIS en Cali según Tipo, Material, No. proyectos y No. de unidades	57
Tabla 3.3.	Cruce de información VIS	72
Tabla 3.4.	Combinaciones de proyectos de viviendas de interés social y el correspondiente número de proyectos de cada tipología	74
Tabla 3.5.	Análisis de la muestra	75
Tabla 4.1.	Conductividad térmica de materiales usados en VIS	84
Tabla 4.2.	Resultados de las mediciones de campo (valores promediados)	92
Tabla 4.3.	Índice de confortabilidad y % de insatisfechos en las caracterizaciones VIS en el momento del día más desfavorable	93

**PÁGINA EN BLANCO  
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

*“C’est la vie qui a raison, l’architecture qui a tort.”*  
*“Es la vida quien tiene la razón, la arquitectura es quien está equivocada.”*

LE CORBUSIER (al final de su vida.)

## PREFACIO

Que la Vivienda de Interés Social (VIS) en Cali es altamente inconfortable, que esta falencia no se debe a las limitaciones económicas propias de este tipo de vivienda sino que principalmente obedece a pobreza conceptuales en sus diseños, los cuales están orientados a resolver situaciones del altiplano frío (Bogotá) y al desconocimiento y desdén por las condiciones climáticas especiales de la ciudad, son percepciones de la comunidad caleña. También lo es el hecho de que los constructores, enfocados exclusivamente en el rendimiento económico, invierten en el manejo político y en acabados cosméticos, y en cambio ahorran al máximo posible en diseño y en cantidad y calidad de materiales.

Con el propósito de verificar el nivel de confortabilidad o inconfortabilidad en la VIS de Cali, detectar y proponer mejoras coherentes con las posibilidades económicas de sus habitantes, se realizó la presente investigación.

En la primera parte se exponen las anteriores hipótesis de trabajo y se establecen la parte conceptual y el marco teórico. En la segunda se presentan los aspectos metodológicos: el análisis urbano y las herramientas de trabajo elaboradas. En tercer lugar se muestran los resultados y los análisis correspondientes. El estudio finaliza con los elementos propositivos de mejoras, integrando el concepto de sostenibilidad.

Los autores expresan su esperanza de que este trabajo sea una referencia que les permita a planificadores, diseñadores y constructores de VIS, y a académicos de la sostenibilidad, ofrecer, para las clases sociales menos pudientes, una vivienda digna y confortable.

**PÁGINA EN BLANCO  
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

## INTRODUCCIÓN

La explotación hacia la naturaleza que han establecido las sociedades de consumo para disfrutar el desarrollo se ha caracterizado por la falta de responsabilidad hacia el entorno ambiental. No obstante, a partir de conceptos como el de *Desarrollo Sostenible*, se han replanteado muchas actividades que inciden sobre la ecología; así, en el caso de la construcción y uso de viviendas, consumidoras del 50% de los recursos energéticos (Edwards, 2004), se hace indispensable el desarrollo de soluciones eficientes energéticamente e integradas a los ciclos naturales para aminorar los impactos negativos sobre el entorno.

En Colombia:

Se entiende por viviendas de interés social aquellas que se desarrollen para garantizar el derecho a la vivienda de los hogares de menores ingresos. En cada Plan Nacional de Desarrollo el Gobierno Nacional establecerá el tipo y precio máximo de las soluciones destinadas a estos hogares teniendo en cuenta, entre otros

aspectos, las características del déficit habitacional, las posibilidades de acceso al crédito de los hogares, las condiciones de la oferta, el monto de recursos de crédito disponibles por parte del sector financiero y la suma de fondos del Estado destinados a los programas de vivienda. (Artículo 91, Ley 388, 1997).

También, Vivienda de Interés Social (VIS) es la solución de vivienda cuyo valor máximo es de ciento treinta y cinco salarios mínimos mensuales legales vigentes (135 s.m.m.l.v.) (Decreto 4466, 2007). Esta vivienda se otorga a quienes devengan menos de cuatro (4) s.m.m.l.v., y cuenta con un subsidio otorgado por las cajas de compensación familiar y el gobierno nacional (Fondo Nacional del Ahorro).

La Vivienda de Interés Social se clasifica en tipo I, II, III y IV (Art. 7, Decreto 975, 2004), según su valor, como se muestra en la Tabla 1. Para el año 2009 el s.m.m.l.v. es \$496.900, la tasa representativa del mercado cotiza a 2.100 \$/dólar y 2.898 \$/euro (04 de agosto de 2009).

*Tabla 1. Clasificación de VIS según s.m.m.l.v.*

	AÑO	2004	2005	2006	2007
TIPO	s.m.m.l.v.	\$358.000	\$381.500	408.000	433.700
I	50	\$17.900.000	\$19.075.000	\$20.400.000	\$21.685.000
II	70	\$25.060.000	\$26.705.000	\$28.560.000	\$30.359.000
III	100	\$35.800.000	\$38.150.000	\$40.800.000	\$43.370.000
IV	135	\$48.330.000	\$51.502.500	\$55.080.000	\$58.549.500

**PÁGINA EN BLANCO  
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

## EL CONFORT AMBIENTAL Y EL CLIMA EN LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL (VIS)

### HIPÓTESIS: LA PERCEPCIÓN DE CONFORT EN VIS

Los planes de Vivienda de Interés Social han sido dirigidos a proveer un techo para la población de más bajos recursos económicos, pero se ha quedado en un segundo plano la calidad ambiental de estas construcciones. Ante la gran necesidad de vivienda de millones de colombianos, la tendencia ha sido considerar este problema desde una visión cuantitativa y no cualitativa. Lo anterior trajo como consecuencia que aspectos fundamentales como el confort térmico y el impacto ambiental que producen dichas soluciones sean desatendidos, lo que generó graves problemas de habitabilidad en algunas urbanizaciones, que llevaron al rechazo e incluso al abandono de las mismas.

A partir de tan descuidadas políticas, la vivienda social que se está proveyendo en Cali no sólo es fea sino que, peor aún, es casi invivible por falta de confort ambiental. En la mayor parte del día los espacios que están directamente debajo de los techos no pueden ser ocupados por las elevadas temperaturas y estas mismas áreas en las horas nocturnas son demasiado frías. Ante estos problemas los usuarios optan por no ocupar los espacios o enfrentarlos con soluciones (ventilación, aire acondicionado, reformas locativas) costosas y consumidoras de energía, en algunos casos robada. En definitiva, hay una población que queda consciente de la precariedad de su vivienda y que acumula resentimiento por tener que llevar una forma de vivir indigna.

La problemática enunciada tiene como causas el hecho de que para que una vivienda se considere VIS los únicos requisitos son ubicación, sismorresistencia, área y precio. Los constructores en su afán de obtener la máxima ganancia posible, minimizan o eliminan los gastos de ingeniería, materiales, diseño, y todo lo que tenga que ver con climatización y confort. El afán será exclusivamente en darle un maquillaje embellecedor al inmueble mientras éste es vendido, y punto. Se ha llegado a una Vivienda de Interés Social inicialmente barata, pero a largo plazo costosa en términos económicos, sociales y ecológicos.

Aunque ya se ha generado un enorme problema, y éste seguirá creciendo en la medida en que nuevas urbanizaciones caigan en las mismas deficiencias, es probable que unas buenas ingeniería y arquitectura –coordinadas con principios de sostenibilidad y ecología– puedan mitigar el problema ya causado y evitar su repetición. Aquí es claro que esto es un problema que no se resuelve mediante buena voluntad, sino mediante normativas obligatorias; luego es necesario que la reglamentación de VIS incluya la habitabilidad desde el punto de vista de confort ambiental. Esto representa que el diseño debe contemplar elementos de urbanismo (implantación, orientación, paisajismo, isla de calor) así como elementos de ingeniería y arquitectura sostenible (ventilación natural, barreras radiantes, techos y muros verdes, materiales, etc.)

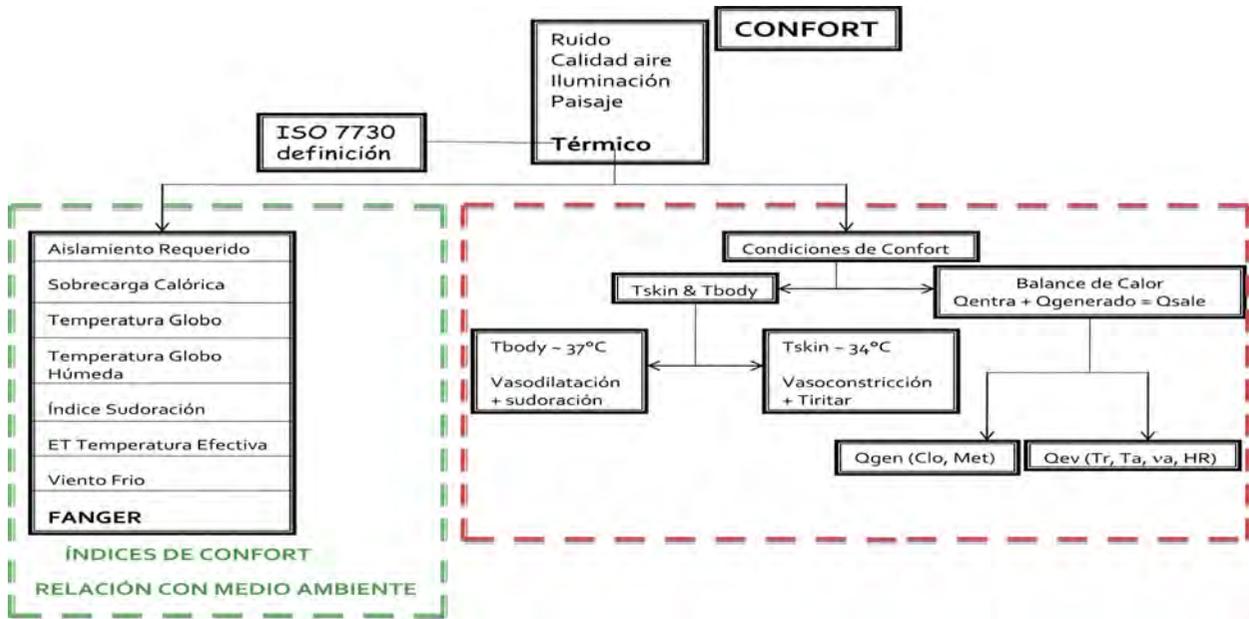


Figura 1.1. Diagrama general del concepto de confort

### ASPECTOS RELEVANTES DEL CONFORT VIS

#### Concepto de confort

El confort (Figura 1.1), estado de bienestar físico del sujeto relacionado con sus alrededores, está compuesto por los factores acústicos, calidad del aire, iluminación, paisaje, y térmico. El confort térmico, definido en la norma ISO 7730, es “la condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico”. Este confort sólo se da cuando la temperatura de la piel es estable dentro del rango 31,5°C y 34,5°C (Cengel, 1998), y la temperatura del cuerpo está en 37°C. Estas condiciones a su vez dependen de factores internos (metabolismo) y externos (vestimenta, temperatura, humedad relativa, velocidad del aire e intercambio radiante con los alrededores). En el confort las temperaturas del cuerpo y la piel son estables, implicando que el cuerpo humano no está acumulando calor –o sea, está balanceado– y la suma de la energía calórica generada en el interior del cuerpo (metabolismo) más la recibida por conducción, convección y radiación es igual al calor transmitido a los alrededores por los mismos tres mecanismos de transferencia más la evaporación (sudoración y respiración) (Figura 1.2).

Según lo anterior es evidente que, para deter-



Figura 1.2. Regulación del cuerpo

minar si un ambiente es confortable, se deben conocer cuantitativamente los factores relevantes. A través del estudio del confort, diversos autores e investigadores combinaron de varias formas estos factores, desarrollando los llamados “índices de confort”. La American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc (ASHRAE, 2005) enumera los más importantes: escala de sensación térmica de ASHRAE, índice de sobrecarga calórica<sup>1</sup>, temperatura de globo húmedo<sup>2</sup>, temperatura de globo

1 Belding and Hatch, 1955.

2 Botsford, 1971.

de bulbo húmedo<sup>3</sup>, índice de sudoración<sup>4</sup>, temperatura efectiva<sup>5</sup>, índice de viento helado<sup>6</sup>, e índice de Fanger<sup>7</sup>. De todos los anteriores el de más aceptación y relevancia es el índice de Fanger pues, a diferencia de los otros, involucra todos los parámetros; teniendo en cuenta esto, la referencia de este estudio es el Índice de Fanger.

Dentro de los sitios web que ofrecen un buen material de lectura sobre confort térmico, uno de los mejores textos es el (12891912-Thermal-Comfort) que se encuentra en el sitio web de Macquaire University, en Sidney, Australia. Los siguientes textos adaptan algunos materiales e ilustraciones allí encontrados.

### ¿Cómo el cuerpo regula la temperatura?

Cuando el cuerpo humano se ve sometido a condiciones de estrés térmico (frío o calor), se activan mecanismos de respuesta que dependen de tales condiciones. Cuando la temperatura del cuerpo aumenta por encima de 37°C ocurre vasodilatación e incremento de la sudoración; cuando la temperatura de la piel disminuye por debajo de 31,5°C ocurre vasoconstricción, se tiritita y el vello se eriza. En este último caso se disminuye la circulación superficial de la sangre, y aumentan el aislamiento y el metabolismo. En el otro caso aumenta la circulación superficial de la sangre, y al evaporarse el sudor producido, se consume calor en su evaporación.

### Condiciones de confort

Como se dijo, dos condiciones deben cumplirse para experimentar confort: temperaturas de la piel y el cuerpo en determinados rangos, y cumplimiento de balance de energía calórica entrante y saliente (Ver Figura 1.3).

Aunque algunos resultados experimentales mostraron que no existen diferencias significativas en la sensación de confort por razones de raza, sexo, nacionalidad o edad, existen testimonios en sentido contrario (Indraganti & Kavita, 2008). Por ejemplo el ambiente confort para esquimales es a temperaturas

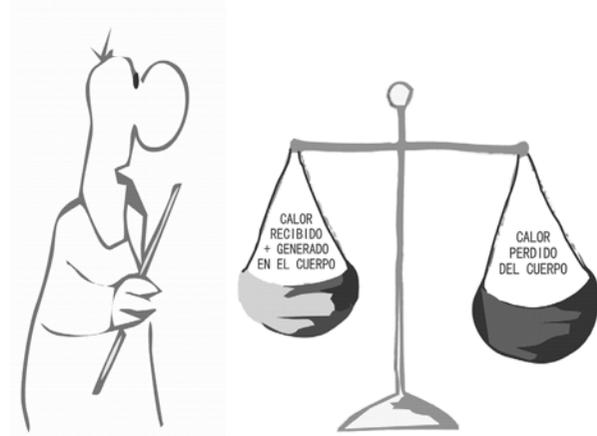


Figura 1.3. Balance energético

relativamente bajas, el de los porteños es a humedades relativamente altas, y el imaginario de que las mujeres son más friolentas se contradice con la explicación que el vestido femenino deja expuestas amplias áreas que conllevan a rápidos enfriamientos.

### Tasa de metabolismo

El metabolismo es la energía generada dentro del cuerpo, y su tasa de liberación depende del grado de actividad muscular. Aunque se considera que toda esta actividad se convierte en calor, la realidad es que parte de ella se consume en la realización de trabajo. *p.e.* en el escalamiento de montañas, el trabajo es el aumento de energía potencial (Ver Figuras 1.4 y 1.5).

La unidad de medida del metabolismo es el Met (1 Met = 58,15 W/m<sup>2</sup> de superficie corporal). Un adulto normal tiene una superficie de 1.7 m<sup>2</sup>, y una persona en estado de confort y con un nivel de actividad de 1 Met tiene una pérdida de calor de aproximadamente 100 W. El metabolismo más bajo es el del sueño, y corresponde a 0,8 Met, mientras que valores más altos ocurren durante las actividades deportivas, donde 10 Met es muy alto. La Tabla 1.1 muestra los metabolismos comunes.

### Evaluación del aislamiento por ropa

La ropa reduce las pérdidas de calor del cuerpo. Consecuentemente la vestimenta (clothing) se clasifica de acuerdo con su capacidad de aislamiento. Las unidades de medida del aislamiento por ropa son el "Clo" y "m<sup>2</sup>C/W" donde 1 Clo = 0.155 m<sup>2</sup>C/W. Una persona

3 Dukes - Dobos and Henschel, 1971, 1973.

4 Gagge et al., 1969a, 1969b; González et al., 1978.

5 Houghten and Yaglou, 1923; Gagge et al., 1971.

6 Siple and Passel, 1945.

7 Fanger, 1982.



Figura 1.4. Metabolismos según actividad

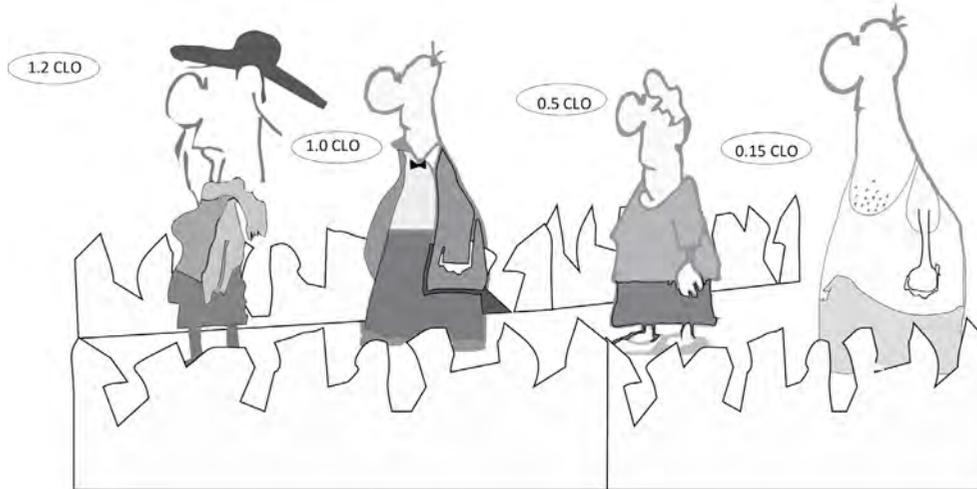


Figura 1.5. Metabolismos según actividad

Tabla 1.1. Tasas de metabolismo (según texto de Macquarie University)

ACTIVIDAD - TASAS METABÓLICAS [M]	W/M2	MET
Reclinado	46	0.8
Sentado relajado	58	1.0
Reparando relojes	65	1.1
Relajado de pie	70	1.2
Actividad sedentaria (oficina, hogar, escuela, laboratorio)	70	1.2
Manejando automóvil	80	1.4
Artes gráficas - encuadernar libros	85	1.5
De pie, actividad suave (compras, laboratorio, industria liviana)	93	1.6
Enseñanza	95	1.6
Trabajo doméstico - afeitándose, lavándose y vistiéndose	100	1.7
Caminando en plano, 2 km/h	110	1.9
De pie, actividad media (asistente de compras, trabajador doméstico)	116	2.0
Industria de la construcción - pegar ladrillo (Bloque de 15.3 kg)	125	2.2
Lavando platos de pie	145	2,5
Trabajo doméstico - rastrillando hojas en el patio	170	2.9
Trabajo doméstico - lavando a mano y planchando (120-220 W/m <sup>2</sup> )	170	2.9
Industria de la construcción - construyendo los moldes	180	3.1
Caminando en plano, 5 km/h	200	3.4
Silvicultura - aserrando madera	205	3.5
Agricultura - arando con una recua de mulas	235	4.0
Industria de la construcción - cargando una mezcladora con piedras y mortero	275	4.7
Deportes - patinando en el hielo a 18 km/h	360	6.2
Agricultura - cavando con pala (24 paladas/min.)	380	6.5
Deportes - esquiando a nivel, buena nieve, 9 km/h	405	7.0
Silvicultura - trabajando con un hacha (peso 2 kg. - 33 golpes/min.)	500	8.6
Deportes - corriendo, 15 km/h	550	9.5

desnuda tiene un valor 0.0 Clo, mientras que usando un traje típico de oficina tiene un valor de 1.0 Clo. La Figura 1.6 ilustra algunas diferencias.



**Figura 1.6. Aislamiento térmico por ropa (Clo)**

**Tabla 1.2. Factor de vestimenta = No. Clo**

El valor de aislamiento térmico de la ropa a menudo se mide con la unidad (Clo), donde: 1 (Clo) = 0.155 m <sup>2</sup> K / W						
			(Clo)	Rango en (Clo)		
Nivel	0	Desnudos	0.00	0.00	a	0.30
Nivel	1	Ropa ligera	0.50	0.30	a	0.70
Nivel	2	Ropa media	1.00	0.70	a	1.30
Nivel	3	Ropa pesada	1.50	más	de	1.30
				Coefficiente de Transmisión Térmica (Clo)	Resistencia Térmica m <sup>2</sup> K/ W	
Ropa						
Ropa interior	Tanga			0.02	0.003	
	Interiores cortos			0.03	0.005	
	Interiores a media pierna			0.04	0.006	
	Sostenedor			0.01	0.002	
Camiseta	Camiseta sin mangas			0.06	0.009	
	Camiseta manga corta			0.09	0.014	
	Camiseta con mangas largas			0.12	0.019	
	Camisetas con mangas y cuello largo			0.06	0.009	
Blusas y camisas	Manga corta			0.09	0.029	
	Blusa ligera con mangas largas			0.15	0.023	
	Camisa ligera con mangas largas			0.20	0.031	
	Normal con mangas largas			0.25	0.039	
	Camisa con mangas largas			0.30	0.047	
	Blusa mangas largas con cuello			0.34	0.053	

**Tabla 1.2. (Continuación)**

Pantalones	Pantalones cortos	0.06	0.009
	Bermudas	0.11	0.017
	Pantalones ligeros	0.20	0.031
	Pantalones normales	0.25	0.039
	Pantalones de franela	0.28	0.043
Suéteres	Suéter delgado	0.20	0.031
	Suéter fino con mangas y cuello	0.26	0.04
	Suéter grueso	0.35	0.054
	Suéter grueso con mangas y cuello	0.37	0.057
Chaquetas o cazadoras	Chaqueta ligera sin forro	0.13	0.02
	Chaqueta ligera de verano	0.25	0.039
	Chaqueta de etiqueta	0.30	0.047
	Chaqueta	0.35	0.054
	Chaqueta con relleno de pluma de ganso	0.55	0.085
	Abrigo	0.60	0.093
Calcetines y zapatos	Calcetines	0.02	0.003
	Zapatos	0.02	0.003
	Zapatillas	0.03	0.005
	Zapatos altos	0.04	0.006
	Calcetines de tobillo grueso	0.05	0.008
	Botas	0.05	0.008
	Calcetines largos de lana	0.10	0.016
Faldas	Falda ligera de 15 centímetros por encima de la rodilla	0.01	0.016
	Falda ligera 15 centímetros por debajo de la rodilla	0.18	0.028
	Falda gruesa hasta la rodilla	0.25	0.039
Vestidos	Vestido ligero sin mangas	0.25	0.039
	Vestido de invierno de manga larga	0.40	0.062
	Mallas de invierno	0.10	0.016

El valor Clo puede ser calculado para una persona simplemente sumando los valores Clo individuales de las distintas prendas. La Figura 1.7 ilustra esta operación.

**Temperatura media radiante**

La temperatura media radiante de un ambiente real se define como la temperatura uniforme de un recinto negro imaginario que tuviera la misma transferencia de calor por radiación hacia la persona que el recinto real (Ver Figura 1.8). También puede considerarse como el promedio de las temperaturas de los alrededores teniendo en cuenta sus emisividades.

El cálculo de la temperatura media radiante es casi siempre complejo, pues han de tenerse en cuenta las temperaturas de las superficies que rodean el cuerpo, la emisividad de las mismas y el factor de visión con el cuerpo. Como la mayoría de los materiales de construcción tienen emisividades muy similares, alrededor de 0.95, la fórmula general, para estos casos, es:

$$\bar{t}_r = \sqrt[4]{\sum_n F_{p-i} (t_i + 273)^4 - 273^4}$$

Siendo:

Aislamiento para la vestimenta completa:

$$I_{cl} = \sum I_{clu}$$

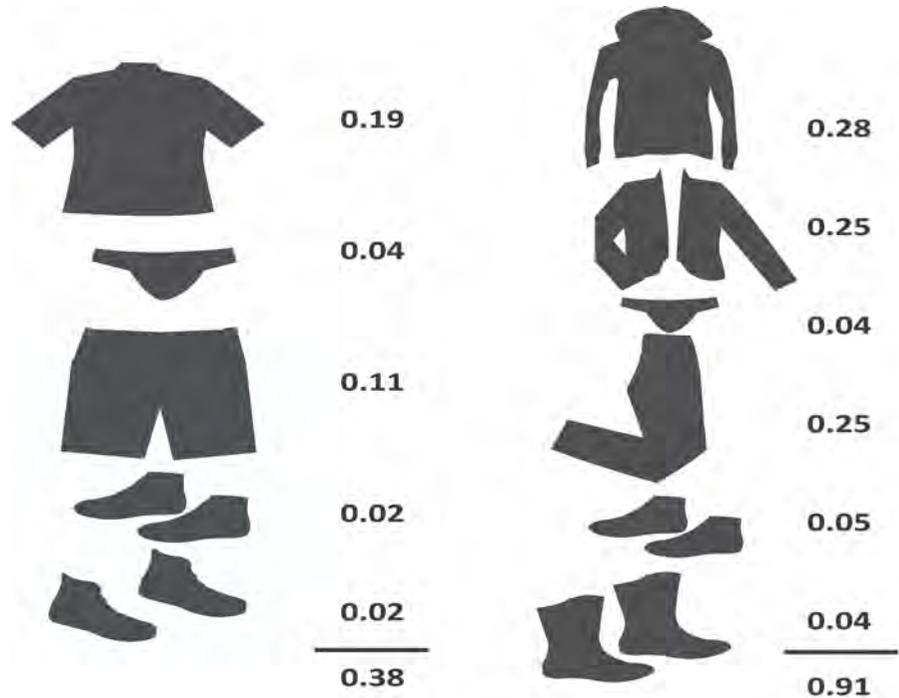


Figura 1.7. Cálculo del factor de la vestimenta, por prendas

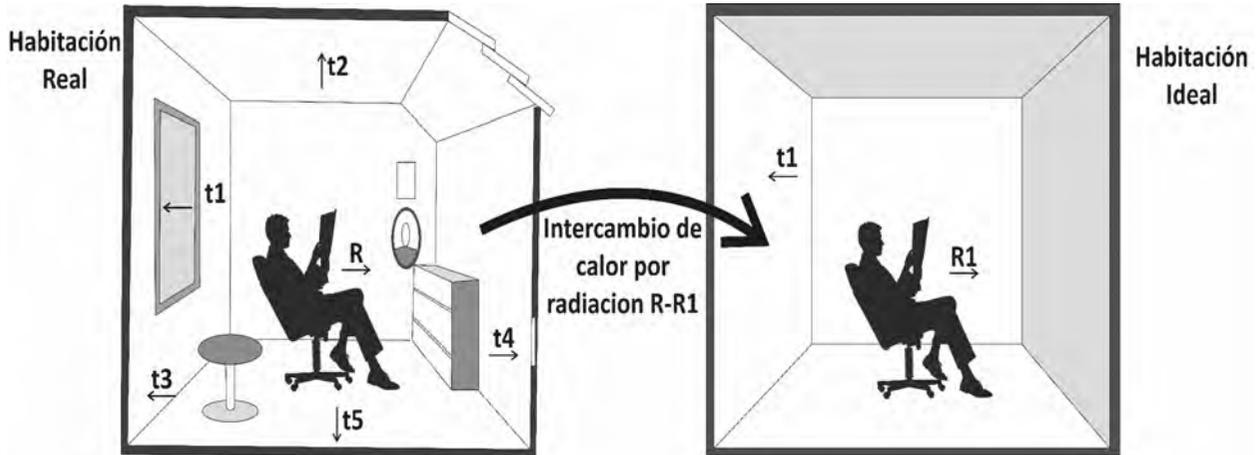


Figura 1.8. Temperatura radiante

$T_i$  = Temperatura de la superficie  $i$  ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $F_{p-i}$  = Factor de visión entre la persona y la superficie  $i$

$$\sum_n F_{p-i} = 1$$

Para el caso de una persona sentada, en una habitación con diferentes emisividades, la temperatura media radiante puede ser calculada con la siguiente fórmula (ASHRAE, 2005):

$$\begin{aligned} \bar{t}_r = & \left\{ 0.18 [\varepsilon_{pr} t_{pr}(\text{techo}) + \varepsilon_{pr} t_{pr}(\text{piso})] \right. \\ & + 0.22 [\varepsilon_{pr} t_{pr}(\text{izq}) + \varepsilon_{pr} t_{pr}(\text{der})] \\ & \left. + 0.30 [\varepsilon_{pr} t_{pr}(\text{frente}) + \varepsilon_{pr} t_{pr}(\text{atrás})] \right\} \\ & / [2(0.18 + 0.22 + 0.30)] \end{aligned}$$

Donde  $\varepsilon$  es el factor de emisividad,  $t$  la temperatura y el subíndice  $pr$  significa promedio.

Aunque ha sido típicamente ignorada, la influencia de la radiación en el confort puede llegar a ser el factor determinante. Paradójicamente, una persona puede tener sensación de frío en un ambiente a 48 °C si las temperaturas de las paredes que lo rodean son suficientemente bajas, mientras que en un ambiente a 10 °C puede sentirse sofocada si las paredes alcanzan temperaturas altas. (Dittmar, Delhomme & Pauchartd, 1995)

### El índice de Fanger – PMV y PPD

Vinculando el confort y las variables fisiológicas, Fanger (1982) propuso una ecuación, válida para interiores, vestimenta normal y actividad moderada, conocida como el Índice de Valoración Media de Fanger (Predicted Mean Vote Index- PMV). El índice PMV predice la respuesta significativa de la mayoría de las personas, acorde a la “escala de sensación térmica ASHRAE” mostrada en el ícono del termómetro en la Figura 1.9. Una vez estimado el PMV se puede determinar el porcentaje de insatisfechos (Predicted Percent Dissatisfied - PPD), valor que indica el grado de aceptación del ambiente en consideración. (Ver parte derecha de la Figura 1.9).

El procedimiento matemático para el cálculo de estos índices –que se puede encontrar en Ashrae Fundamentals, capítulo 8–, es bastante complejo. Sin embargo se dispone de diversos softwares que, a partir de los parámetros actividad [Met], vestimenta [Clo], temperatura del

aire, humedad relativa, velocidad del aire, y temperatura media radiante, entregan el PMV y el PPD. Como ejemplo de estos programas se citan “Psychotool”, “Spring 3.0” de la Universidad Politécnica de Cataluña, o “PMVCalc\_v2” del Laboratory of Ventilation and Air Quality, University of Gävle, de acceso libre.

### EL CLIMA EN CALI

Cali, localizada entre 3° 30’ y 3° 21’ de latitud norte; 76° 33’ y 76° 27’ de longitud oeste, tiene presión atmosférica de 670 mmHg debido a que su altura sobre el nivel del mar está entre 970 m y 1.030 m (Ver Figura 1.10). La ciudad está construida en el piedemonte de la cordillera Occidental, zona conocida como Farallones de Cali y está atravesada por los ríos Cali, Cañaveralejo, Aguacatal, Lilí, Meléndez, Pance y Cauca. Los vientos, en alto porcentaje procedentes de los Farallones, soplan en las horas de la tarde. La mayor parte de los asentamientos urbanos se dan en zonas planas. Como se ve en la Figura 1.11, el Ideam clasifica a Cali como una ciudad con clima templado seco.

Aunque Olgyay (1968) y Borrero (1989) representaron buenos esfuerzos pioneros en el medio local, actualmente el diseño en la arquitectura demanda datos y conceptos mucho más elaborados y precisos. Con el propósito de resolver esta necesidad se recopiló información sobre las condiciones climáticas locales, que se presentan a continuación organizadas en vientos, lluvias, temperatura, humedad relativa y radiación solar.

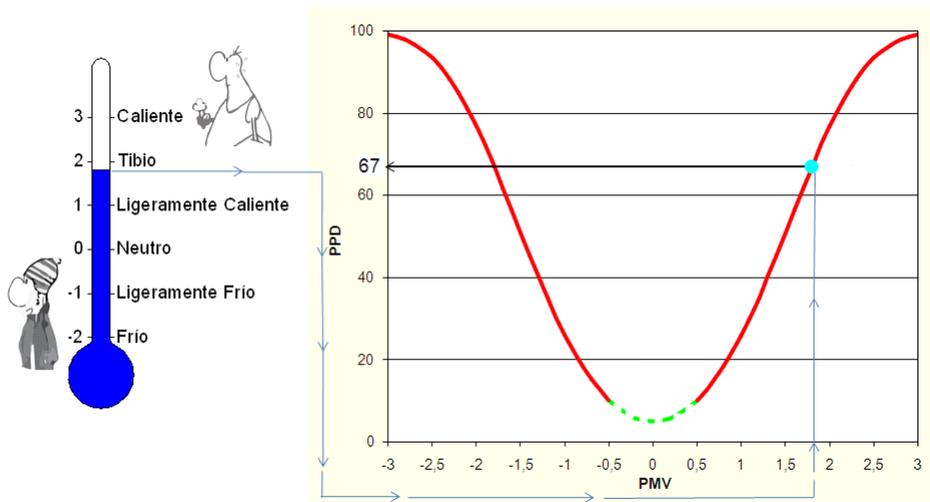


Figura 1.9. Índice de Fanger

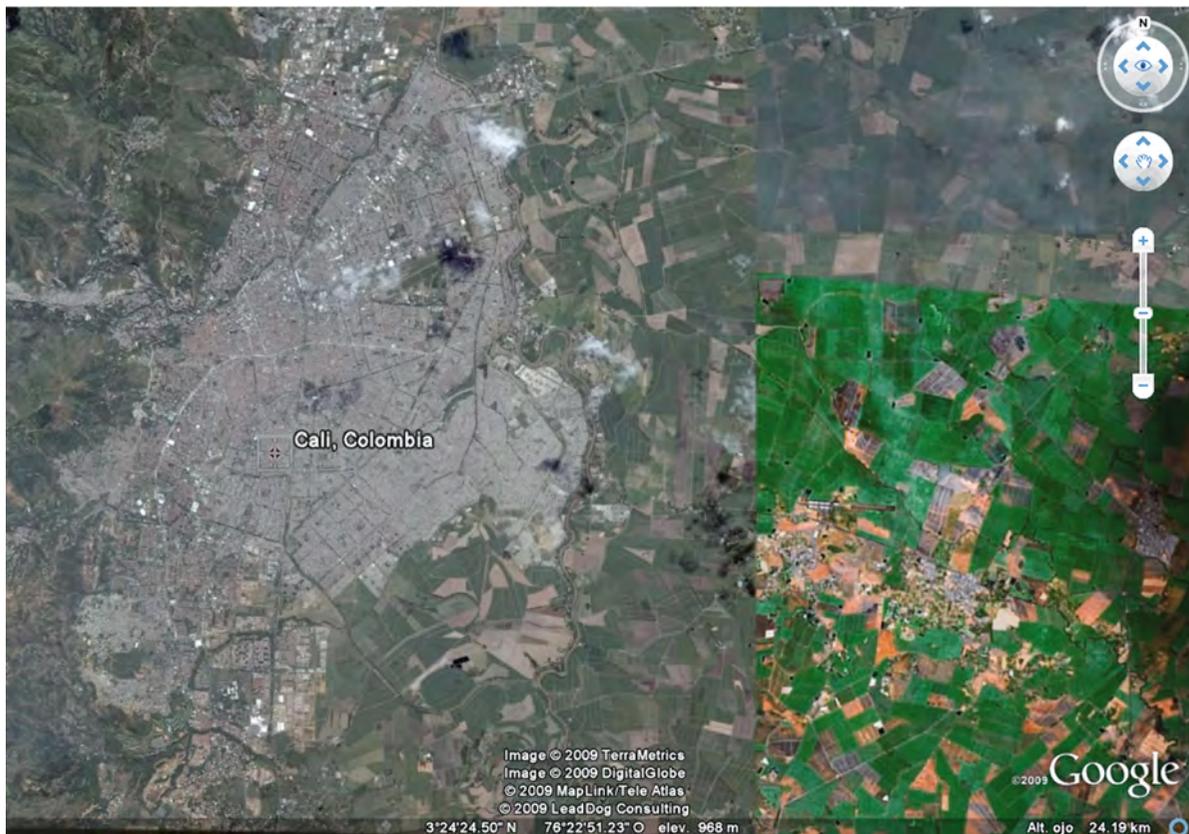


Figura 1.10. Localización de Cali. (Fuente: Google, 2009)

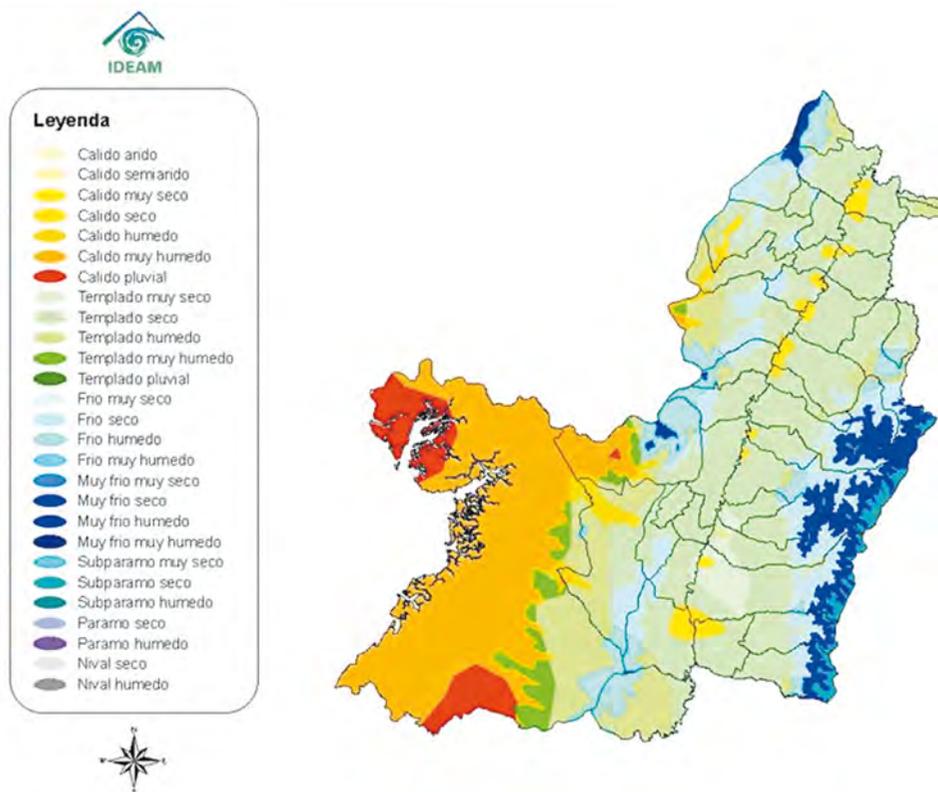


Figura 1.11. Clasificación climática - Valle. (Fuente: Ideam).

**Vientos**

La rosa de vientos del Ideam (Figura 1.12) muestra que en Cali el 79% del tiempo es período de calma. Recordando que la dirección del viento indica de dónde proviene, la rosa muestra que los vientos más imponentes son los de dirección oeste con un 7% del tiempo y velocidades entre 1,6 y 5,4 m/s (procedentes de los Farallones), y que los vientos más rápidos tienen direcciones Noroeste y Noreste con velocidades entre 8 y 10,7 m/s.

Estas caracterizaciones son contrarias al imaginario popular de que Cali es una ciudad “bien ventida”. Por otro lado, según el POT (Figura 1.13), los vientos soplan desde el este en las horas de la mañana, al mediodía desde el norte, por la tarde desde el oeste y en la noche desde el sur. Aunque las dos fuentes de información son contradictorias respecto al viento sur, se puede conjeturar que esta diferencia obedece a la baja intensidad de tales vientos y a la ubicación de los puestos de monitoreo de dichas fuentes.

**Lluvias**

La precipitación caleña promedio mensual es de 75,7 mm. (Figura 1.14), siendo enero y el período entre junio y septiembre los meses más secos del año. La Figura 1.15 muestra que esta ciudad está ubicada en una de las zonas de menor precipitación en el nivel regional, aunque es de señalar que en términos absolutos, el nivel de lluvias es considerable. Coincidente con lo anterior la Figura 1.16 muestra que esta ciudad tiene un promedio de días lluviosos entre 100 y 150 días por año, uno de los más bajos de la vecindad.

**Temperatura**

De acuerdo con el Ideam (Figuras 1.17 y 1.18), Cali es una ciudad de clima templado; a nivel regional su temperatura corresponde al promedio de los municipios ubicados dentro del valle geográfico del río Cauca. En general –dentro del gremio del aire acondicionado– se acepta que la variación diaria de temperatura en Cali es de 11°C, pero contradictoriamente, se-

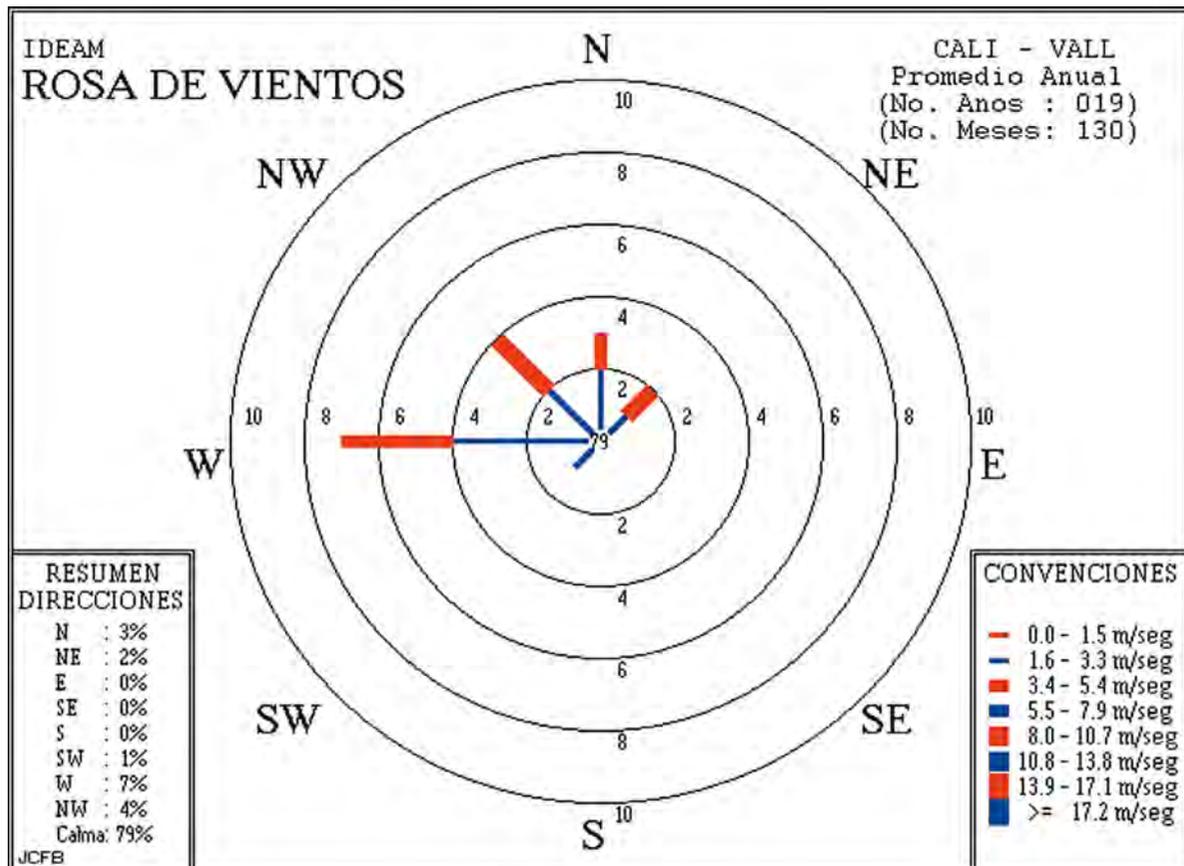


Figura 1.12. Rosa de Vientos Cali. (Fuente: Ideam)

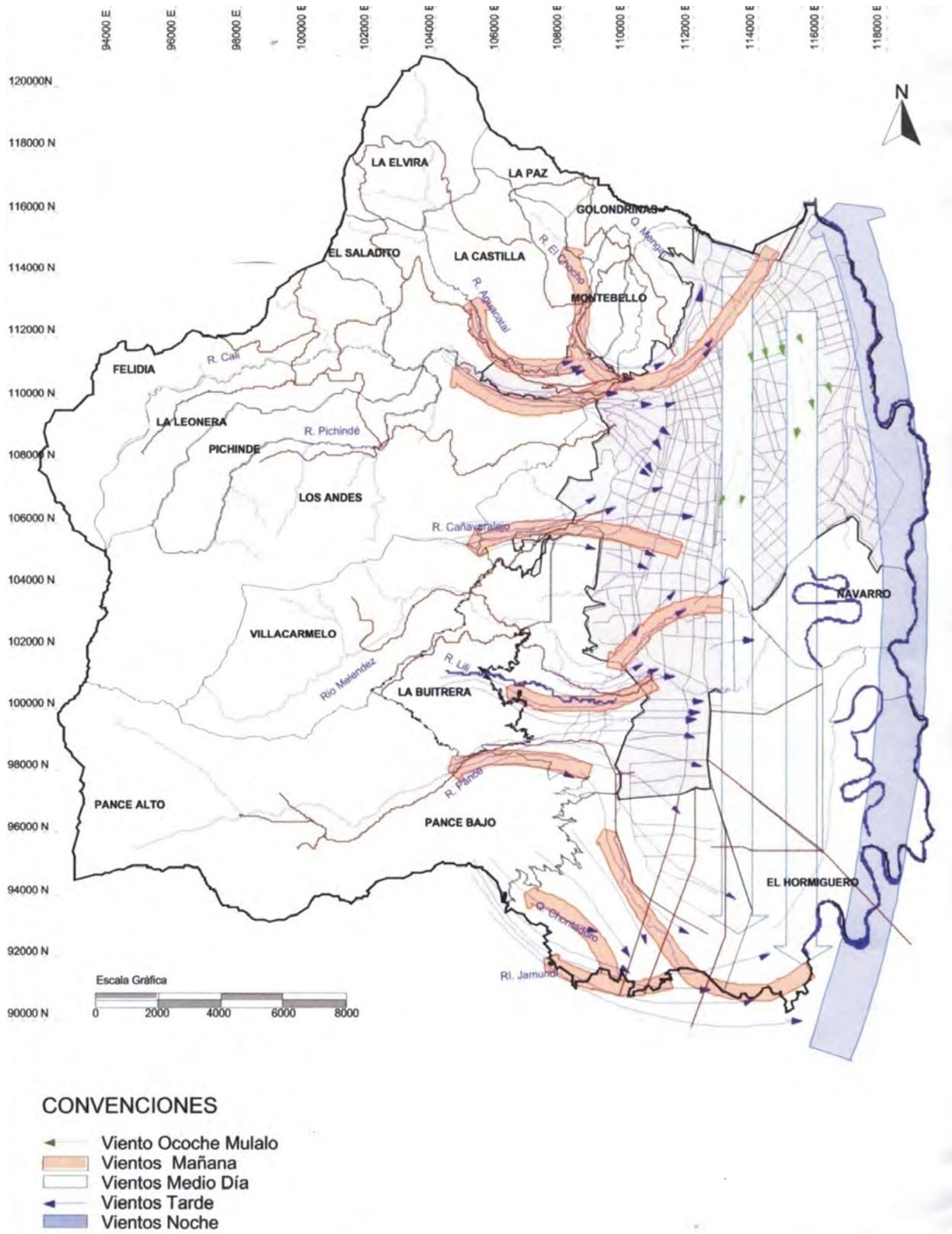
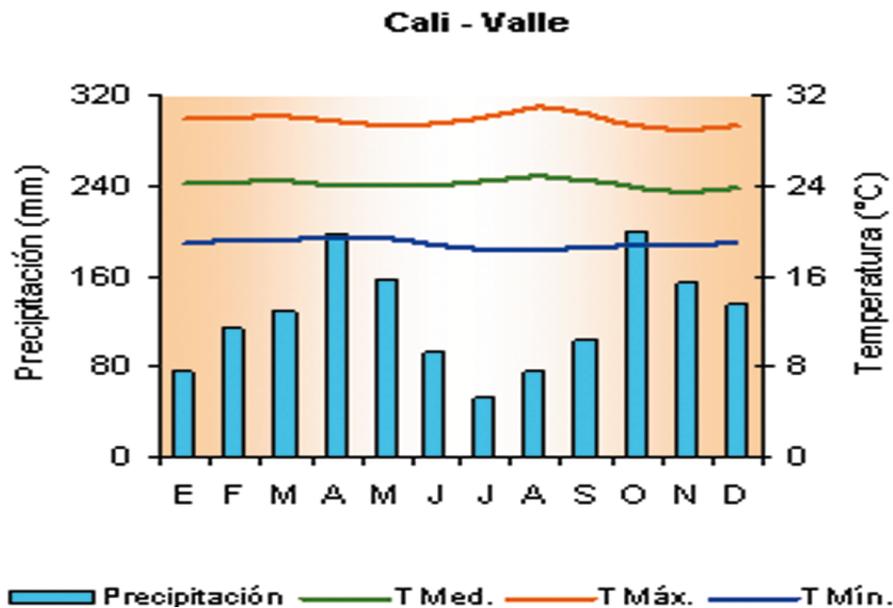
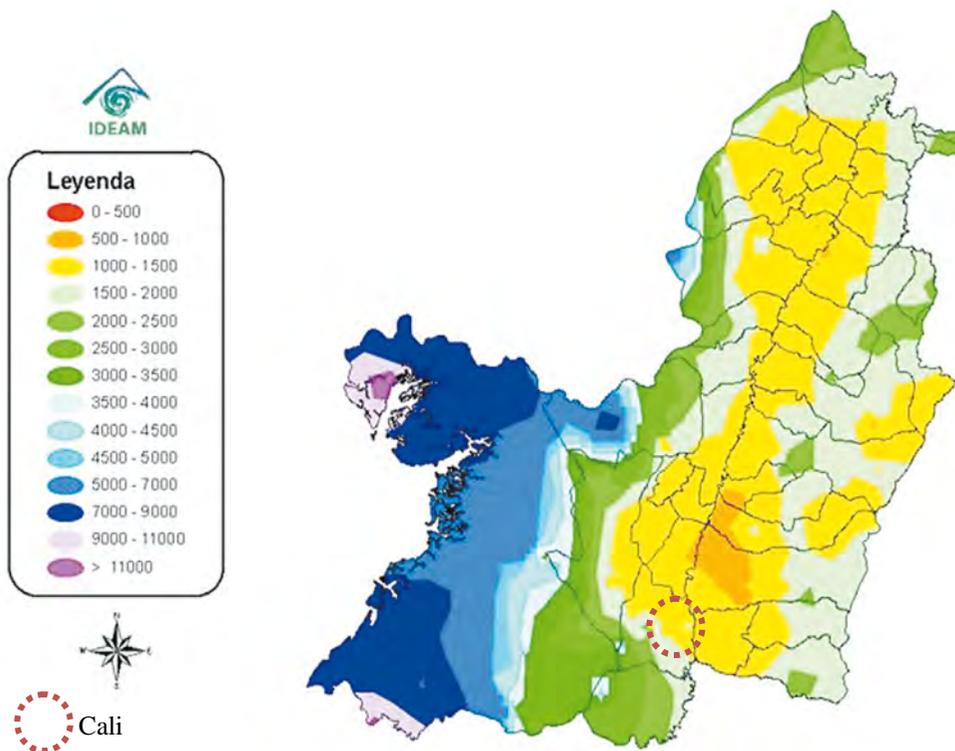


Figura 1.13. Dirección de los vientos en Cali. (Fuente: POT - Cali)



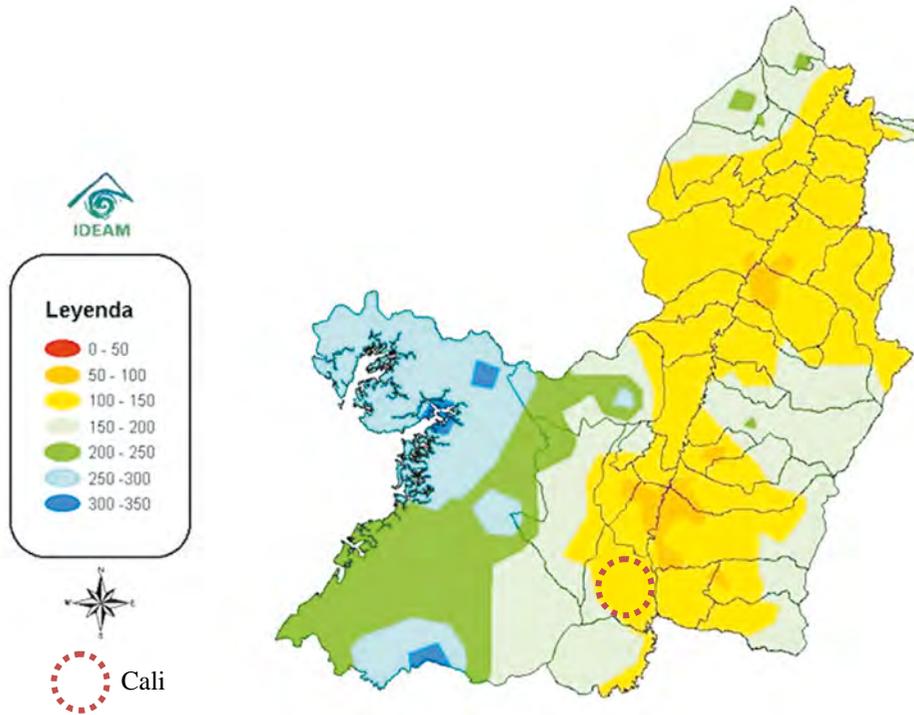
**Figura 1.14. Precipitación mensual en Cali.** (Fuente: Ideam)



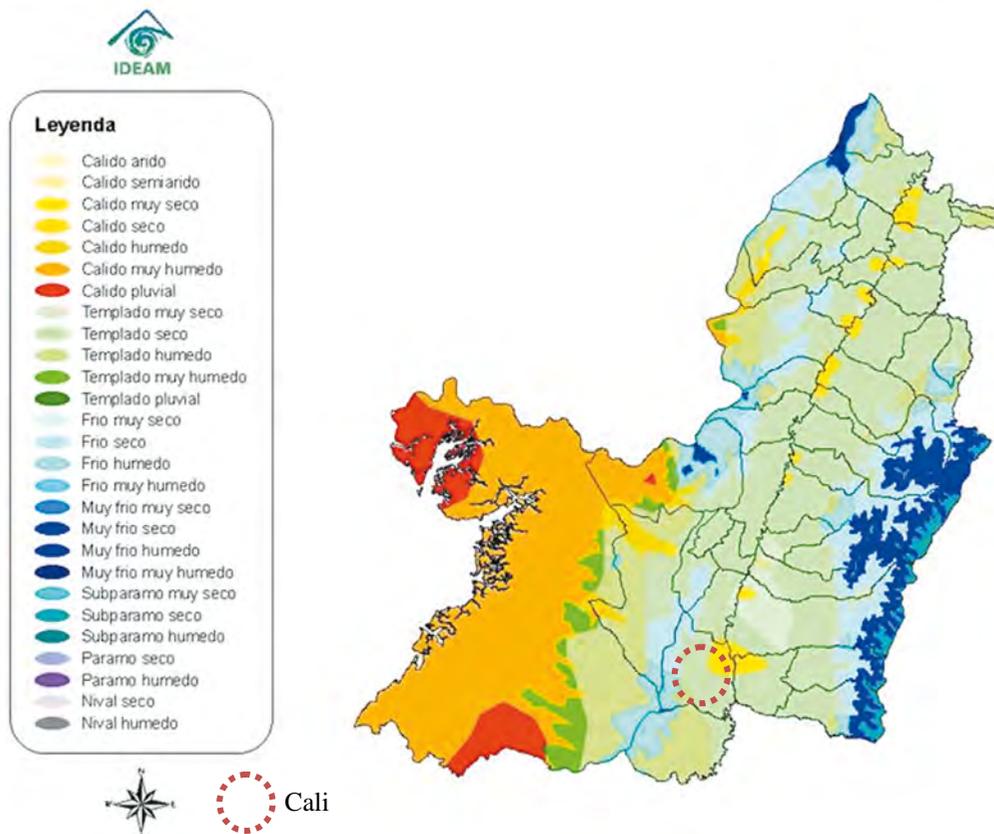
**Figura 1.15. Promedio de precipitación anual - Valle.** (Fuente: Ideam)

gún el Ideam, en la Figura 1.18 se observa que dicha variación es del orden de 15,5°C. Según esta misma referencia, las máximas temperaturas absolutas son de 36 °C y la temperatura pro-

medio máxima de 32 °C; las mínimas temperaturas absolutas obtenidas son de 13,5 °C y la temperatura promedio mínima es de 16,5 °C.



**Figura 1.16. Número de días con lluvia - Valle. (Fuente: Ideam)**



**Figura 1.17. Clasificación climática - Valle. (Fuente: Ideam)**

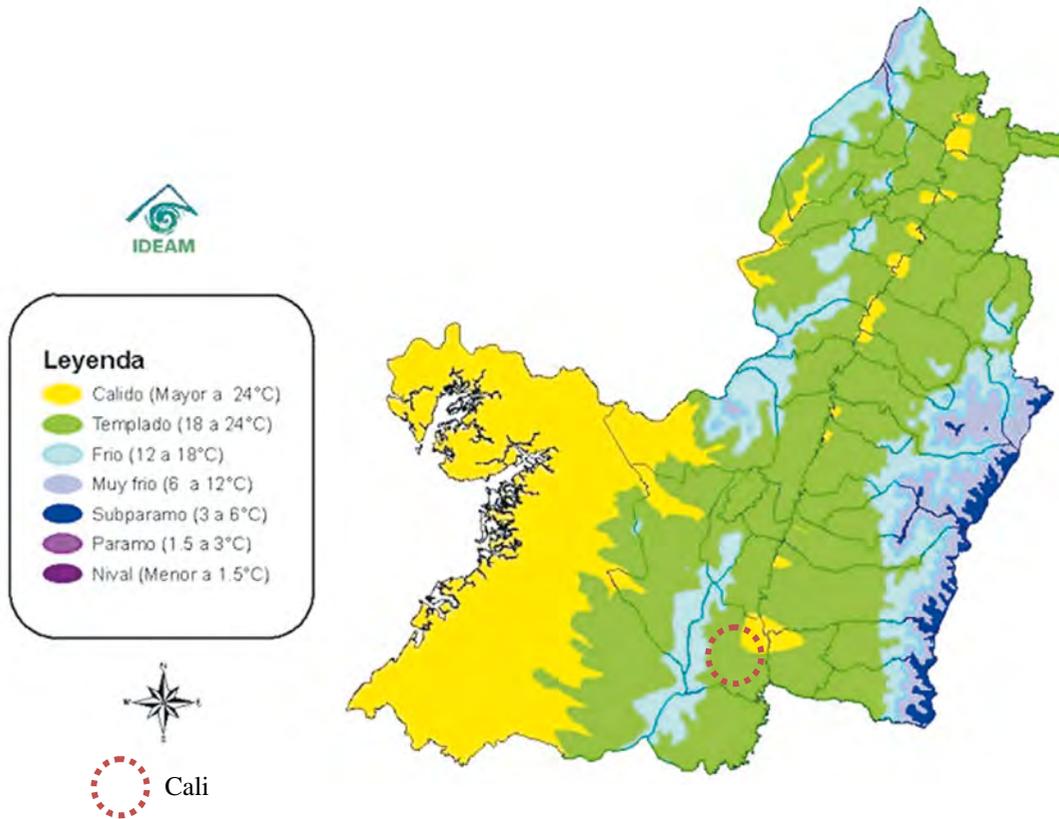


Figura 1.18. Temperatura media anual - Valle. (Fuente: Ideam)

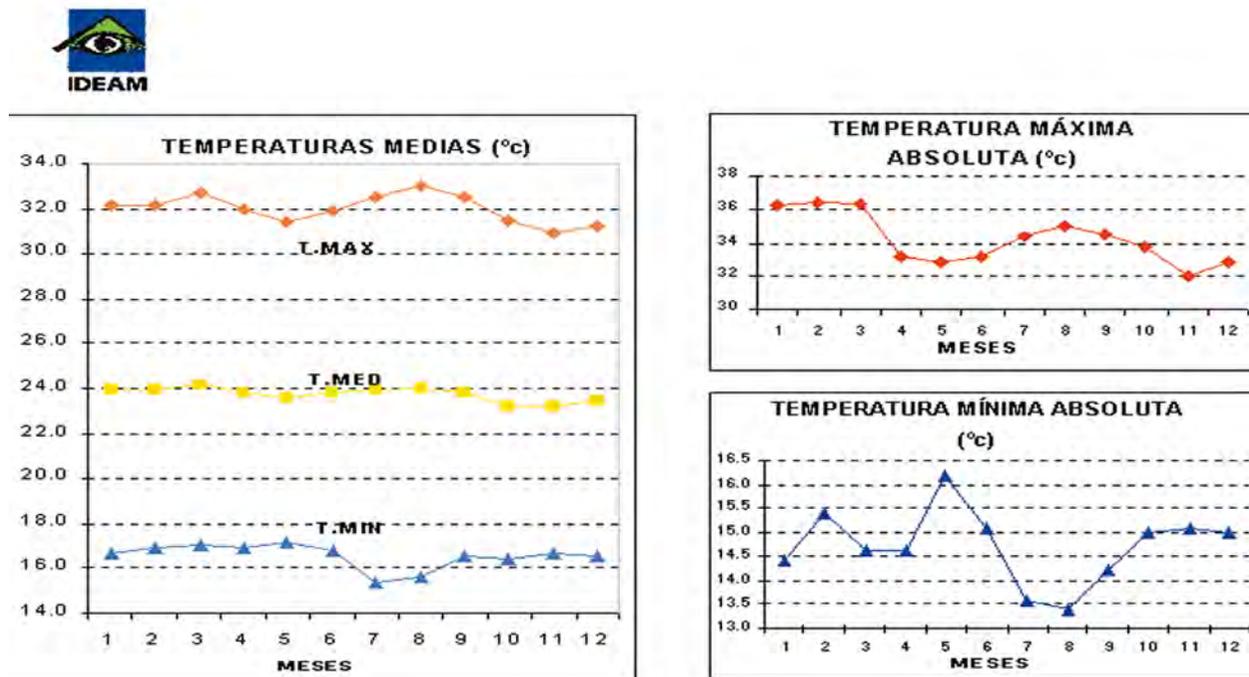


Figura 1.19. Temperaturas medias en Cali. (Fuente: Ideam)

**Humedad relativa**

La ciudad de Cali es considerada, dentro del gremio del aire acondicionado, como una ciudad húmeda; la Figura 1.20 parece corroborar esta apreciación. Sin embargo, un análisis detallado de la variación de la humedad relati-

va diaria permite observar que entre las 11:00 am y las 3:00 pm –período de las temperaturas más altas– los valores de humedad relativa son apreciablemente bajos, lo que permite la posibilidad de usar estrategias de enfriamiento evaporativo (Ver Figuras 1.21 y 1.22).

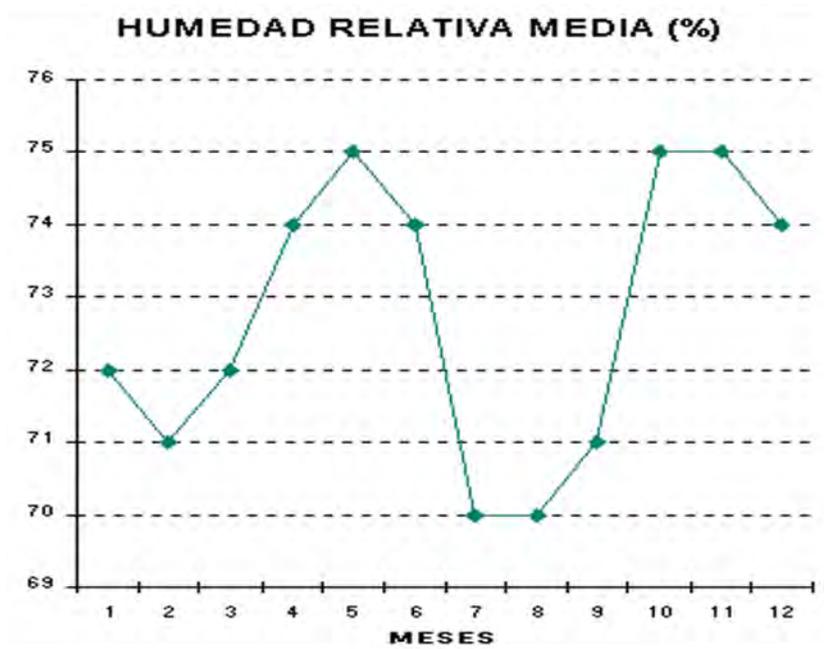


Figura 1.20. Humedad relativa promedio en Cali. (Fuente: Ideam)

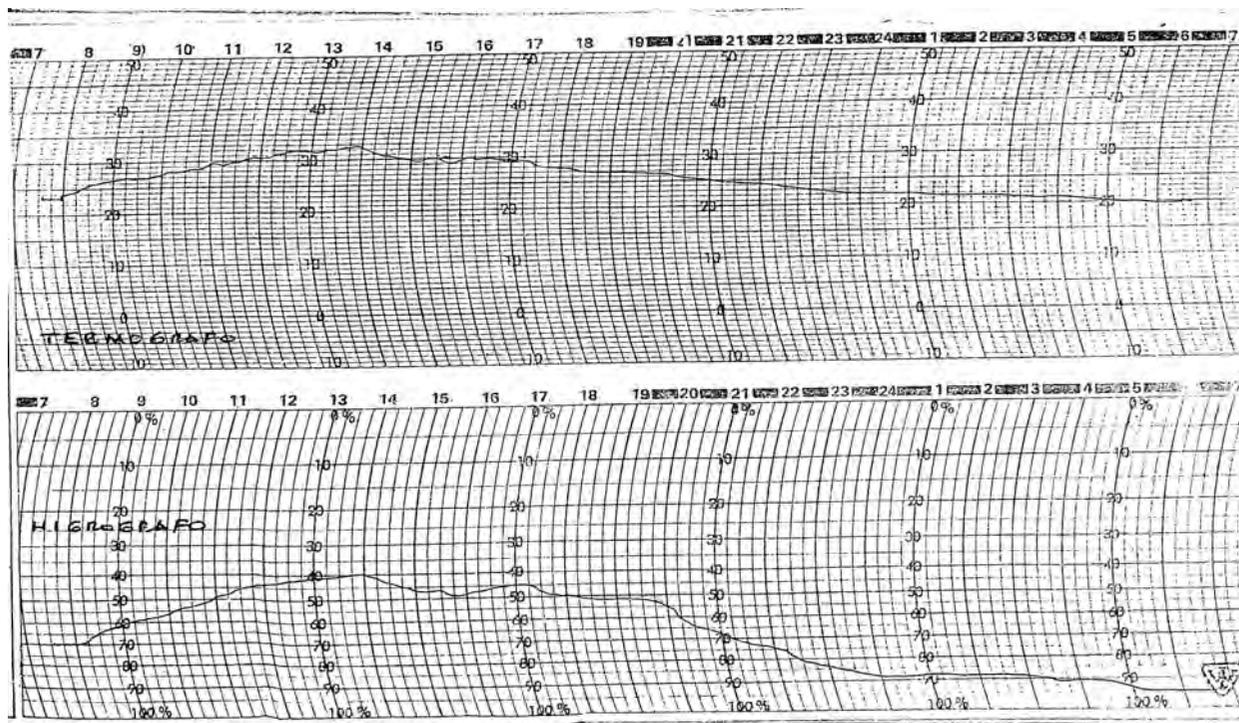
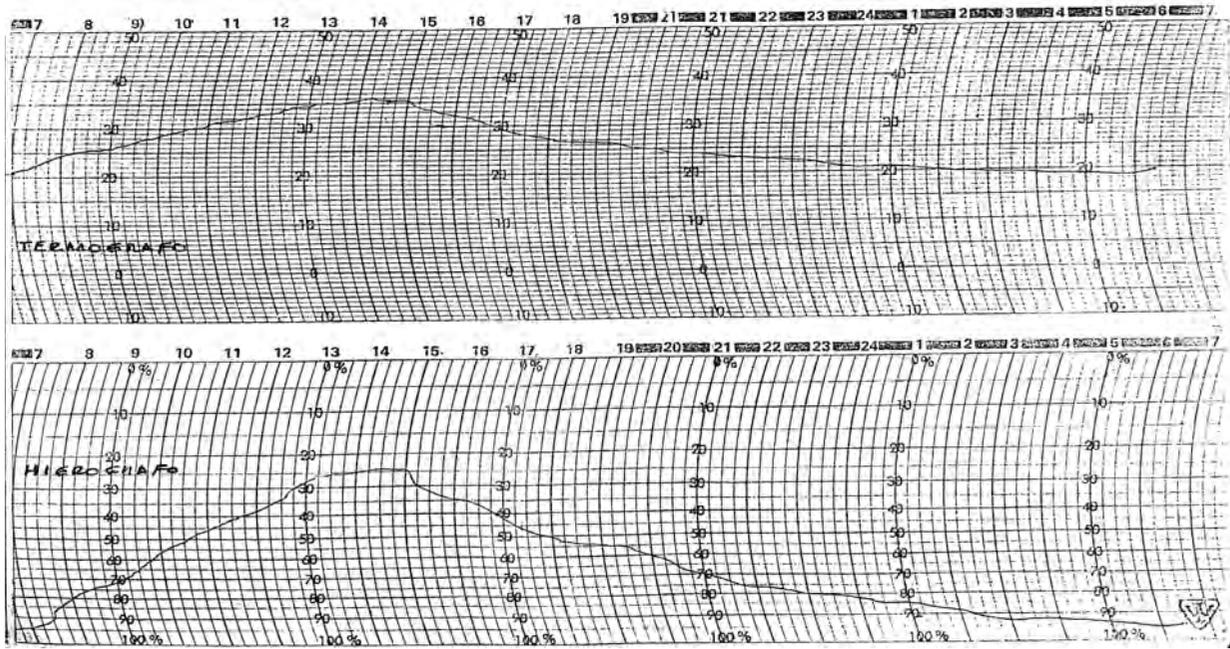


Figura 1.21. Temperatura y humedad relativa en un día normal en Cali. (Fuente: Ideam)



**Figura 1.22.** Temperatura y humedad relativa en un día caluroso en Cali. (Fuente: Ideam)

**Radiación solar**

Se entiende como brillo solar, u horas de sol efectivo, el número de horas en un período determinado en que el sol tiene la capacidad de quemar una cartulina ubicada en el instrumento llamado heliógrafo (Figura 1.23). El brillo so-

lar promedio en la ciudad de Cali oscila entre 140 y 180 horas/mes (Figura 1.24). En agosto (tradicionalmente el mes más caluroso del año), según se muestra en la Figura 1.25, el brillo está entre 5 y 6 horas diarias.



**Figura 1.23.** Heliógrafo. (Fuente: Ideam)

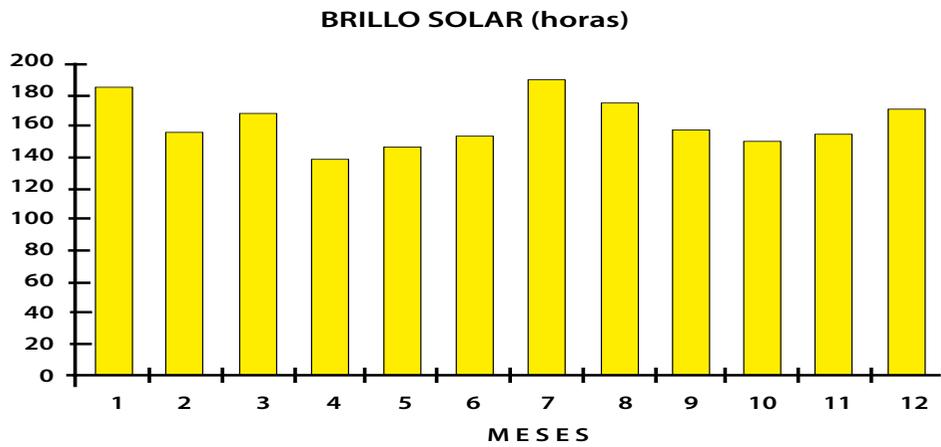


Figura 1.24. Brillo solar mensual en Cali. (Fuente: Ideam)

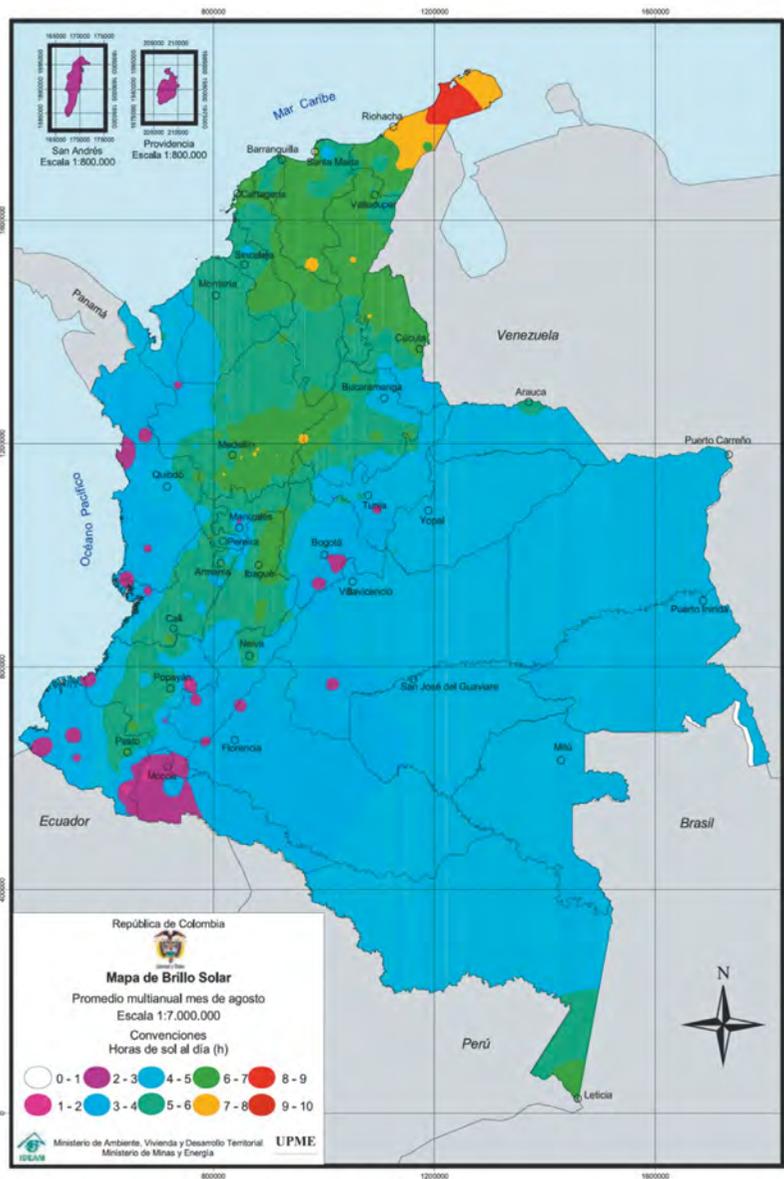
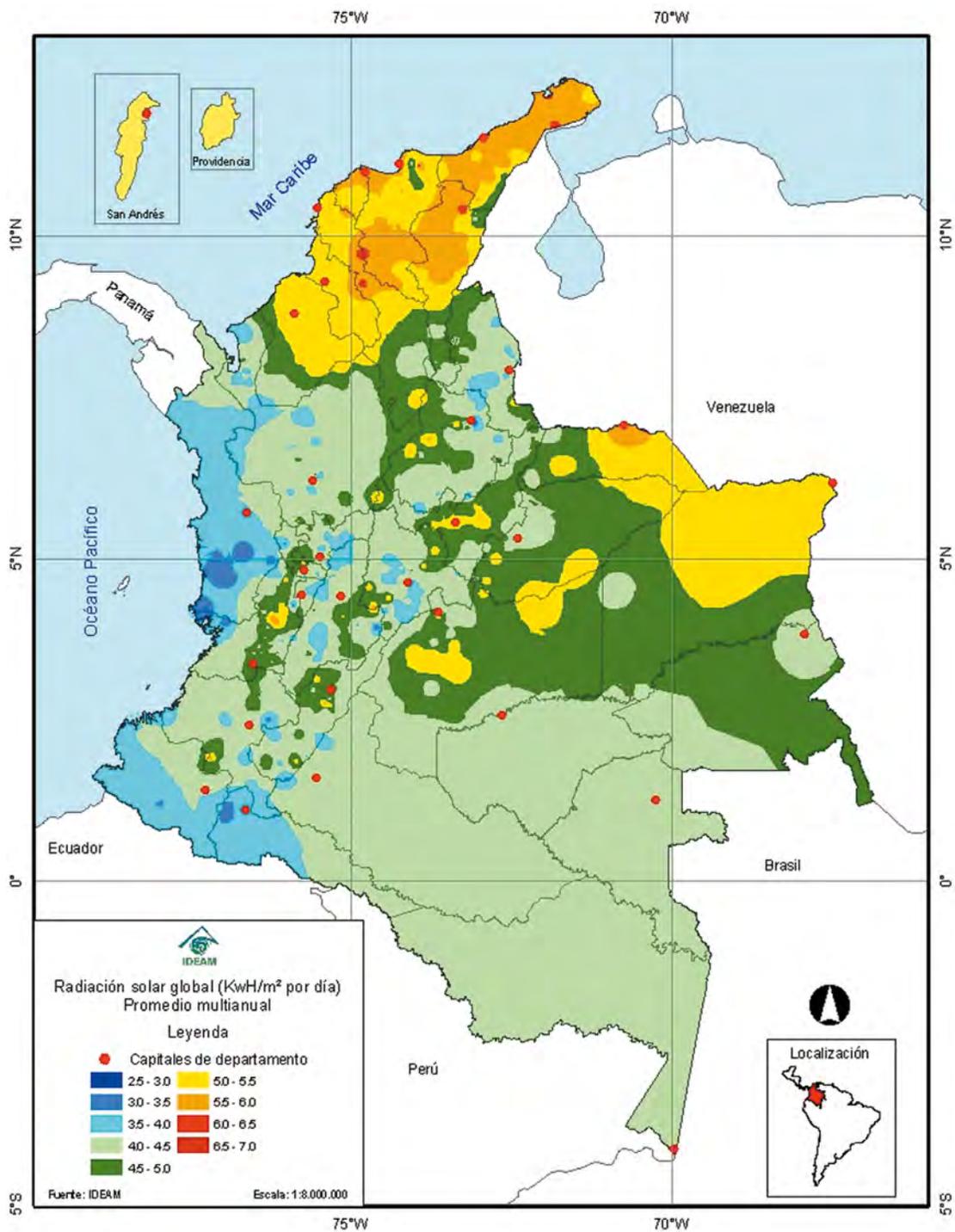


Figura 1.25. Brillo solar, mes de agosto en Colombia.

(Fuente: Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero Energética, 2005)

Según el mapa nacional de radiación solar (Figura 1.26), el promedio general de radiación solar incidente sobre superficie plana en esta capital está entre 4,5 y 5 Kwh/m<sup>2</sup> por día. Una discriminación de esta misma radiación, hora a

hora y mes a mes, se puede leer en la Tabla 1.3. La radiación solar es seguramente el factor más importante en las condiciones de clima interior de la Vivienda de Interés Social.



**Figura 1.26. Radiación solar (Kwh/m<sup>2</sup> por día). Promedio anual en Colombia.**  
(Fuente: Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero Energética, 2005)

**Tabla 1.3. Radiación solar incidente ( $W/m^2$ ) sobre superficie plana horizontal, Cali.**

(Fuente: Manual de aire acondicionado de Carrier - Carrier Air Conditioning Company, 1972)

Hora solar/ meses del año	21 junio	22 julio y 21 mayo	24 agosto y 20 abril	22 septiembre y 22 marzo	23 octubre y 20 febrero	21 noviembre y 21 enero	22 di- ciembre
06:00	4,1	3,3	2,0	0,8	0,0	0,0	0,0
07:00	120,0	120,4	122,1	116,2	104,1	93,1	86,9
08:00	342,2	352,7	366,4	357,9	344,4	302,9	296,9
09:00	562,8	573,3	571,2	597,8	540,6	531,6	511,8
10:00	720,4	735,2	767,0	771,0	745,0	696,4	677,9
11:00	817,7	837,5	871,7	879,2	847,2	798,6	773,6
12:00	<b>851,9</b>	<b>874,1</b>	<b>909,2</b>	<b>918,9</b>	<b>886,8</b>	<b>833,3</b>	<b>806,2</b>
13:00	817,7	836,6	871,7	879,2	847,2	798,6	773,6
14:00	720,4	735,2	758,9	771,0	745,0	696,4	677,9
15:00	562,8	573,3	571,2	597,8	540,6	534,5	511,8
16:00	342,2	368,9	366,4	365,5	344,4	302,9	296,9
17:00	120,0	126,1	122,1	116,2	104,1	93,1	86,9
18:00	4,1	3,3	2,0	0,8	0,0	0,0	0,0

**Zonificación climática de la ciudad de Cali**

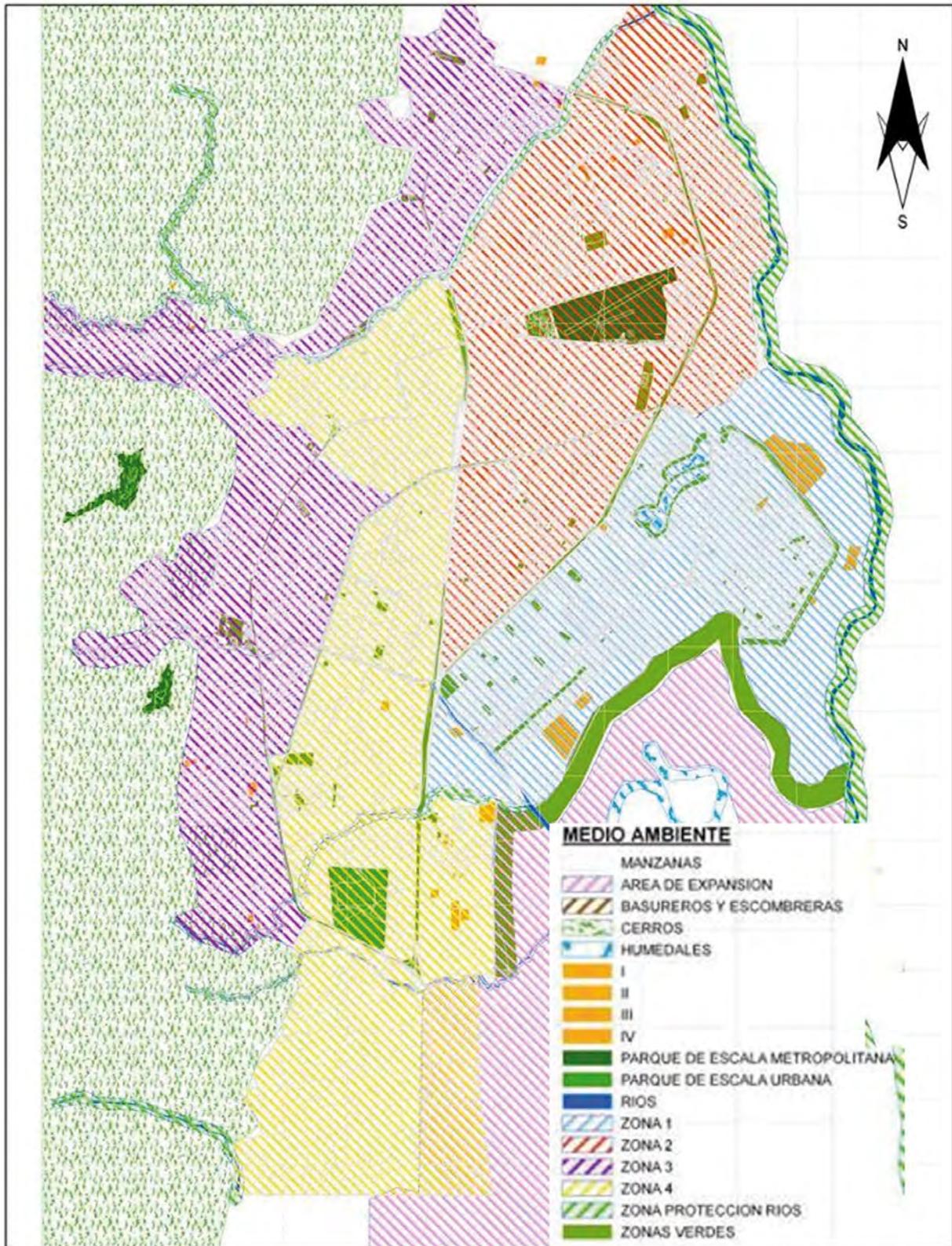
Tomando como referencia los informes, diagnósticos y evaluaciones de la Corporación Autónoma del Valle del Cauca (CVC), Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente - Dagma (estaciones de monitoreo), y Observatorio Sismológico del Sur Occidente (OSSO), donde se encuentran análisis de la temperatura, la humedad relativa y precipitación en las comunas de Cali, se establece que la ciudad puede zonificarse climáticamente. En la construcción del perfil ambiental y climático, se busca la elaboración de un soporte por áreas, que ofrezca la posibilidad de tener proyectos similares, frente a condiciones ambientales diferentes. Después de analizar la temperatura y humedad relativa por comunas (teniendo en cuenta las estaciones de monitoreo del Dagma), se dividió la ciudad en cuatro zonas.

Para la definición de estas cuatro zonas ambientales (Ver Plano 1.1, p. 42) se parte del estudio de la composición y característica de la zona boscosa, donde se identificaron dos zonas: “bosque seco pre-montano”, y “bosque seco tropical”. Lo anterior admite, hipotéticamente hablando, algunas diferencias considerables. El cono de precipitación más importante de Cali

–según el OSSO–, se encuentra en los Farallones de Cali, en lo que se conoce como “bosque muy húmedo pre-montano”, y afecta sustancialmente la zona sur de la ciudad, haciendo que se presenten las mayores lluvias.

La información encontrada en la CVC, clasificada por comunas, se confrontó con la ya establecida por las estaciones de monitoreo del Dagma, de igual manera con la caracterización ambiental antes ilustrada. Partiendo de estos análisis (fundamentalmente temperatura y humedad relativa), se procedió a la elaboración de una zonificación ambiental que consolide condiciones similares en relación con su localización geográfica, y permita tener parámetros ambientales claros. Esto dio como resultado la división en cuatro (4) grandes zonas para Cali:

- ZONA 1: 23.7°C de temperatura y 70% de humedad relativa.
- ZONA 2: 25.14°C de temperatura y 74% de humedad relativa.
- ZONA 3: 23°C de temperatura y 72% de humedad relativa.
- ZONA 4: 24.3°C de temperatura y 77% de humedad relativa.



*Plano 1.1. División ambiental de la ciudad de Cali en cuatro zonas*

## FENOMENOLOGÍA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

### TIPOS DE VIS. MODOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

En la Vivienda de Interés Social local se distinguen dos tipos de construcciones: casas y apartamentos. Ejemplos típicos de las dos tipologías se muestran en las Figuras 2.1 y 2.2.

Las casas, en su inmensa mayoría, tienen sus muros y divisiones construidos en bloque de escoria (pieza de hormigón en el que se han empleado escorias de coque para su fabricación) (Figura 2.3) o ladrillo estructural (Figura 2.4), las cubiertas en teja acanalada de asbesto cemento, y los entrepisos en concreto.

Los apartamentos, también en su inmensa mayoría, tienen muros y divisiones construidos en ladrillo estructural (Figura 2.5) o Utinord (sistema constructivo portante de concreto fundido en sitio entre formaletas que se retiran una

vez producida la fragua) (Figura 2.6). Las losas entre pisos son en concreto, la cubierta del último piso es en asbesto cemento.

### MODOS DE TRANSFERENCIA DE ENERGÍA EN EDIFICACIONES

Desde el punto de vista de la transferencia del calor, una edificación (una casa, un apartamento o un simple cuarto) es un sistema en el cual la temperatura varía según las transferencias calóricas que se den con sus vecinos y la generación interna de calor que se produzca en dicho espacio. En la medida en que se reciba calor de los alrededores y/o se genere calor en el interior sin evacuar, estas ganancias energéticas subirán la temperatura hasta alcanzar niveles de discomfort. Cuando la temperatura es estable (sin variaciones en el tiempo) la can-



*Figura 2.1. Casas Terranova*



*Figura 2.2. Apartamentos Calicanto 1*



**Figura 2.3. Bloque de escoria**



**Figura 2.4. Bloque estructural**



**Figura 2.5. Apartamentos en ladrillo estructural - Calicanto**



**Figura 2.6. Apartamento en Utinord - Senderos del Caney**

tividad de calor evacuada en el espacio es igual a la recibida desde el exterior más la generada interiormente. Ejemplos de generación interna de calor son las lámparas, los motores, los electrodomésticos y las mismas personas. El intercambio de calor con los alrededores se da a través de tres mecanismos: conducción, convección y radiación.

La *conducción* es la forma como el calor se transmite dentro de un sólido o entre dos sólidos en contacto. Un modelo que explica este mecanismo plantea que las moléculas en los sólidos vibran alrededor de una posición y que la conducción no es otra cosa que choques en donde las moléculas calientes (las que más vibran) transmiten parte de su movimiento vibratorio a las más frías, las que menos vibran. En un apartamento VIS se puede recibir calor por conducción, por el piso, si se da el caso de que

el apartamento de abajo esté a más alta temperatura que el apartamento en estudio.

La *convección* es la forma como se transmite calor en los fluidos: aire, agua, etc. En este caso las moléculas funcionan como vehículos de transporte de esta forma de energía. Existe convección natural cuando las moléculas fluidas se mueven impulsadas por las fuerzas naturales de flotación debido al aumento de volumen por incremento de la temperatura; existe convección forzada cuando el fluido es impulsado por una turbo-máquina (ventilador, bomba, compresor). Ejemplo de transferencia de calor por convección en VIS es el viento fresco que ingrese por una abertura (*i.e.*, una ventana) y salga por otra abertura (*i.e.*, una puerta) refrescando los objetos y las personas dentro del espacio.

La *radiación* es la forma como el calor se transfiere por medio de ondas electromagnéti-

cas. Todo cuerpo emite radiación, la cual depende de las propiedades y temperatura de su superficie. La radiación no necesita un medio para propagarse (la radiación solar llega hasta la tierra a través del vacío) y no afecta al aire al atravesarlo. Un ejemplo de radiación calórica que afecte la VIS es la radiación solar que ingresa por las ventanas y claraboyas y es absorbida por los materiales y objetos que la reciben, los cuales elevan su temperatura debido a esta ganancia energética.

**Radiación solar:** La principal fuente energética del planeta tierra es la radiación solar. El sol emite radiación en un rango de longitudes de onda (Figura 2.7) desde 1500 Å hasta 40000 Å, donde se pueden diferenciar la radiación ultravioleta (ondas cortas) entre 1500 y 4000 Å; la luz visible entre 4000 y 7400 Å; y la radiación infrarroja (ondas largas) de 4000 Å en adelante (Ver Figura 2.8). De la radiación total incidente, 173.000 Teravatios, el 30%, es reflejado al espacio exterior; la mayor parte del

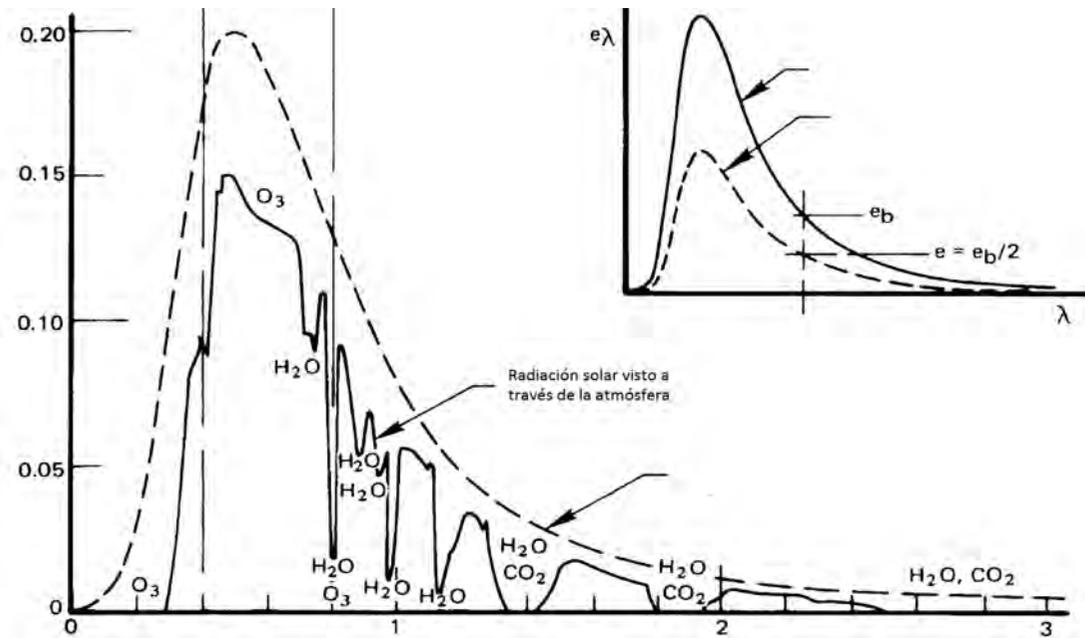


Figura 2.7. Irradiación solar vs longitud de onda. (Fuente: Duffie & Beckman, 2006)

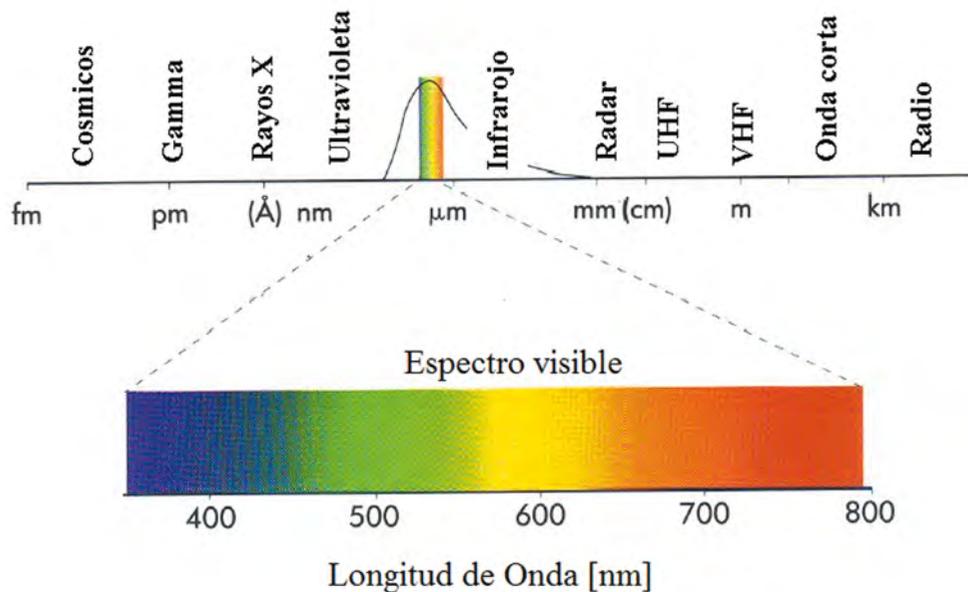


Figura 2.8. Espectro solar. (Fuente: www.pilkington.com)

70% restante calienta la superficie terrestre, la atmósfera y los océanos (47%) o se absorbe en la evaporación de agua (23%). Se estima que el 6.4% del espectro está en el rango ultravioleta ( $\lambda < 0.38 \mu\text{m}$ ), el 48% en el rango visible ( $0.38\mu\text{m} < \lambda < 0.78 \mu\text{m}$ ) y 45.6% en el rango infrarrojo ( $\lambda > 0.78 \mu\text{m}$ ). La constante solar (Duffie & Beckman, 2006)  $G_{sc}$  que representa la energía proveniente del sol por unidad de tiempo recibida sobre una superficie unitaria perpendicular a la dirección de radiación sobre la atmósfera exterior, es  $1367 \text{ W/m}^2$  (Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera, 2009).

*Radiación directa* es la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra sin haber sufrido difusión, ni reflexión alguna. Radiación difusa es la componente de la radiación solar que al encontrar pequeñas partículas en suspensión en la atmósfera e interactuar con las nubes, es difundida en todas las direcciones; el flujo con el cual esta energía incide sobre una superficie horizontal por segundo es la llamada radiación solar difusa. Cuando no hay nubes, la radiación difusa se produce por medio del proceso de difusión a través de partículas atmosféricas. La radiación solar difusa diaria se contabiliza entre las seis de la mañana y las seis de la tarde y oscila entre  $300$  y  $5.500 \text{ W}\cdot\text{h/m}^2$  al día. La radiación global es toda la radiación que llega a la tierra que se mide sobre una superficie horizontal en un ángulo de  $180$  grados, resultado de la componente vertical de la radiación directa más la radiación difusa.

#### CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

Aunque en las viviendas de interés social no se practica el uso de aire acondicionado ni tal solución es objeto de las propuestas de esta investigación, sí resulta pertinente utilizar algunas herramientas de la ciencia del aire acondicionado en el análisis de la climatización de la Vivienda de Interés Social. El “cálculo de cargas” es una de estas herramientas.

Un equipo de aire acondicionado, para proporcionar confort, debe mantener la temperatura y humedad del aire en unos niveles inferiores

a los del medio ambiente. Por lo anterior debe evacuar el calor que entra y se produce dentro del espacio acondicionado, y a la vez condensar el exceso de humedad del aire. Si el aire se concibe como una mezcla de gases secos (Oxígeno, Nitrógeno,  $\text{CO}_2$ , etc) y vapor de agua, entonces, en el proceso de enfriamiento, una parte del calor extraído corresponde a la disminución de la temperatura de los gases secos (carga sensible) y la otra parte del calor extraído se invierte en la condensación del vapor indeseado (carga latente).

En el diseño de una instalación de aire acondicionado el primer paso a seguir es cuantificar la cantidad de calor que es necesario extraerle al aire tanto para lograr la disminución de temperatura como para condensar la humedad en exceso. Este inventario, conocido con el nombre de “cálculo de carga”, es la cuantificación de todas las ganancias de calor sensible que entran y se generan en el espacio (carga sensible) así como la cantidad de calor que es necesario retirar para lograr la condensación deseada (carga latente). Dentro de las cargas sensibles se pueden enumerar: la radiación solar que entra por las ventanas, el calor que entra por los muros, techos y pisos, el calor aportado por las personas, los equipos, motores, electrodomésticos, las infiltraciones de viento y el aire de renovación necesario para respirar. Dentro de las cargas latentes está la humedad aportada por la respiración y transpiración de las personas y la humedad aportada por las infiltraciones de viento y el aire de renovación.

Para hacer en forma rápida y precisa el cálculo de cargas, los diferentes fabricantes de equipos de aire acondicionado, así como investigadores independientes, han desarrollado programas de computador (software). El acceso a tales facilidades es lógicamente restringido, pero en la Escuela de Ingeniería Mecánica de Univalle se desarrolló CARTERSOFT que, por su carácter académico, es de dominio público (Valencia, 2009).

Las Figuras 2.9 y 2.10, en la siguiente página, ilustran la portada del programa y la presentación de resultados finales.



Figura 2.9. Portada del software Cartersoft



Figura 2.10. Presentación de resultados finales en Cartersoft

**PÁGINA EN BLANCO  
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

## RELACIÓN DEL PAISAJE Y DEL CONTEXTO URBANO DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL CON EL CONFORT

### ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La urbanización como hecho humano de intervención en un territorio, tiene implícita la transformación del paisaje. A cambio las sociedades han obtenido nuevas significaciones y espacios para la vida, que han logrado la valoración tanto de los elementos naturales como de los antrópicos. Grandes ciudades y complejos arquitectónicos en el mundo se han construido modificando, o incluso desapareciendo, las evidencias de las estructuras naturales del territorio. Sin embargo, sus efectos pueden diferir considerablemente; con frecuencia se han generado transformaciones en el microclima, ya sea de manera positiva, proveyendo mejores niveles de confortabilidad, o negativas, con la presencia de fenómenos como la isla de calor urbana (ICU).

Desde los primeros vestigios que se tienen de ciudades, el Sol ha tenido una gran significancia para los pobladores. En Egipto los templos en general estaban orientados al este; el sol se veía nacer entre las dos mitades del Pílon, y la puerta representaba la “entrada al cielo”, a través de la cual emergía el dios Sol y su representante terreno el Faraón (Norberg-Schulz, 1979). De otro lado, en Grecia pueden encontrarse ciudades que son ejemplo del aprovechamiento de las condiciones naturales para el mejoramiento de la confortabilidad a escala urbanística. Se trata de ciudades ordenadas en cuadrícula, donde los espacios habitables eran orientados al sur y relacionados con un patio a través de un pórtico que los protegía del sol

alto del verano, a la vez que dejaba penetrar el sol bajo del invierno. Así, los griegos descubrieron desde muy temprano este elemental principio de diseño bioclimático para regiones frías y templadas del hemisferio norte, que ha sido reiteradamente empleado a lo largo de la historia en disímiles culturas y localizaciones geográficas. Este principio se utilizó también en la antigua China y en el Imperio Romano.

El interés por la relación entre los hechos urbanos y arquitectónicos y el ambiente no es reciente, se encuentran evidencias de Aristóteles en Política VII donde menciona:

Ya hemos señalado la conveniencia de que la ciudad esté en contacto con el continente y con el mar; además, y en la medida de lo posible, debe tener facilidad de comunicaciones con todas las partes del territorio. También sería deseable que la ciudad tuviese una posición alta y escarpada, teniendo en cuenta cuatro fines esenciales: el primero de ellos, pues de primera necesidad, las buenas condiciones higiénicas (las ciudades orientadas al este en aquellas zonas donde el viento sopla del levante son más sanas; después vienen las que están protegidas de los vientos fríos del norte, pues tienen inviernos más suaves). (Bettini, 1998)

Vitrubio, el romano célebre por sus 10 Libros de Arquitectura (Vitrubio, I), habla sobre las condiciones climáticas y la disposición de los edificios. Destaca que se deben tener en cuenta la latitud y la orientación del sitio, lo que va a determinar el tipo de arquitectura más

conveniente. Así mismo, diferencia la forma de construir, dependiendo de la ubicación: en países del norte, con edificios más cerrados y orientados hacia las partes más cálidas, mientras que los ubicados en zonas cálidas deben ser abiertos y orientados hacia el cierzo (viento frío):

Como la disposición de la bóveda celeste respecto a la tierra se posiciona según la inclinación del zodíaco y el curso del sol, adquiriendo características muy distintas, exactamente de la misma manera se debe orientar la disposición de los edificios atendiendo a las peculiaridades de cada región y a las diferencias del clima.

En las recomendaciones de Vitrubio se evidencia un gran conocimiento en la manera de implantar y de configurar los edificios, basado en la adecuada respuesta a las condiciones climáticas locales y de orientación, dos de los aspectos básicos para obtener el confort en los espacios interiores:

Así, por medio del arte se deben paliar las incomodidades que provoca la misma naturaleza. De igual modo se irán adaptando las construcciones en otras regiones, siempre en relación con sus climas diversos y con su latitud.

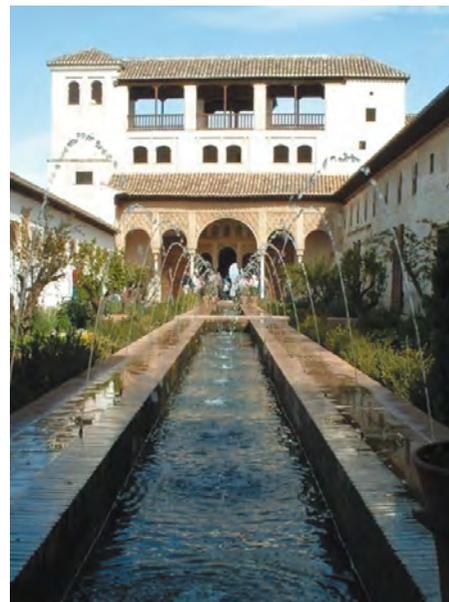
En Roma se pueden encontrar dos tipos de viviendas: el *Domus* y la *Ínsula*. El *Domus* es la vivienda unifamiliar de clase alta, de una sola planta, con habitaciones dispuestas alrededor de patios donde se recogía agua lluvia en el *impluvium* para ser almacenada en una cisterna, o con fines ornamentales. Con unas condiciones totalmente distintas, la *Ínsula* tenía un carácter urbano, comercial, y una mayor densidad. Contaba con varias plantas y un patio pequeño (Bettini, 1998). Muchos autores han mencionado la insalubridad de las zonas de agrupación de las *insulae*.

En la península Ibérica se destacan las manifestaciones en cuanto a diseño de espacios exteriores desarrolladas por los árabes (711 y 1492), desde que Córdoba se convirtió en capital del Imperio Omeya. Los árabes habían aprendido de Persia la técnica de las artes aplicadas y la cerámica; de Egipto la técnica de la irrigación

y el uso ornamental del agua; y del norte del África las normas agrícolas de los romanos y los cartagineses (Fariello, 2000). Todos estos elementos contribuyeron a la configuración de sus espacios exteriores.

En España, La Alhambra es, por excelencia, el ejemplo de la aplicación de estrategias de acondicionamiento pasivo en los espacios exteriores (Ver Figura 3.1). Ante un clima de veranos secos y muy calurosos, el cuidadoso diseño del espacio exterior de los jardines va a reflejar una fuerte conciencia respecto al clima. En el espacio exterior se obtiene un mejoramiento de las condiciones ambientales con el aporte de humedad debido al protagonismo constante del agua en diversas manifestaciones; es decir, la presencia constante del enfriamiento evaporativo. Son frecuentes las fuentes, las acequias y los espejos de agua, integrados con la vegetación, que también aportan humedad y sombra. Una inscripción mencionada por Washington Irving en *Cuentos de La Alhambra*, refleja el carácter de los jardines:

¡Qué bello es este jardín, donde las flores de la tierra compiten con las estrellas del cielo!, ¿Qué cosa se puede comparar a la taza de aquella fuente de alabastro, colmada de agua cristalina? ¡Sólo la luna en su plenitud, brillando en medio de un cielo sin nubes! (Irving, 2007)



**Figura 3.1. Palacio del Generalife, La Alhambra (Granada-España)**

(Fuente: Ing. Gina Navarro, 2004)

Los aportes egipcios, griegos y romanos, integrados por los árabes en España en el acondicionamiento de sus espacios exteriores, van a llegar a América vía la colonización española. Parece que toda esa riqueza bioclimática ancestral no ha tenido cabida en la formulación de la Vivienda de Interés Social.

#### **ALTERACIÓN DEL CLIMA URBANO –ISLA DE CALOR–**

Toda transformación en el territorio natural trae a la larga una serie de consecuencias impredecibles en los ecosistemas, las cuales llegaron a ser muy relevantes a escala mundial durante el siglo XX, y que han repercutido en la generación de una crisis ambiental de alcance global. La diferencia en los efectos está directamente relacionada con los alcances, magnitud y uso de los recursos que han hecho las distintas sociedades a lo largo de la historia.

Actualmente en diversas ciudades alrededor del mundo es posible encontrar evidencia de serias problemáticas ambientales, entre las que se encuentran la dispersión de polutantes en la atmósfera, altos niveles de desconfort térmico, y aumento del consumo de energía en sistemas de aire acondicionado. Estas problemáticas repercuten y alteran gravemente el microclima de las ciudades, generan impactos que se ven reflejados en fenómenos de escala global, como por ejemplo la alteración de regímenes de lluvia, la presencia de gases de efecto invernadero, la alteración en los valores de humedad relativa del aire, la disponibilidad de agua potable y, principalmente, el calentamiento global. Assis & Barros (s. f.) consideran que los cambios debidos a la urbanización son en general dañinos, y traen como consecuencia los siguientes problemas:

- a. Incremento de la temperatura del aire y disminución de la humedad, lo que ocasiona estrés bioclimático, condición que afecta la productividad humana, la salud y el desarrollo de la fauna y la flora.
- b. Incremento del consumo de energía por el enfriamiento artificial de los edificios.
- c. Incremento de las tormentas sobre las ciudades.
- d. Concentración de la polución del aire, y reducción de la ventilación natural con la consecuente afectación de la salud humana y el daño de edificios por la corrosión.

La localización geográfica y la estructura de la ciudad, así como la meteorología regional, la morfología, la configuración geométrica, los materiales de los edificios, la vegetación, el agua y las actividades humanas, tienen gran influencia en el microclima urbano (Robitu, s. f.). Relacionado con la intervención antrópica, uno de los efectos más conocidos de la urbanización es el fenómeno de la isla de calor urbana (ICU). Las propiedades térmicas de los materiales de construcción, la altura y el espaciamiento de los edificios, y los niveles de polución del aire, ocasionan que gran cantidad de energía solar sea absorbida y almacenada en las superficies urbanas. Además, esas mismas condiciones hacen que se presente una pérdida lenta de energía en la noche, acarreado altas temperaturas. También las áreas urbanas tienen un gran ingreso de calor como resultado de la alta densidad en el uso de energía en las ciudades; toda esta energía, usada en los edificios o para el transporte, finalmente termina como calor. El conjunto de estas condiciones es lo que se conoce como ICU, que puede definirse como la región microclimática con temperaturas más altas que en sus alrededores. (Corbella, 1999)

La intensidad de la ICU para una ciudad particular puede tener significativas variaciones espaciales y temporales; su máxima intensidad es alcanzada algunas horas después de la puesta del sol (Davies, 1987). En las ciudades con climas fríos, la isla de calor puede ser una ventaja durante la época de invierno, debido a la disminución de la demanda de energía para calefacción, mientras que en las ciudades tropicales, las islas de calor suceden cuando la disipación de calor por la radiación infrarroja es más pequeña que el incremento de la energía térmica debido a la gran exposición a la radiación solar. Estas islas de calor pueden ser más grandes o más pequeñas, dependiendo de factores como la ventilación y el diseño de la urbanización. (Corbella, 1999)

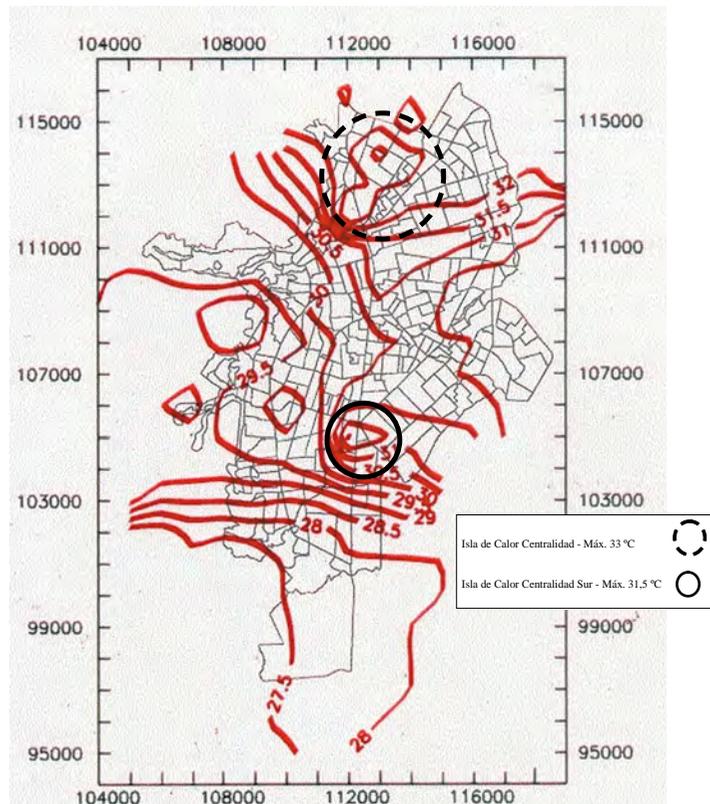
Para el caso de Cali, el Observatorio Sismológico (OSSO, 1999) realizó una primera aproximación al estudio de las temperaturas en el ambiente urbano; para esto se efectuaron mediciones a diversas horas del día y se graficó con el programa SURFER. Este estudio caracteriza de la siguiente manera el comportamiento de las temperaturas en Cali:

A grandes rasgos, y con base en los modelos obtenidos, los cuales deben ser considerados como preliminares y sujetos a refinamientos, sobre la ciudad predomina el incremento de las temperaturas desde el piedemonte hacia el centro del Valle, con cuatro tendencias de temperaturas relativamente homogéneas durante el día: el norte y el sur, con vectores de incremento de temperaturas en dirección NE; el centro, con un vector de orientación WE y el “Centro-Sur” (aproximadamente a la altura de la Cra. 66), con un vector WE, pero con una tendencia de las curvas de isoterma a desplazarse hacia el W. (OSSO, 1999)

En los resultados del modelo para las 12:30 p.m., hora de altas temperaturas, mostrado en la Figura 3.2, se distinguen dos zonas de altas temperaturas dentro de la ciudad. La de mayor temperatura está localizada hacia el centro fundacional de la ciudad, con una máxima de 33 °C; y la segunda zona hacia el “centro-sur”, con una máxima de 31.5 °C. Estas zonas con temperaturas diferenciadas permiten inferir que en la ciudad se presenta el fenómeno ICU, y se han denominado Isla de Calor Centralidad e Isla de Calor Centralidad-Sur.

Uno de los principales factores para la conformación de la Isla de Calor Centralidad radica en la poca presencia de áreas verdes en esta zona, puesto que se trata de un paisaje urbano caracterizado por el predominio de las superficies de poca permeabilidad como el asfalto en vías, y el concreto en zonas de circulación peatonal. A esto se suma una concentración de edificios en altura, cuyas superficies contribuyen a reflejar la radiación solar (por ejemplo, las superficies especulares o metálicas) o a generar intercambios por radiación de onda larga con el entorno. Como refieren Oke, Kalanda, & Steyn (1981) la geometría urbana y las propiedades térmicas de los materiales tienen más influencia en la magnitud y configuración de la ICU que el comportamiento del viento o la densidad de población.

En la Figura 3.3, que corresponde a una fotografía del centro de Cali, puede apreciarse la poca presencia de zonas verdes en el paisaje urbano y un marcado predominio de materiales como el asfalto, concreto, vidrio, cerámica, ladrillo, entre otros. En el círculo se indica el Parque de San Nicolás, un “oasis” en medio del concreto.



**Figura 3.2. Isotermas Ciudad de Cali - 12:30 p.m.**



*Figura 3.3. Centro de Cali*

El origen de la Isla de Calor Centralidad puede buscarse en el modelo urbanístico fundacional (1536), el cual responde a un trazado en damero, cuyo centro es la Plaza Mayor. En este modelo el espacio público carece de vegetación, en contraste con los patios interiores de las viviendas que usualmente tenían agua y plantas. Esta configuración, denominada por Olgyay (1968) como “modelo negativo”, trae como consecuencia unos mayores niveles de confortabilidad en los espacios interiores de las viviendas, debido a la climatización pasiva por efecto del aire más frío generado por la sombra y el enfriamiento evaporativo de las fuentes; mientras que el espacio exterior se caracteriza por la ausencia de sombra y la alta emisividad de los materiales urbanos que contribuyen a la generación de disconfort en las horas de mayor calor.

En Cali, las cuencas de los ríos se comportan como corredores de aire fresco distribuidas transversalmente a lo largo de ella. Sin embargo estos cauces, y su potencial bioclimático, han sido reiteradamente alterados por diversos factores relacionados con la urbanización,

tales como contaminación, disminución de su área protectora, transformación de su cuenca, canalización, así como la fragmentación y destrucción de la vegetación riparia que mantiene baja la temperatura del agua y protege de los procesos erosivos los suelos de las márgenes. Los registros evidencian la importancia de las cuencas hídricas urbanas como estrategia urbana de acondicionamiento pasivo, especialmente en ciudades tropicales donde la ventilación y el enfriamiento evaporativo constituyen dos estrategias básicas para alcanzar niveles de confortabilidad. Es decir, que una temperatura baja del agua puede mitigar el impacto de la polución térmica que se experimenta en muchos contextos urbanos y peri-urbanos. (Vandenbergh et al., 2009).

#### **LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN CALI (PERÍODO 2004-2007)**

Los proyectos de Vivienda de Interés Social que se han realizado en los últimos cuatro años en la ciudad de Cali se georreferencian con el objetivo de entender la relación de dichos pro-

yectos con las estructuras urbanas existentes y de esta manera generar parámetros de comparación entre las diversas tipologías de vivienda y su entorno urbano inmediato. Otro elemento importante de análisis constituye la construcción de una base muestral de viviendas de interés social edificadas entre los años 2004 - 2007. Para la construcción de dicho soporte informático se acudió a la Corporación Autónoma del Valle del Cauca (CVC), el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente de Cali (Dagma), el Departamento Administrativo de Planeación Municipal (DAPM) y la Secretaría de Vivienda de Cali. Adicional a esta recopilación se consultaron revistas del mercado inmobiliario como *Finca raíz* y *Dónde vivir*. A partir de esta información base se identificaron tres áreas donde se localizan las viviendas de interés social caleñas, las cuales facilitan la elaboración de análisis entre distintas tipologías enfrentadas a condiciones urbanas y ambientales específicas.

Santiago de Cali, como metrópoli, ha venido presentando un crecimiento urbano acelerado en el contexto latinoamericano. El estudio de este proceso realizado en paralelo a la investigación permitió identificar las principales razones de los modelos de crecimiento de las mayores ciudades latinoamericanas como Sao Paulo, Buenos Aires, Ciudad de México, entre otras. Las proyecciones ratifican la futura expansión urbana de la ciudad, motivada principalmente por el aumento considerable de la población, ligado al déficit de Vivienda de Interés Social que se tiene hoy y va a tener la ciudad en los próximos años.

Actualmente el tema de la Vivienda de Interés Social se ha centrado en cómo hacer vivienda barata, predominando el tema económico sobre los otros componentes importantes para una vivienda digna, como son lo funcional, lo estético, la calidad de vida, entre otras, sintetizando a una sola variable: relación “área/costo”. Esta relación, eminentemente económica, ha desconocido los componentes básicos de una vivienda digna en la cual no sólo se involucra área, sino también acceso a servicios urbanos básicos y compromiso con su comportamiento frente al confort climático. Estas características de la vivienda motivaron a realizar una evaluación analítica de estas construcciones versus su

localización en la ciudad a partir de estudios cuantitativos y cualitativos de su implantación, analizando, entre otras variables urbanas, las siguientes: movilidad, espacio público, morfología urbana, imagen urbana y medio ambiente urbano.

Inicialmente se elaboró la base de datos con toda la información secundaria de proyectos, para identificar cualidades como: tipo de Vivienda de Interés Social, tipología, sistemas constructivos, ubicación dentro de la ciudad y año de su construcción. Finalmente, por medio de trabajo de campo, se verificó la existencia de todos los proyectos. La Tabla 3.1 ilustra las clasificaciones anunciadas.

Según lo anterior, la población de Viviendas de Interés Social está conformada por 70 proyectos. De acuerdo con la información que de cada uno de ellos se obtuvo, la distribución según tipo, material, número de proyectos y número de VIS se aprecia en la Tabla 3.2.

La georreferenciación de los proyectos anteriormente catalogados se realizó por medio de un software de Sistema de Información Geográfico (SIG). El Plano 3.1 muestra dicha georreferenciación, ubicando todos los proyectos por piezas urbanas, acorde con la división administrativa y normativa planteada por el Departamento Administrativo de Planeación Municipal (D.A.P.M.) y su Plan de Ordenamiento Territorial (P. O. T.).

#### **LAS RELACIONES URBANAS DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL**

Para contextualizar la Vivienda de Interés Social en su entorno es necesario explorar las relaciones de estas edificaciones con las diversas funciones urbanas: sistema de movilidad, sistema de espacio público, sistema ambiental, morfología urbana, imagen urbana y sistema funcional. Esta visión urbana es muy importante para un análisis integral del confort del habitante.

Metodológicamente se procede a identificar la localización de los diversos proyectos VIS con respecto a los sistemas estructurantes de la ciudad como vías, espacio público, equipamientos, sistemas ambientales, sistemas de transporte, entre otros.

**Tabla 3.1. VIS existente según precio, tipo, tipología, año y sistema constructivo**

Nº	Urbanización	Precio (\$)	M <sup>2</sup>	Tipo (VIS)	Tipología	Dirección	AÑO	Sistema constructivo
1	Rincón del Norte	27'900.000	N.A	II	AP	Av 2C norte # 72 N-46	2005	Utinord
2	Balcones de Cataluña I Etapa	N.A	N.A	N.A	AP	Cll 61N # 3AN-80	2004	Utinord
3	Rincones de Valdepeñas	42'500.000	60	III	AP	Calle 70 # 2 AN - 271	2005	Utinord
4	Balcones de Valdepeñas II	48'500.000	40	IV	AP	Diagonal La 14 de Calima	2006	Utinord
5	Bosques de Caranday	40'000.000	63.4	IV	AP	Av. 2N Calle 67N	2004	Utinord
6	Palmas de Mallorca	N.A	N.A	N.A	AP	Cll 53 # 1-91	2004	Mampostería estructural en ladrillo
7	Jardín del Viento	54'700.000	80.7	IV	CA	Car. 1 calle 56	2004	Mampostería estructural en ladrillo
8,9	Alcalá Conjunto Residencial	N.A	N.A	IV	AP	Calle 59 Cra. 1	2004	Mampostería estructural en ladrillo.
10	Alamedas del Parque	40'000.000	61.2	III	AP	Cll.62 # 1a-8	2006	Utinord con fachaleta de ladrillo
11	Portón del Parque	N.A	N.A	IV	AP	Cll 66 # 1a-6 esquina	2005	Mampostería estructural en ladrillo
12	San Lorenzo I	53'500.000	70	IV	AP	Cll. 59d # 2-31 Salomia	2006	Pórticos en concreto, cerramiento en ladrillo
13	Parque Residencial El Bosque	43'500.000	53	IV	CA	Cra 4 calle 64a y 65	2004	Mampostería estructural en ladrillo
14	Bosques de la Abadía	N.A	51	IV	CA	Cr 5 cll 68	2004	Mampostería estructural en bloque de escoria
15	Bosques de la Abadía	38'300.000	N.A	III	AP	Cra 5 Calle 68	2004	Mampostería estructural en ladrillo
16	Multifamiliares Las Delicias	44'000.000	47	IV	AP	Cll. 44 Cr. 4a esquina.	2006	Utinord
17	Santa Martha de los Caballeros	30'600.000	60	III	AP	Av. 15 oes. # 19-360	2006	Utinord
18	Mirador del Aguacatal	32'500.000	64	III	AP	Ave. 15 Oeste # 15 - 200	2005	Utinord
19	Ciudadela San Marcos	28'560.000	50	II	CA	Transv 103 cll 84 Decepaz	2006	Mampostería estructural en bloque de escoria
20	Brisas del Aguacatal	23'100.000	N.A	I	CA		2005	N.A
21	Mirador de la Portada	N.A	N.A		CA	Ave. 6 Oeste Clls 7/9 Oeste	2005	N.A
22	Torres del Municipal	N.A	N.A	III	AP	Cr. 11G Cll. 31A-17 Barrio Municipal	2007	Mampostería estructural en ladrillo
23	Conjunto Multifamiliar El Prado	N.A	40	III	AP	Transv 25B # 25-115	2004	N.A
24	Multifamiliar Santa Mónica	34'950.000	55.6	II	AP	Cra 24C # 33C-105	2004	N.A
25	Santa Mónica	N.A	N.A		AP	Cr. 24C # 33C-105	2005	N.A
26	Sorrento II	35'300.000	N.A	III	AP	Simón Bolívar contiguo Comfandi Calipso	2005	N.A
27	Vallegrande	11'832.000	26.5	I	CA	Cra 25 Calle 80 Decepaz	2006	Mampostería estructural en ladrillo

&gt;&gt; Sigue

**Tabla 3.1. (Continuación)**

28	Ciudadela San Marcos	20'048.000	50	II	CA	Transv 103 cll 84 Decepez	2004	Mampostería estructural en bloque de escoria
29	Urbanización El Manantial	N.A	26	II	CA	Calle 121 cr 26k Decepez	2004	Mampostería estructural en ladrillo
30	Potrero Grande	N.A	N.A	I	CA	Cll. 121 y 126 con Cr. 28a y 28e Decepez	2007	Mampostería estructural en ladrillo
31	Urbanización El Manantial	18'622.000	37.5	I	CA	Carrera 26 K 2 # 121 - 09	2005	Mampostería estructural en ladrillo.
32	Balcones del Lido II	N.A	64	IV	AP	Calle 2A Cra 47	2004	N.A
33	Unidad Residencial La Vidriera	N.A	N.A	I	CA	Cr. 54 con Cll. 10-1 oeste	2007	Mampostería estructural en ladrillo
34	Paraíso del Refugio	55'050.000	71.8	IV	AP	Cll. 1a # 67-68	2006	N.A
35	Torres de San Lorenzo	48'330.000	N.A	III	AP		2005	Utinord
36	Alameda del Refugio	N.A	75.9	IV	AP	Cra 65 Calle 3B	2004	Utinord
37	Refugio Plaza Campestre	N.A	N.A		AP	Cll 3D # 64-80	2004	Mampostería estructural en ladrillo
38	Gratamira	N.A	61	IV	AP	Avda Guadalupe Calle 15	2004	Utinord
39	Oasis del Limonar	53'960.000	64	IV	AP	Cll.23 Cr. 50 esquina.	2006	Mampostería estructural en bloque de escoria
40	Jardín de las Casas	36'500.000	60	III	CA	Diag. 66 # 33B-35	2004	Mampostería estructural en ladrillo
41	Morichal de Comfandi IV	25'420.000	30	II	CA	N.A	2004	Mampostería estructural en bloque de escoria
42	Urbanización Ciudad Córdoba	25'060.000	26	II	CA	N.A	2004	Mampostería estructural en ladrillo
43	Portales del Refugio	N.A	N.A	IV	AP	Cll 1 Cra 67	2004	Mampostería estructural en ladrillo
44	Unidad Residencial Los Chorros	N.A	N.A	I	CA	Cll. 2 Oeste con Cr. 67	2007	Mampostería estructural en ladrillo
45	Urbanización Calatrava	35'946.000	43	II	AP	Calle 1 C # 70 - 25	2005	Mampostería estructural en ladrillo
46	Conjunto Residencial Colinas de San Miguel	N.A		III	AP	Cr. 70 con Cll. 1 Barrio Lourdes	2007	Utinord
47	Conj. Res. Arboleda	N.A	63	IV	AP	Cra 75 # 3C-11	2004	Utinord
48	Brisas del Río	N.A	63.5	IV	AP	Autop. Simón Bolívar Cra 73 Esq	2004	Mampostería estructural en bloque de escoria
49	El Portal de Comfandi	N.A	N.A		CA	Cll 48/48A Cras. 81/82A	2004	Mampostería estructural en ladrillo
50	Ciudad Real	42'300.000	30	IV	CA	Cra 80C # 48A-65	2004	Mampostería estructural en ladrillo
51	Brisas del Caney	N.A	64.8	IV	AP	Calle 48 Cra 82A - 83A	2004	Utinord
52	Senderos del Caney	48'000.000	58	IV	AP	Cr. 83B # 42-60	2006	Utinord con fachada en ladrillo
53	Senderos del Caney	N.A		IV	AP	Cll 42A con Cr 83D.	2007	Utinord
54	Senderos del Caney	40,000,000	43.4	III	AP	Cll. 42 Cr. 83c	2005	Utinord

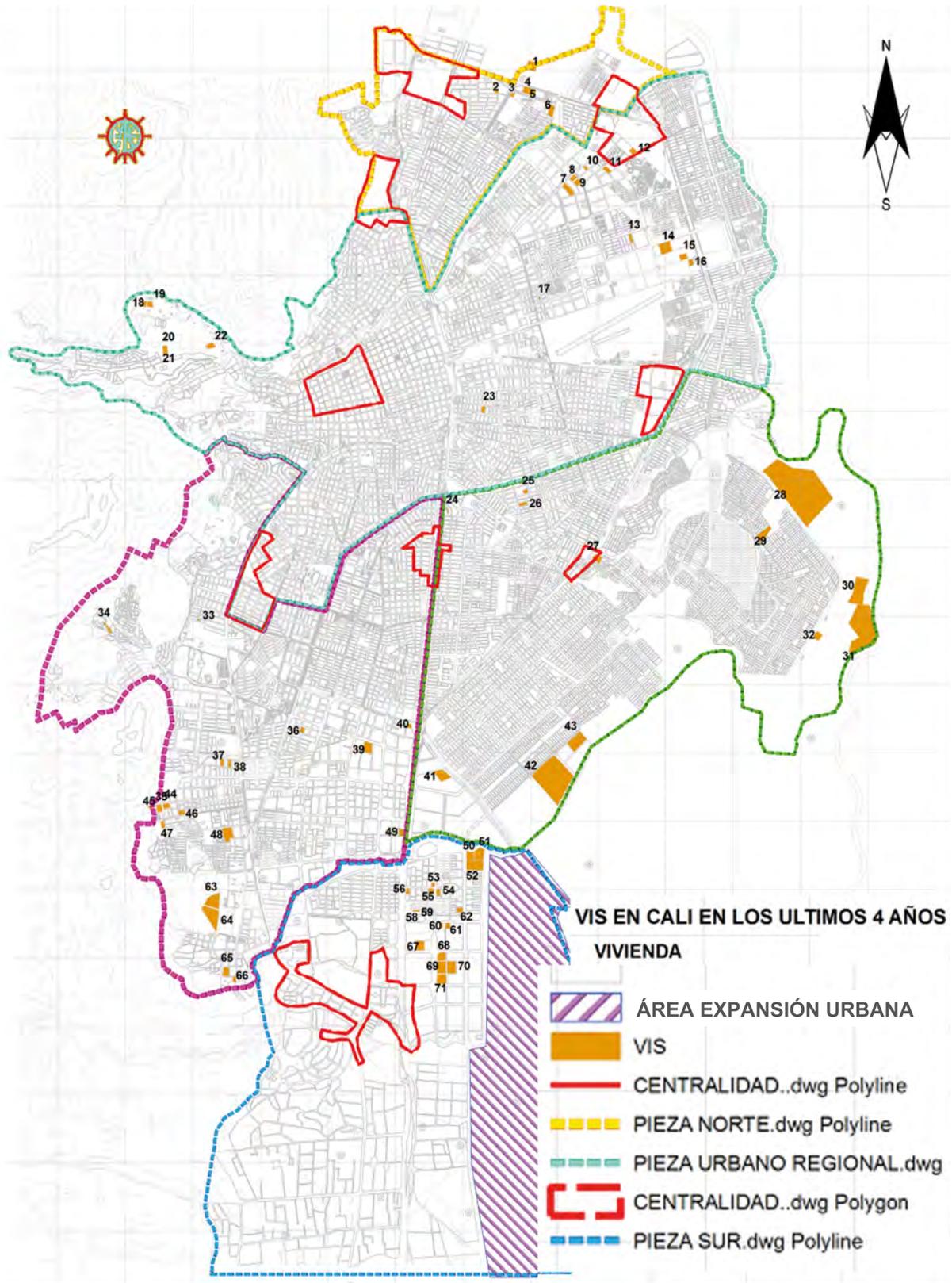
>> Sigue

**Tabla 3.1. (Continuación)**

55	El Rosedal de Comfandi	N.A	N.A	N.A	CA	Cll 26 # 83C-40	2004	Mampostería estructural en bloque de escoria
56	Urbanización Palmeras del Caney I	N.A	N.A	N.A	CA	Cr 85c # 28-66	2004	Mampostería estructural en ladrillo
58	Urbanización Palmeras del Caney II	N.A	N.A	N.A	CA	Cr 85c # 33-40	2004	Mampostería estructural en ladrillo
59	Parque Residencial Aventura	51'502.000	64.9	IV	AP	Cr. 94 Cll. 42 esquina	2005	Mampostería estructural en ladrillo
60	Parques del Lili	55'000.000	65.8	IV	AP	Cll. 45 # 86-47	2006	Utinord
61	Conjunto Residencial Bonaire	N.A	N.A	N.A	AP	Cr. 85E # 46-88	2005	Utinord
62	Conjunto Residencial La Luisa	N.A	N.A	I	CA	Cll. 2B 2 Oeste # 90-27	2007	Mampostería estructural en ladrillo
63	Urbanización La Luisa	N.A	N.A	II	AP	Cll. 2B 2 Oeste # 90-27	2007	Mampostería estructural en ladrillo
64	Conj. Res. Semillero	N.A	69.4	IV	AP	Calle 3B Cra 96-98	2004	Utinord
65	Ribera Campestre	51'000.000	62.5	IV	AP	Calle 4 # 98 - 20	2005	Mampostería estructural en ladrillo
66	Conj. Res. Benevento	N.A	64.9	IV	AP	Cra 94 Calle 34	2004	Utinord
67	Calicanto	N.A	N.A	IV	AP	Calle 42 entre Cra 95A y 96	2007	Mampostería estructural en ladrillo
68	Parque Res. Aventura	N.A	69.8	IV	AP	Cra 94 Calle 42 Esq	2004	Utinord fachaleta en ladrillo
69	Calicanto	N.A	N.A	IV	CA	Calle 45 entre Cra 97 y 96	2007	Mampostería estructural en ladrillo
70	Parque Residencial Aventura Etapa II	N.A	N.A	IV	AP	Cra 94A Cll 42 Esquina	2004	Mampostería estructural en ladrillo

**Tabla 3.2 Distribución de VIS en Cali según tipo, material, No. de proyectos y No. de unidades**

	Tipo vivienda	Tipo material	No. de proyectos	No. de VIS
<b>Dominio 1</b>	Apartamento	Ladrillo	15	3.293
<b>Dominio 2</b>	Apartamento	Bloque	3	680
<b>Dominio 3</b>	Apartamento	Utinord	25	5.254
	Apartamento	N-S	4	970
		<b>Total Proy. Aptos</b>	<b>47</b>	<b>10.197</b>
<b>Dominio 4</b>	Casa	Ladrillo	16	4.413
<b>Dominio 5</b>	Casa	Bloque	5	737
	Casa	N-S	2	104
		<b>Total Proy. Casas</b>	<b>23</b>	<b>5.254</b>
		<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>15.451</b>



*Plano 3.1. Localización de Vivienda de Interés Social por piezas urbanas*

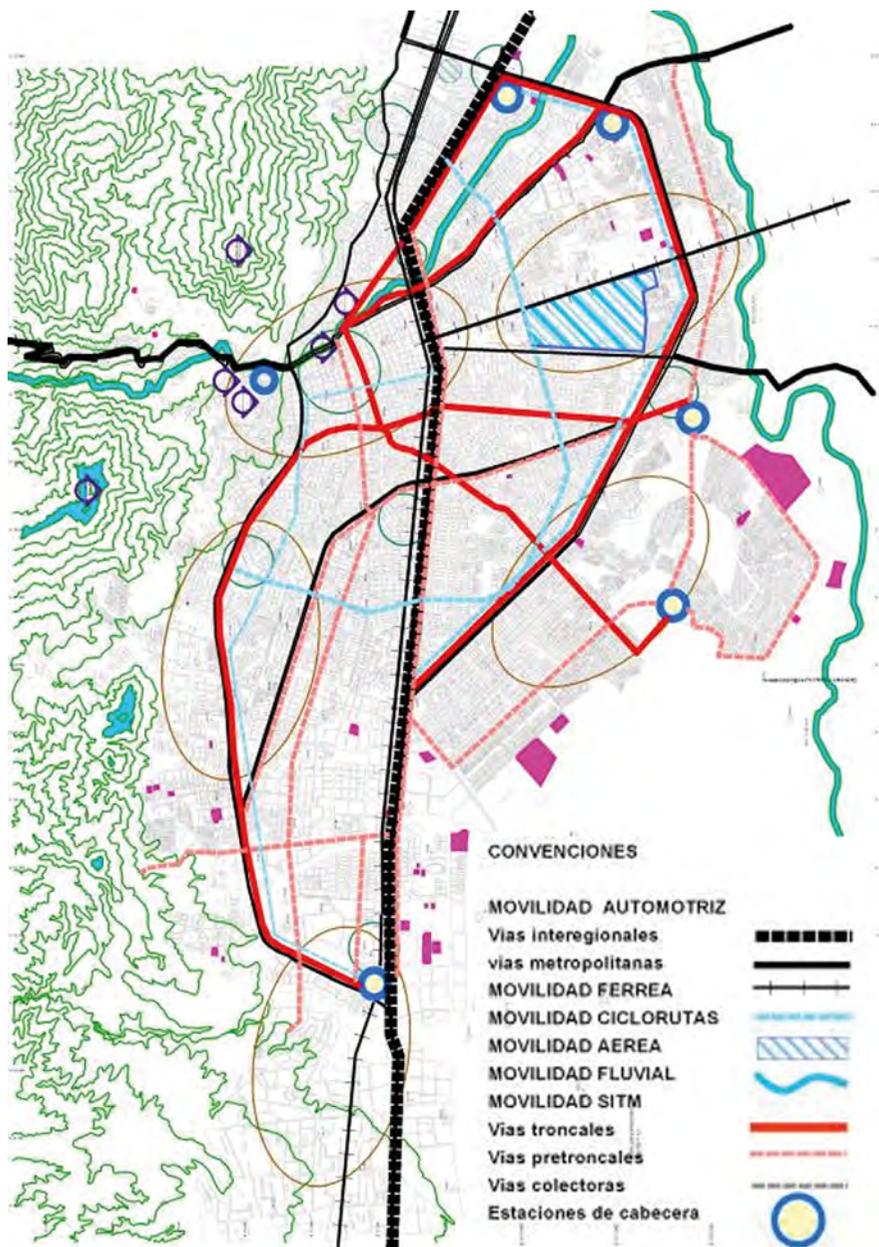
**Sistema de movilidad**

La movilidad en una ciudad es la espina dorsal que en la estructura urbana facilita la comunicación física a través del territorio.

Como se aprecia en el Plano 3.2, los desarrollos de Vivienda de Interés Social focalizados sobre la parte norte y sur de la ciudad (tipo III y IV, especialmente), están claramente articulados a las principales vías de comunicación que existen entre las economías de la ciudad y las del sur y el centro del país. Esto significa accesibilidad y buena relación en términos de abastecimiento. En contraste, los proyectos

de Vivienda de Interés Social ubicados en zona de ladera y el bajo oriente carecen de infraestructura adecuada que permita consolidar dicha relación; esta situación se pretende solucionar con el sistema de transporte masivo.

Finalmente aparecen proyectos de vivienda social en zonas de ladera y el bajo oriente (conocida como llanura de inundación del río Cauca), las cuales padecen condiciones muy precarias en términos de movilidad debido a los asentamientos informales en estas áreas, carentes de espacio público e infraestructura en general.



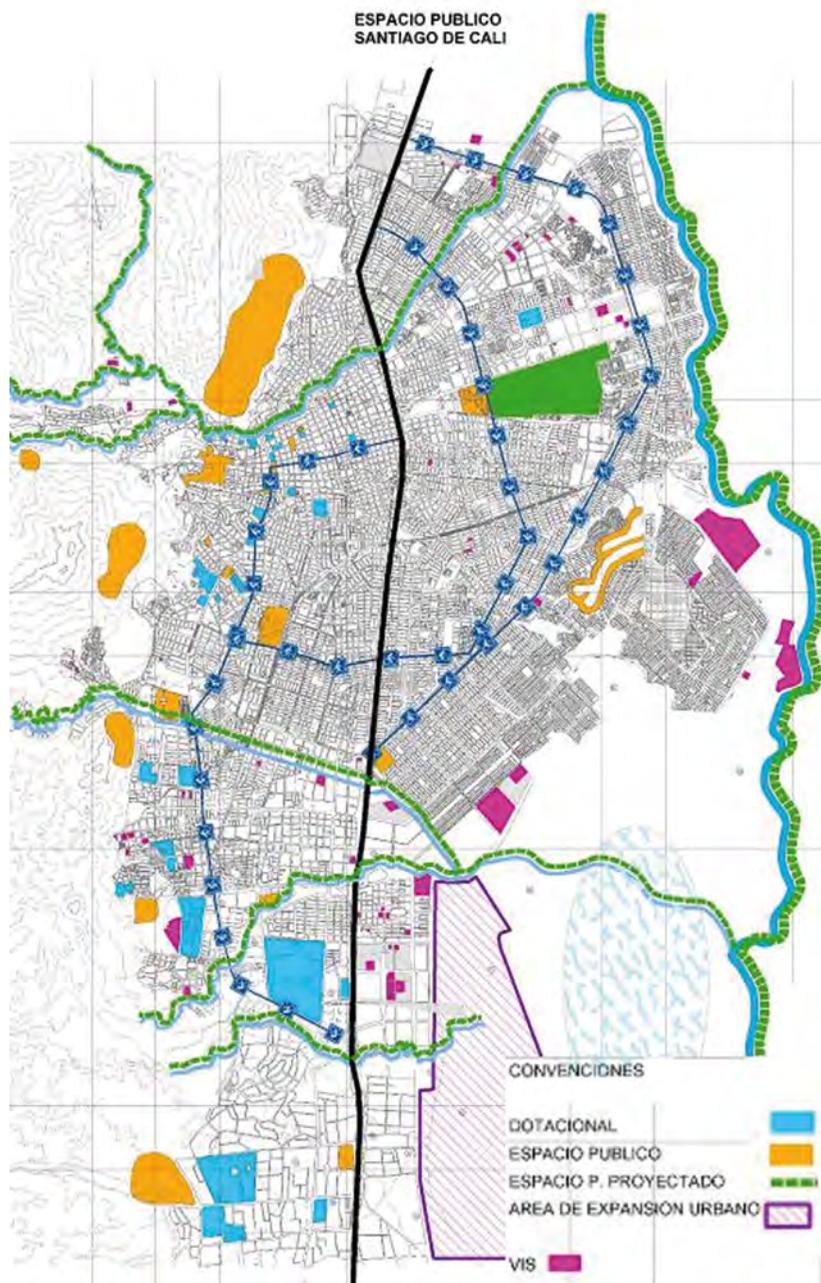
*Plano 3.2. Relación de los sistemas de movilidad y la localización de Vivienda de Interés Social*

**Sistema de espacio público**

Entiéndase como espacio público el sistema unitario de espacios que tienen incidencia sobre la vida colectiva, permitiendo encuentros, convivencia, recreación y relación con el ambiente, el paisaje y la cultura.

En Cali los desarrollos de vivienda se dieron, por un lado, con índices de bajas densidades de ocupación, complementados con grandes equipamientos que consolidan espacialmente calidades muy buenas tanto en lo ambiental como en términos de movilidad y espacio público.

Por otro lado, dado que el desarrollo urbano estuvo ligado a las necesidades de obtener un “techo inmediato”, se generó un hacinamiento territorial caracterizado por asentamientos ilegales y la tardía y equívoca normalización por parte del Estado. Esta última ocupación conllevó un fuerte impacto sobre los sistemas ecológicos y de espacio público. Todo lo anterior es observable en el Plano 3.3, donde se muestra la localización general de la vivienda con respecto a los sistemas de espacio público presentes en la ciudad.



**Plano 3.3. Relación del sistema de espacio público y la localización de Vivienda de Interés Social**

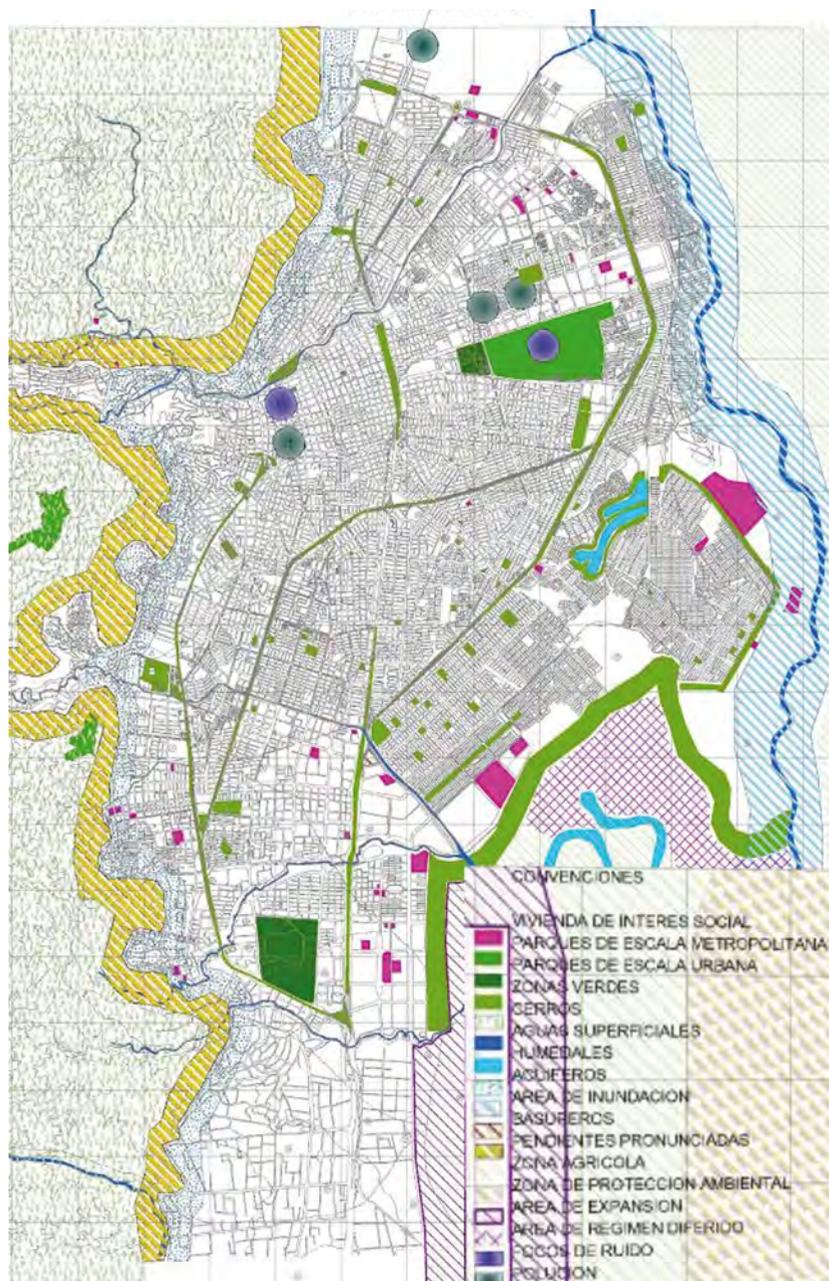
En el mismo plano se observa que la concentración de VIS al sur de la ciudad es privilegiada por tener a su alcance grandes dotacionales y algunos elementos ambientales y de espacio público. Por otra parte, el Plan Especial de Espacio Público plantea una serie de proyectos enfocados hacia la conformación de una red de zonas verdes que lograrán articular la zona oriente con las existentes en el centro histórico y en zonas de ladera.

**Sistema ambiental**

El sistema ambiental en una ciudad está

constituido por elementos naturales (ríos, cerros, humedales) y artificiales (canales, parques, etc.) de naturaleza física, química, biológica, así como de sus interrelaciones socioculturales, en permanente modificación por la acción humana o natural.

Desde este punto de vista se analizó el crecimiento urbano de Cali, el cual ha estado direccionado por una serie de acontecimientos relacionados con la marcada evolución de la transformación rural que se tradujo en un incremento de la demanda de vivienda y la rápida ocupación del nuevo suelo urbano.



**Plano 3.4. Relación del sistema ambiental y la localización de la Vivienda de Interés Social**

En la construcción del Plano 3.4 se tomó como referencia el método de Ian Mcharg (Mcharg, 1969), analizando cada una de las estructuras ecológicas presentes en la ciudad. Aquí se pudieron mostrar factores ambientales que varían dependiendo de la ubicación en las zonas señaladas en el Plano 3.1, que afectan directamente a la vivienda.

El acelerado proceso de crecimiento dio origen a un fuerte desequilibrio de las estructuras ecológicas periurbanas que regulan la temperatura y los flujos de aire en el casco urbano y al deterioro de las zonas verdes. También cabe mencionar que la poca oferta de suelo urbanizable para proyectos de vivienda genera la invasión de espacios de reserva ambiental, no idóneos para este tipo de uso por ser altamente vulnerables a desastres naturales y deteriorantes de los elementos ordenadores desde el punto de vista ambiental (laderas del río Cauca, piedemonte cordillera, lagos y lagunas, etc.).

Cali, como ciudad en expansión, no ha tenido en cuenta el impacto ambiental que su desarrollo urbano genera. En cuanto a la Vivienda de Interés Social se puede concluir que carece de zonas verdes y zonas de amortiguamiento climático, y algunas se localizan en zonas de alto riesgo (susceptible de inundaciones, deslizamientos, contaminación por aire y agua, etc.).

### **Estructura funcional**

Se habla de estructura funcional cuando se hace referencia a las diferentes actividades o usos del suelo desarrollados en el casco urbano a distintas escalas: vivienda, centros comerciales, servicios dotacionales, industria, etc. Este tipo de usos finalmente alteran o configuran las características morfológicas de la ciudad, así como sus relaciones funcionales.

En términos de función se puede hablar del proceso de consolidación que se ha llevado a cabo desde hace algunos años en las centralidades denominadas de segundo orden, localizadas sobre la parte norte (Sameco, Menga, etc.) y hacia el sur (Valle del Lili), zonas privilegiadas por su cercanía a las centralidades (Ver Plano 3.5).

Los desarrollos de Vivienda de Interés Social implantados sobre estas áreas son soluciones generalmente de tipo IV, en razón del alto precio del suelo y la demanda de mercado inmobiliario. En contraste, la población de VIS

ubicada al oriente, debe hacer grandes desplazamientos para acceder a las centralidades, generando grandes congestiones principalmente en horas pico. El comercio de nivel metropolitano y urbano (las grandes zonas comerciales) localizado en el centro, norte y sur de la ciudad, ocasiona, en consecuencia, privilegios para algunos desarrollos puntuales y desventajas hacia otros.

En conclusión, se puede decir que en la ciudad de Cali hay segregación entre actividades e inequidades territoriales, que afectan principalmente a las VIS localizadas lejos de aquellas áreas generadoras de empleo y servicios metropolitanos. Esto se agrava con el hecho de que las personas deben desplazarse grandes distancias y no cuentan con un servicio de transporte masivo. Esta falta de desarrollo se presenta fundamentalmente en el perímetro urbano.

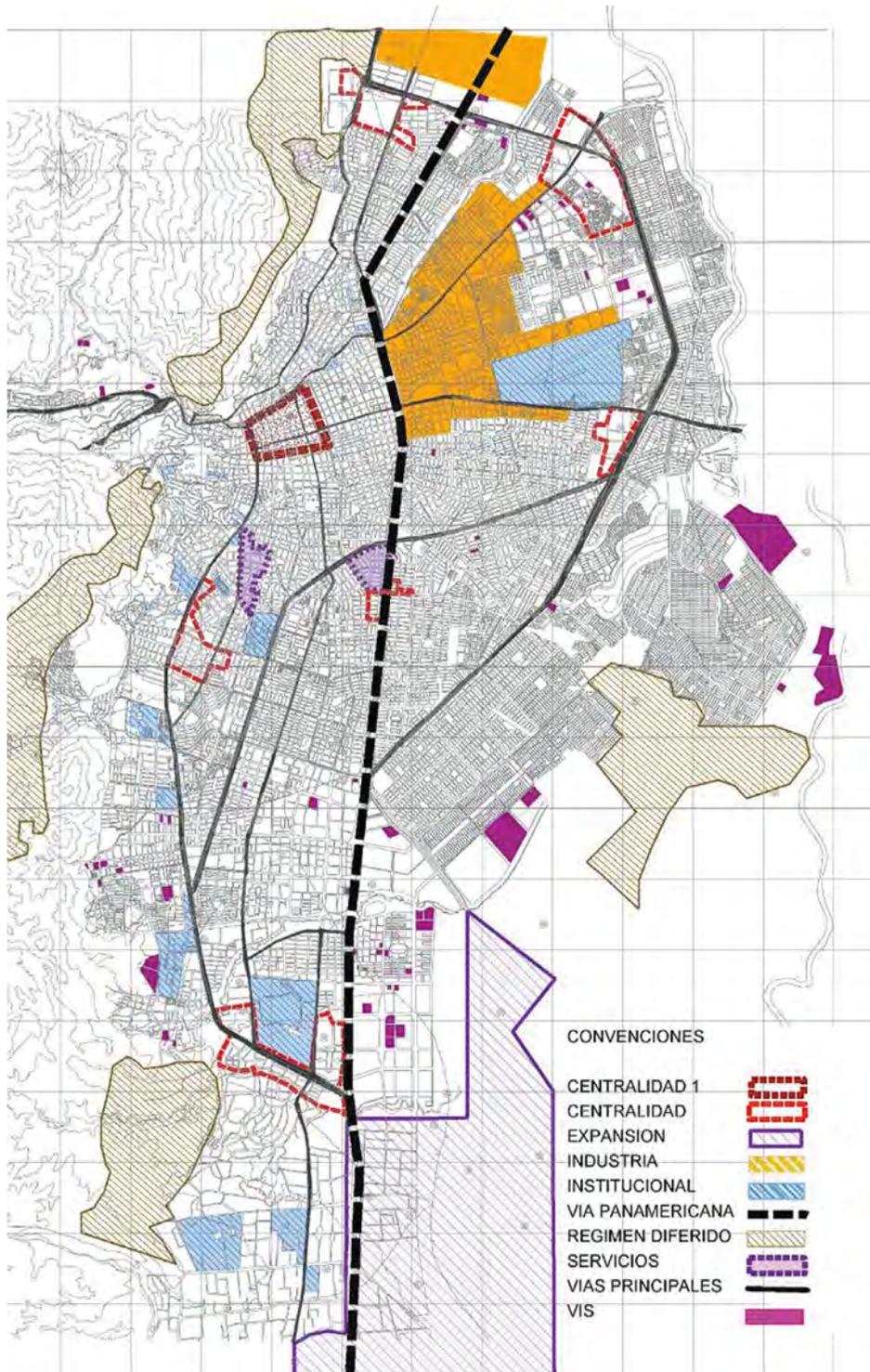
### **Morfología**

La morfología de la ciudad está compuesta por su topografía, el trazado vial, la localización y configuración de sus espacios abiertos, sus formas de distribución predial, etc. Claramente, la morfología se afecta por los procesos de crecimiento.

Los asentamientos de VIS, tipo I y II, se localizan en puntos deprimidos de la ciudad, donde generalmente los precios del suelo son muy bajos y soportan las cargas de infraestructura que estas familias “*podrían pagar*”. Estos asentamientos, en el caso de los cerros, configuran una trama irregular (Los Chorros y Terrón Colorado), mientras que en las zonas planas se intentan articular con el trazado urbano (Decepaz y Ciudad Córdoba). En este último caso, aunque con morfología regular y orden propio, se tienen problemas de accesibilidad.

Como es visible en el Plano 3.6, la morfología de Cali, en términos generales, es el resultado de cada uno de sus procesos de crecimiento traducidas en capas ligeramente diferenciadas en su trazado, originadas desde el centro histórico. Este tipo de crecimiento generó diversas formas de ocupación del territorio y diferencias en su desarrollo, de acuerdo con la geografía de ladera o valle.

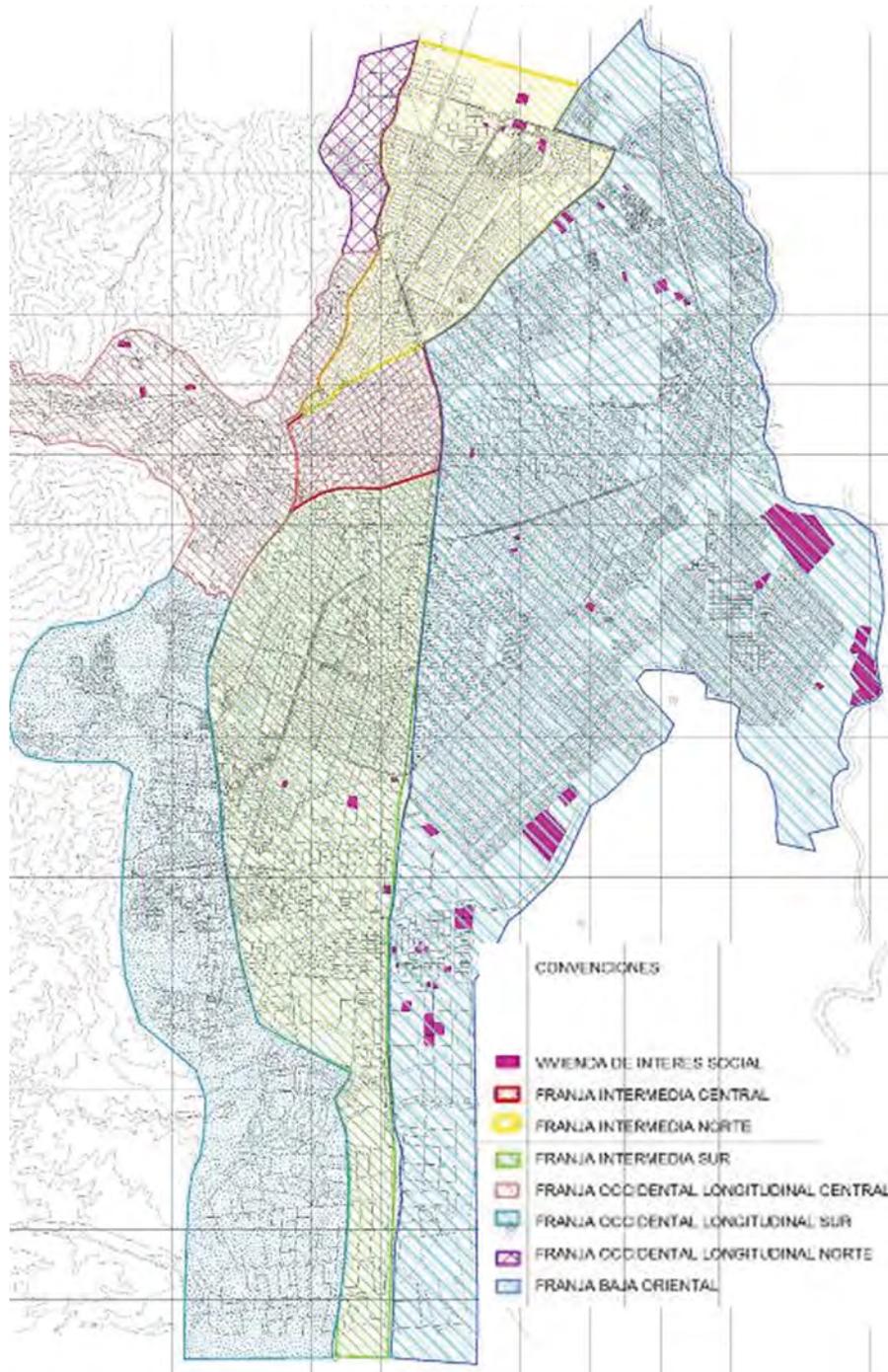
Los asentamientos de VIS desarrollados en los últimos 5 años se localizan principalmente en la franja oriental de la ciudad y están caracterizados por dos formas de desarrollo: la



**Plano 3.5. Relación de la estructura funcional de la ciudad de Cali y la localización de Vivienda de Interés Social**

primera, de mejor calidad físico-espacial, concentrada en el Valle de Lili, presenta buenas condiciones de espacio público, zonas verdes y movilidad, cercanía a zonas centrales y equipamiento de buena cobertura, por lo que prevalece la tipo IV; la segunda, predominante en

la ciudad, se encuentra en el extremo oriental de Aguablanca, y aunque presenta, en algunos casos, buenas condiciones de zonas verdes y dotación básica, tiene problemas de accesibilidad y movilidad desde las áreas residenciales a zonas de empleo y servicio.



**Plano 3.6. Relación de la morfología urbana de la ciudad de Cali y la localización de Vivienda de Interés Social**

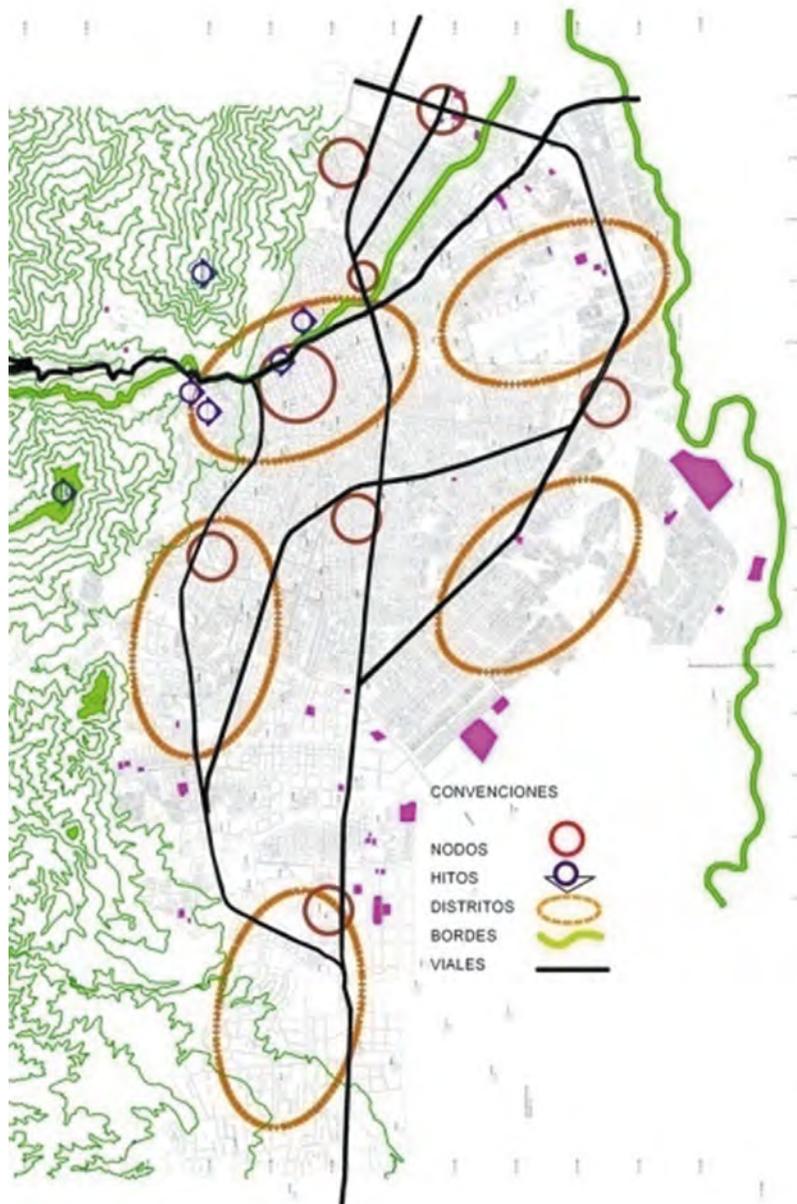
**Imagen urbana**

La imagen urbana es considerada como el retrato perceptual que tienen los habitantes de una ciudad acerca del espacio físico que confina su hábitat. Las percepciones de la gente acerca de la ciudad son, desde luego, algo más que visuales. Dentro de la ciudad residen numerosas connotaciones, memorias, experiencias, olores, movimientos, plazas, edificios, el drama de la

vida y la muerte afectando a cada persona de acuerdo con sus predilecciones particulares. Para hablar de la imagen urbana de Santiago de Cali se toman como referencia los estudios realizados por Marino Santacruz (2009) y citados por Aprile-Gnisset (1992), el cual plantea la imagen de Cali en forma sencilla pero muy certera, resaltando tres aspectos que definen la imagen de esta ciudad:

1. Componente ambiental (Cerros tutelares de Cristo Rey y las Tres Cruces, Farallones de Cali y cordón hídrico del río Cauca).
2. Sector Occidental (compuesto por el centro metropolitano, ejes viales como la Calle 5a., Calle 13, Autopista Sur, Calle 1N, Calle 3N, entre otras, y todos sus equipamientos y conjuntos residenciales aledaños). En este aspecto se tienen en cuenta los planes urbanísticos realizados por Winer y Sert y citados por Aprile-Gniset (1992).
3. Sector oriental. Expansión urbana de carácter residencial, con comercio local, donde la VIS predomina en esta zona.

En el tema de la vivienda, se podría decir que las características físicas de su propia configuración, sumadas a las de su entorno, proporcionan gradualmente la formación de una imagen “local” que en algunas ocasiones riñe con la percepción generalizada y desarticulada de la ciudad. Cada asentamiento, según se ilustra en el Plano 3.7, por estar emplazado en un ambiente específico y sometido a condiciones económicas, sociales, políticas, topográficas, ambientales, culturales, etc. genera su propia imagen y lo diferencia del resto de las construcciones de su tipo. De acuerdo con el análisis de VIS, atendiendo este tópico, la única imagen



**Plano 3.7. Relación de la imagen urbana de la ciudad de Cali y la localización de Vivienda de Interés Social**

colectiva que tenemos es que son supremamente pequeñas, calurosas y que se localizan en las zonas más deprimidas de la ciudad.

**CLASIFICACIÓN VIS SEGÚN AÑO DE CONSTRUCCIÓN, TIPOLOGÍA, TIPO, SISTEMAS CONSTRUCTIVOS**

La población objeto de estudio está conformada por las Viviendas de Interés Social de la ciudad de Cali, construidas durante los últimos cuatro años (2004 - 2007). La unidad de observación es aquel conjunto de elementos que componen el universo con una característica específica. Para el aspecto testimonial la unidad básica de observación es el residente en la VIS; para el aspecto tecnológico cuantitativo la unidad es la vivienda. Como marco muestral se utilizó soporte informático de revistas del mercado inmobiliario como *Dónde vivir y Finca raíz*.

**Construcción de Vivienda de Interés Social por año**

En este punto se puede destacar el enorme desarrollo de viviendas de interés social en el año 2004, con proliferación principalmente al sur y al norte de la ciudad, como aparece en la Gráfica 3.1 y en el Plano 3.8. Vale la pena acotar que el desarrollo de algunos proyectos se hizo por etapas, de manera que técnicamente, las fuentes citadas aparecían en 2 o 3 años consecutivos en proyectos como Ciudad Córdoba, Morichal de Comfandi y otros.

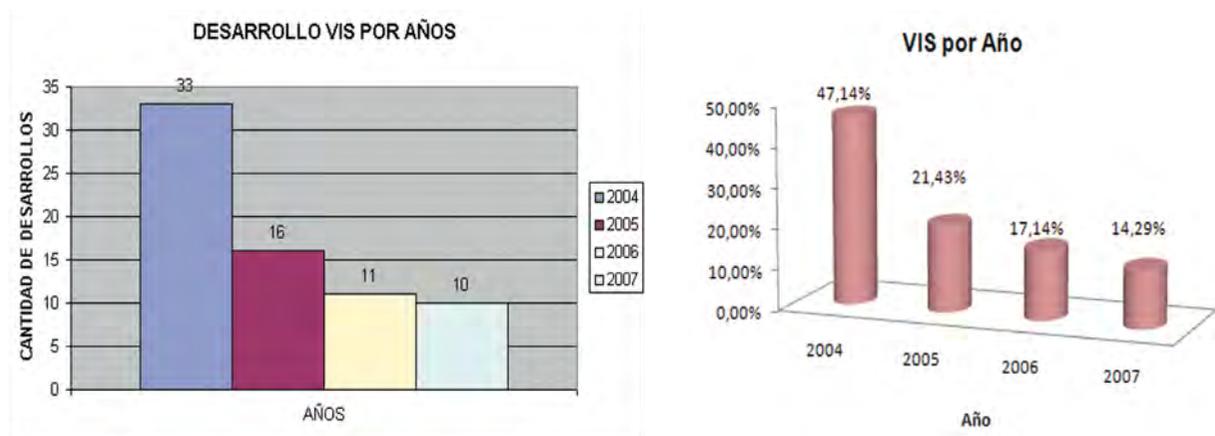
En el Plano 3.8 se puede identificar la materialización de la mayoría de los proyectos desarrollados en 2004 en el sur de la ciudad, donde

se plantearon tipos de viviendas multifamiliares (apartamentos) con densidades mayores en términos de altura, y tipos de viviendas unifamiliares (casas) con una presencia reducida. Sin duda el desarrollo de multifamiliares, por lo general soluciones de 100 y 135 s.m.m.l.v., ha tenido un gran impacto, y curiosamente está muy ligado a la clasificación de la Vivienda de Interés Social, como se ilustra en las Gráficas 3.2 y 3.3.

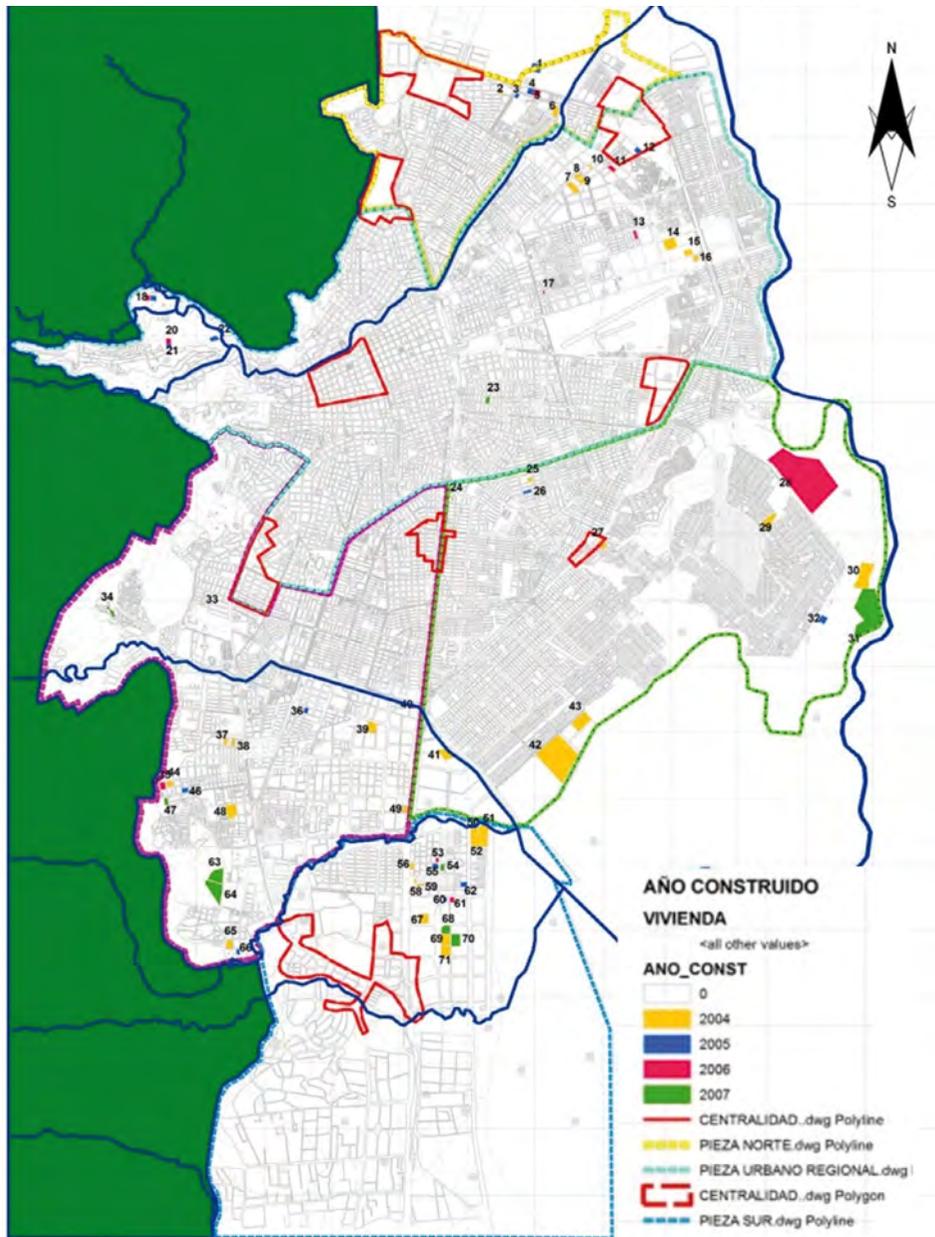
**Construcción de Vivienda de Interés Social por tipología**

Como se había mencionado, en la mayoría de los proyectos desarrollados en 2004 en el sur de la ciudad, se plantearon tipologías multifamiliares con densidades mayores en términos de altura, y esporádicamente desarrollos unifamiliares con una presencia reducida. En el norte se presentó la consolidación de este tipo de desarrollos con mayor presencia de proyectos unifamiliares, mientras que en el oriente de la ciudad se proyectaron, por parte del Estado y a través de las cajas de compensación, desarrollos netamente unifamiliares “prioritarios” que están dirigidos a las personas de menores ingresos.

De los once (11) proyectos que se localizan en la pieza oriental, sólo cuatro (4) son multifamiliares, los cuales no clasifican como vivienda social prioritaria, ya que por su clasificación, según la figura legal y administrativa utilizada por el Estado, se catalogarían como “tipo III”, los cuales corresponderían a un valor de 100 s.m.m.l.v. La Gráfica 3.4 y el Plano 3.9 presentan los resultados de la caracterización de la VIS, atendiendo su tipología.



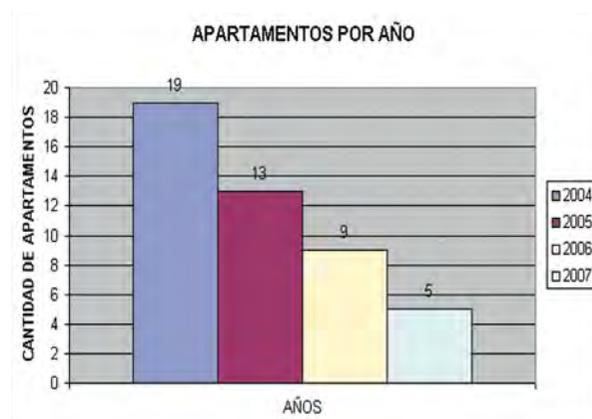
**Gráfica 3.1. Producción de VIS por año**



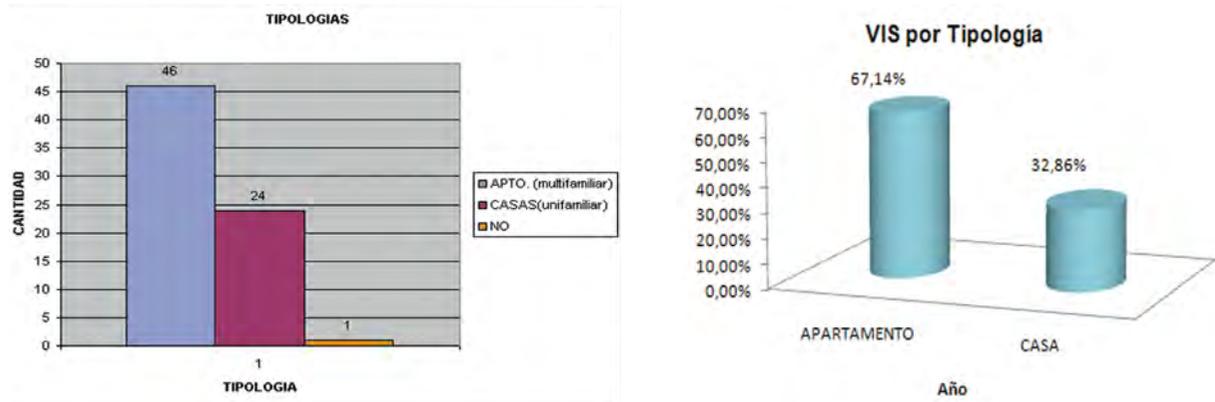
Plano 3.8. Localización de Vivienda de Interés Social, por año



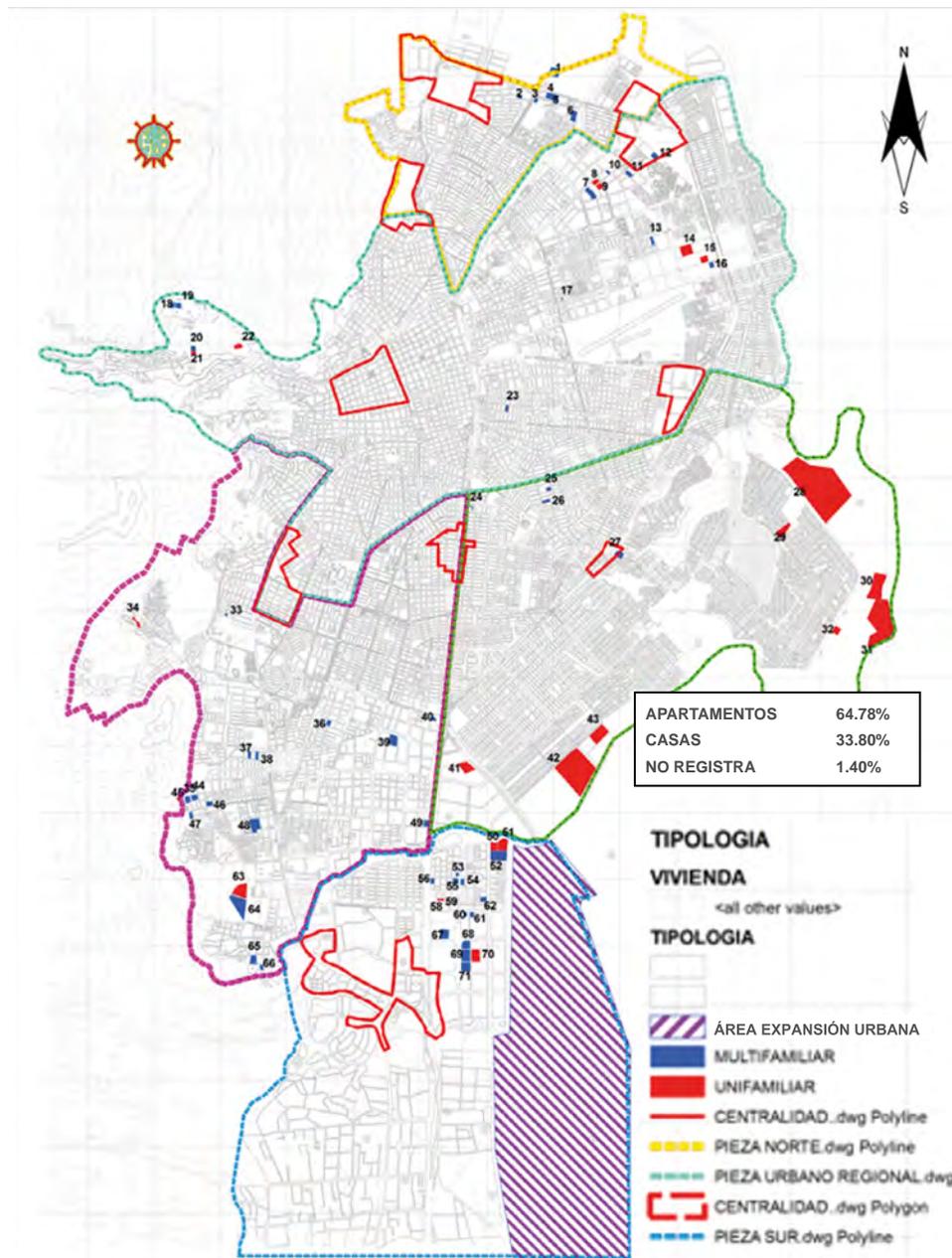
Gráfica 3.2. Casas VIS construidas, por año



Gráfica 3.3. Apartamentos construidos por año



Gráfica 3.4. Número de viviendas por tipología



Plano 3.9. Localización de Vivienda de Interés Social, por tipología

**Clasificación de la Vivienda de Interés Social por tipo**

En cuanto al “tipo de VIS”, como es de suponer, el planteamiento de proyectos multifamiliares está dirigido hacia un sector de la población que desde el punto de vista socioeconómico se clasificó como población de medios ingresos ya que tanto su sistema constructivo, como su ubicación terminan por conformar un sector poco rentable e insostenible económicamente, para personas de estratos bajos, como se observa en las Gráficas 3.5 y 3.6.

La vivienda tipo I y II generalmente son proyectos multifamiliares localizados al oriente de la ciudad, muy puntualmente en zona de ladera y sin aportes en el sur, como se observa en el Plano 3.10.

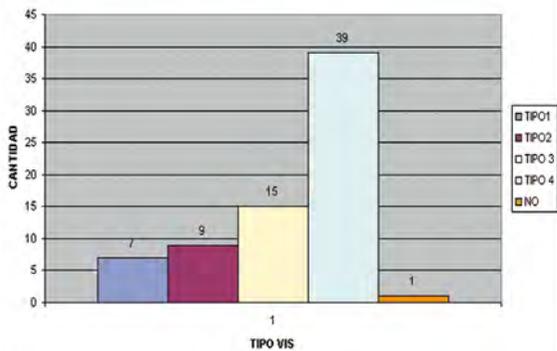
El mercado inmobiliario en cuanto a la vivienda social ha sido dirigido, generalmente, por parte de las grandes constructoras, a proyectos que tienen un costo de 100 a 135 s.m.m.l.v. y no se ha tenido en este período un fuerte desarrollo con respecto a lo que se entiende por “vivienda social prioritaria”, es por eso que las

clasificaciones de VIS son supremamente altas: categorías III y IV.

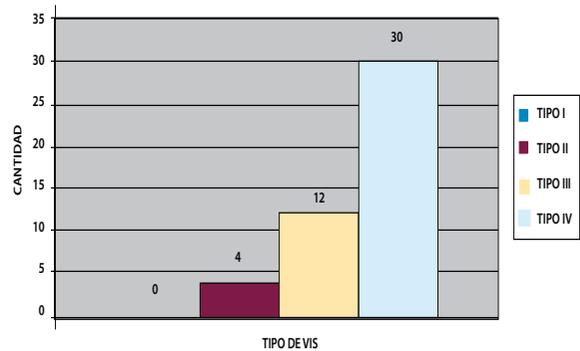
**Vivienda de Interés Social por sistemas constructivos**

De acuerdo con la información obtenida en los proyectos, se observó que, desde el punto de vista de sistemas constructivos, en el sur existe una presencia tanto de Utinord como de mampostería en arcilla. Las viviendas unifamiliares son en bloque de escoria y principalmente en ladrillo de arcilla cocida, como se observa en el Plano 3.11. Se puede concluir que la tipología de este tipo de proyectos está íntimamente ligada al sistema constructivo, es por eso que las viviendas siempre son en bloque o ladrillo, y la mayoría de los apartamentos elaborados en Utinord y prefabricados.

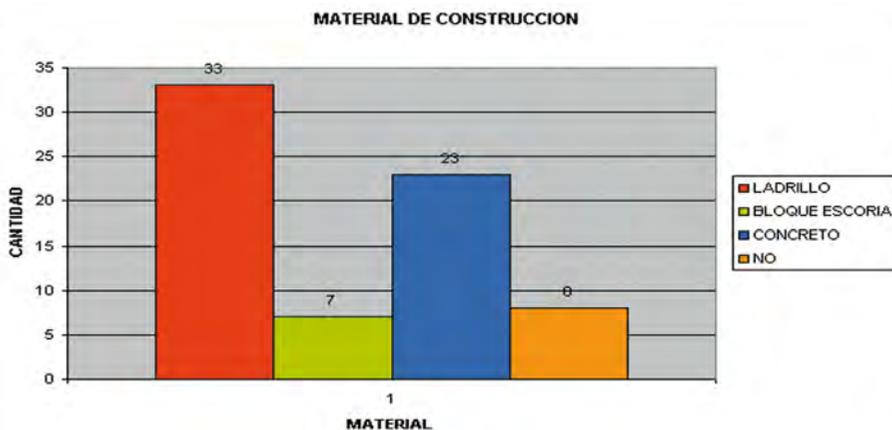
Más de la mitad de los proyectos son apartamentos localizados al sur y norte de la ciudad, situación que se refleja en las tablas de materiales puesto que generalmente son en concreto (prefabricados o Utinord) o en mampostería estructural, como aparece en la Gráfica 3.7.



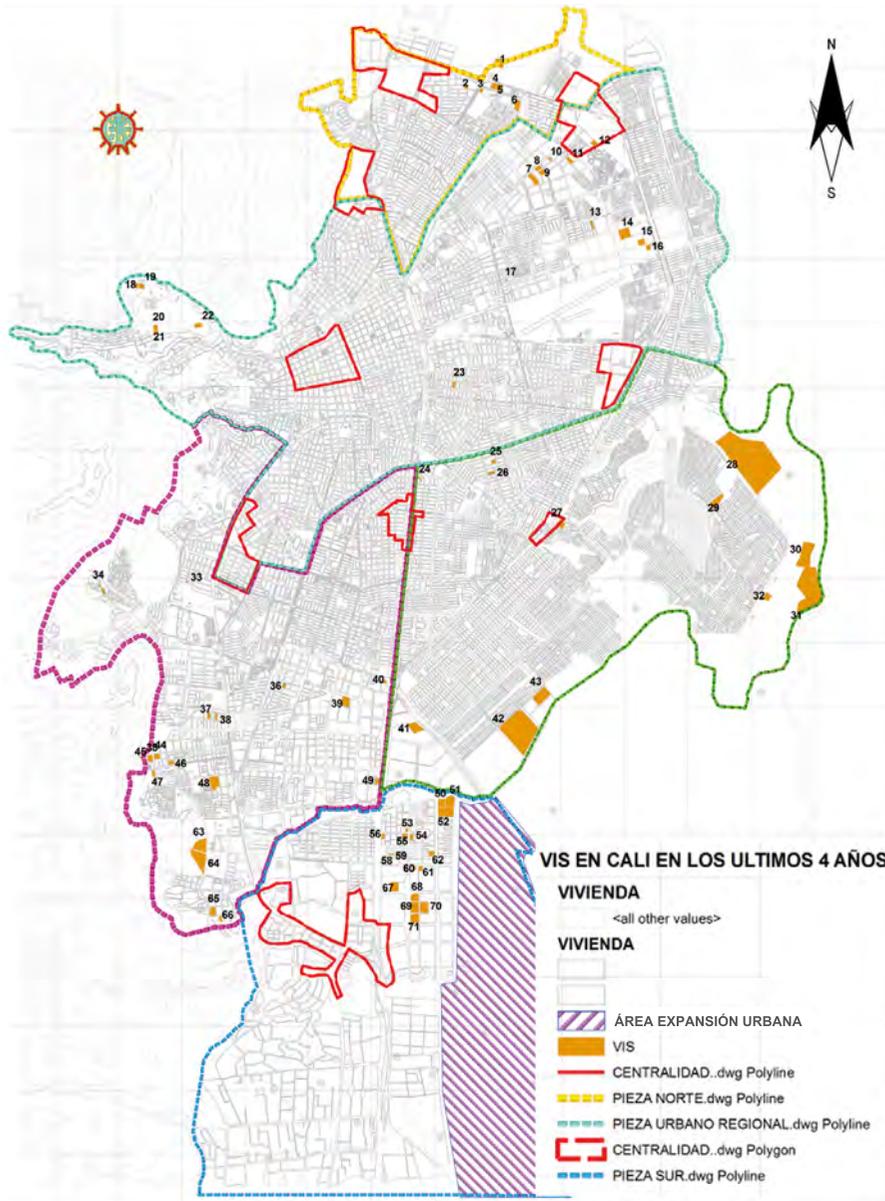
Gráfica 3.5. Construcción de VIS tipo casas



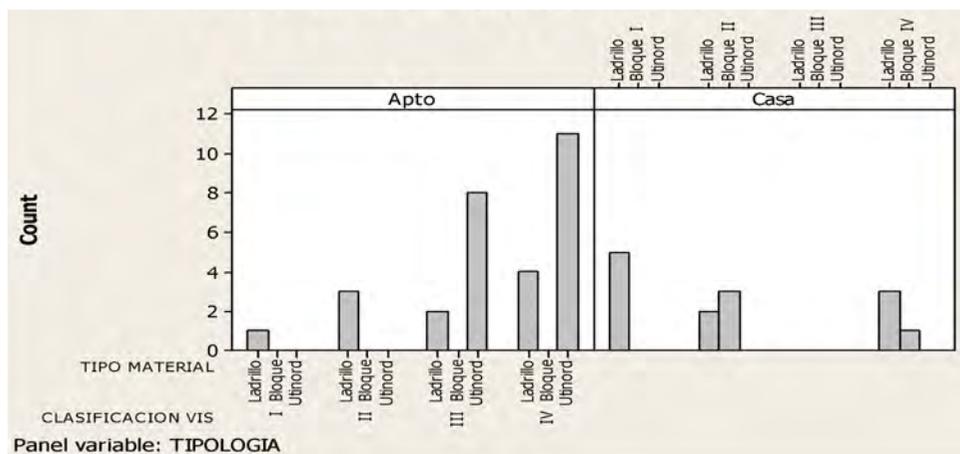
Gráfica 3.6. Construcción de VIS tipo apartamento



Gráfica 3.7. Material de construcción en la Vivienda de Interés Social.



Plano 3.10. Localización de Vivienda de Interés Social, por tipo

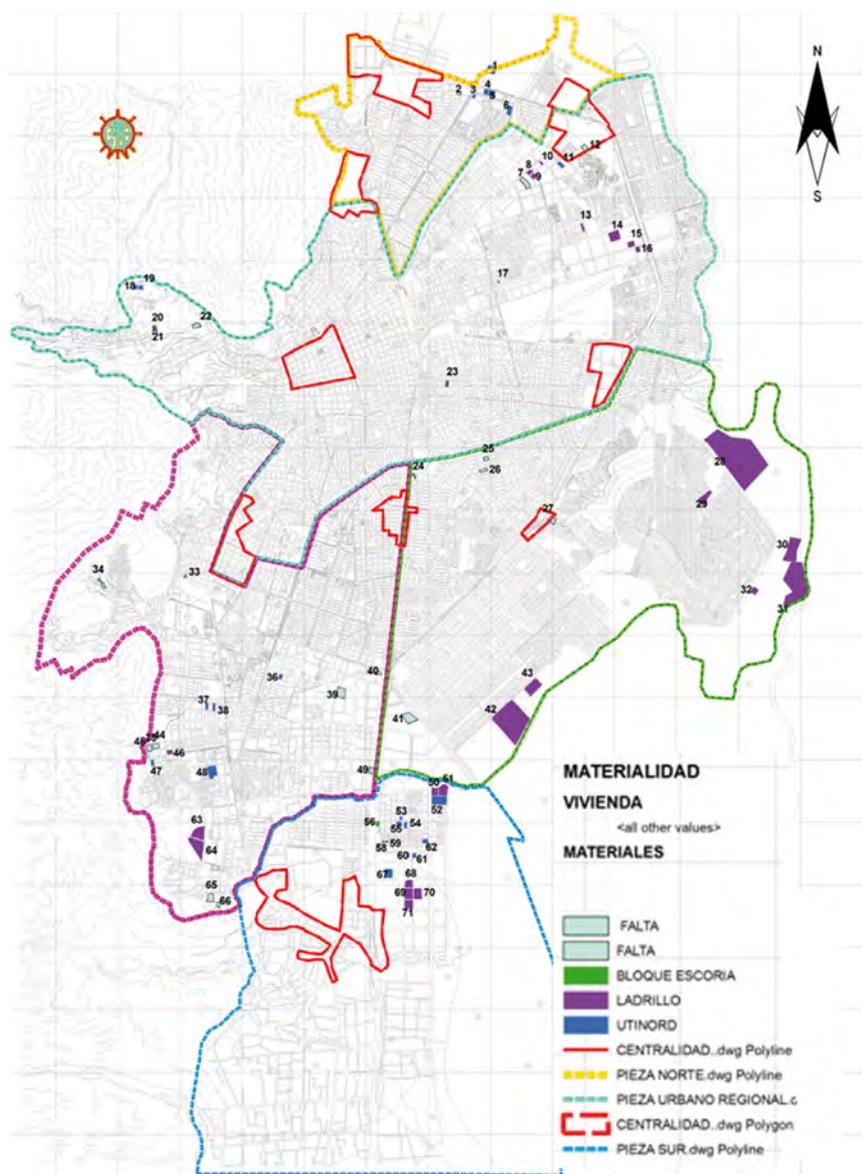


Gráfica 3.8. Comparación entre el tipo de material y la clasificación VIS

Como se ve en la Gráfica 3.8, los apartamentos presentan un alto porcentaje de Utinord, con un 65.5%, mientras que el ladrillo presenta un 34.5%. No hay presencia de apartamentos con sistemas de construcción tipo bloque. Las casas presentan un alto porcentaje de sistemas constructivos de ladrillos y un 28% de bloque, y no hay presencia de Utinord. En total el sistema de construcción más utilizado es el ladrillo, seguido del Utinord; el bloque es el sistema de construcción menos utilizado.

En todo el muestreo se accedió a 70 puntos, de los cuales se obtuvo información de 60 proyectos. Los sistemas constructivos identificados fueron: Utinord (se incluye Utinord como sistema constructivo y prefabricados de concreto),

mampostería estructural en arcilla, y bloque de escoria, aunque muy escaso en algunas viviendas y apartamentos. En el sur existe una presencia tanto de Utinord como de mampostería en arcilla. Las viviendas unifamiliares son en bloque de escoria y principalmente en ladrillo de arcilla cocida (*la tipología de este tipo de proyectos está íntimamente ligado al sistema constructivo; es por eso que las viviendas siempre son en bloque o ladrillo, y la mayoría de los apartamentos elaborados en Utinord y prefabricados*). Teniendo todos los componentes y la información procesada se elaboraron cruces de información para determinar características importantes entre todos los puntos localizados (Ver Tabla 3.3).



**Plano 3.11. Localización de Vivienda de Interés Social, por sistema constructivo**

**Tabla 3.3. Cruce información VIS**

#	PROYECTOS	TIPO VIS				MATERIAL			TIPOLOGÍA		AÑO			
		I	II	III	IV	LADRILLO	BLOQUE	UTINORD	APTO.	CASA	2004	2005	2006	2007
1	Rincón del Norte		X			X			X			X		
2	Balcones de Cataluña I Etapa								X		X			
3	Rincones de Valdepeñas			X				X	X			X		
4	Balcones de Valdepeñas II				X			X	X				X	
5	Bosques de Caranday				X				X		X			
6	Palmas de Mallorca								X		X			
7	Jardín del Viento				X	X				X	X			
8,9	Alcalá Conjunto Residencial				X	X			X		X			
10	Alamedas del Parque			X				X	X				X	
11	Portón del Parque				X				X			X		
12	San Lorenzo II				X				X				X	
13	Parque Residencial El Bosque				X	X				X	X			
14	Bosques de la Abadía				X		X			X	X			
15	Bosques de la Abadía			X		X			X		X			
16	Multifiliares Las Delicias				X			X	X				X	
17	Santa Martha de los Caballeros			X				X	X				X	
18	Mirador del Aguacatal			X				X	X			X		
19	Ciudadela San Marcos		X					X		X			X	
20	Brisas del Aguacatal	X								X		X		
21	Mirador de la Portada									X		X		
22	Torres del Municipal			X		X			X					X
23	Conjunto Multifamiliar El Prado				X				X		X			
24	Multifamiliar Santa Mónica		X						X		X			
25	Santa Mónica								X			X		
26	Sorrento II			X					X			X		
27	Vallegrande	X				X				X			X	
28	Ciudadela San Marcos		X					X		X	X			
29	Urbanización Manantial		X			X				X	X			
30	Potrero Grande	X				X				X				X
31	Urbanización El Manantial	X				X				X		X		
32	Balcones del Lido II				X			X	X		X			
33	Unidad Residencial La Vidriera	X				X				X				X
34	Paraíso del Refugio				X				X				X	
35	Torres de San Lorenzo			X				X	X			X		
36	Alameda del Refugio				X			X	X		X			
37	Refugio Plaza Campestre								X		X			

>> Sigue

**Tabla 3.3. (Continuación)**

38	Gratamira				X				X		X			
39	Oasis del Limonar				X				X				X	
40	Jardín de las Casas			X						X	X			
41	Morichal de Comfandi IV		X				X			X	X			
42	Urb Ciudad Córdoba		X			X				X	X			
43	Portales del Refugio				X				X		X			
44	Unidad Residencial Los Chorros	X				X				X				X
45	Calatrava		X			X			X			X		
46	Conjunto Residencial Colinas de San Miguel			X			X	X						X
47	Conj. Res. Arboleda				X		X	X		X				
48	Brisas del Río				X			X		X				
49	El Portal de Comfandi					X				X	X			
50	Ciudad Real				X	X				X	X			
51	Brisas del Caney				X		X	X		X				
52	Senderos del Caney I				X		X	X					X	
53	Senderos del Caney II				X		X	X						X
54	Senderos del Caney III			X			X	X				X		
55	El Rosedal de Comfandi						X			X	X			
56	Urbanización Palmeras del Caney I					X				X	X			
58	Urbanización Palmeras del Caney II									X	X			
59	Parque Residencial Aventura				X	X		X				X		
60	Parques del Lili				X			X	X				X	
61	Conjunto Residencial Bonaire							X	X			X		
62	Conjunto Residencial La Luisa	X				X				X				X
63	Urbanización La Luisa		X			X			X					X
64	Conj. Res. Semillero				X				X		X			
65	Ribera Campestre				X				X			X		
66	Conj. Res. Benevento				X			X	X		X			
67	Calicanto				X	X			X					X
68	Parque Res. Aventura				X			X	X		X			
69	Calicanto				X	X				X				X
70	Parque Residencial Aventura Etapa				X				X		X			

Con la anterior información se identifican los componentes de tipo, materialidad, tipología y año de construcción. A partir de estas variables se construye una serie de combinaciones que arrojaron al final el muestreo definitivo.

Complementario a la construcción de la base de datos se visitaron algunos proyectos

seleccionados, teniendo en cuenta su ubicación dentro de la ciudad y las piezas urbanas. Esta actividad se realizó durante un par de semanas. Se tomaron registros fotográficos, lecturas perceptuales de las viviendas, así como recorridos sobre las zonas con los planos realizados (Figuras 3.4 y 3.5).



**Figura 3.4. Conjunto Bosques de la Abadía (pieza urbano regional). Cra. 5 con Cl. 68, esquina**



**Figura 3.5. Urbanización Vallegrande (pieza oriental). Cra. 25 con Cl. 80, Decepaz**

A través de las visitas se establece un acercamiento sobre los proyectos, y una primera comprensión sobre su entorno, su accesibilidad y sus diversas situaciones como acceso (seguridad, agentes externos). Así mismo se analizan las condiciones del medio urbano para la realización del trabajo de campo con los instrumentos de medición (cámara termográfica, termómetros, etc.). Por otro lado se recogió información planimétrica de algunos proyectos de Vivienda de Interés Social que reposan en la Secretaría de Vivienda de la Ciudad de Cali. Por último, para completar la fase preliminar

del trabajo de campo, se visitaron casas y apartamentos modelo, con las inmobiliarias que se ubicaban cerca a la zona de estudio. Las fotos, la información de planimetría y los escritos sobre las visitas se clasificaron y se vincularon al sistema de información geográfica.

De este recorrido preliminar y cruzado con la base de datos se sacan las posibles combinaciones agrupadas por tipología, tipo de VIS y material, como aparece en la Tabla 3.4. En la Tabla 3.5 se presenta la relación de tipo de vivienda vs. material utilizado.

**Tabla 3.4. Combinaciones de proyectos de Viviendas de Interés Social y el correspondiente número de proyectos de cada tipología**

Tipo de Vivienda	Clasificación	Tipo de material	# Proyectos
Apartamento	I	Ladrillo	1
Apartamento	II	Ladrillo	3
Apartamento	III	Ladrillo	2
Apartamento	III	Utinord	8
Apartamento	IV	Ladrillo	4
Apartamento	IV	Utinord	11
		<b>Total Proy. Aptos.</b>	<b>29</b>
Casa	I	Ladrillo	5
Casa	II	Ladrillo	2
Casa	II	Bloque	3
Casa	IV	Ladrillo	3
Casa	IV	Bloque	1
		<b>Total Proy. Casas</b>	<b>14</b>
		<b>Total</b>	<b>43</b>

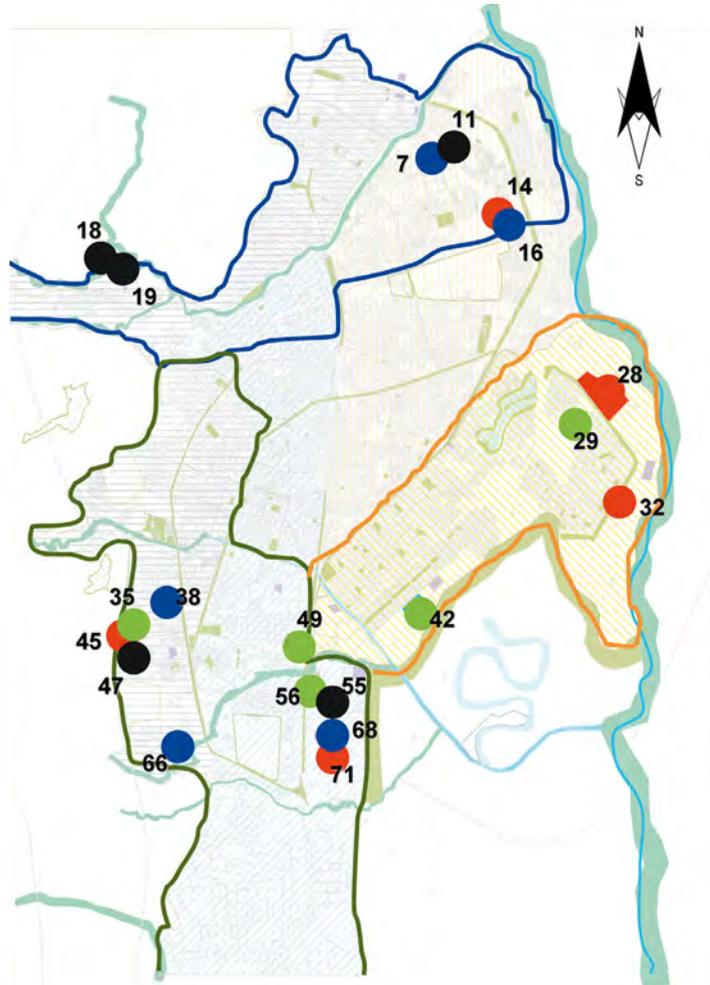
**Tabla 3.5. Análisis de la muestra**

	APARTAMENTOS				CASAS				
	Ladrillo	Bloque	Concreto	No hay información	Ladrillo	Bloque	Concreto	No hay información	Total
<b>Tipo 1</b>	0	0	0	0	6	0	0	1	7
<b>Tipo 2</b>	2	0	1	1	2	3	0	0	9
<b>Tipo 3</b>	2	0	8	2	1	1	0	1	15
<b>Tipo 4</b>	11	3	14	2	9	0	0	0	39
	15	3	23	5	18	4	0	2	70

Con el objeto de realizar estudio de sombras de los diversos proyectos (cuyos resultados se exponen en el siguiente capítulo), se obtuvo de las curadurías la información planimétrica que tenían disponible, la cual comprende veinte proyectos en total. Identificados estos conjuntos se complementó la información por medio de un estudio fotográfico de campo. En el Plano 3.12 se relacionan la ubicación, tipología y

materiales de construcción predominantes en estas unidades.

En el análisis urbano resulta observable que la Vivienda de Interés Social se focaliza principalmente al sur y norte de la ciudad, con apariciones muy puntuales en zonas de ladera y el oriente, y que los proyectos de VIS unifamiliares generalmente son en ladrillo y los multifamiliares en concreto (Utinord y prefabricados).



**Plano 3.12. Localización de VIS, apartamentos - casas y sus materiales constructivos**

**PÁGINA EN BLANCO  
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

## CASO DE ESTUDIO - INDAGACIONES

En términos procedimentales la indagatoria se hace en dos fases. La primera fase tiene el propósito de determinar la percepción subjetiva del confort entre los moradores de la VIS. La fase final trata del levantamiento de datos de campo para obtención de índices de confort.

### ANÁLISIS CUALITATIVOS DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL (VIS) - LA ENCUESTA

Con el fin de establecer el aspecto subjetivo de los habitantes de la VIS respecto al confort, se elaboró una encuesta cuyos resultados muestran las percepciones sobre: confort térmico, espacio y vegetación, iluminación y color, y confort acústico y olfativo. Aunque los resultados de este tipo de indagación no son en sí mismos plena prueba de la existencia de un problema, sí pueden llegar a tener tanta o más importancia que los resultados de pesquisas objetivas pues finalmente el confort es una sensación humana.

Para alcanzar el propósito descrito, la encuesta mencionada divide a los encuestados en habitantes de apartamentos y de casas. El tamaño de la muestra, para que los resultados fueran representativos y confiables, fue calculado por las estudiantes Jhovana Reina García, Leidy Lorena Torres R., dentro de su práctica profesional de último semestre de Ingeniería Estadística. La redacción de las preguntas corrió por cuenta de Guillermo Tosse L., Martha Fernanda Vanegas, Ingrid Johanna Pretel, Edwin Segura G., Jonathan Gaviria G., Saulo Andrés Gómez, estudiantes de Arquitectura, junto con

el grupo de estadística mencionado. El formato de la encuesta se muestra en las páginas 78 y 79.

Los resultados arrojados por las encuestas se presentan en las páginas 80 y 81, de lo que se puede concluir que:

- Respecto al confort térmico: La mayoría (70%) de los encuestados encuentran que la VIS que habitan es inconfortable, pues es calurosa. Los encuestadores hicieron notar que los testimonios de los encuestados, en muchos casos, aludían más a las sensaciones inmediatas actuales que a valoraciones ponderadas en períodos largos.
- Respecto a espacio y vegetación: Prácticamente la totalidad de las personas considera que su vivienda es entre pequeña y mediana, con patio y que ha sido adornada con plantas. También se percibe la sensación general de disponibilidad de zonas verdes comunes con suficiente vegetación. De estas respuestas se concluye que hay limitaciones de espacio habitable por persona, pero no hay quejas respecto a la falta de parques y zonas verdes.
- Respecto a la iluminación y color: Las respuestas de los encuestados en este punto mostraron una gran dispersión en relación con sus sensaciones sobre qué tan iluminados son sus espacios. Independientemente de que se trate de casas o apartamentos, se encontraron testimonios que manifiestan que la vivienda está totalmente iluminada, totalmente oscura, iluminada en algunos espacios, oscura en algunos períodos, etc. Los encuestadores anotan que muchas de estas

<b>ENCUESTAS DE CONFORT TÉRMICO EN LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL</b>	N° _____
<b>GRUPO HABITAT Y DESARROLLO SOSTENIBLE</b>	Resp: _____
<p>Este cuestionario es parte de un proyecto llevado a cabo por un grupo de profesores y estudiantes de arquitectura de la Universidad del Valle. Su participación nos ayudará a determinar el propósito de este proyecto que saber cuáles son las opiniones de los habitantes de viviendas de interés social acerca de la confortabilidad térmica de la vivienda. Tomará poco tiempo responderlo. Las respuestas se mantendrán en estricta confidencialidad. Gracias por su ayuda en este proyecto.</p>	

**INFORMACIÓN GENERAL**

1. Nombre Proyecto \_\_\_\_\_
2. Dirección: \_\_\_\_\_
3. Barrio: \_\_\_\_\_
4. Tipo de Vivienda
  - a. Casa   N° pisos \_\_\_\_\_
  - b. Apartamento   piso #: \_\_\_\_\_
5. Ubicación de la vivienda en el proyecto
  - a. Esquinera
  - b. Medianera
6. ¿Cuántas personas habitan en la vivienda? \_\_\_\_\_
7. ¿Cuántas habitaciones hay en su vivienda? \_\_\_\_\_
8. ¿Cuántas personas duermen en la habitación mas ocupada? \_\_\_\_\_

**CONFORT TERMICO**

9. Considera que su vivienda es: (única opción)
  - a. Calurosa
  - b. Fresca
  - c. Fria
  - d. Siempre es calurosa
  - e. Nunca es calurosa
10. En que momento del día (única opción)
  - a. La mañana
  - b. La tarde
  - c. La noche
11. En que lugar especialmente (única opción)
  - a. Sala
  - b. Alcoba 1
  - c. Alcoba 2
  - d. Alcoba 3

**Si es casa ¿En que piso lo siente mas?**

  - e. Primer piso
  - f. Segundo piso
12. ¿Ha realizado alguna modificación en su vivienda paramodificar el clima
  - a. Si
  - b. No
  - c. Cual \_\_\_\_\_
13. ¿En algún momento del día, el sol pega en su fachada?
  - a. Si
  - b. No
  - a. La mañana
  - b. La tarde
  - c. No pega

Si la respuesta anterior es NO pase a la pregunta 15

14. ¿En qué fachada? referencial el plano
  - a. Frontal
  - b. Posterior
  - c. Lateral derecho
  - d. Lateral izquierd
15. ¿Para modificar el clima
  - a. Abre la(s) puerta(s) y/o ventanas
  - b. Usa ventiladores, aire acondicionado
  - c. No usa nada   otras \_\_\_\_\_
16. ¿usted al interior de su casa siente corriente de aire?
  - a. Si
  - b. No

Si la respuesta anterior es NO pase a la pregunta 19

17. ¿En que lugar es mayor esta ventilación?

- a. Sala   b. Cocina   c. Comedor    
 d. Alcoba 1   e. Alcoba 2   f. Alcoba 3

18. ¿En que horas?

- a. La mañana   b. La tarde   c. La noche    
 d. Siempre   e. Nunca

19. ¿sienten uds vientos en su barrio (en la calle) son:

- a. Si, Fuertes   b. Si, Suaves   c. No se siente Nulos

**ESPACIO Y VEGETACIÓN**

20. ¿Cómo es su vivienda?

- a. grande   b. mediana   b. pequeña

21. ¿Su vivienda tiene patio?

- a. Si   b. No

Si la respuesta anterior es NO pase a la pregunta 25

22. ¿Cómo es su patio?

- a. Tiene zona verde b. Tiene zona dura (baldosa, concreto)  
 c. Está cubierto d. Está parcialmente cubierto  
 e. Entra luz f. Está descubierto

23. ¿Tiene usted plantas al interior de su casa o apto?

- a. Si   b. No

24. ¿Hay zonas verdes cercanas a su casa o apto.?

- a. Si   b. No

25. si la respuesta es si, ud considera que son abundantes en vegetacion?

- a. Si   b. No

**ILUMINACIÓN Y COLOR**

26. ¿Cuáles de los siguientes espacios son iluminados por la luz del día:

- a. Sala   b. Cocina   c. Comedor    
 d. Alcoba 1   e. Alcoba 2   f. Alcoba 3    
 g. Ninguno   h. Todos

27. ¿Cuál de los siguientes espacios son oscuros:

- a. Sala   b. Cocina   c. Comedor    
 d. Alcoba 1   e. Alcoba 2   f. Alcoba 3    
 g. Ninguno   h. Todos

28. ¿A partir de que hora es necesario encienden los bombillos o lamparas en los espacios mas iluminados? \_\_\_\_\_

29. ¿Usted utiliza bombillos o lámpara

- a. Incandescente   b. Fluorescentes   c. Ambos

**ACÚSTICA**

30. ¿En el interior de su casa se escucha los ruidos de la calle:

- a. Fuertes   b. Suaves   c. No se escuchan

31. En el caso de aptos. ¿Usted escucha los sonidos del piso superior o inferior :

- a. Fuertes   b. Suaves   c. No se escuchan

**CONFORT OLFATIVO**

32. ¿Siente usted malos olores desde su casa debido a la contaminación?

- a. Si   b. No   c. Cual \_\_\_\_\_



**ESPACIO Y VEGETACIÓN**

20. ¿Cómo es su vivienda?

a. grande 7 % b. mediana 78 % c. pequeña 15 %

21. ¿Su vivienda tiene patio?

a. Si 22 % b. No 74 %

Si la respuesta anterior es NO pase a la pregunta 25

22. ¿Cómo es su patio?

a. Tiene zona verde 7 % b. Tiene zona dura (baldosa, concreto) 22 %  
 c. Está cubierto 0 % d. Está parcialmente cubierto 11 %  
 e. Entra luz 11 % f. Está descubierto 11 %

23. ¿Tiene usted plantas al interior de su casa o apto?

a. Si 63 % b. No 33 %

24. ¿Hay zonas verdes cercanas a su casa o apto.?

a. Si 81 % b. No 15 %

25. si la respuesta es si, ud considera que son abundantes en vegetacion?

a. Si 33 % b. No 56 %

**ILUMINACIÓN Y COLOR**

26. ¿Cuáles de los siguientes espacios son iluminados por la luz del día:

a. Sala 70 % b. Cocina 15 % c. Comedor 30 %  
 d. Alcoba 1 52 % e. Alcoba 2 26 % f. Alcoba 3 26 %  
 g. Ninguno 0 %

27. ¿Cuál de los siguientes espacios son oscuros:

a. Sala 4 % b. Cocina 41 % c. Comedor 7 %  
 d. Alcoba 1 15 % e. Alcoba 2 33 % f. Alcoba 3 4 %  
 g. Ninguno 37 % h. Todos

28. ¿A partir de que hora es necesario encienden los bombillos o lamparas en los espacios mas iluminados?

06:00 p.m.

29. ¿Usted utiliza bobillos o lamparas:

a. Incandescente 26 % b. Fluorescentes 22 % c. Ambos 56 %

**ACÚSTICA**

30. ¿En el interior de su casa se escucha los ruidos de la calle:

a. Fuertes 48 % b. Suaves 48 % c. No se escuchan 3,7 %

31. En el caso de aptos. ¿Usted escucha los sonidos del piso superior o inferior :

a. Fuertes 30 % b. Suaves 33 % c. No se escuchan 15 %

**CONFORT OLFATIVO**

32. ¿Siente usted malos olores desde su casa debido a la contaminación?

a. Si 52 % b. No 48 %

sensaciones están más relacionadas con los acabados que los propietarios les dieron a sus viviendas que al diseño original. También se puede reportar tendencia al uso de lámparas ahorradoras de energía.

- Respecto a la acústica: Los habitantes, en su mayoría, consideraron que sus viviendas eran “ruidosas”, en el sentido de que se escuchan los ruidos de la calle o de la vecindad. Esta situación encuentra explicación en la permeabilidad de los materiales utilizados en la carpintería (puertas, ventanas), y a que las comunicaciones entre los espacios permanecen abiertas.
- Respecto a confort olfativo: Una buena parte (la mitad de la población) comparte la sensación de que hay frecuencia de malos olores en el ambiente. Esta sensación es más intensa en los períodos de verano, al secarse los sifones de los alcantarillados.

El análisis de los resultados de las encuestas revela que el habitante de la Vivienda de Interés Social comparte sensaciones negativas respecto a su espacio vital: su vivienda es calurosa, ruidosa, es estrecha y con eventuales fuentes de olores desagradables en su vecindad.

#### ANÁLISIS CUANTITATIVOS DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL: MEDICIONES

Tomando como tarea comprobar si la hipótesis planteada de que en Cali la VIS es altamente inconfortable, se procedió a realizar la

caracterización de conductividades térmicas de materiales de construcción típicos de VIS, el estudio de sombras que se producen en los edificios, el análisis de confort ambiental del contexto urbano de la VIS, y las mediciones que permiten calcular los índices de confort en algunas viviendas de interés social.

#### **Caracterización de conductividad de materiales de construcción utilizados en la VIS**

En desarrollo de la investigación, se construyó un aparato medidor de conductividades térmicas (Chávez & Quinayás, 2008) tipo “guard hot box”, que cumple la Norma ASTM C 177- 04. La Figura 4.1 muestra el equipo.

Para caracterizar los materiales de construcción típicos de la VIS caleña, se contactó a la constructora IC-Prefabricados quienes donaron las muestras ilustradas en las Figuras 4.2 a 4.6. Los resultados de conductividad térmica se muestran en la Tabla 4.1. Estos estudios fueron realizados en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Mecánica, por los estudiantes Rangel Marín y Solarte Rosas (2009).

#### **Estudio de sombras**

A partir de la planimetría obtenida en las cuadrurías, se levantaron modelos 3D para casas y apartamentos de una muestra de 20 proyectos. Usando los software “Sketchup” y “Ecotech”, se hizo simulación de los solsticios y equinoccios a diferentes horas, obteniéndose la evolución de sombras. Para ilustración las Figuras 4.8 a 4.10 muestran los casos de Calicanto.



**Figura 4.1. Aparato medidor de conductividades térmicas**





**Figura 4.2. Muro de concreto de 8,4 cm espesor. Concreto prefabricado con icopor granulado en el interior**



**Figura 4.3. Muro de concreto de 10,7 cm espesor, acabado exterior estuco y pintura**



**Figura 4.4. Superboard**



**Figura 4.5. Panel yeso**



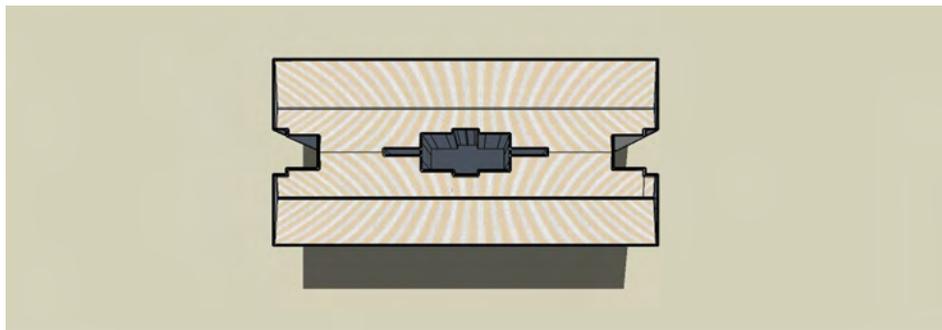
**Figura 4.6. Ladrillo estructural**



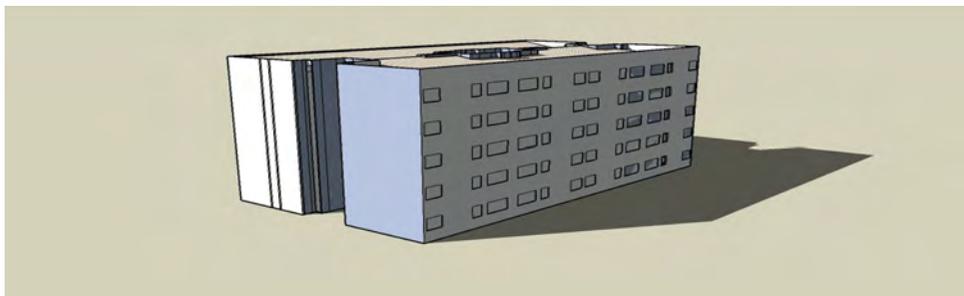
**Figura 4.7. Módulo con granito lavado**

**Tabla 4.1. Conductividad térmica de materiales usados en VIS**

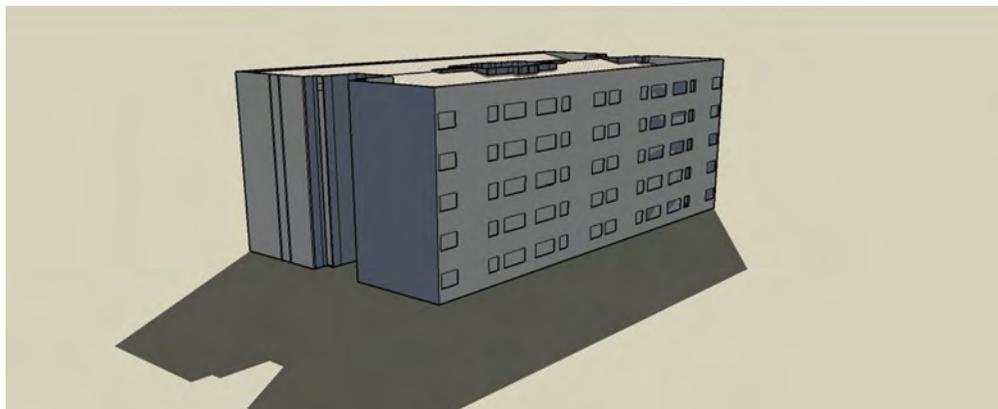
ASTM C 177 -04	
UNIVERSIDAD DEL VALLE	
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
MATERIAL	K Conductividad (W/mC°)
Concreto acabado natural	<b>1,18 ± 0,05</b>
Concreto acabado exterior estuco y pintura	<b>1,23 ± 0,05</b>
Concreto prefabricado con icopor granulado en el interior	<b>0,73 ± 0,02</b>
Concreto prefabricado con lámina de icopor en el interior	<b>0,57 ± 0,02</b>
Módulo con granito lavado	<b>0,76 ± 0,03</b>



**Figura 4.8. Calicanto - Junio 21/12 m**



**Figura 4.9. Calicanto - Diciembre 21/9 am**



**Figura 4.10. Calicanto - Diciembre 21/3 pm**

**Confort ambiental del contexto urbano de la Vivienda de Interés Social**

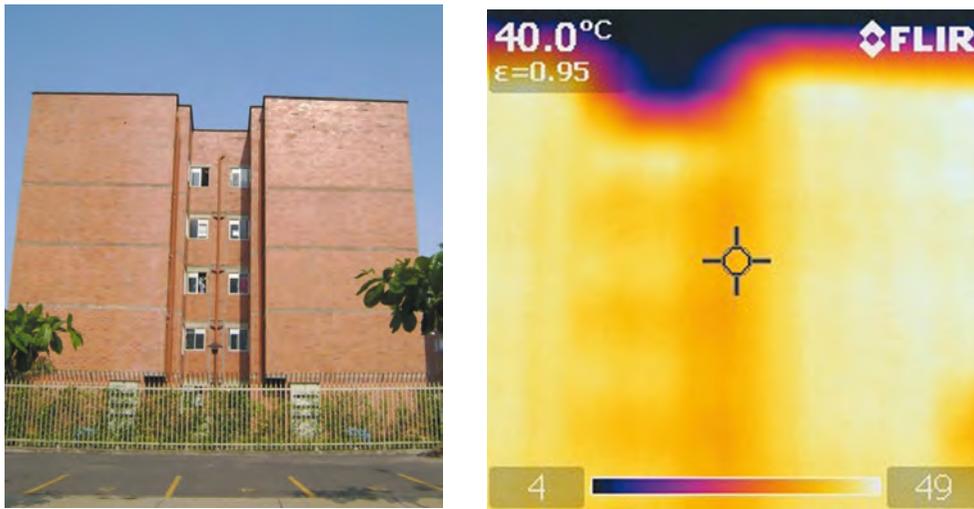
De la muestra general se seleccionaron dos urbanizaciones, una en altura (Conjunto Residencial Calicanto) y otra de vivienda unifamiliar (Urbanización Vallegrande). Se tomaron imágenes termográficas entre las 2:00 y las 3:00 p.m. de los espacios exteriores y se procedió a realizar su respectivo análisis.

**Conjunto Residencial Calicanto I**

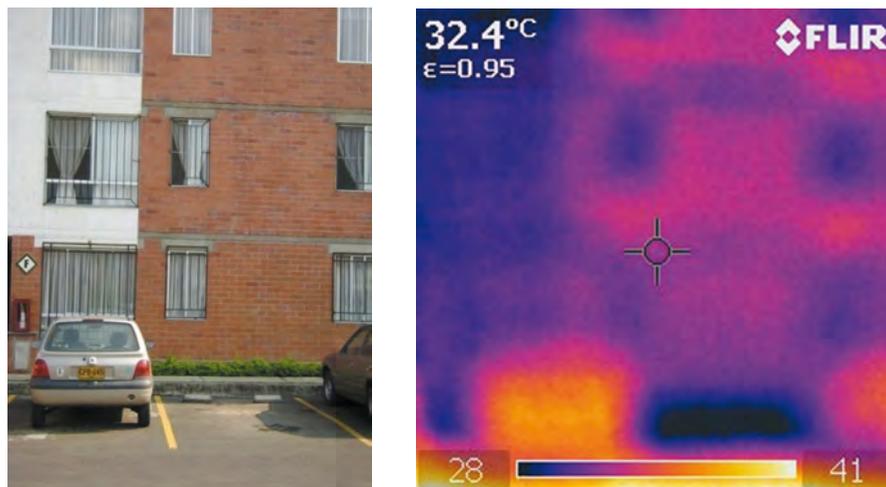
En el Conjunto Residencial Calicanto se pudo apreciar que las temperaturas más altas en el espacio exterior correspondieron a las fachadas occidentales de ladrillo a la vista, que alcanzaron temperaturas de 49 °C, según las mediciones tomadas en junio, 2:00 p.m. Por su orientación, estas áreas son las que mayor cantidad de radiación solar reciben. Es de tener en cuenta

el efecto positivo de los retranqueos en la volumetría del edificio, pues sus superficies presentan temperaturas aproximadamente 9 °C menores que el resto de la fachada, debido al efecto de las sombras proyectadas (Ver Figura 4.11).

En la fachada norte del mismo conjunto, y a la misma hora (2:00 p.m.), se presentaron temperaturas iguales y menores a 32.4 °C, una diferencia de 16.6 °C (Ver Figura 4.12). Esto se explica por el sombreado de que esta fachada goza en esta época del año. La termografía muestra los pequeños macizos arbustivos en la base del edificio, que entregan temperaturas más bajas que los materiales inertes que los rodean. Los vehículos y las superficies asfaltadas son los objetos más calientes y pueden irradiar hacia las fachadas cercanas, con la consecuente ganancia de calor de los espacios vecinos y la afectación negativa de la sensación de confort de los usuarios.



*Figura 4.11. Calicanto 1, fachada oeste y termografía, junio - 2:00 pm*



*Figura 4.12. Calicanto 1, fachada norte y termografía, junio - 2:00 pm*

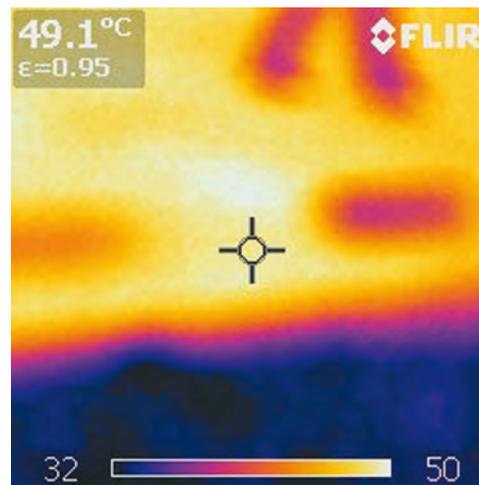
Sobre los parqueaderos de la zona norte se monitorearon las temperaturas de césped y asfalto; aquí nuevamente se encontraron grandes diferencias, pues mientras el césped estaba alrededor de 32 °C, el asfalto registraba casi 50 °C, lo que da una diferencia de 18 °C (Ver Figura 4.13). El efecto benéfico de reducción de la temperatura obtenido en esta fachada, por sombreado, puede verse reducido debido al calentamiento de las superficies asfaltadas expuestas directamente a la radiación, esto es, el aire que tomarán los apartamentos aledaños a esta zona no será aire de buena calidad para lograr niveles de confortabilidad en los espacios.

En la fachada sur, la temperatura de esta su-

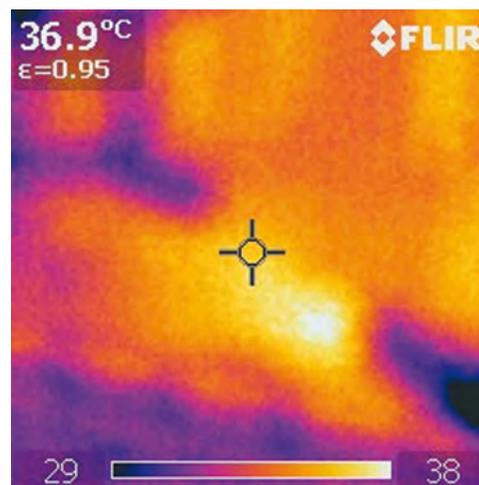
perficie alcanza valores cercanos a los 38°C, mientras que las superficies aledañas con vegetación como césped y pequeños macizos arbustivos, registraron alrededor de 29°C, ratificando las grandes diferencias halladas en el resto de los monitoreos. Aunque la fachada está asoleada, como se ve en la Figura 4.14, es de anotar que la intensidad no es comparable a la de la fachada oeste, y que la vecindad verde no refleja la radiación solar.

#### Urbanización Vallegrande

En la urbanización Vallegrande, ubicada al oriente de la ciudad, se registraron las temperaturas más altas en las superficies pavimentadas expuestas directamente al sol, con valores de hasta 50 °C. La escasa arborización o la poca



*Figura 4.13. Calicanto 1, parqueaderos norte y termografía, junio - 2:00 p.m.*



*Figura 4.14. Calicanto 1, fachada sur y termografía, junio - 2:00 p.m.*

talla de la misma, deja las superficies del parque y de las zonas de circulación expuestas a la radiación, con lo que estos incrementan la energía acumulada. La sombra proyectada de los árboles, aun cuando es poco densa, ocasiona una reducción de la temperatura en el césped sobre el cual cae, mientras que el césped expuesto al sol presenta valores de temperatura más altos.

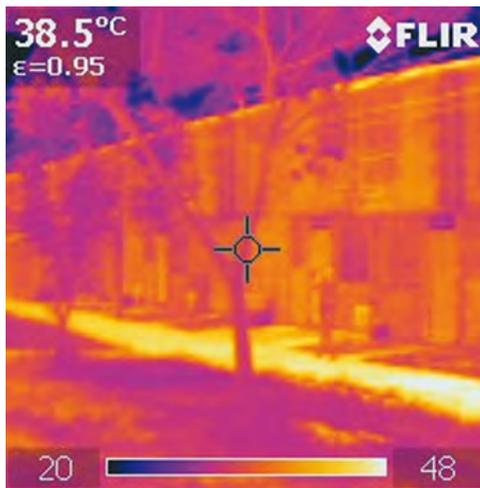
En una imagen obtenida en el parque (Ver Figura 4.15), se aprecia nuevamente la diferencia de temperaturas entre una superficie sombreada con césped (22 °C), una con césped sin sombra (alrededor de 30 °C) y una sin césped y sin sombra (53 °C). Es decir, una diferencia de 31 °C entre una superficie de tierra seca sin césped y una con césped sombreada. Se encontró que las superficies expuestas de tierra y arena

seca obtuvieron temperaturas iguales a 53 °C en la medición termográfica.

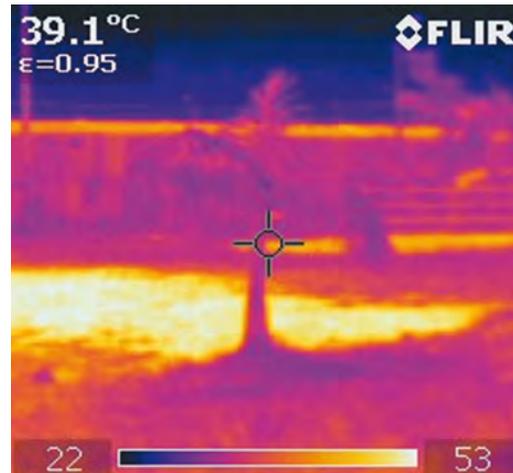
Las superficies de circulación en uno de los parques de Vallegrande (Ver Figura 4.16), presentan altas temperaturas, que alcanzan los 50 °C. Donde se aprecian pavimentos o superficies de concreto, se tienen temperaturas más altas que las de ladrillo. Esto contrasta con las superficies adyacentes de césped, las que presentan la mitad de la temperatura: 25 °C.

Las superficies duras del parque (Ver Figuras 4.17 y 4.18), construidas en concreto, alcanzan temperaturas de hasta 50 °C, lo que las hace inconfortables y poco utilizadas en horas de mayor radiación solar.

Las superficies de arena (Ver Figura 4.19) tienen similar capacidad de absorber la radiación que el asfalto y el hormigón; esto gene-



**Figura 4.15. Parque Vallegrande, junio - 1:00 p.m.**



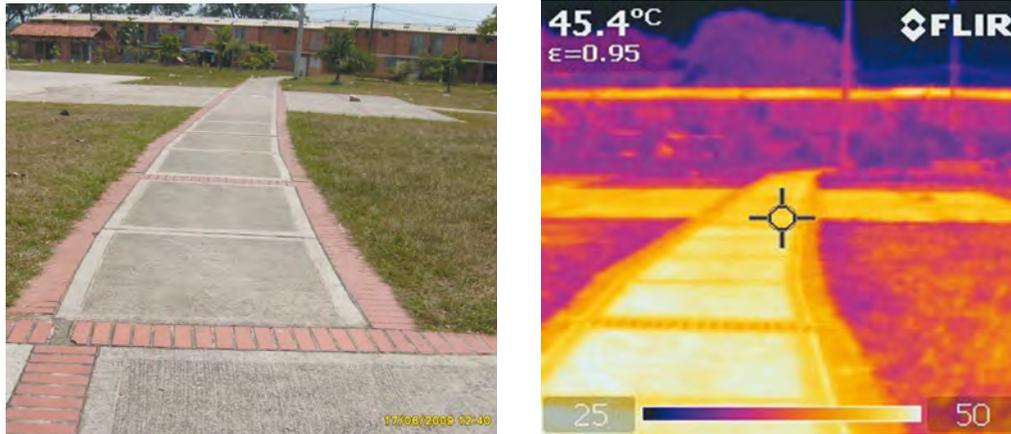
**Figura 4.16. Parque Vallegrande, zona juegos blandas, junio - 1:00 p.m.**

ra que las superficies de arena de las zonas de juego que se encuentran sin protección solar, presenten temperaturas tan altas como las del concreto, con valores de 53.3 °C.

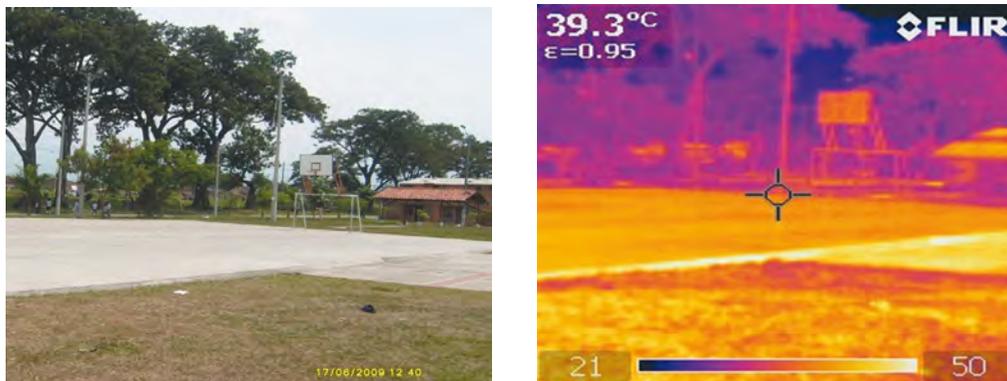
Elementos expuestos (Ver Figura 4.20) alcanzan temperaturas de 46.1 °C, con lo que su uso

se restringe debido a la inconfortabilidad de su propia superficie y del espacio exterior cercano.

El asfalto, con un albedo medio de 0,03, no refleja prácticamente ninguna radiación, mientras que la arena seca multiplica por 10 esta capacidad y el hormigón por 20. Si a esto se añade el



*Figura 4.17. Parque Vallegrande, superficies duras, junio - 1:00 p.m.*



*Figura 4.18. Parque Vallegrande, zonas de juego - superficies duras, junio - 1:00 p.m.*



*Figura 4.19. Parque Vallegrande, superficies blandas – zonas de juegos infantiles, junio - 1:00 p.m.*

dato del calor específico, puede suceder que determinados materiales (como el asfalto) se comporten como auténticos acumuladores de calor. Como norma general, el suelo natural se comporta mucho más neutro respecto a la cuestión radiación-temperatura, de forma que, excepto en casos especiales, debería ser siempre el suelo preferido, sobre todo considerando la importancia de la evapotranspiración potencial prácticamente inexistente en los suelos artificiales.

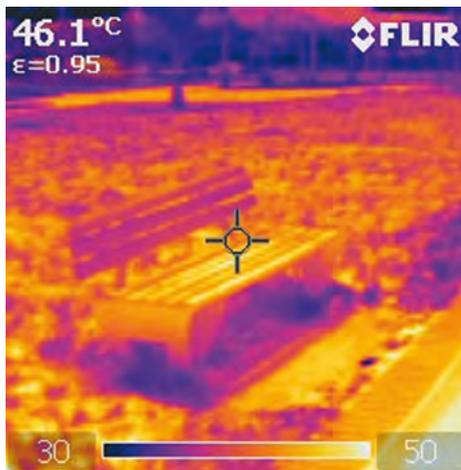
**Mediciones para cálculos de índices de confort en la Vivienda de Interés Social**

Con el propósito anunciado se practicaron termografías, mediciones de movimiento de aire en el interior de las viviendas y monitoreo de temperaturas y humedades relativas. Al igual que en el caso de las encuestas, se calculó un tamaño de muestra representativo tanto para casas como para apartamentos, excluyendo

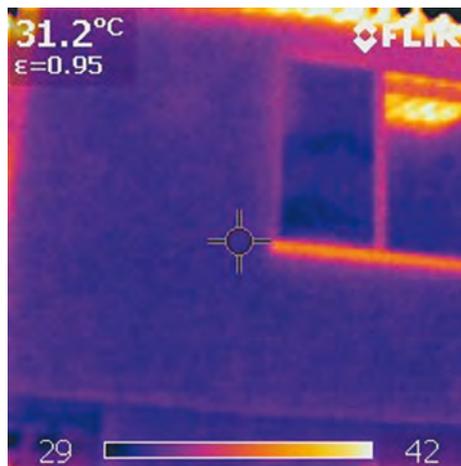
la clasificación por zonas y por materiales de construcción; esto último debido a las limitaciones logísticas del proyecto.

Las termografías fueron practicadas con una cámara FLIR modelo infraCAMTM. Las Figuras 4.21 y 4.22 son ejemplos de termografías típicas practicadas; en ellas se ilustra con escala de colores las temperaturas de las superficies enfocadas. Acorde con lo expuesto en el aparte de *Temperatura media radiante* (p. 28), los valores así obtenidos son insumos para calcular la temperatura media radiante  $T_r$  a la cual están expuestos los habitantes.

El movimiento de aire se midió con un Thermo-anemómetro Extech Instrument Mod. 45118. Las temperaturas de bulbo seco y humedades relativas del aire ambiente en las viviendas fueron monitoreadas mediante Datalogger Extech modelo RHT10. Las Figuras 4.23 a 4.26 ilustran los registros típicos de las dos



**Figura 4.20. Parque Vallegrande, mobiliario público, junio - 1:00 pm**



**Figura 4.21. Urbanización Terranova, fachada casa**

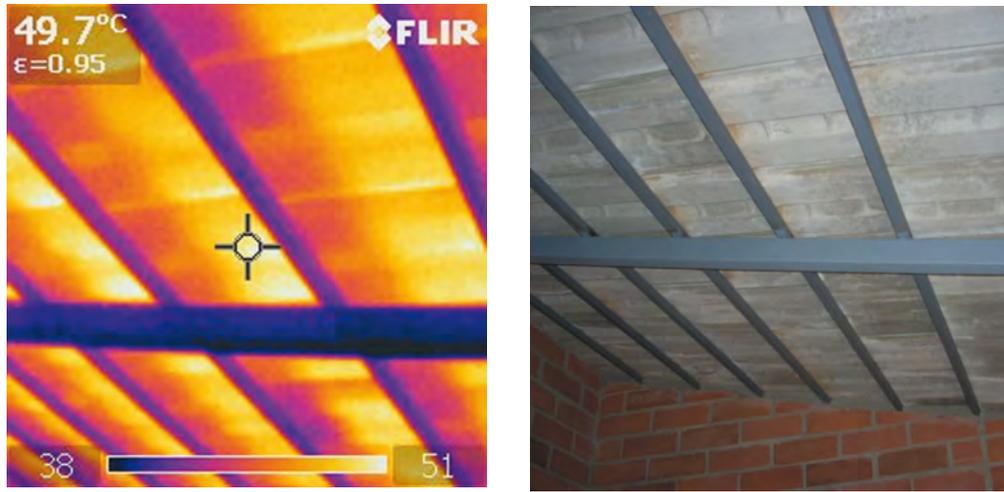


Figura 4.22. Urbanización Terranova, cubierta en concreto.

últimas variables. Para efectos de cálculos del índice de Fanger, se utiliza el promedio de las temperaturas máximas registradas con sus correspondientes humedades relativas, pues el período de interés es cuando hay brillo solar.

En la Figura 4.25 es visible que, en la evolución del aire, la temperatura y la humedad relativa se comportan antagónicamente, lo que puede ser aprovechado para practicar enfriamiento evaporativo en los períodos de alta temperatura y baja humedad relativa. En la Figura

4.26 es bastante notoria la diferencia de comportamiento entre el primer piso y el segundo, pues mientras las temperaturas máximas diarias del segundo piso alcanzan 36 °C en el primero sólo llegan a 28 °C (Ver Figura 4.26).

La Tabla 4.2 recopila los valores representativos de las variables descritas que se utilizan para determinar el grado de confort o índice de Fanger. El período de monitoreo fue entre marzo 21 y agosto 25 de 2009.

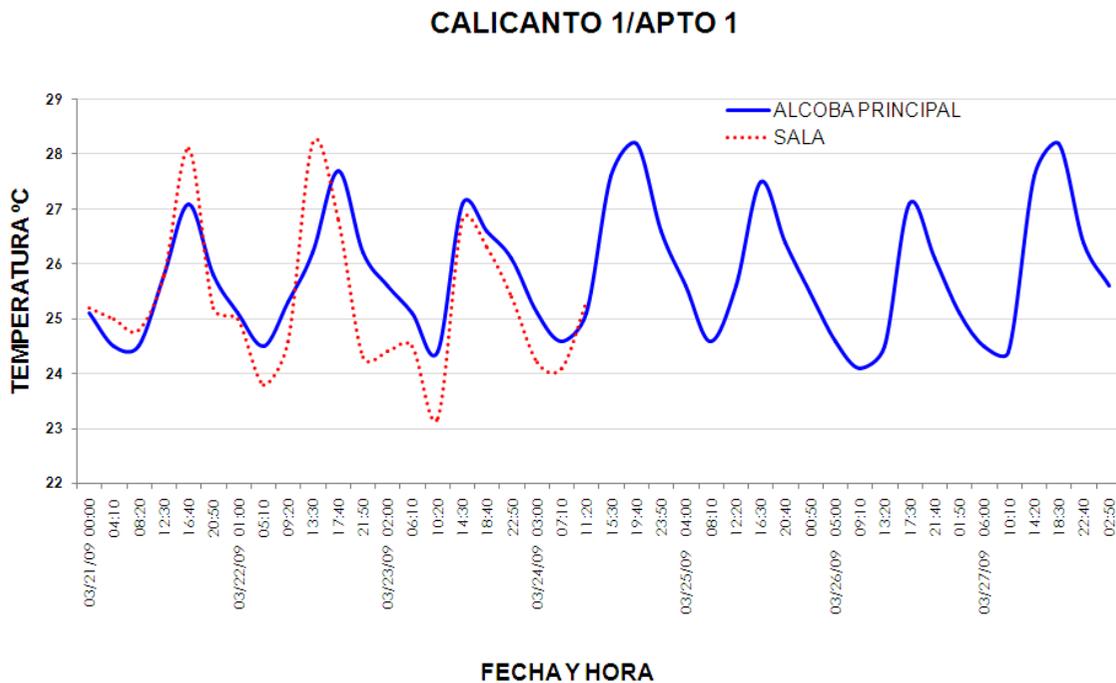


Figura 4.23. Registro de temperaturas en apartamento 1 Calicanto

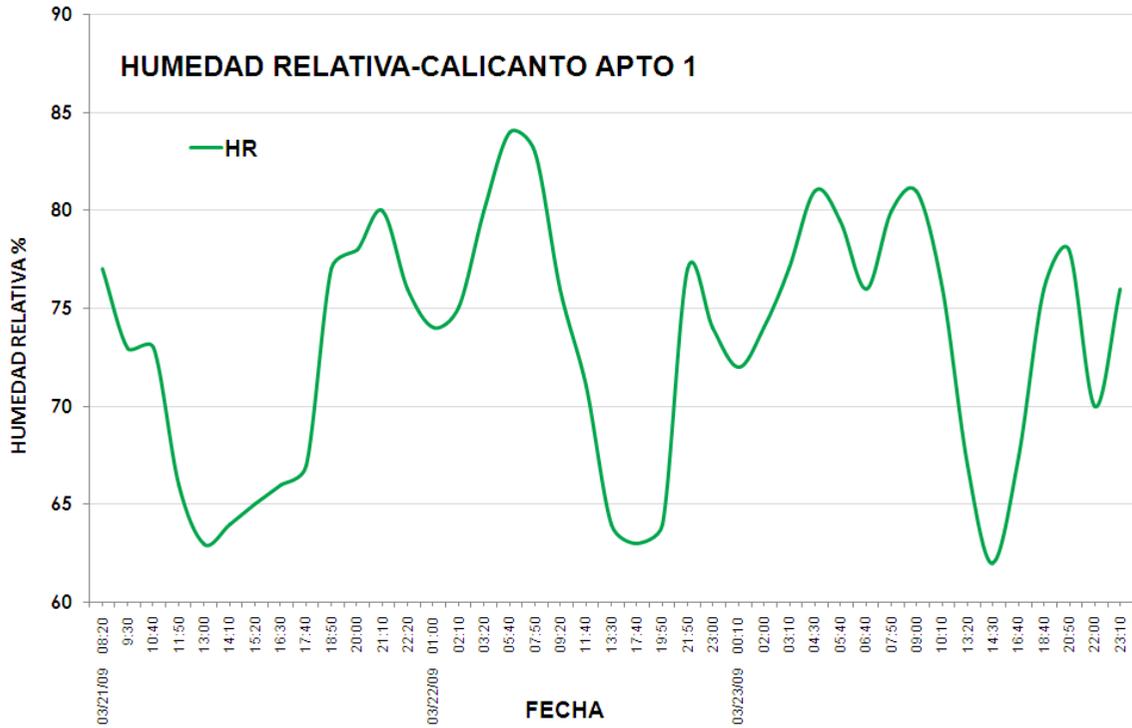


Figura 4.24. Evolución de la humedad relativa - Apartamento Calicanto 1

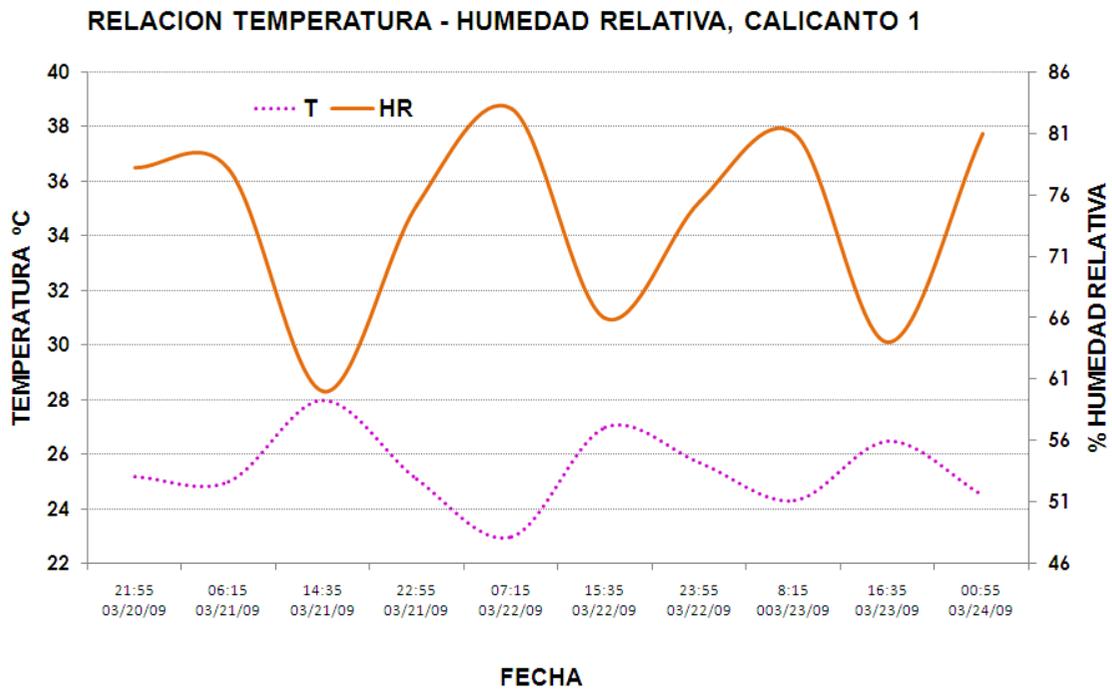


Figura 4.25. Monitoreo de temperaturas y humedades relativas - Apartamento Calicanto 1

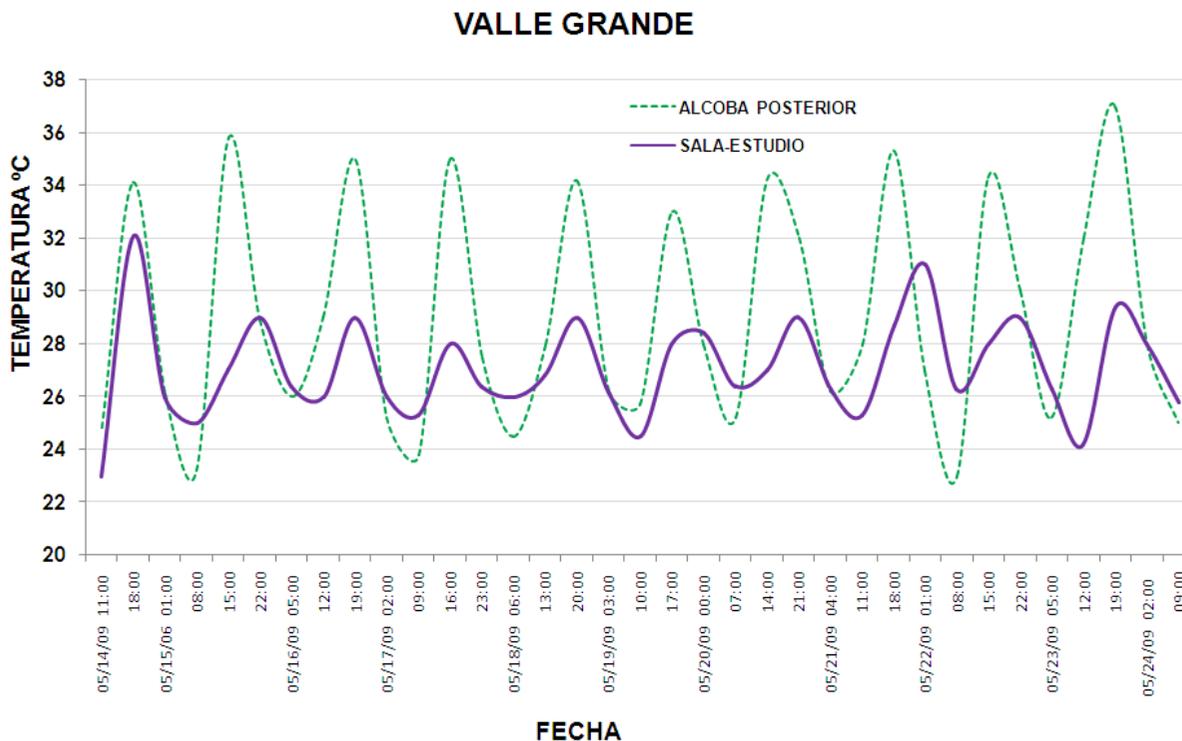


Figura 4.26. Monitoreo de temperaturas, casa Vallegrande, pisos 1 y 2

Tabla 4.2. Resultados de las mediciones de campo (Valores promediados)

Caracterización	T <sub>med</sub> superficial (termografías) (°C)	Velocidad del aire (m/s)	Temperatura bulbo seco (°C)	Humedad relativa (%)
Calicanto 1	28	0,2 - 1,5	28 - 23	62 - 85
Calicanto 2	29	0,2 - 1,5	25 - 31	58 - 83
Calicanto 3	30	N.A.	27 - 29	50 - 80
Terranova 1	31	0,0 - 1	30 - 33	45 - 80
Terranova 2	35	0,2 - 1,1	28 - 31	50 - 70
Terranova 3	N.A.	N.A.	30 - 32	45 - 76
Terranova 4	35	N.A.	30 - 34	47 - 78
Vallegrande 1	33	0,15	32	60 - 80
Vallegrande 2	32	0,1 - 0,5	31	47 - 70

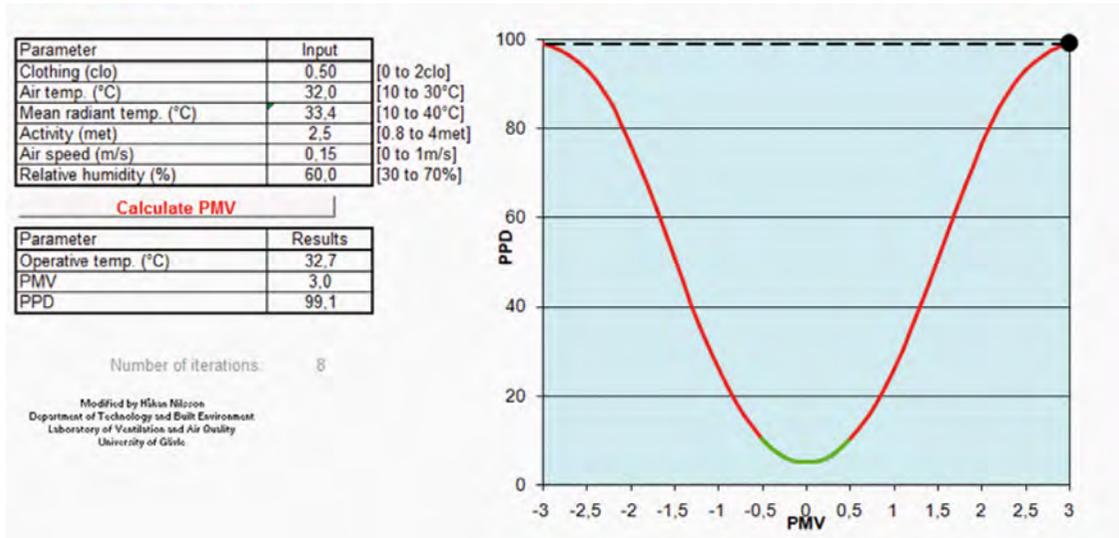
**Análisis de resultados**

Para calcular los índices de Fanger PMV y los porcentajes de gente insatisfecha PPD, se utiliza el software del Laboratory of Ventilation and Air Quality, Universidad de Gavle, mencionado en el capítulo 1. Teniendo en cuenta que las personas usan una vestimenta ligera (camisa manga corta, interiores, pantalón largo, medias y zapatos), el índice de vestimenta, según la Ta-

bla 1.2 y la Figura 4.27, es 0.5 clo. Considerando que el nivel de actividad es moderado (ama de casa), el índice de metabolismo que se utiliza es de 2.5 Met. Para cada una de las nueve caracterizaciones, los datos de temperatura radiante, velocidad de aire, temperatura de bulbo seco y humedad relativa, se muestran en la Tabla 4.2. La Tabla 4.3 presenta los resultados PMV y PPD de los nueve casos en el peor momento del día.

**Tabla 4.3. Índice de confortabilidad y % de insatisfechos en las caracterizaciones VIS en el momento más desfavorable del día**

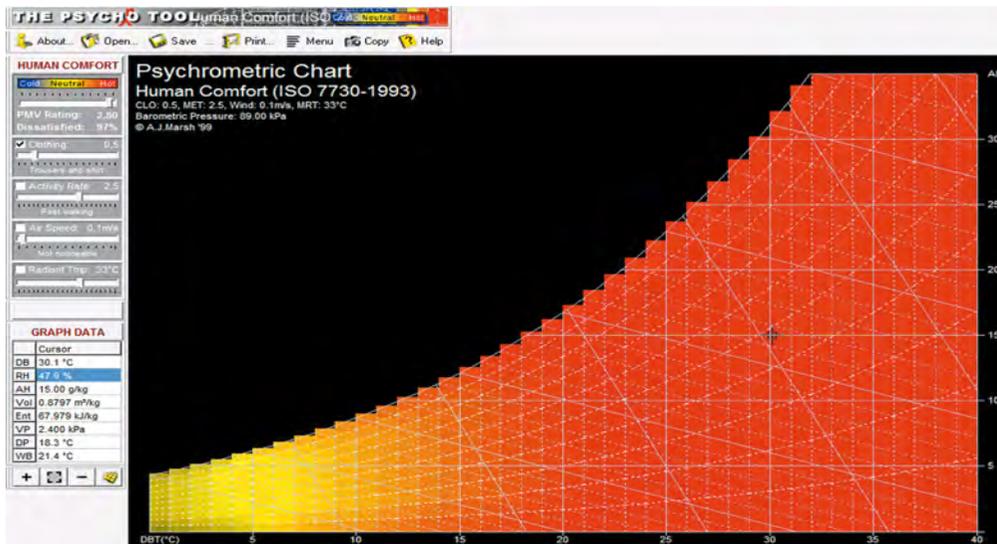
	Calicanto 1	Calicanto 2	Calicanto 3	Terranova 1	Terranova 2	Terranova 3	Terranova 4	Vallegrande 1	Vallegrande 2
PMV	2,1	2,5	2,0	2,5	2,9	2,6	3,2	3	2,7
PPD	81,1	93,4	76,8	93,4	98,6	95,3	99,7	99	96,7



**Figura 4.27. Índice de Fanger y PPD para caracterización de Vallegrande 1, peor momento del día**

Para apreciar panorámicamente las situaciones recién caracterizadas, se utiliza el software Psychotool, de Ecotech, que sobre el diagrama psicrométrico diferencia, por coloraciones, las zonas de la escala de Fanger (Cold-Neutral-Hot). Con esta herramienta se puede visualizar la gravedad o levedad del problema, y ayuda en

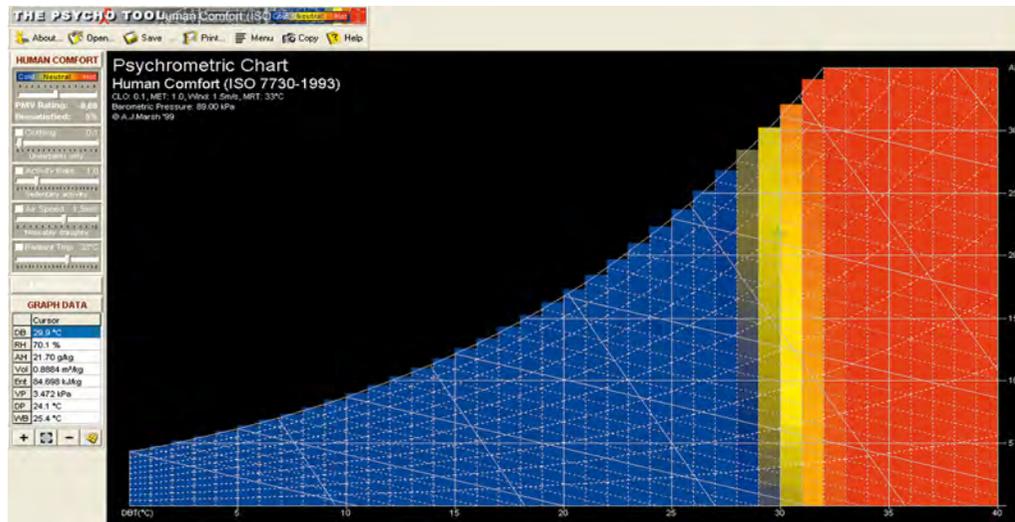
la selección de estrategias para solucionarlo o mitigarlo. La Figura 69 es el “print screen” de la psicrometría, con escala de confort humano aplicada, que corresponde con los resultados obtenidos en las nueve caracterizaciones en el peor momento del día.



**Figura 4.28. Psicrometría con escala de confort para VIS típica de Cali**

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede concluir, sin lugar a dudas, que la vivienda social de la ciudad de Cali es seriamente inconfortable. Como análisis de sensibilidad se explora la situación a la cual los habitantes pueden llegar intuitivamente para mejorar el confort: disminuir la ropa al mínimo (0.1 Clo), disminuir la actividad al mínimo (1 Met), y usar ventiladores (velocidad del aire = 1.5 m/s). Esta

hipotética situación sólo es sostenible durante cortos períodos. La Figura 4.29 muestra los resultados de esta simulación, donde se aprecia que se alcanza alivio, pero cualquier desviación vuelve a la zona inconfortable. Según lo anterior, para resolver o mitigar la inconfortabilidad de la VIS caleña, es menester realizar intervenciones de arquitectura bioclimática.



**Figura 4.29.** Psicrometría con escala de confort para VIS típica, implementando medidas de alivio temporal

## VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL (VIS) SOSTENIBLE. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

En el contexto de la arquitectura actual es obligatorio que las soluciones de vivienda sean sostenibles, entendiendo como sostenibles no sólo las que mejoran la salud pública y el medio ambiente, sino que también proporcionan bienestar, aumento de productividad y disminución en costos de operación y consumo energético. Observando los resultados obtenidos acerca de la confortabilidad de la VIS en Cali, se ve necesario proponer desde la ingeniería y la arquitectura unas soluciones que, sin aumentar la inversión inicial, ofrezcan un ambiente digno. Para que una construcción sea reconocida como sostenible existen mecanismos institucionalizados como son el LEED, BREEAM, HQE, y otros.

### ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO DEL CONFORT AMBIENTAL ARQUITECTONICO DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL

Solucionar la problemática del disconfort en la VIS caleña, dentro del marco de la sostenibilidad, es un asunto complejo, empezando porque hay que poner de acuerdo a mucha gente: políticos, constructores, urbanistas y planeadores, arquitectos y usuarios. Tal vez la principal dificultad radica en el prejuicio que existe respecto a la VIS, en el sentido de que ésta, por ser modesta, necesariamente tiene que ser inconfortable. Si a todos los actores se les pudiera sacar de ese letargo conceptual, seguramente habría más exigencia por unos y mejor oferta por otros. El asunto entonces es demostrar –mediante una prueba fehaciente– que una

vivienda puede ser a la vez económica y confortable. La experiencia que se exploró en esta investigación es esa demostración.

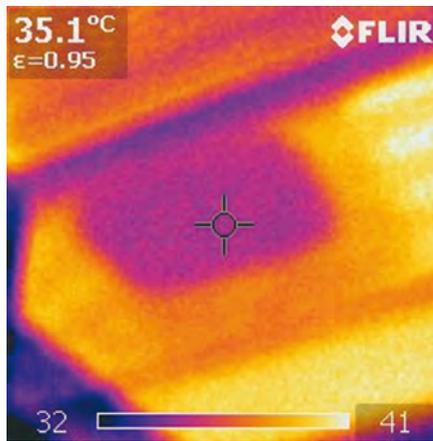
### *Experiencia Vallegrande*

#### **Situación inicial y problema**

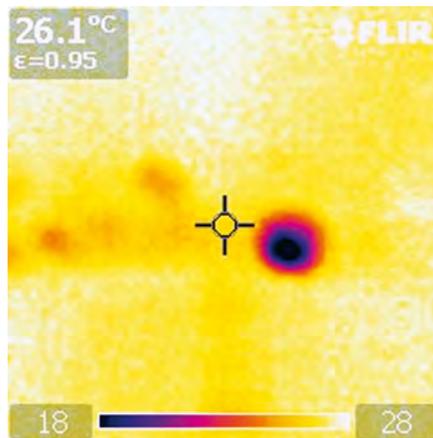
La familia Mera, compuesta de 5 miembros, ocupa una VIS de dos pisos y 70 m<sup>2</sup>, en la unidad Vallegrande. La materialidad de la vivienda está compuesta por: muros de ladrillo estructural, losa de concreto, piso en baldosa y techo de asbesto cemento. Desde las 10 de la mañana hasta las 5 de la tarde las áreas del segundo piso no podían ser frecuentadas debido a las altas temperaturas, obligando a todos los habitantes a hacinarse en el primer piso. Como producto del contacto que se estableció con esta familia en el proceso de encuestas, se acordó experimentar algunos pequeños cambios con el fin de mejorar el medio ambiente climático de la vivienda.

#### **Caracterización del problema**

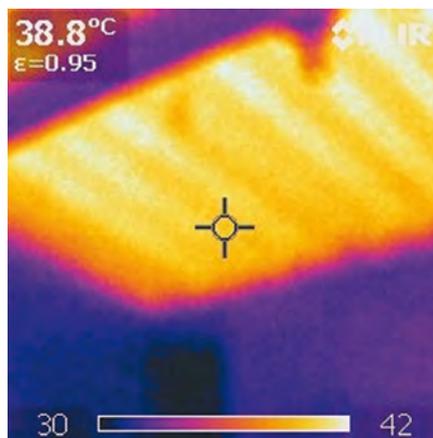
Se practicaron visitas donde se constató que, por filtraciones de lluvia, se había clausurado el canal de ventilación del caballete. La diferencia de temperatura entre el piso inferior y el superior era muy sensible, justificando el comportamiento de la gente. Como se muestra en las Figuras 5.1 a 5.44, la temperatura ambiente del segundo piso variaba entre 32 y 38 °C y las temperaturas de las tejas termografiadas desde el interior alcanzaban valores de 63 °C (Ver Figura 5.7).



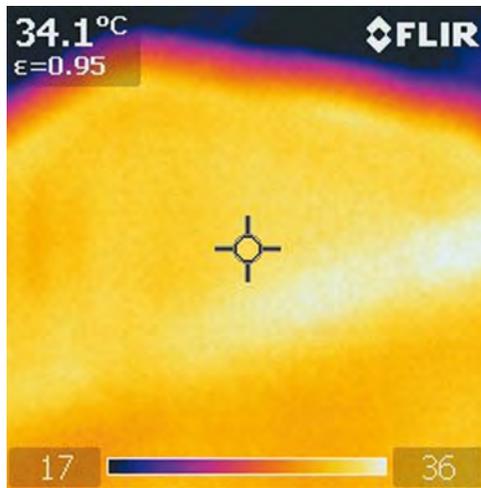
*Figura 5.1. Cubierta del hall, sin ventilación*



*Figura 5.2. Temperaturas superficiales de la cocina, primer piso*



*Figura 5.3. Temperatura de superficies de una habitación, sin tratamiento*



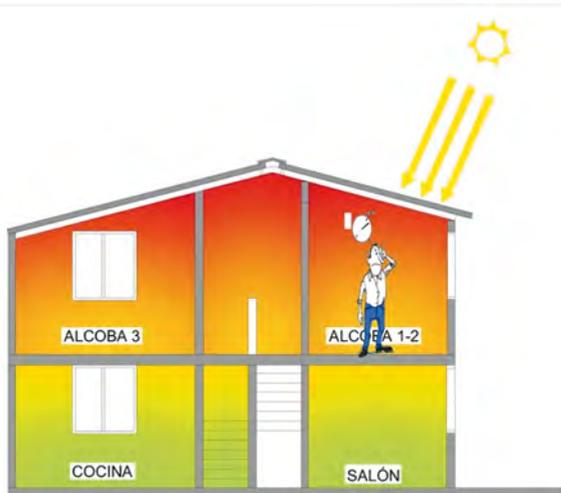
**Figura 5.4. Temperatura de superficies exteriores**

**Análisis del problema**

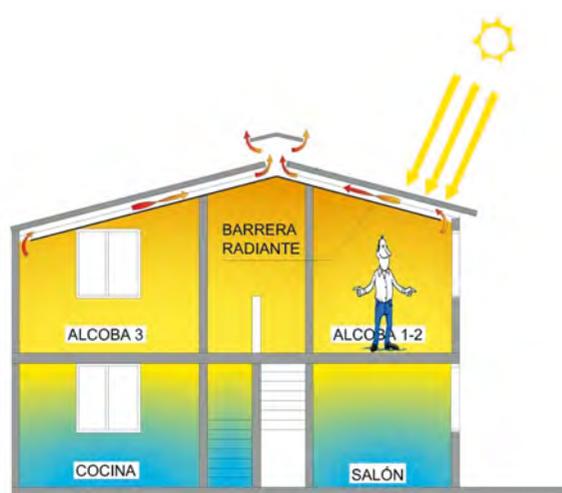
Según lo anterior, la causa del ambiente excesivamente caliente es que la radiación solar absorbida por el techo se transmitía totalmente al espacio interior, y que este último no tenía forma de evacuarlo. El haber cerrado herméticamente impedía que el aire calentado saliera al exterior y fuera reemplazado por aire fresco. La teja de asbesto cemento tiene altos coeficientes de absortividad y emisividad, lo que significa que se calienta mucho al sol y que aporta una buena cantidad de radiación hacia los objetos a su alrededor. Aunque la disposición del segundo piso (que recibe asoleamiento todo el día) hace que los muros también aporten al problema, la causa principal radica en el techo.

**Propuesta de solución**

Como primera medida se restauró y se amplió el canal de ventilación natural de la cumbrera, levantando el caballete. Para evitar las filtraciones de lluvia se añadieron unos tramos de lámina de Eternit a este último. Como segunda estrategia se implementó una barrera radiante consistente en una lámina foil de aluminio de 70 micras de espesor, instalada en forma paralela a la teja. De esta manera se procura un canal para la convección pues el aire caliente encerrado en esa cámara tiende a desplazarse hacia la parte superior que conecta con el canal de evacuación de la cumbrera. Las Figuras 5.5 y 5.6 son diagramas que ilustran estos mecanismos.



**Figura 5.5. Vivienda en Vallegrande**



**Figura 5.6. VIS con solución**

La barrera radiante constituye, en primer lugar, un obstáculo entre el sujeto y la teja caliente. Esto, de por sí, rebaja la transferencia de calor hacia éste. Sin embargo, su principal efectividad radica en la combinación de dos efectos: que la radiación emitida hacia las personas es prácticamente despreciable debido a la baja emisividad del aluminio, y que no acontece acumulación de calor, pues el transferido desde la teja es obligado a salir canalizado por la corriente de aire natural que se forma en el conducto teja-foil.

### Resultados y testimonio

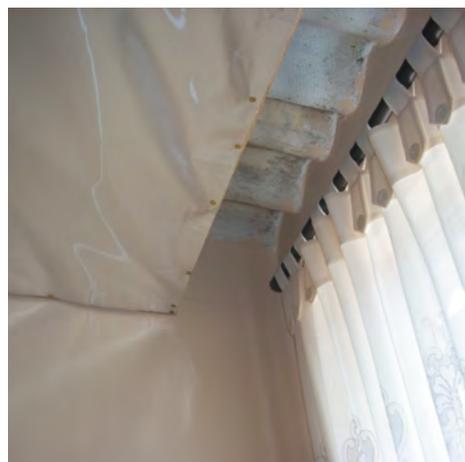
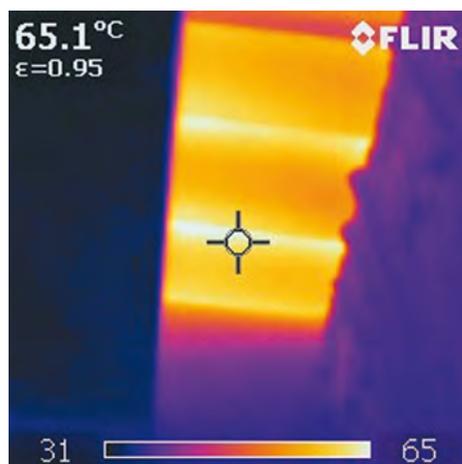
Los materiales para la obra fueron provistos por el proyecto, las directrices fueron dadas por los investigadores, y la familia Mera tuvo a su cargo las instalaciones. Esta forma de organización muestra la sencillez de la obra, y además su bajo costo administrativo. Los tra-

bajos se realizaron durante la época de verano y, desde el mismo momento en que fueron terminados, los Mera testimoniaron que el cambio de condiciones climáticas fue asombrosamente positivo. La familia empezó a ocupar todos los espacios independientemente de la hora, y encontraron las condiciones tan satisfactorias que, según dijeron: *“Pudimos acostar al bebé para que durmiera siestas en su cuartito del segundo piso”*.

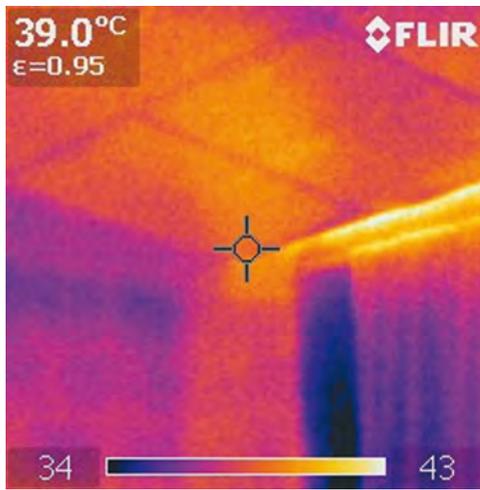
En términos de caracterizaciones térmicas, se procedió a toma de termografías, a monitorear temperaturas mediante Datalogger durante un período representativo, y a calcular el índice de confortabilidad alcanzado. Las Figuras 5.7 y 5.8 permiten apreciar los contrastes entre las áreas protegidas y desprotegidas; allí es visible que el techo sin barrera alcanza fácilmente los 65°C, mientras que la superficie de la barrera, en todas partes, aparece en el orden de 30°C.



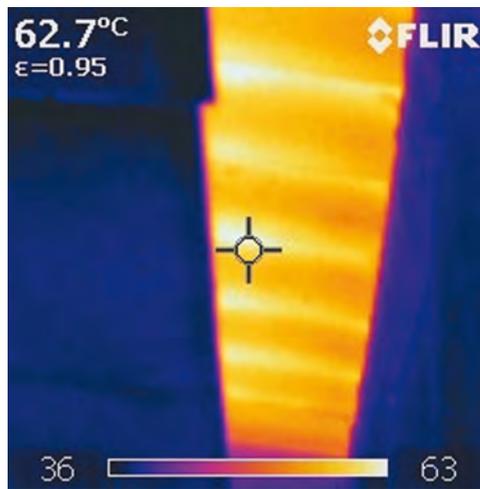
**Figura 5.7. Vallegrande, habitación sin barrera radiante**



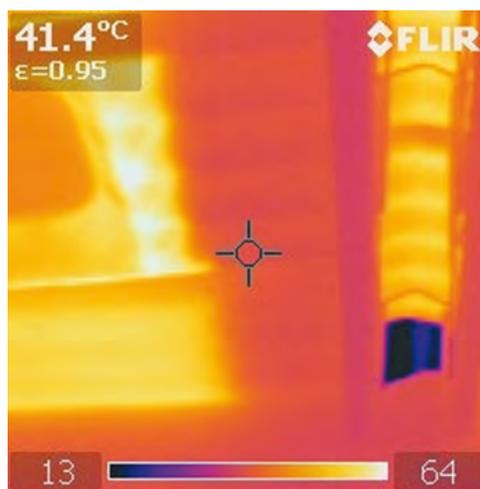
**Figura 5.8. Vallegrande, habitación con foil de aluminio**



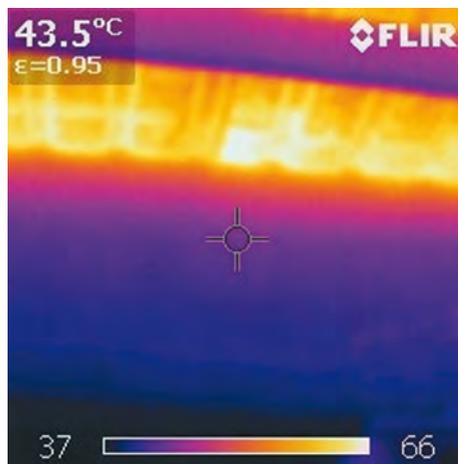
*Figura 5.9. Vallegrande, con barrera radiante de otro material*



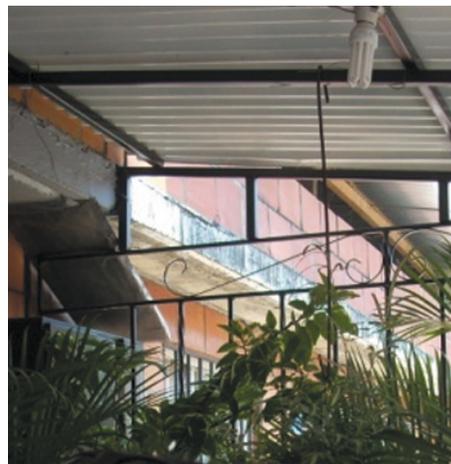
*Figura 5.10. Vallegrande, entrada de aire, otro material.*



*Figura 5.11. Vallegrande, evacuación de aire caliente, hall escalera.*



**Figura 5.12. Vallegrande, habitación sin barrera radiante**

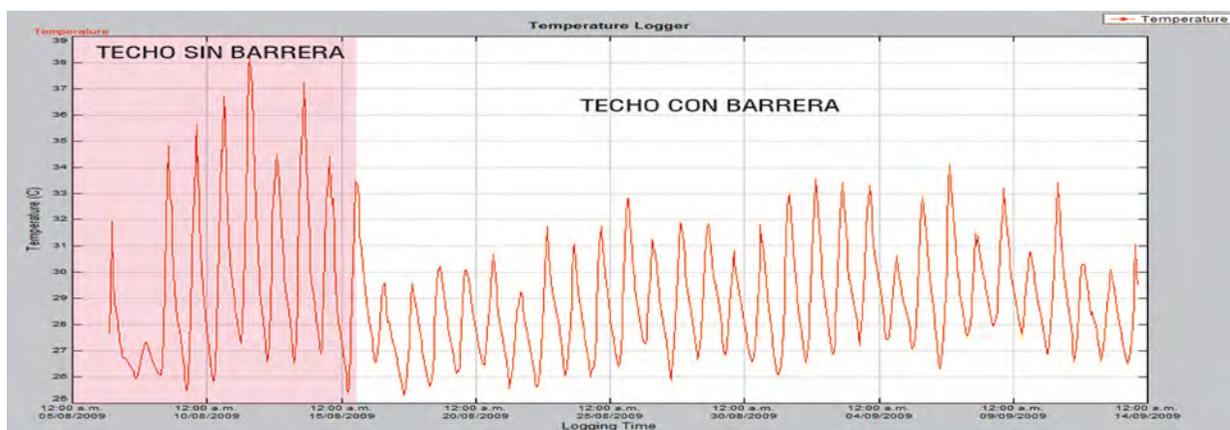


**Figura 5.13. Tejas de zinc, con ventilación cruzada**

En la Figura 5.13 se ve que el efecto de la radiación de techos no es posible solucionarlo con ventilación; la sensación, aunque se esté en espacio abierto, es de incomfortabilidad.

En la Figura 5.14 se aprecia la reducción de temperatura de bulbo seco del aire interior a

partir de la instalación de la barrera radiante; el promedio de los máximos antes de la instalación era de 36 °C, mientras que el mismo promedio después de la instalación es de sólo 31 °C. Como se ve, la disminución obtenida en este rubro fue de 5 °C.

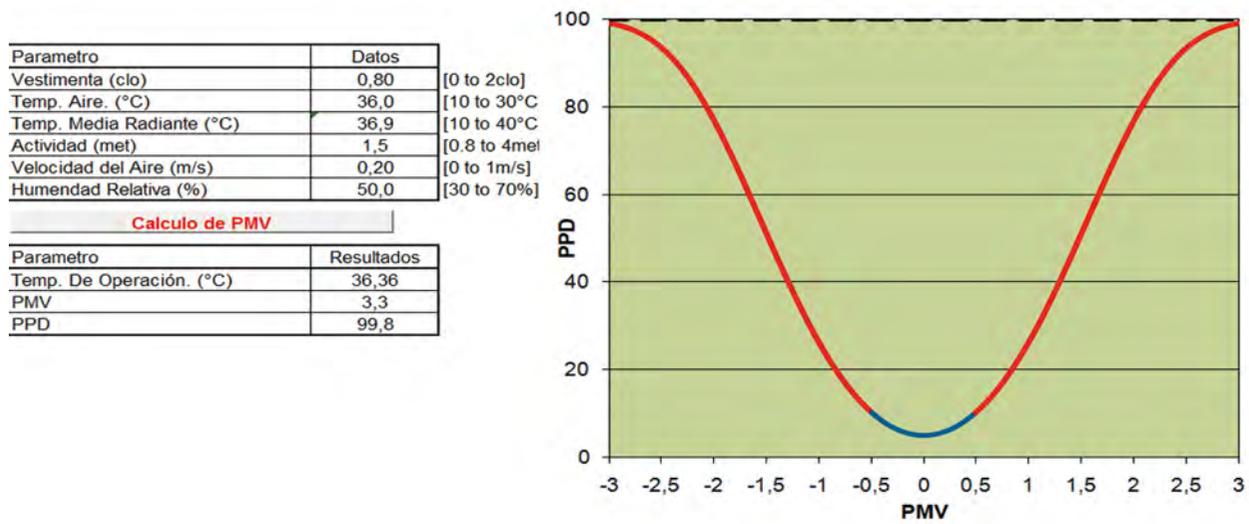


**Figura 5.14. Curva comparativa en el momento de adecuación de la barrera radiante**

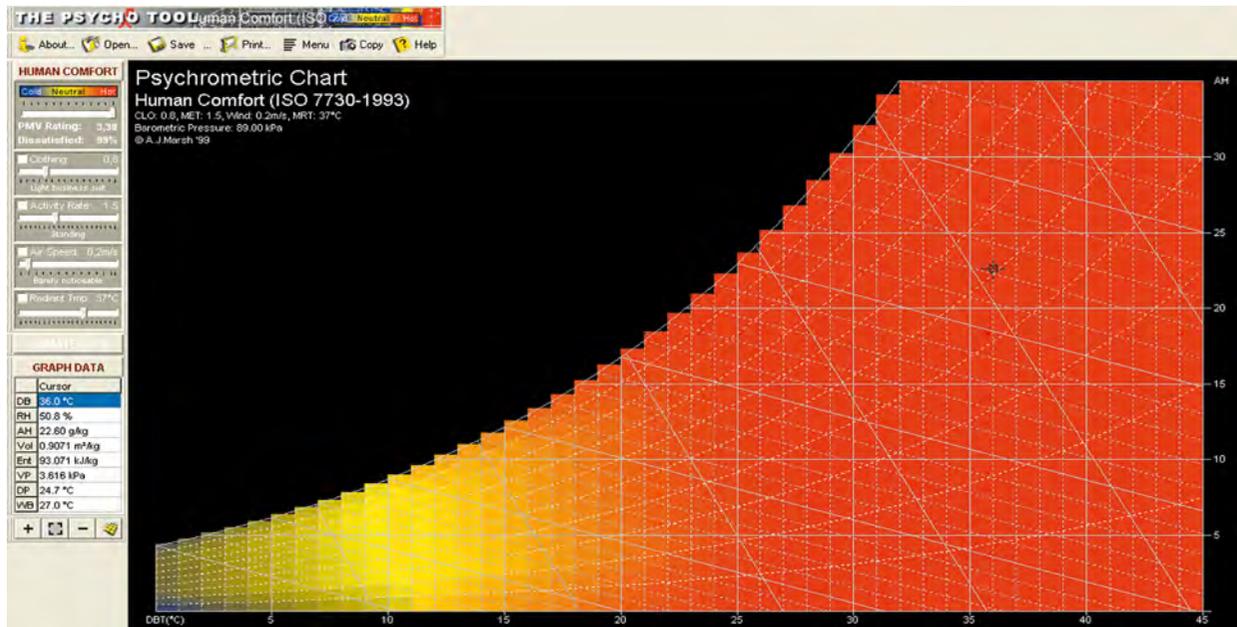
**Índices de Fanger antes y después de la barrera radiante**

Las comparaciones se hacen en ambos casos para personas vestidas ligeramente (0.8 Clo), actividad moderada (1.5 Met), velocidad del aire cercana al reposo (0.2 m/s), y humedad relativa de 50%. Sin barrera la temperatura de bulbo seco del aire ambiente era de 36 °C (el mencionado promedio de los máximos), y la temperatura radiante según termografías es alrededor de 37 °C. Con barrera, la temperatura de bulbo seco del aire ambiente era de 31 °C, y la temperatura radiante según termografías se

calculó en 17.3 °C. Usando los referidos softwares (Psychotool y PMVcalc) se determinaron los índices de Fanger y el porcentaje de insatisfechos, y se elaboraron las cartas sicrométricas con las regiones de confort para ambos casos. Las Figuras 5.15 a 5.18 muestran que sin barrera no existen personas satisfechas, pero al implementarla, cerca del 80% se siente a gusto. Según lo anterior, los cálculos corroboran las percepciones de los moradores, queriendo decir que las sencillas modificaciones implementadas cumplieron, más que plenamente, las expectativas de mejoras climáticas.



*Figura 5.15. Índice de Fanger para el caso de Vallegrande, sin barrera*



*Figura 5.16. Simulación Human Comfort para el caso de Vallegrande, sin barrera*

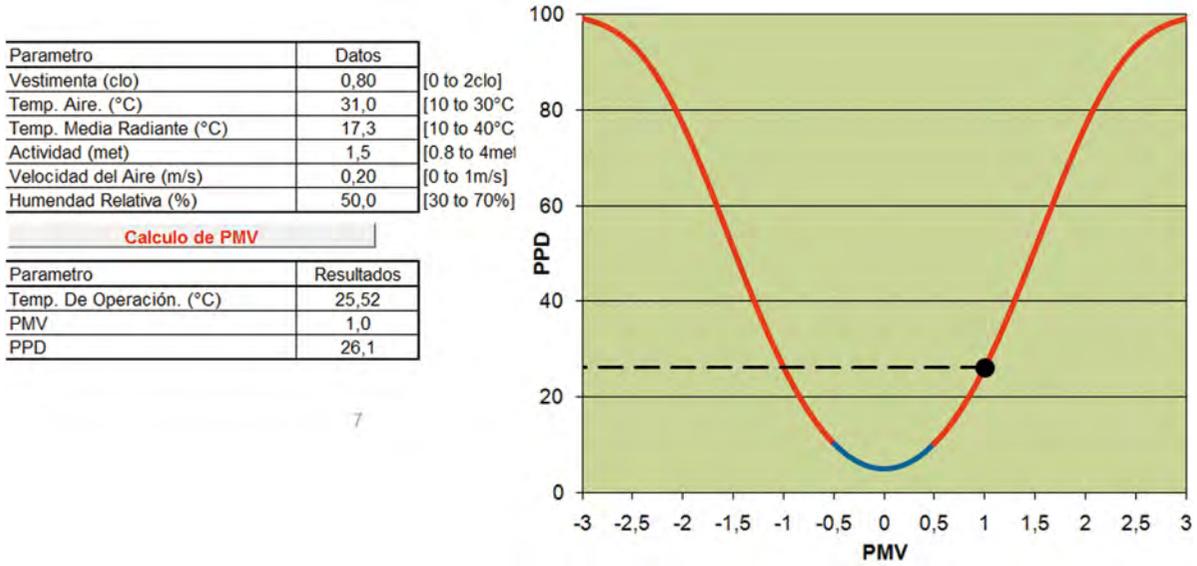


Figura 5.17. Índice de Fanger para la misma vivienda, con barrera radiante

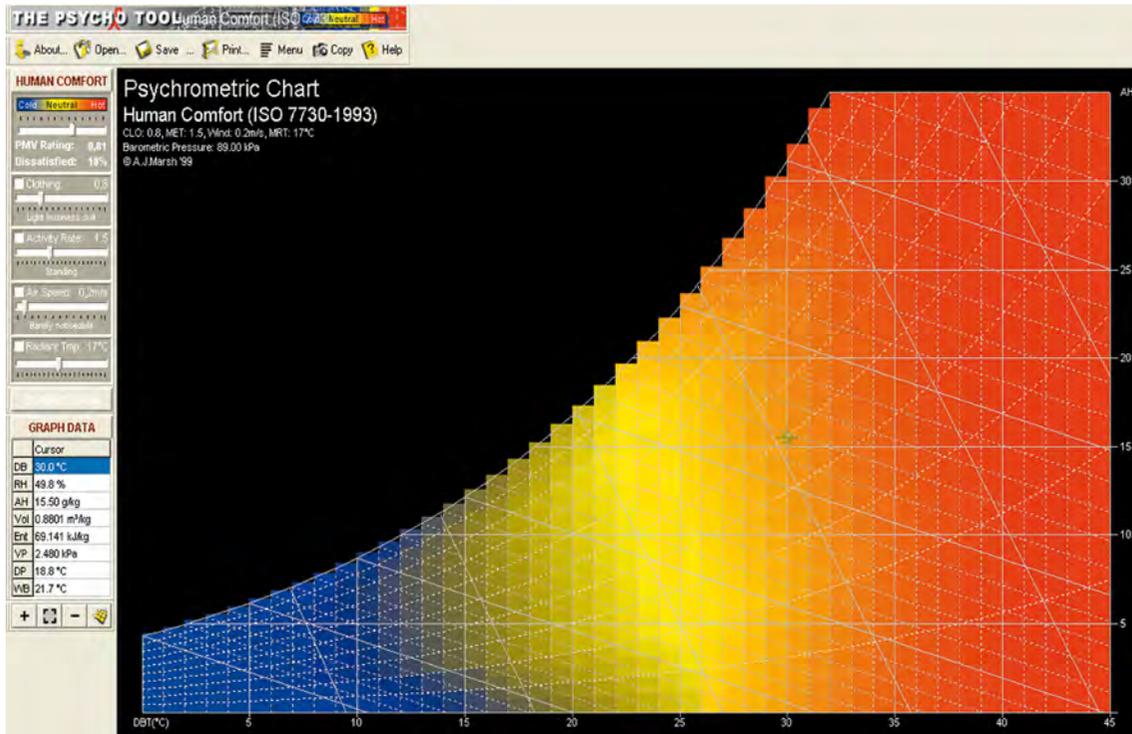


Figura 5.18. Simulación Human Comfort para vivienda con barrera

El costo de materiales (que fue la única plata que hubo que sacar del bolsillo) fue de \$300.000, para cubrir la compra de dos tejas de Eternit, 6 m de ángulo 1" x 1" x 1/8", 6 m varilla de 1/2", 42 m de bastidores de madera de 1" x 1", los cortes de la teja mediante pulidora, y el trabajo de soldadura. Además, es de contabilizar el foil de aluminio, cuyo valor bruto

es de aproximadamente \$40.000, conduciendo a un total de \$340.000 en materiales. El área cubierta fue de 18 m<sup>2</sup>.

Es de anotar que, según estas cuentas, al escalarse a una construcción masiva, incorporando estos cambios desde el diseño, el incremento del costo por vivienda es insignificante.

## CONCLUSIONES

### EN RELACIÓN CON EL ASPECTO URBANO

- En los últimos cuatro años la proliferación de vivienda social se ha localizado en las zonas periféricas, trayendo como consecuencia la expansión del perímetro urbano y el crecimiento de la ciudad. No se han hecho esfuerzos por recuperar zonas centrales de la ciudad, donde tendría mejores condiciones urbanas la Vivienda de Interés Social.
- El desarrollo diferenciado de vivienda social, sin responder a una planificación urbana en la ciudad, trae como resultado unos procesos de crecimiento que se traducen en una marcada diferencia morfológica en la misma, y discontinuidad en la malla urbana y en sus sistemas viales.
- El término “Vivienda de Interés Social” es ambiguo, en cierta medida, pues involucra grandes diferencias económicas que conllevan diversas configuraciones espaciales y relaciones diferentes de la ciudad.
- El modelo de implantación urbana de VIS realizado al oriente de la ciudad, no es coherente con la estructura urbana y ambiental existente, impactando de manera dramática sus sistemas urbanos básicos, así como su territorio, caracterizado por ser una zona de inundación periódica.
- En la configuración urbana de Cali se presentan dos islas de calor principales, una denominada “Isla de Calor Centralidad”, localizada en el área de influencia del centro fundacional de la ciudad, con temperaturas

de 33 °C; y otra “Isla de Calor Centro - Sur” ubicada hacia el sur de la ciudad, a 31.5 °C.

- Los procesos de alteración de las cuencas hídricas a escala urbana, han generado la pérdida o reducción de su potencial como microclimas reguladores de altas temperaturas y como canales de brisas frescas.
- La poca consideración del diseño paisajístico y de su potencial de fitoclimatización en los nuevos desarrollos de vivienda social, priva a estos entornos de la estrategia de acondicionamiento pasivo más sencilla, económica y eficiente: la vegetación.
- A escala urbana Cali cuenta con características posibles de aprovechar para mejorar las condiciones ambientales de la ciudad: temperatura media anual en la zona de confort, períodos fríos y calientes durante las 24 horas, régimen de vientos benignos en horas de la tarde, presencia de cuencas y microcuencas hídricas que actúan como reguladores climáticos a escala urbana, suelo fértil que permite el establecimiento y crecimiento rápido de ejemplares arbóreos y arbustivos en espacio público; y régimen bimodal de lluvias que proporciona volúmenes de agua potencialmente aprovechables para la integración de estrategias de enfriamiento evaporativo en espacios públicos.

### EN RELACIÓN CON LAS HERRAMIENTAS DEL ANÁLISIS

- Para cuantificación y análisis de carga calórica en edificaciones queda a disposición de

la comunidad técnica un software sencillo de libre acceso: “CarterSoft”.

- Para análisis de confortabilidad térmica la herramienta más idónea es el índice de Fanger, pues considera –con propiedad– todas las variables involucradas en el efecto climático. Los índices obtenidos (PMV y PPD) ilustran la sensación personal y el grado de aceptación colectivo.
- El programa “PMVcalc” es una herramienta muy sencilla, fácil de manejar, de libre acceso, para determinar el índice de Fanger PMV y PPD.
- El “Psychotool”, opción Human Comfort, es una excelente herramienta que permite visualizar el panorama de confort humano y evaluar –mediante análisis de sensibilidad– las posibles estrategias de mejora.

#### EN RELACIÓN CON EL CONFORT TÉRMICO

- La implementación de una máquina medidora de conductividades permitió la caracterización de una buena cantidad de materiales de construcción utilizados actualmente en VIS, y posibilita ensayar mejoras en los mismos y también evaluar nuevos materiales.
- La percepción de la gente respecto a la incomfortabilidad de la VIS de Cali se ratificó desde lo técnico como acertada; la VIS en Cali es, hasta el momento, una solución con serios inconvenientes.
- La experiencia con la vivienda de la familia Mera, representativa de la VIS caleña, muestra que el aporte de arquitectura e ingeniería térmica hechos a la Vivienda de Interés Social han sido muy pobres, conceptual y prácticamente.
- La experiencia con la familia Mera muestra y demuestra, sin lugar a dudas, que es posible a muy bajo costo mejorar las condiciones de habitabilidad de la VIS caleña.
- Si con la aplicación de sólo un par de cambios se consiguió mejorar sustancialmente el ambiente térmico de la VIS-ejemplo, es claro que combinando diferentes estrategias pasivas arquitectónico-mecánicas, se puede obtener una Vivienda de Interés Social totalmente digna y confortable.
- A partir de la evaluación económica de los cambios en la casa-muestra, es evidente que si las mejoras se introducen desde el diseño, **NO HABRÁ AUMENTO EN EL COSTO DE LA VIS.**

## BIBLIOGRAFÍA

- APRILE-GNISET, Jacques (1992). *La ciudad colombiana: Siglo XIX y siglo XX*. Banco Popular.
- COLOMBIA, MINISTERIO DEL INTERIOR (2004). ARTÍCULO 7, Decreto 975 (31 de marzo). *Diario Oficial No. 45.509, del 2 de abril de 2004*.
- COLOMBIA, MINISTERIO DEL INTERIOR. ARTÍCULO 91, Ley 388 (julio 18, 1997). *Concepto de vivienda de interés social*. *Diario Oficial No. 43.127, de 12 de septiembre de 1997*.
- ASHRAE (2005). ASHRAE Fundamentals. En R. a.-C. American Society of Heating. I-P Edition.
- ASSIS, & BARROS (s.f.). Urban bioclimatic design strategies for a tropical city.
- BETTINI, V. (1998). *Elementos de Ecología Urbana*. Madrid: Editorial Trotta.
- BORRERO U., H. (1989). "Arquitectura y clima referida a condiciones tropicales en Colombia". Cali: Universidad del Valle.
- CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY. (1972). *Manual de Aire Acondicionado*. Barcelona: Marcombo S. A.
- CENGEL, Y. A. (1998). *Heat transfer a practical approach*. McGraw Hill.
- CHÁVEZ, P., & QUINAYÁS, D. (2008). Tesis de grado, Ingeniería Mecánica., *Diseño y construcción de un medidor de conductividad térmica para materiales aislantes*. Universidad del Valle.
- COCHRAN, W. G. (1980). *Técnicas de muestreo*. Segunda edición.
- CORBELLA (1999). Conceptual differences between the bioclimatic urbanism for Europe and for the tropical humid climate.
- DAVIES (1987). Strategies for the modification of the urban climate and the consequent impact on building energy use.
- DECRETO 4466 (20 de noviembre de 2007). *Diario Oficial No. 46.818*. Colombia.
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNICIPAL (s.f.). Plan Especial de Espacio Público. Cali, Valle del Cauca, Colombia.
- DITTMAR, A., DELHOMME, G., & PAU-CHARTD, T. (1995). Le corps humain un système thermique complexe. *Congrès Anuel de la Société Française des Thermiciens* (p. 29). Poitiers: Elsevier.
- DUFFIE, J., & BECKMAN, W. (2006). *Solar Engineering of Thermal Processes*. Wiley.
- EDWARDS, B. (2004). *Guía Básica de la Sostenibilidad*. Editorial Gustavo Gili.
- FANGER, P. (1972). *Thermal Comfort*. New York: McGraw Hill.
- FARIELLO, F. (2000). *La Arquitectura de los Jardines*. Madrid: Librería Mairera y Celeste Ediciones.
- FONDO NACIONAL DEL AHORRO (s. f.). Recuperado el 4 de marzo de 2011, de <<<http://www>

fna.gov.co/wps/portal/!ut/p/c5/hc29DoIwGIXhS-qhFGhHENoSz9BBFkIgzE1Ag7G6xdWE-vE745snH-nIsmn42PvwtvM0PEILOr93eCRUr-MowryMPKTWioHjS5YIt\_er3JnB9c1QOONcS-NC6h04pRAH90s\_7b92vHjwux9QUPFi\_4JTkJB8bddJUVCeg5r2WVe1QK7HfNSKbn8UZeYwubPtgX4lbeLA!!/d13/d3/L3dDb0EvUU5RTGtBISE-vWUZSdndBISEvN19MNzM2TetHMTA4UDg-3MDJEOTHWRU05MTBJMA!!/>>

GOOGLE (2009). Google Earth. California, USA.

IDEAM (s.f.). *Ideam*. Recuperado el 03 de octubre de 2009, de <<www.ideam.gov.co>>

INDRAGANTI, M. & KAVITA, D. R. (2008). Effect of age, gender, economic group and tenure on thermal comfort: a field study in residential buildings in hot and dry climate with seasonal variations. *Energy and Buildings*.

IRVING, W. (2007). *Cuentos de La Alhambra*. La Habana: Editorial Gente Nueva.

MACQUAIRE UNIVERSITY - SIDNEY, AUSTRALIA. (s.f.). *Department of Environment and Geography*. Recuperado el 20 de enero de 2009, de <<http://www.physgeog.mq.edu.au/postgraduate.html>>

McHARG, I. (1969). *Design with Nature*. Garden City, N.Y.: The American Museum of Natural History by the Natural History Press.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Unidad de Planeación Minero Energética (2005). *Atlas de Radiación Solar en Colombia*. Bogotá: Ministerio de Minas de Colombia, ISBN 958-8067-14-6.

NORBERG-SCHULZ, C. (1979) *Arquitectura occidental*. Buenos Aires: Summa, p. 11.

OKE, T., KALANDA, B., & STEYN, D. (1981). Parameterization of heat storage in urban areas. *Urban Ecology, Volume 5, Issue 1*, 45-54.

OLGYAY, V. (1968). “*Clima y arquitectura en Colombia*”. Cali: Universidad del Valle.

OSSO (1999). *Aproximación a variables físicas ambientales para la reglamentación urbana*. Cali.

RANGEL MARÍN, A. E., & SOLARTE ROSAS, J. A. (2009). Caracterización de materiales VIS y diseño y construcción de un emisómetro. *Tesis de grado*. Cali, Valle: Universidad del Valle.

ROBITU (s. f.). *Modeling the influence of vegetation and water pond on urban microclimate*.

SALAZAR, J. H. *Buenas prácticas arquitectónicas para el clima tropical húmedo*.

SANTACRUZ, Marino. *El espacio del desarrollo: Colombia*. Cali: Universidad Autónoma de Occidente, 2009.

VALENCIA, A. (2009). CARTERSOFT (Tesis de grado). Cali, Valle, Colombia: Universidad del Valle.

VANDENBERGHE, V., BENEDET, L., BAUWENS, W., VANROLLEGHEM, P. A., & GHERMANDI, A. (2009). Model-based assessment of shading effect by riparian vegetation on river water quality. *Ecological Engineering, Volume 35, Issue 1*, 92-104.

VITRUBIO (I). Libro 6, Capítulo 1, *Las condiciones climáticas y la disposición de los edificios*. Roma.

INSTITUT DE CIÈNCIES DE LA TERRA JAUME ALMERA [www.ija.csic.es](http://www.ija.csic.es). (2009). Obtenido de <<http://www.ija.csic.es/gt/tele/Cursos/espectro.htm>>

[www.pilkington.com](http://www.pilkington.com) (s.f.). Obtenido de <<http://www.pilkington.com/the+americas/chile/spanish/building+products/glass+reference/appearance+of+glass/appearance+of+glass+heat.htm>>



Universidad  
del Valle

## Programa ditorial

Ciudad Universitaria, Meléndez  
Cali, Colombia

Teléfonos: (+57) 2 321 2227  
321 2100 ext. 7687

<http://programaeditorial.univalle.edu.co>  
[programa.editorial@correounivalle.edu.co](mailto:programa.editorial@correounivalle.edu.co)

**¡ S i g u e n o s !**

   [programaeditorialunivalle](#)