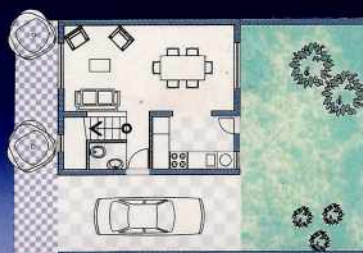
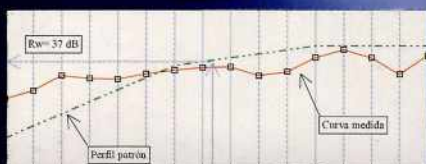


Metodologías para evaluar el costo de la calidad habitacional

Aplicación a viviendas bonaerenses



PLANTA 5x10



LABORATORIO DE INVESTIGACIONES DEL TERRITORIO Y EL AMBIENTE
Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires
Ministerio de la Producción y el Empleo

El 1º de junio de 1991 se creó el Laboratorio de Investigaciones del Territorio y el Ambiente (LINTA), agrupando en su seno al personal científico de CIC, cuyas líneas de trabajo y áreas de conocimiento se vinculan con el estudio y la planificación del medio físico en el que se cumplen las actividades humanas.

En forma introductoria, creemos necesario precisar el concepto de ambiente hacia el que las investigaciones del LINTA se orientan:

Es posible entender el ambiente como un sistema complejo que incluye seres humanos y sus actividades, así como las «cosas», materiales o no, naturales o no, que lo conforman, a todo lo que se agregan los incontables vínculos que se establecen entre esos elementos.

Por otra parte, en el sistema será posible identificar determinados subsistemas, que exhiben cierta perdurabilidad en sus componentes y comportamientos, característica que los erige en estructuras típicas del ambiente considerado.

Además, la riqueza del ambiente permite que sus estructuras puedan entenderse desde muchos puntos de vista (visuales, espaciales, culturales, políticos, económicos, sociales, tecnológicos de toda suerte, etc.).

A quienes nos corresponde conformar el sustento físico del ambiente (ingenieros, arquitectos, paisajistas, urbanistas, etc.) nos cabrá, pues, abocarnos al estudio de la estructura física o espacial de ese ambiente. El concepto de ambiente al que el LINTA se orienta, se relaciona con la estructura física o espacial del mismo.

El ambiente es sólo abarcable mediante una acción multidisciplinaria y que cada área del conocimiento sólo puede abordarlo parcialmente y sin olvidar jamás las limitaciones que esa circunstancia impone. Por ello, será política invariable del LINTA requerir, en cada caso, la intervención de los especialistas pertinentes.

Fines del Laboratorio:

- Promover la investigación en la campo del Planeamiento Físico, con relación al territorio y a los problemas de la provincia de Buenos Aires.

- Perfeccionar, adaptar, crear y desarrollar métodos, técnicas, sistemas y productos aplicables al planeamiento, diseño y equipamiento urbano arquitectónico.

- Iniciar y apoyar acciones tendientes a difundir y explicar los problemas del Planeamiento Físico.

- Investigar el impacto de las obras y acciones del humano y desarrollar las correspondientes metodologías de evaluación, propiciando una tarea multidisciplinaria.

- Transferir los resultados alcanzados, a través de la difusión y el asesoramiento, a organismos municipales, provinciales, nacionales, privados o profesionales.

Actividades y servicios a terceros.

Los estudios, actividades y servicios a terceros que cubre el LINTA se inscriben en las categorías de investigación aplicada, asesoramiento, transferencia de resultados y difusión, en los campos del Planeamiento, así como del territorio y de los núcleos urbanos y rurales bonaerenses.

- * Estudios sobre circunstancias, problemas y posibilidades del territorio y los núcleos urbanos y rurales.

- * Aspectos morfológicos, ambientales y económicos.

- * Aspectos históricos de la morfología territorial urbana y rural. Morfogénesis, cronología y evolución.

- * Evaluación de aspectos cualitativos de la macro y micro morfología urbana y rural.

- * Análisis de la estructura urbana, evaluación de los aspectos macro y micro morfológicos en la organización física, funcional, espacial y del crecimiento. Determinación de modelos físicos.

- * Estudios de morfología y paisaje urbanos para la detección de áreas de conservación, consolidación, renovación, etc. y propuestas para su futuro crecimiento.

- * Definición de premisas de intervención en áreas de conservación; determinación de acciones a nivel técnico y jurídico.

- * Inventarios de patrimonio arquitectónico y urbanístico.

- * Estudios de factibilidad para el tratamiento de edificios o conjuntos de interés histórico, arquitectónico o paisajístico.

- * Definición de usos a los que afectar edificios o conjuntos de interés histórico, arquitectónico o paisajístico para su aplicación a fines culturales, didácticos o turísticos.

- * Evaluación de zonas alternativas que constituyan o puedan constituir paisajes calificados.

- * Propuestas de asignación funcional de espacios libres vacantes y rehabilitación de áreas existentes.

- * Detección de carencias de espacios públicos y recreativos en sus distintas escalas, posibilidades de completamiento y determinación de programas de acción con tales fines.

- * Relación costo-calidad del espacio construido.

- * Aspectos económicos vinculados a la morfología, tecnología y habitabilidad de los espacios construidos.

- * Costos de mantenimiento, operación y rehabilitación de edificios del sector público y privado.

- * Aplicación de métodos de evaluación del costo global (costo inicial y de uso de edificios).

- * Estudios y ensayos de fluidodinámica ambiental.

METODOLOGIAS PARA EVALUAR EL COSTO DE LA CALIDAD HABITACIONAL

Aplicación a Viviendas Bonaerenses



Equipo de Investigación:

Arq. Beatriz C. Amarilla
Investigadora Independiente CIC
Directora del Proyecto

Ing. Alberto J. Stornini
Profesional Principal CIC

Arq. Renaldo Coletti
Becario de Perfeccionamiento CIC

Srta. María Florencia Gómez
Becaria de Entrenamiento CIC

Diagramación y diseño de tapa:
Arq. Graciela A. Molinari
Profesional Adjunto CIC

LABORATORIO DE INVESTIGACIONES DEL TERRITORIO Y EL AMBIENTE

Camino Centenario 506 (1897) M. Gonnet
Tel. (021) 71 1726 Fax: (021) 25 8383

Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires
Ministerio de la Producción y el Empleo

Agosto de 1996

Expresamos nuestro reconocimiento a:

* La Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, quien con su apoyo hizo posible la realización de este trabajo.

* El Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de CIC, y en especial a su Director, Ing. Antonio Méndez, por la información aportada en relación a valores de aislamiento acústico de elementos constructivos.

* Los Arqs. Miguel Mendicino y Aldo Sardi, respectivamente Director General de Obras y Director de Estudios y Proyectos del Instituto de la Vivienda de la Provincia de Buenos Aires, quienes posibilitaron la aplicación de técnicas de evaluación post-ocupacional en el conjunto de viviendas ubicado en 13 y 526 de la ciudad de La Plata.

* Los vecinos del conjunto habitacional mencionado que colaboraron respondiendo a la encuesta de evaluación.

INDICE

1. INTRODUCCION	5
1.1. Premisas básicas y objetivos	5
1.2. Variables de costo y calidad	5
1.3. Notas	6
2. LA CALIDAD Y SU COSTO	7
2.1. La calidad arquitectónica	7
2.2. La calidad de productos y servicios	7
2.3. La calidad y el sector de la construcción	7
2.4. El costo de la calidad en Francia: el indicador Qualitel	8
2.5. Notas	9
3. APLICACION DE TECNICAS DE EVALUACION POST-OCUPACIONAL	11
3.1. Antecedentes teóricos	11
3.1.1. Conceptos básicos	11
3.1.2. El concepto de performance	11
3.1.3. Fases y niveles de profundidad	12
3.2. Aplicación a un conjunto de viviendas	12
3.2.1. Características del POE desarrollado	12
3.2.2. Características del conjunto habitacional estudiado	13
3.2.3. Recorrido programado exterior	15
3.2.4. Encuestas: análisis de resultados	16
3.2.5. Conclusiones	18
3.3. Notas	19
3.4. Anexo Encuesta	21
3.5. Anexo Fichas	25
4. METODOLOGÍAS PARA EVALUAR RELACIÓN COSTO-CALIDAD EN FACHADAS DE VIVIENDAS	31
4.1. Aspectos acústicos	31
4.1.1. Calidad acústica de una fachada	31
4.1.2. Procedimiento básico de evaluación	32
4.1.3. Selección de las fachadas a evaluar	32
4.1.4. Estimación de los valores de las variables de calidad: R_w y NR	33
4.1.5. Estimación de los costos	35
4.1.6. Análisis de los resultados obtenidos	35
4.1.6.1. Análisis de los índices R_{w10}	35
4.1.6.2. Análisis de los números NR	36
4.1.6.3. Análisis de los puntajes obtenidos	36
4.1.6.4. Rendimiento de la inversión	38
4.1.7. Conclusiones	38
4.2. Aspectos Térmicos	39
4.2.1. Metodología empleada	39
4.2.2. Parámetros térmicos de calidad: K y G	39
4.2.3. Cálculo de la transmitancia térmica K de muros y aberturas	40
4.2.4. Cálculo del coeficiente volumétrico de pérdida de calor G	41
4.2.5. Valores máximos admisibles	41
4.2.6. Análisis de los resultados obtenidos	42
4.2.6.1. Análisis de los valores de K	42
4.2.6.2. Análisis de los valores de G y carga térmica de calefacción anual	43
4.2.7. Conclusiones	44
4.3. Conclusiones Generales	44
4.4. Notas	44
4.5. Anexo Tablas	45
5. BIBLIOGRAFÍA	53

1. INTRODUCCION

1.1. PREMISAS BÁSICAS Y OBJETIVOS

El tema habitacional es indudablemente complejo; todo problema relacionado con él, aún cuando parezca ser puntual y especializado, debe estar encuadrado en un marco global, reflejante de la trama de relaciones que se establecen entre la parcela de la realidad bajo estudio y los subcontextos ambiental, tecnológico, económico y sociocultural.

En este sentido, y en función del tema de estudio propuesto, se reconocen los siguientes fundamentos básicos:

* La consideración a la magnitud del déficit habitacional argentino, gran parte del cual se concentra en áreas de la Provincia de Buenos Aires, en especial en el Conurbano Bonaerense.

* La restricción en el presupuesto anual estatal destinado a vivienda en relación a la demanda existente.

* La configuración productiva del sector de la construcción, caracterizado por una menor concentración de capital que otros sectores industriales y por un alto contenido de mano de obra, permite el desarrollo de gran número de especializaciones de menor nivel de sofisticación tecnológica.

* Un edificio no es un hecho temporal puntual, sino que tiene una extensa vida útil durante la cual tiende a degradarse y transformarse.

* La envolvente de las viviendas y edificios destinados a habitación (muros exteriores y cubierta) es un elemento crítico en la relación costo-calidad. En efecto, la «piel» del edificio es el elemento intermedio entre los factores del ambiente exterior y el microclima interior, y como tal cada elemento que la integra tiene funciones múltiples y simultáneas: estructural, de cerramiento, de aislación higrotérmica y acústica, de iluminación y ventilación, etc. Poder optimizar los costos de la envolvente constituye un punto clave en el proceso de control del costo global.

En síntesis, se hace imprescindible a nuestro juicio implementar medidas tendientes a optimizar el costo de la calidad en la construcción, para conciliar la escasez de recursos económicos del Estado con las necesidades cuantitativas y cualitativas de la población en materia de vivienda, infraestructura y equipamiento. Aspectos macro y microeconómicos se potencian, como lo prueba la preocupación reflejada en la ley de Financiamiento

de la Vivienda y la Construcción (diciembre de 1994), que procura incentivar la construcción de viviendas, estableciendo convenios con empresarios, obreros de la construcción y sector bancario para minimizar los costos actuales y maximizar la posibilidad de acceso a la vivienda.

Dentro de este marco conceptual, los objetivos perseguidos se refieren a:

* Relevar medidas de «performance» de viviendas, utilizando técnicas de evaluación post-ocupacional, instrumentado un feed-back de información que sustente futuras decisiones en la materia. Se atenderá especialmente al marco ambiental y socioeconómico de implantación de los ejemplos estudiados, para no cometer errores en el proceso de transferencia de la información a potenciales bancos de datos .

* Diseñar métodos para evaluar la relación costo-calidad en edificios pertenecientes al sector habitacional, verificando dicha metodología a través de viviendas construidas por el sector público en la Provincia de Buenos Aires. A los efectos de recortar claramente el universo de estudio se entenderá aquí por costos a los referidos a los insumos básicos de la construcción (materiales y mano de obra), y por calidad a aspectos acústicos y térmicos de las fachadas de los edificios.

* Establecer pautas metodológicas tendientes a optimizar los valores de las variables en estudio: se pretende analizar la «proporcionalidad» de la relación costo-calidad antes definida en fachadas, de manera de poder realizar un correcto diagnóstico acerca de cuándo , cómo y dónde es aconsejable disminuir los costos de los insumos básicos sin afectar la calidad básica pactada.

1.2. VARIABLES DE COSTO Y DE CALIDAD

En lo referente a la variable económica, y aunque por motivos instrumentales se trabaje aquí sólo con costos de insumos, se tendrá siempre presente el concepto de «costo global», es decir, aquél que incluye no sólo a las erogaciones iniciales (previas a la obra y propias de la misma), sino también a las que se deben afrontar en la vida útil del edificio, como los costos de mantenimiento y operación.⁽¹⁾

Ello es fundamental en la materia en la que se está trabajando, ya que la «transferencia de costos» a la población (bajos costos de construcción que redunden en altos costos para los usuarios), tiene múltiples consecuencias negativas , que revelan una trama de decisiones equivocadas duran-

te el proceso de planificación, diseño, producción y uso del hábitat: falta de consideración del ambiente o entorno al proyectar, errores de diseño morfológicos y tecnológicos, deficiente materialización, uso inadecuado de espacios e instalaciones, etc.

Las consecuencias socioeconómicas de lo expuesto son evidentes: costos de mantenimiento elevados para usuarios que no pueden afrontarlos, rápido deterioro y acortamiento de la vida útil, derroche de fondos estatales y privados (inhabilitados así para ser utilizados en nuevos emprendimientos sociales o productivos), reducción de los niveles de habitabilidad por debajo de los mínimos establecidos por la normativa, imposibilidad de amortizar el déficit habitacional por la corta vida útil de un bien que por definición es muy durable, etc.⁽²⁾

Las variables de performance que se tendrán en cuenta en la evaluación post-ocupacional se relacionan con aspectos de funcionalidad, habitabilidad, durabilidad, etc. En general se trata de características mensurables, lo que no excluye una apreciación personal y subjetiva de las mismas.

Respecto de las variables de calidad que se confrontarán con los costos, la aislación acústica no suele ser considerada como un dato básico de diseño, en especial en el caso de viviendas colectivas para usuarios de recursos económicos limitados. Razones tecnológicas y socioeconómicas han llevado simultáneamente a un incremento del nivel de ruido y a una disminución de la protección de los usuarios ante este fenómeno. El objetivo de querer disminuir costos, aumentar la productividad, etc., han provocado el uso de muros livianos, fachadas ligeras, aventanamientos poco estancos; al mismo tiempo, el incremento del parque automotor, la proliferación de aparatos domésticos de todo tipo a nivel de consumo standard, conducen a niveles críticos dentro de esta situación.⁽³⁾

Más allá de los problemas de confort, la legislación vigente en otros países se ha convertido en fuerte incentivo para que la calidad acústica sea determinante en el momento de fijar montos de venta y alquiler de inmuebles, lo que, por vía de la rentabilidad, ha influido en la consideración del problema acústico desde la misma concepción del proyecto.⁽⁴⁾

En lo concerniente a los aspectos térmicos, existe en nuestro medio una legislación más explícita a cumplir (por ejemplo, obligación en los proyectos de vivienda financiados con fondos públicos de demostrar el cumplimiento de ciertas Normas IRAM de confort térmico); pero el problema

está lejos de ser resuelto. La elección de morfologías y tecnologías habitacionales no compatibles con el ambiente y el entorno han conducido a la presencia de patologías típicas por deficiencias higrotérmicas. Gran parte de las causas de discomfort y costos adicionales durante la vida útil de los edificios se origina en fallas de la envolvente por motivos térmicos, de humedad y condensación.⁽⁵⁾

El trabajo consta de tres partes:

* En la primera, se expone el concepto de calidad y su costo, centrándose en los problemas particulares que surgen en el ámbito de la construcción.

* En la segunda, se presentan técnicas de evaluación post-ocupacional, las que se aplican a un conjunto de viviendas ubicadas en la ciudad de La Plata.

* En la tercera, se desarrollan metodologías para evaluar costos de fachadas de viviendas, confrontándolos con su «performance» desde el punto de vista acústico y térmico, variables que mostraron ser críticas en el análisis post-ocupacional anterior. Recordemos una vez más que las fachadas son elementos constructivos no homogéneos que tienen requerimientos múltiples: estructurales, de cerramiento, de aislación térmica, hidrófuga, acústica, etc. Por lo tanto habrá que considerar y priorizar este conjunto de funciones en cada caso particular, de modo de optimizar la calidad integral de la fachada, obteniéndola al menor costo global posible.

1.3. NOTAS

1. MASCARÓ, Juan: «Métodos de Evaluación de Proyectos». Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de La Plata, 1979.

2. AMARILLA, Beatriz: «Los Costos de Mantenimiento de Edificios en Países en Vías de Desarrollo». Informes de la Construcción, Vol. 41 N° 404, Madrid, 1989.

3. NIILUS, Malle: «Aislación Acústica en las Viviendas». Bouwcentrum Argentina; Buenos Aires, 1965.

4. SOCOTEC: «Réussir la Qualité dans la Construction». Editions du Moniteur, Paris, 1992.

5. AMARILLA, Beatriz: «Cost of Thermal Comfort». International Journal for Housing Science and its Applications, Vol. 13 N°2, Florida, USA, 1989.

2. LA CALIDAD Y SU COSTO

2.1. LA CALIDAD ARQUITECTÓNICA

La calidad arquitectónica es un concepto complejo, continente de múltiples variables evaluables objetiva y subjetivamente. Las opiniones de los críticos dejan de ser coincidentes cuando dichas variables se apartan del campo de lo mensurable: en forma directa o indirecta se está cuestionando la esencia misma de la arquitectura, esencia que, como anota Geoffrey Broadbent, para algunos autores radica en el espacio, para otros en los detalles.⁽¹⁾

A la pregunta ¿qué es un edificio, cuál es su función objetiva?, Broadbent responde:

* Es un contenedor de actividades humanas, que provee espacios apropiados, en forma y tamaño, para la función a cumplir, y donde las relaciones que se establecen entre ellos pueden ser tanto o más importantes que los espacios en sí mismos.

* Es un filtro ambiental, establecido entre los usuarios y el ambiente externo: el edificio debe ser satisfactorio en términos térmicos, acústicos, de iluminación, ventilación, etc.

* Es una inversión de capital que involucra costos para fabricar materiales, construir la obra y mantenerla a través del tiempo, y que es capaz de modificar los valores económicos del sitio.

* Es un elemento causante de impactos y modificaciones al ambiente en múltiples aspectos.

* Es un símbolo cultural.

En este trabajo nos centraremos en algunos aspectos mensurables de la arquitectura, sin ignorar que la calidad parece ser algo más que la satisfacción de criterios cuantitativos. De hecho, muchos edificios reconocidos como hitos en la historia de la arquitectura no responden satisfactoriamente a uno o varios de los puntos antes citados.⁽²⁾

2.2. LA CALIDAD DE PRODUCTOS Y SERVICIOS

De acuerdo a la definición más corriente actualmente aceptada, la calidad es la aptitud que tiene un producto o un servicio para satisfacer las necesidades de los usuarios. De esta definición se desprende que la calidad es una noción relativa, siempre ligada al punto de vista del cliente.⁽³⁾

Existen niveles diferentes de necesidades a satisfacer, de acuerdo a las aspiraciones y a los medios disponibles de los usuarios existentes en el mercado. A cada grupo corresponde un nivel de

calidad óptimo, que une las nociones de precio y performance. La calidad no está ligada a una determinada necesidad; en realidad, dicha calidad depende del grado de concordancia entre el nivel de exigencia considerado, y el precio y performance propuestos como respuesta.

Tomando un ejemplo típico de la industria automotriz, un Rolls Royce no es necesariamente de mejor calidad que un 2 CV. Los niveles de calidad que caracterizan a las dos categorías de automóviles no pueden medirse con iguales parámetros, ya que no se destinan a satisfacer idénticas demandas. Calidad no es sinónimo de lujo: cada uno es tan célebre en su género como el otro.⁽⁴⁾

La actualidad que revisten hoy los conceptos de calidad y no calidad se debe principalmente a razones económicas. Los costos de la no calidad son siempre subestimados porque no aparecen nunca en los balances contables. Existen además costos reales muy importantes pero difíciles de valorar para una empresa, como la pérdida de clientes, degradación de la imagen de una marca, oportunidades perdidas de desarrollo, etc.

2.3. LA CALIDAD Y EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

En el sector de la construcción, las formas más evidentes de la falta de calidad son las que surgen una vez que el producto está habitado y en uso. Los defectos más habituales son los problemas de aislamiento de todo tipo, desprendimiento de revestimientos, deformación excesiva de estructuras, fallas de equipos, fisuras en elementos de obra, asentamiento de fundaciones, etc.

La magnitud y el costo de la no calidad van mucho más allá de las fallas y problemas técnicos visibles. Estos muchas veces son sólo la consecuencia de problemas de organización, de formación de personal, de métodos y relaciones de trabajo, problemas originados, como es evidente, mucho antes de que se instale un obrador.

Si bien las nociones básicas sobre calidad son de aplicación general, deben hacerse algunas consideraciones, teniendo en cuenta que la construcción presenta particularidades que la diferencian de otros sectores de la industria: el ámbito físico de la producción, las relaciones entre las personas o grupos involucrados, los tiempos empleados, la cantidad de trabajo artesanal, etc.⁽⁵⁾

* Según la magnitud de la obra, asocia a múltiples personas, grupos o empresas que posiblemente nun-

ca han trabajado antes juntos.

* Es una «fábrica nómada», no existe «unidad de lugar» como en otras empresas.

* Esta fábrica es efímera, su duración coincide con la de la obra.

* La obra final (edificio) resulta de la sumatoria de intervenciones más elementales realizadas por diferentes equipos. Estos grupos no se encuentran simultáneamente, existiendo desfases más o menos importantes entre la actuación de unos y otros.

* Existen hábitos y tradiciones que se perpetúan entre los diferentes gremios de la construcción.

* La cantidad de tarea artesanal continúa siendo importante aún en los países industrializados, y la mayor parte del trabajo se suele desarrollar en condiciones difíciles.

* La totalidad de datos del problema no es conocida por todos los participantes en el proceso.

* En el obrador trabajan en contacto y en el mismo espacio físico personas con diferente posición, formación y cultura.

* Los equipos de trabajo pertenecen a estructuras que pueden ser muy diferentes, desde una empresa familiar a una multinacional; esta variación de tipo y escala también caracteriza al producto de la construcción, que abarca desde una vivienda individual hasta, por ejemplo, una central nuclear⁽⁶⁾.

2.4. EL COSTO DE LA CALIDAD EN FRANCIA: EL INDICADOR QUALITEL⁽⁷⁾

En Francia, las pérdidas anuales relacionadas con la no calidad, teniendo en cuenta todos los sectores de actividad empresarial, son del orden de 30 millones de francos. Esta cifra representa para las empresas una pérdida que varía entre 13.000 y 30.000 francos por asalariado y por año, según los sectores de actividad.

La asociación Qualitel tiene como objetivos asesorar a la administración pública sobre la calidad técnica de viviendas nuevas cuya construcción ha sido financiada por el Estado; e informar a los compradores y usuarios, suministrándoles formas de apreciación de la calidad de sus viviendas.

Así se ha creado una grilla con puntajes aplicable a legajos de proyectos, denominada «indicador Qualitel». Esta asociación ha desarrollado, a partir de 1982, la «etiqueta Qualitel» que evalúa, a partir de un legajo de obra, la calidad técnica global del proyecto según un grupo de criterios:

* Protección contra ruidos emitidos en el exterior e interior del edificio.

* Costo de mantenimiento de techos y fachadas.

* Niveles de calefacción y uso de agua caliente.

* Confort térmico de verano.

* Instalaciones sanitarias y eléctricas.

A partir de 1990, todo grupo de viviendas que supere las 25 unidades y que comprenda operarias con determinado tipo de préstamos, está sujeto a la evaluación con el método Qualitel. Un financiamiento suplementario depende de la obtención de la etiqueta mencionada.

Este dispositivo se completa con etiquetas de calidad específicas correspondientes a: alta performance energética (térmica), calidad acústica y de accesibilidad para discapacitados en edificios. La etiqueta «Qualitel/Mieux» se otorga a los proyectos que certifiquen las tres anteriores, creando un criterio unificado de evaluación que sirve de base a la estimación del monto de las ayudas económicas públicas otorgables a la construcción.

SOCOTEC realizó una encuesta en empresas de tamaño medio, relevando 350 diagnósticos de calidad. Los costos de la calidad (COQ) han sido obtenidos considerando las inversiones en prevención (P), las inversiones en evaluación y control (E) y los costos de fallas (D) (no calidad). También se incluye el valor VA (valor agregado que surge de considerar salarios, cargas sociales, impuestos, gastos financieros, amortizaciones, etc.), que tiene en cuenta especialmente la influencia del personal en el costo de la calidad. Por último, CA representa el volumen de negocios.

Los cifras redondeadas obtenidas para la industria de la construcción e ingeniería civil son:

P/COQ :	21 %
E/COQ :	11 %
D/COQ :	68 %
COQ/CA :	9 %
COQ anual por persona:	39.160 FF.
COQ/VA :	23 %

Las tres primeras cifras indican las proporciones de las inversiones en prevención, control y fallas en relación al costo de obtención de la calidad. Se comprueba el predominio de la inversión en solución de fallas, tendencia que se repite en todos los sectores industriales estudiados.

El costo de obtención de la calidad siempre representa entre un 10 y un 15% del volumen de negocios, en la mayoría de los sectores estudiados (COQ/CA).

COQ/VA indica la incidencia del costo de la calidad en relación al valor agregado. Esta cifra, bastante elevada en casi todos los casos, indica que el personal debe ser una de las preocupaciones principales de los responsables de empresas.

El aspecto técnico de la no calidad se origina en los errores que se producen durante el proyecto y construcción de una obra. El estudio de dichos errores y de sus consecuencias (patología de la construcción) suministra indicadores útiles para prevenir riesgos futuros.

Sécuritas y Socotec realizan recolección sistemática de datos de patología de la construcción, y la agencia Qualité Construction publica periódicamente las estadísticas obtenidas.

Se analizaron doce tipos de edificios con diferentes funciones (viviendas, oficinas, garages, cultura, salud, etc.) que comprendían 46.000 siniestros, cuyos costos de reparación fuesen inferiores a un millón de francos. Se listan a continuación los valores referidos a viviendas individuales y a otros edificios habitacionales (los doce tipos de edificios representan el 100% de los casos).

Items analizados	Vivienda individual	Otros edificios habitacionales
% del número total de falla	61	27
% del costo de reparación	48	25
Costo medio de la reparación (francos ht.)	16.400	19.100

Se aprecia que el 88 % de fallas observadas corresponden a viviendas, que a su vez representan el 73 % del costo de reparación de todos los casos analizados. Por su parte el costo medio por reparación resulta relativamente bajo comparado con otro tipo de edificios (esta cifra se acerca a los 50.000 francos en comercios, edificios para deportes, cultura, industria, etc.).

En lo referido a los rubros constructivos involucrados, los mayores porcentajes de fallas y porcentajes del costo total de reparaciones corresponden a la envolvente (cubiertas y fachadas). Los costos medios por reparación más elevados se encontraron en cambio en fundaciones, muros de sostén, terraplenes, etc.

2.5. NOTAS

1. BROADBENT, Geoffrey: «Architectural Quality». En: «Quality and Profit in Building Design». Ed. por Brandon and Powell, E and F. N. Spon, London, 1984.
2. BROADBENT, Geoffrey: op. cit.
3. SOCOTEC: «Réussir la Qualité dans la Construction». Editions du Moniteur, Paris, 1992.
4. SOCOTEC: op. cit.
5. SOCOTEC: op. cit.
6. SOCOTEC: op. cit.
7. SOCOTEC: op. cit.

3. APLICACION DE TECNICAS DE EVALUACION POST-OCUPACIONAL

3.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

3.1.1. Conceptos básicos

Se llama evaluación post-ocupacional (POE) a un proceso de evaluación sistemático y riguroso de los edificios, luego de finalizada su construcción y mientras el edificio está en funcionamiento.

Los usos y beneficios del POE pueden ser⁽¹⁾:

* En el corto plazo, la identificación de éxitos y fracasos en la performance de un edificio permite recomendar las acciones a emprender para solucionar los problemas allí detectados.

* En el mediano plazo, provee información de base para tomar decisiones de un nivel mayor de complejidad en la construcción. Tal el caso de remodelaciones, refuncionalizaciones o la resolución de problemas en el stock de edificios existentes.

* En el largo plazo, los beneficios se refieren a la aplicación del conocimiento obtenido a través del tiempo, en el diseño de nuevos edificios, especialmente en aquéllos con funciones similares a las estudiadas (hoteles, hospitales, viviendas, etc.).

La evaluación informal y subjetiva de edificios siempre existió. Pero los primeros esfuerzos significativos en materia de evaluación sistemática ocurrieron a mediados de la década del 60 cuando, por ejemplo, se presentaron en los Estados Unidos casos de serias perturbaciones en instituciones como prisiones y hospitales mentales, cuyos orígenes se atribuyeron al ambiente construido.⁽²⁾

En los años 60 creció de manera significativa la investigación referida a las relaciones entre el diseño de edificios y el comportamiento humano, lo que condujo al surgimiento de un nuevo campo de estudio, el de la investigación en diseño ambiental, y a la formación de asociaciones interdisciplinarias relativas al tema. A esta corriente colaboró notablemente la aparición de propuestas acerca de métodos de diseño más rigurosos y racionales, como los difundidos por Christopher Alexander entre 1964 y 1977. Ellas introdujeron la noción de requisitos y patrones en el proceso de diseño, basándose en la evaluación de las necesidades de los destinatarios de los edificios.

En los años 60, las primeras aplicaciones de POE se realizaron en Estados Unidos e Inglaterra en campus universitarios (entre otros motivos, por

la accesibilidad que los grupos de investigación tenían a ellos), existiendo también ejemplos referidos a hospitales, oficinas y escuelas.⁽³⁾

Esta disciplina creció considerablemente en la década del 70, basada en un amplio desarrollo del conocimiento en el área de métodos de evaluación, tipologías de edificios y comportamiento de los usuarios. Oscar Newman investigó en 1973 la relación entre el número de delitos y el diseño, tamaño, escala y control del espacio en grupos de viviendas financiadas por el Estado. La influencia de este trabajo fue definitoria, a tal punto que modificó la política habitacional de Estados Unidos en materia de diseño, y evidenció los beneficios de la aplicación de estos métodos en gran escala.⁽⁴⁾

En la década del 80, POE se desarrolló como una disciplina en sí misma, surgiendo glosarios de términos estandarizados y redes de investigación en el tema, al tiempo que se realizaban vastas operaciones de aplicación de las técnicas en edificios. Ello provocó significativos avances en teoría, métodos, estrategias y aplicación del POE. En términos de magnitud, vale destacar el trabajo dirigido por Brill en 1984 y auspiciado por varias instituciones, el que incluyó la evaluación de setenta edificios de oficinas con un total de cinco mil empleados, durante un lapso de cinco años.

3.1.2. El concepto de performance

La mayor base teórica y filosófica de POE es el concepto de performance de edificios. Este concepto se aplica usualmente en otros ámbitos, como el deportivo. Preiser compara la toma de decisiones de un apostador en una carrera de caballos y la toma de decisiones en la construcción. Antes de apostar, un comportamiento racional indicaría el estudio del pedigrí del candidato, de su desempeño en competencias anteriores, en qué circunstancias se produjeron dichos desempeños, etc. Un apostador irracional, en cambio, haría la elección basándose en el pelaje del caballo o en el color de la chaquetilla del jockey.⁽⁵⁾

En la construcción, según la analogía anterior, las decisiones parecen tomarse más con el criterio del segundo apostador que con el del primero. La información acerca de performance de edificios o no está disponible, o no se consulta. Las carpinterías, por ejemplo, son seleccionadas (en general) por precio, tradición o por folletos atractivos, mientras que los datos acerca de sus propiedades aislantes, nivel de infiltración, puentes térmicos, durabilidad, facilidad de limpieza, etc., se ignora.

Otros campos del conocimiento, como derecho, medicina o negocios, han alcanzado un alto grado de profesionalismo y confiabilidad por su uso riguroso de la evaluación y retroalimentación, teniendo en cuenta el precedente de los sucesos pasados en sus respectivas áreas de especialización⁽⁶⁾.

El proceso de POE incluye tres elementos básicos de performance de los edificios:

* Elementos técnicos: durabilidad, aspectos térmicos y acústicos, iluminación y ventilación, seguridad estructural y contra incendios, aspectos sanitarios, etc.

* Elementos funcionales: definen la posibilidad de operar el edificio en forma eficiente y efectiva, de acuerdo a las funciones específicas para las que fue diseñado.

* Elementos de comportamiento: comprende variables tales como privacidad, seguridad, simbolismo de los edificios, interacciones sociales, aspectos perceptivos, etc.

En el Reino Unido se realizó un proyecto de investigación en el sector público, en 1981, para evaluar la calidad técnica de quince proyectos habitacionales, que incluían un total de casi ochocientas viviendas. Se detectó un promedio de 28 defectos por unidad de vivienda. La mitad de las fallas se originaban en el diseño o sus especificaciones, mientras que la otra mitad se vinculaban a la relación entre edificio y sitio. Los resultados fueron transferidos a un cierto número de estudios de arquitectura, permitiendo dicho feedback de información la corrección de proyectos análogos en curso, en forma previa a su construcción.

3.1.3. Fases y niveles de profundidad

Las fases de un POE genérico pueden describirse de la siguiente manera⁽⁷⁾:

* Planificación: determinación de objetivos, alcances y factibilidad; planificación de recursos; plan de investigación.

* Desarrollo: recolección de datos en el lugar; análisis de la información.

Partiendo de antecedentes teóricos genéricos respecto de la función y tipología de edificios que se está analizando, y en conocimiento del legajo básico del edificio, el trabajo de campo consiste esencialmente en el relevamiento de medidas de performance a través de encuestas, entrevistas con personas claves del edificio, recorridos programados (walk-through), mediciones (térmicas, acústicas,

etc.), relevamiento fotográfico, etc.

* Aplicación: informes, recomendación de acciones a emprender, estudio de la influencia de las recomendaciones en el ciclo de vida de los edificios.

El POE puede desarrollarse a distintos niveles, dependiendo del grado de profundidad requerido, del tiempo y de los recursos humanos y materiales disponibles. Pueden distinguirse tres niveles⁽⁸⁾:

* Indicativo: provee información acerca de los principales defectos y ventajas del edificio. Su duración es muy breve (desde algunas horas a dos días). Se supone que se utilizan evaluadores con experiencia, familiarizados ya con el edificio en estudio.

* Investigativo: es más complejo y requiere una mayor disponibilidad de tiempo y recursos, ya que suele incluir recolección de datos y análisis técnicos más sofisticados. Se suele realizar luego del nivel indicativo, cuando allí se han detectado ítems que exigen una investigación más profunda.

* Diagnóstico: es una investigación abarcante y profunda, con estrategia multimetodológica, que incluye encuestas, observación, mediciones físicas, etc. Su extensión puede llegar a un año o más y sus resultados se orientan al largo plazo, ya que su objetivo no es mejorar un edificio sino el conocimiento en la disciplina, especialmente en lo concerniente a tipos particulares de edificios (conjuntos de viviendas, hospitales, escuelas, etc.).

3.2. APLICACIÓN A UN CONJUNTO DE VIVIENDAS.

3.2.1. Características del POE desarrollado

En base a la teoría expuesta sobre evaluación post-ocupacional, se decidió aplicar un POE de nivel medio de complejidad (investigativo) a un conjunto de 92 viviendas existente en la ciudad de La Plata, cuyas características se listan por separado.

Las técnicas empleadas incluyeron el estudio del legajo de obra, recorrido programado, relevamiento fotográfico, siendo la actividad básica el análisis de la encuesta distribuida a los habitantes del barrio.

Dicha encuesta se basó en modelos teóricos existentes, aunque con adaptaciones debidas a la función de los edificios y las situaciones contextuales del conjunto habitacional, desde el punto de vista físico, socioeconómico, ambiental, etc.

Se distribuyeron ochenta encuestas, de las cuales fueron respondidas cuarenta y siete.

La encuesta, precedida de un encabezamiento dirigido a los usuarios de las viviendas y explicativo de los objetivos de la misma, consta de diez ítems (Anexo Encuesta):

- * Características de usuarios de la vivienda: cantidad, edad, sexo, ocupación, nivel educacional; no se los identifica por apellido. Permite determinar un perfil de los habitantes y su posible correlación con los hechos detectados por la encuesta.
- * Miembro de la familia que responde a la encuesta: se pretende relacionar sus características con las respuestas obtenidas, especialmente teniendo en cuenta que el conjunto está destinado a empleados del Instituto de la Vivienda de la Provincia de Buenos Aires, siendo un grupo de ellos arquitectos.
- * Tiempo que la familia habita la vivienda.
- * Evaluación de locales de la vivienda: en base a una clasificación estándar (malo, regular, bueno, muy bueno), se solicita clasificar a los distintos ambientes desde el punto de vista funcional y de habitabilidad de los espacios (iluminación, ventilación, asoleamiento, confort térmico y acústico).
- * Evaluación de materiales y elementos constructivos: de acuerdo a la misma clasificación estándar, se solicita la evaluación global de los elementos componentes de la envolvente, particiones interiores y revestimientos.
- * Evaluación de calidad global: evaluación de la vivienda en su conjunto, de sus espacios exterior

res y entorno. Incluye aspectos funcionales, de habitabilidad, seguridad, privacidad, mantenimiento, estética, etc.

- * Detección de fallas: se pide listar en orden de importancia las cinco consideradas más críticas.
- * Detección de aspectos positivos: se solicita listar en orden de importancia las cinco ventajas que se consideren más relevantes.
- * Modificaciones realizadas: detección de distintos tipos de modificaciones y sus causas. Se adjuntó a la encuesta un esquema de la vivienda donde era posible indicar mediante grafismos los agregados de superficie cubierta, semicubierta, muros, etc.
- * Observaciones o sugerencias.

3.2.2. Características del conjunto habitacional estudiado

La memoria descriptiva sintética del conjunto de viviendas analizado es la siguiente:

- * Ubicación: calles 13, 15, 526 y 526 bis de la ciudad de La Plata (Figura 3.1).
- * Fecha proyecto y construcción: 1986/87
- * Organismo ejecutor: Instituto de la Vivienda de la Provincia de Buenos Aires.
- * Destinatarios: empleados de dicho Instituto.
- * Descripción sumaria del conjunto: el proyecto

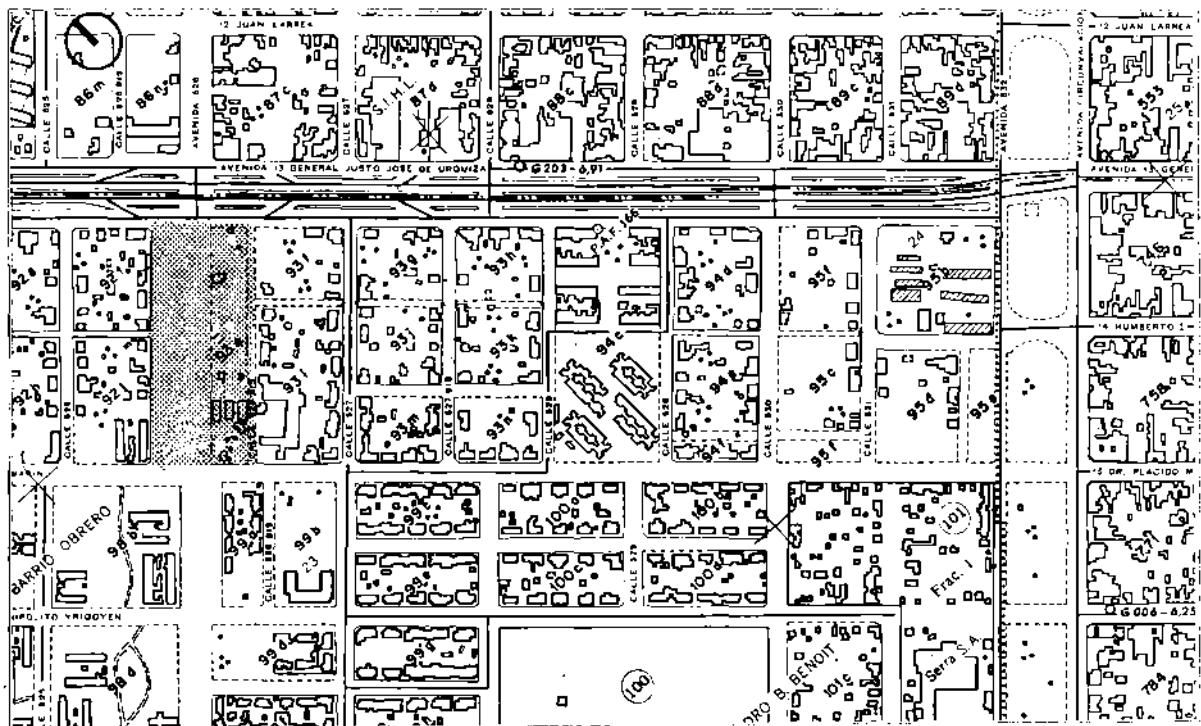


Figura 3.1

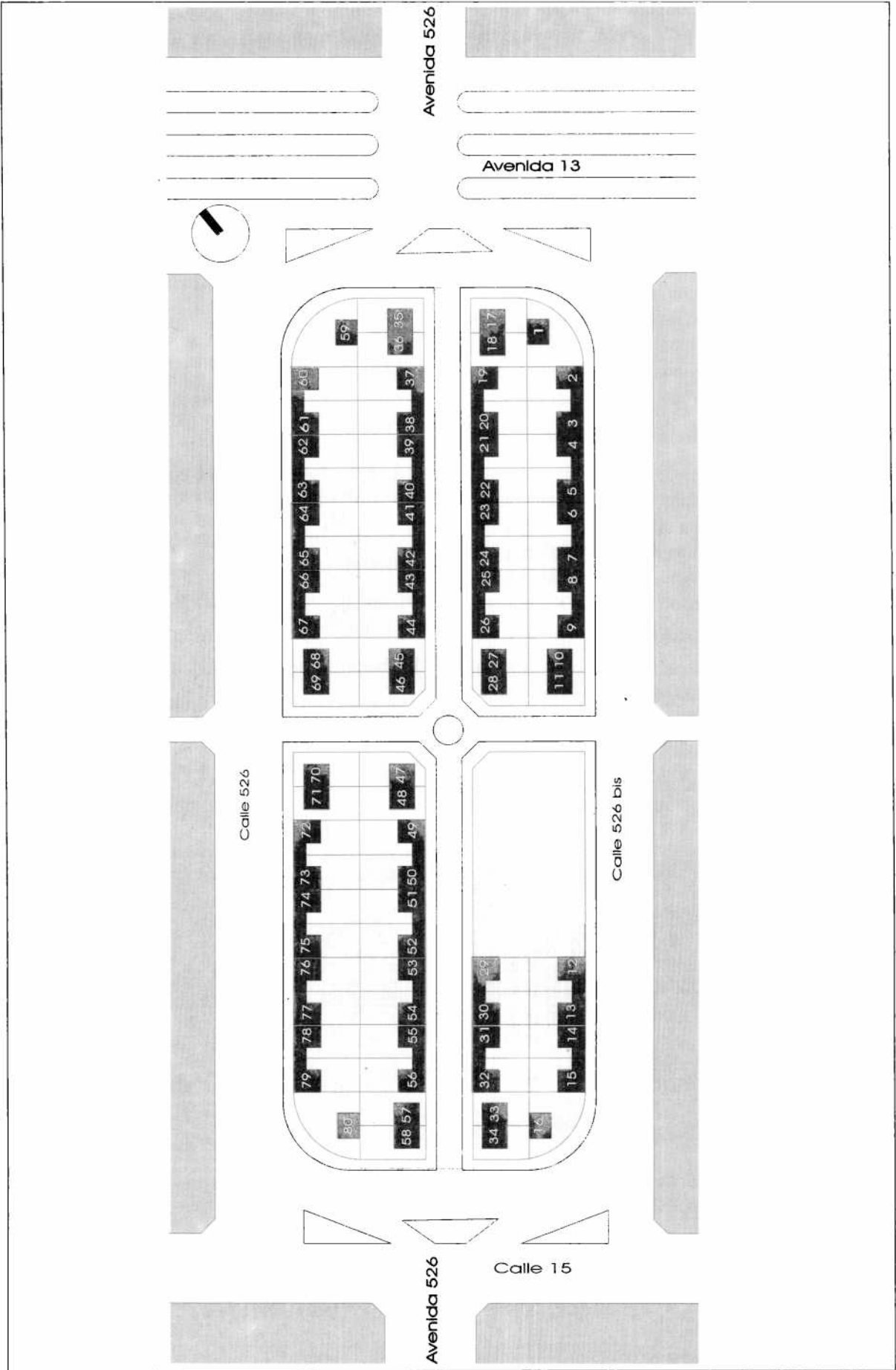


Figura 3.2

define viviendas ubicadas en lotes individuales dentro del rectángulo establecido por las calles citadas (Figura 3.2). Se abrieron dos calles internas, una transversal y la otra longitudinal, para la circulación vehicular dentro del conjunto, que subdividen al área en cuatro rectángulos menores. Se ejecutaron doce viviendas menos que las proyectadas sobre la calle 526 bis (lo que hoy se percibe como un gran espacio libre), habiéndose ubicado una tira equivalente en la calle 15 entre 525 y 526.

* Prototipos: dúplex apareados de 2 y 3 dormitorios, (ver Anexo Encuesta) distribuidos así:

- 28 unidades de 2 dormitorios (66,37 m²)
- 64 unidades de 3 dormitorios (74,95 m²)

* Sistema constructivo: Tradicional

- Mampostería de elevación: ladrillos cerámicos huecos portantes de 0,20 m. de espesor.
- Tabiques interiores: ladrillo cerámico hueco de 0,10 m. de espesor.
- Cubierta: tejas francesas, estructura de madera.
- Carpintería: ventanas de chapa doblada y hojas de aluminio, cortinas de enrollar plásticas. Puertas con marco de chapa doblada.
- Cielorrasos: entretecho, pino nacional cepillado.
- Pisos: cerámico rojo de 0,20 x 0,20 m. en el interior y lajas de cemento de 0,40 x 0,40 m. en el exterior.
- Revestimientos: de azulejos en baños, cocina y lugar para lavadero.
- Instalaciones eléctrica, de gas y sanitaria embutidas. Agua fría y caliente en baño, cocina y toilette. Desagüe cloacal a red y pluvial a cordón cuneta.

3.2.3. Recorrido programado exterior

El recorrido técnico realizado y el relevamiento fotográfico permiten detectar una serie de situaciones que se comentan a continuación.

* Las viviendas se sitúan sobre la traza misma de la avenida 526, ocupando la rambla central original de dicha calle (Figura 3.3).

* El conjunto presenta una estructura simétrica que se enfrenta, sobre todo en sus lados menores, a situaciones urbanas muy diferentes: por un lado la avenida 13 de acceso a La Plata, con flujo de tránsito rápido e intenso, por otro la calle 15, de características opuestas a la anterior.

* Los espacios exteriores del conjunto están constituidos por las calles perimetrales e interiores, con veredas angostas que bordean los bloques de viviendas. El único espacio libre se presenta, como se ha dicho, en la zona donde falta un bloque de

viviendas previsto en el proyecto original. Este gran espacio libre, que se utiliza como cancha de fútbol, se presenta como un lugar residual, prácticamente sin mantenimiento (Figuras 3.4 a 3.7).

* Se evidencia que en general las viviendas frentistas de la calle interior longitudinal tienen un grado de deterioro mayor que el resto. Los laterales de viviendas linderos a la calle transversal interior presentan el aspecto de medianeras, excepto reformas realizadas por los usuarios que tienden a modificar esta situación.

* Aunque el conjunto de viviendas es relativamente nuevo, se observan múltiples modificaciones realizadas con posterioridad a su habilitación, ya terminadas o en obra actualmente (Figura 3.8).



Figura 3.3



Figura 3.4



Figura 3.5



Figura 3.6



Figura 3.7



Figura 3.8



Figura 3.9

* Son notable las diferencias perceptivas en viviendas idénticas, a partir del tratamiento individual de los retiros de frente, cercos, material vegetal, etc. En las Figuras 3.9 y 3.10 se aprecian las dos esquinas simétricas del conjunto, sobre la avenida 13.

* En las fachadas se relevan fisuras de revocos, en general reparadas, así como deterioros en la franja inferior del muro. Muchos usuarios han cubierto esta zona con zócalos de revestimiento cerámico, de piedra, etc. (Figura 3.11)

* En lo referente a carpintería, se observan marcas de agua y óxido en los ángulos inferiores de ventanas. Se han agregado rejas en vanos en forma generalizada. Las viviendas fueron suministradas sin el portón de la cochera, por lo que las soluciones adoptadas son múltiples, notándose grados de deterioro dispares según el material utilizado y el mantenimiento del mismo (Figuras 3.12 y 3.13).

* Se observan algunos agregados de membranas impermeables en la unión entre cubiertas y cargas de mampostería. (Figura 3.13)

3.2.4. Encuestas: análisis de resultados

Los resultados objetivos obtenidos se presentan en Fichas, realizando al final los comentarios



Figura 3.10



Figura 3.11

pertinentes. Muchas conclusiones surgen de respuestas que, directa o indirectamente, se repiten en distintos ítems de la encuesta, lo que permite una visión de conjunto de los hechos más relevantes detectados por los usuarios (ver Anexo Fichas).

*** Perfil de los usuarios en relación a las características de las viviendas (Fichas 3.1, 3.2 y 3.3).**

Las viviendas se clasificaron en cuatro grupos, según el número de dormitorios de las mismas. Se constató que además de los prototipos originales, existían otros modificados con el agregado de un nuevo dormitorio. Más del 75 % de las viviendas tienen actualmente tres o más dormitorios, habitadas por más del 80 % de los usuarios. En la Ficha 3.1 se aprecia también el promedio de habitantes por tipo de vivienda y por cantidad de dormitorios. Las cifras de ocupación son bajas, con promedios menores a los 2 habitantes por dormitorio en todos los prototipos analizados.

En lo referente a edad, un gran porcentaje del grupo encuestado son mayores de 25 años, en general parejas con hijos menores de doce años. La mayoría de los adultos resultaron ser empleados, y los menores estudiantes primarios y secundarios.

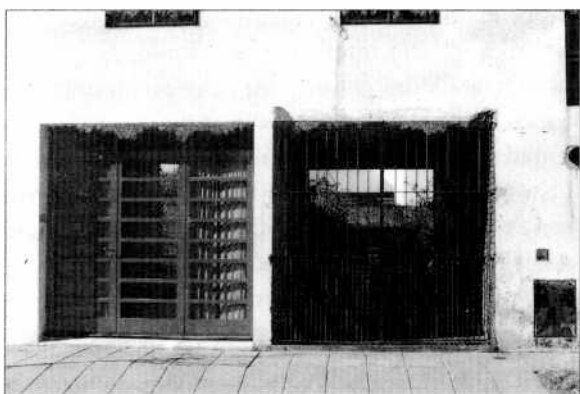


Figura 3.12



Figura 3.13

Respecto del usuario que responde a la encuesta, la mayoría son empleados y profesionales, más de un 60 % con estudios terciarios y universitarios completos o incompletos.

En promedio las viviendas han sido habitadas, por la familia encuestada, 8 años -en general desde la habilitación del conjunto habitacional-.

*** Evaluación funcional y de habitabilidad de locales de la vivienda (Fichas 3.4 y 3.5)**

Los datos relevados permitieron leer la información en dos direcciones: por parámetro de evaluación (ventilación, asoleamiento, etc.) de todos los locales y por calidad general de cada local (garaje, estar, baño, etc.).

En el primer caso, aunque el calificativo «bueno» es el más generalizado, se observan diferencias entre los distintos aspectos evaluados. Los mejores son iluminación y ventilación; adecuación del espacio a la función y asoleamiento tienen una calificación intermedia. Los peores son la aislación térmica y acústica, en especial esta última.

La Ficha 3.5 consta de dos partes, que agrupan respectivamente a los locales de la planta baja y alta. Aunque aquí la evaluación «bueno» también predomina, se advierte que los locales más desfavorecidos en la planta baja son los sanitarios (toilette y cocina), y en planta alta el tercer dormitorio, el único con doble fachada al exterior. El resto presenta una calificación pareja satisfactoria.

*** Evaluación de materiales y elementos constructivos (Ficha 3.6)**

Se presentan con mejor calificación los techos y cielorrasos, con puntaje intermedio las paredes y carpinterías, resultando los más desfavorables revoques y pisos, con predominio de estos últimos en cuanto a su calificación negativa.

Considerando todos los ítems constructivos en forma simultánea, se advierte que un 55 % resultan con calificaciones «bueno y muy bueno», mientras que el 45 % restante corresponden a «regular y malo».

*** Evaluación de calidad global (Ficha 3.7)**

El mejor puntaje pertenece claramente a «ubicación y posibilidades de transporte», seguido por «distribución de los ambientes» y «adecuación y flexibilidad del espacio». La peor calificación es dada a «lugares para guardar», presentando problemas también la seguridad, necesidades de man-

tenimiento y equipamiento básico de la vivienda. Considerando todos los ítems simultáneamente, un 60% de las opiniones responde a la calificación de «bueno y muy bueno», y el resto a «regular y malo».

* **Detección de fallas (Ficha 3.8)**

En esta Ficha se describen los tipos de fallas detectadas, la cantidad de casos relevados, así como algunas precisiones acerca de las características de los defectos denunciados.

Se advierte predominio de las patologías constructivas, incluyendo humedad y filtraciones, fisuras, defectos en insumos básicos, así como fallas en instalaciones, aberturas y revestimientos. Se releva menor cantidad de casos referidos a problemas funcionales y de habitabilidad, y otros como espacio exterior, mantenimiento, seguridad y privacidad.

* **Detección de aspectos positivos (Ficha 3.9)**

Los aspectos positivos detectados se relacionan especialmente con el diseño de la vivienda (tipología de vivienda individual, existencia de garaje, de dos baños, de espacio exterior privado, etc.). También se valoran las características del sitio, especialmente en cuanto a ubicación urbana e infraestructura existente.

* **Modificaciones realizadas (Ficha 3.10)**

La modificación principal es el agregado de superficie cubierta y semicubierta. También son relevantes la adición de dispositivos de seguridad (mayoritariamente rejas) y de cerramientos de distinta índole (cercos medianeros, portones de garaje no incluidos en la vivienda original, etc.)

* **Observaciones y sugerencias (Ficha 3.11)**

No aparecen en todas las encuestas realizadas; son de índole muy variada y se ha tratado de agruparlas por afinidad. Se sugieren mejoras en el diseño de la vivienda, de la infraestructura, servicios y espacios exteriores, coincidentes con las ya expresadas en otros ítems de la encuesta. Son interesantes otras sugerencias de carácter general, como las referidas a optimizar la relación entre los usuarios y el ente proveedor de las viviendas durante la vida útil de las mismas, así como conocer y aplicar los resultados de la presente encuesta.

3.2.5. Conclusiones

* Tomando en cuenta el conjunto de variables ana-

lizadas, se aprecia que la opinión de los usuarios acerca del conjunto habitacional es en general buena. Es muy posible que la evaluación de los ítems aislados se vea influida por otras consideraciones de carácter superior. Cuando se consulta sobre las ventajas o aspectos positivos del conjunto, algunas respuestas se refieren a cuestiones socioeconómicas que no se relacionan con diseño o tecnología: la vivienda configura por sobre todas las cosas una solución habitacional para la familia, con cuotas accesibles de acuerdo a sus ingresos.

* Es apreciado el hecho de contar con una unidad que tiene todas las características de una vivienda individual (y no de un departamento): se destacan la existencia de cocheras, de baño y toilette, de espacio verde exterior, así como la posibilidad de crecimiento de la vivienda en el tiempo. De hecho, esas posibilidades de expansión, simples de llevar a la práctica, han sido utilizadas por un número importante de usuarios, aun cuando el conjunto tiene relativamente pocos años de habitado.

* Es notable la importancia que otorgan los usuarios a la ubicación del conjunto y a sus posibilidades de comunicación con áreas céntricas y de trabajo.

* Mientras que las ventajas del conjunto están relacionadas fundamentalmente con aspectos de diseño, los defectos se vinculan a patologías constructivas. Sería interesante profundizar sobre el origen de dichas patologías, ya que estudios realizados en diversos países muestran que más de la mitad de las mismas en realidad se originan en decisiones erróneas de diseño⁽⁹⁾. Aquí el término diseño tiende a ser identificado con aspectos funcionales o estéticos, identificación que suele ser habitual en el ámbito de la arquitectura.

También deben analizarse siempre posibles desfases entre los materiales y elementos previstos en el legajo original y las modificaciones llevadas a cabo durante la ejecución de las obras.

* Desde el punto de vista de los elementos constructivos, los pisos de cerámico rojo constituyen el ítem más criticado. Sería conveniente estudiar si ello se debe a la mala calidad del material, de la mano de obra, a su falta de adaptación a la función de los locales, o a más de una esas razones.

* Desde el punto de vista funcional, son puntos muy criticados la carencia de lugares para guardar y de un local de lavadero, lo que no parece acorde con el tamaño de las viviendas y la cantidad de usuarios potenciales.

* Entre los aspectos de habitabilidad, la aislación

térmica y acústica surgen como los más conflictivos. Desde el punto de vista térmico, deberían verificarse los valores de transmitancia térmica superficial y global, determinando las causas de tal situación. En cuanto a los aspectos acústicos, sería necesario analizar las fuentes de ruido externas e internas (tránsito, actividades ruidosas, etc.), los caminos sonoros (aire, estructuras, etc.) y los recintos receptores (locales), para proponer soluciones superadoras y factibles técnica y económicamente.

Estos aspectos se han elegido como parámetros de calidad para su confrontación con los costos, tema a desarrollar en el capítulo siguiente.

3.3 NOTAS

1. PREISER, Wolfgang: «Towards a Performance-Based Conceptual Framework for Systematics POES». En: «*Building Evaluation*». Ed. por W. Preiser, Plenum Press, New York, 1989.
2. PREISER, Wolfgang et al.: «*Post-Occupancy Evaluation*». Van Nostrand Reinhold, New York, 1988.
3. RABINOWITZ, Harvey: «The Uses and Boundaries of Post-Occupancy Evaluation: an Overview». En: «*Building Evaluation*». Ed. por W. Preiser, Plenum Press, New York, 1989.
4. PREISER, Wolfgang et al.: op. cit.
5. PREISER, Wolfgang et al.: op. cit.
6. PREISER, Wolfgang et al.: op. cit.
7. PREISER, Wolfgang et al.: op. cit.
8. PREISER, Wolfgang: op. cit.
9. COMITÉ EURO-INTERNACIONAL DEL HORMIGÓN: «*Control de calidad para estructuras de hormigón*». Boletín N° 157 del CEB. Madrid, 1983.

ANEXO ENCUESTA

La Plata, de junio de 1996.

Sr. Usuario:
Conjunto Habitacional 92 viviendas
Calle 526 - 526 bis -13 y 15 - La Plata

El objetivo de la presente encuesta es realizar una "EVALUACION POST-OCUPACIONAL", es decir, medir la calidad de viviendas en uso en términos de confort, funcionalidad, durabilidad, seguridad, etc. Los resultados de este cuestionario, junto con otras evaluaciones técnicas que se llevarán a cabo en forma simultánea, permitirán proponer mejoras a la situación actual y volcar esta experiencia a futuros proyectos semejantes al que se está estudiando, optimizando la calidad y disminuyendo costos.

Este trabajo forma parte del Proyecto de Investigación "Viviendas bonaerenses: confrontación de aspectos económicos con variables de calidad acústica, térmica y de mantenimiento", desarrollado por el Laboratorio de Investigaciones del Territorio y el Ambiente (LINTA) y subsidiado por la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC).

Le recordamos que los datos obtenidos ser utilizados en forma confidencial, y se relevan al sólo efecto de obtener medidas estadísticas que respondan a los objetivos citados.

Le agradecemos desde ya su valiosa colaboración en el desarrollo del presente trabajo.

.....
por el Instituto de la Vivienda
de la Provincia de Buenos Aires
(IVBA)

.....
por el Laboratorio de
Investigaciones del
Territorio y el Ambiente
(LINTA)

Esta encuesta ser retirada el día

ENCUESTA DE EVALUACION POST-OCUPACIONAL

Vivienda Nº:

I. CARACTERISTICAS DE LOS USUARIOS DE LA VIVIENDA :

Usuario	Edad	Sexo	Ocupación	* Nivel educacional
A				
B				
C				
D				
E				
F				
G				

* Nivel educacional: primario, secundario, universitario (especificar si es completo, incompleto o en curso)

II. MIEMBRO DE LA FAMILIA QUE RESPONDE A LA ENCUESTA:
(Identificar como A, B, C, etc., según la columna "Usuario" del punto I)

III. TIEMPO QUE LA FAMILIA HABITA ESTA VIVIENDA:
..... años meses

IV. EVALUACION DE LOCALES DE LA VIVIENDA: contestar de acuerdo a la siguiente escala:

- .M: malo
- R: regular
- B: bueno
- MB: muy bueno

Aspectos a evaluar	Locales								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a. Adecuación del espacio a la función.									
b. Iluminación natural									
c. Ventilación									
d. Asoleamiento									
e. Confort térmico									
f. Confort acústico									

V. EVALUACION DE MATERIALES Y ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS: de acuerdo a su criterio, y aplicando la escala anterior (M, R, B, MB), evalúe la calidad de los siguientes elementos en forma global.

Elementos a evaluar	Calificación
Paredes	
Techo	
Carpintería	
Cielorrasos	
Revoques	
Pisos	

VI. EVALUACION DE CALIDAD GLOBAL: de acuerdo a su criterio, y aplicando la escala anterior (M, R, B, MB), evalúe los siguientes aspectos en forma global.

Aspectos a evaluar	Calificación
a. Adecuación y flexibilidad del espacio	
b. Distribución de ambientes y relación entre ellos	
c. Confort	
d. Seguridad	
e. Durabilidad	
f. Privacidad	
g. Lugares para guardar	
h. Equipamiento básico incluido en la vivienda	
i. Estética	
j. Necesidades de mantenimiento	
k. Espacios exteriores privados	
l. Espacios exteriores públicos o semipúblicos	
m. Ubicación de la vivienda en la ciudad. Opciones de transporte	

VII. DETECCION DE FALLAS : enumere en orden de importancia las cinco fallas o problemas que considere más críticos en la vivienda o en su entorno inmediato.

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

VIII. DETECCIÓN DE ASPECTOS POSITIVOS: enumere en orden de importancia las cinco virtudes que considere más relevantes en la vivienda o en su entorno inmediato.

1.

2.

3.

4.

5.

IX. MODIFICACIONES REALIZADAS : (se considera como tal al agregado de superficie cubierta o semicubierta, de cerramientos, colocación de rejas, cercos, revestimientos, etc, realizados después de la habilitación de la vivienda):

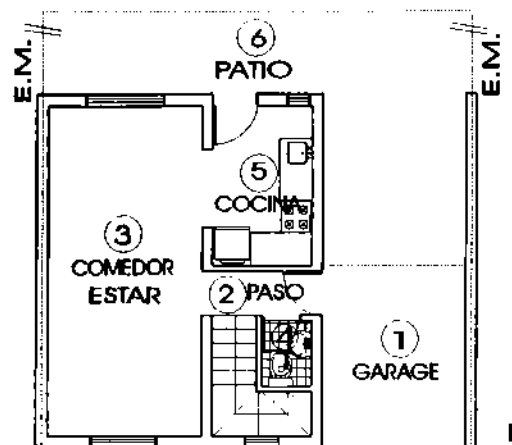
-Tipo de modificación

- Causa

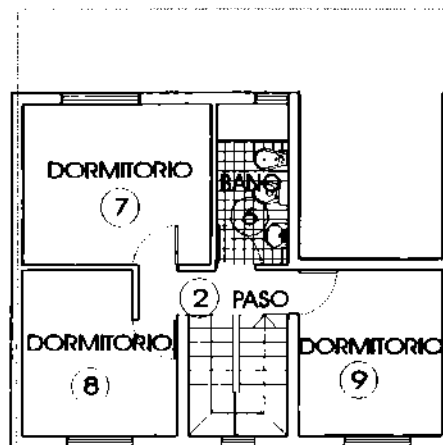
X. OBSERVACIONES O SUGERENCIAS: por favor anote toda opinión que considere útil de acuerdo a los objetivos de esta encuesta.

ENCUESTA DE EVALUACION POST-OCUPACIONAL

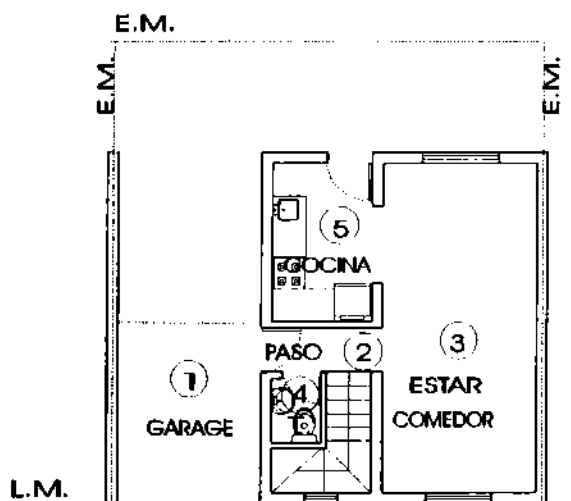
VIVIENDA N



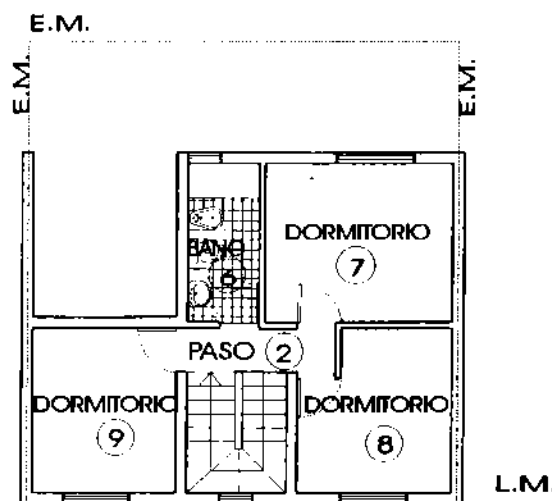
PLANTA BAJA



PLANTA ALTA



PLANTA BAJA



PLANTA ALTA



PLANILLA DE LOCALES

- ① Garage
- ② Paso y escalera en P.B y P.A.
- ③ Comedor-Estar
- ④ Toilette
- ⑤ Cocina
- ⑥ Baño
- ⑦ Dormitorio
- ⑧ Dormitorio
- ⑨ Dormitorio

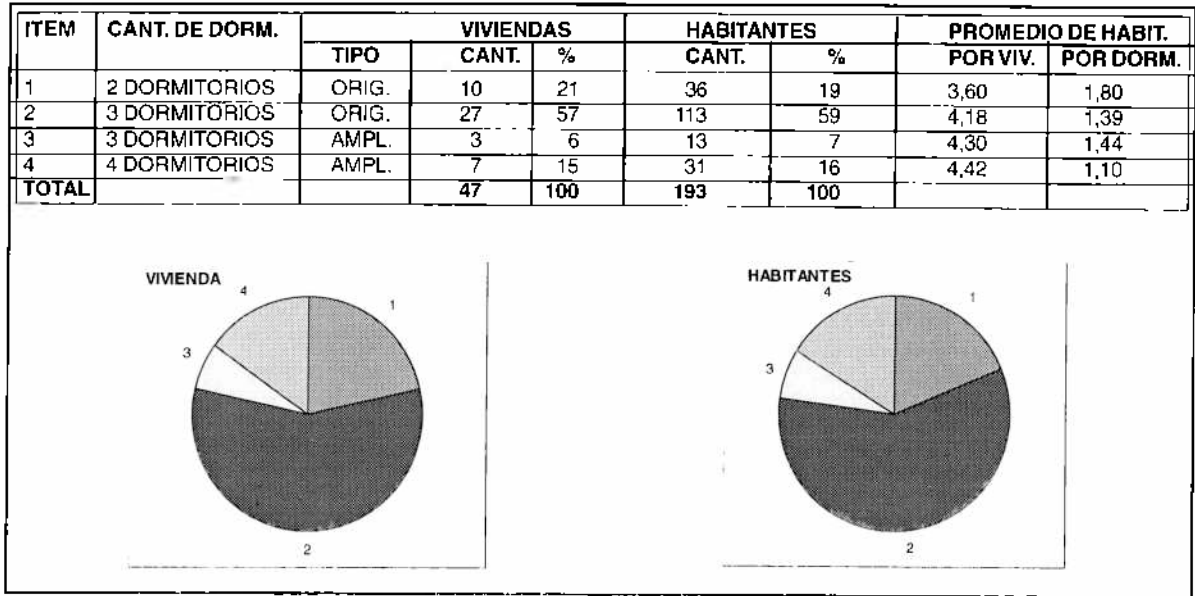
NOTA

Marcar en el plano las modificaciones realizadas en la vivienda considerando las siguientes variables:

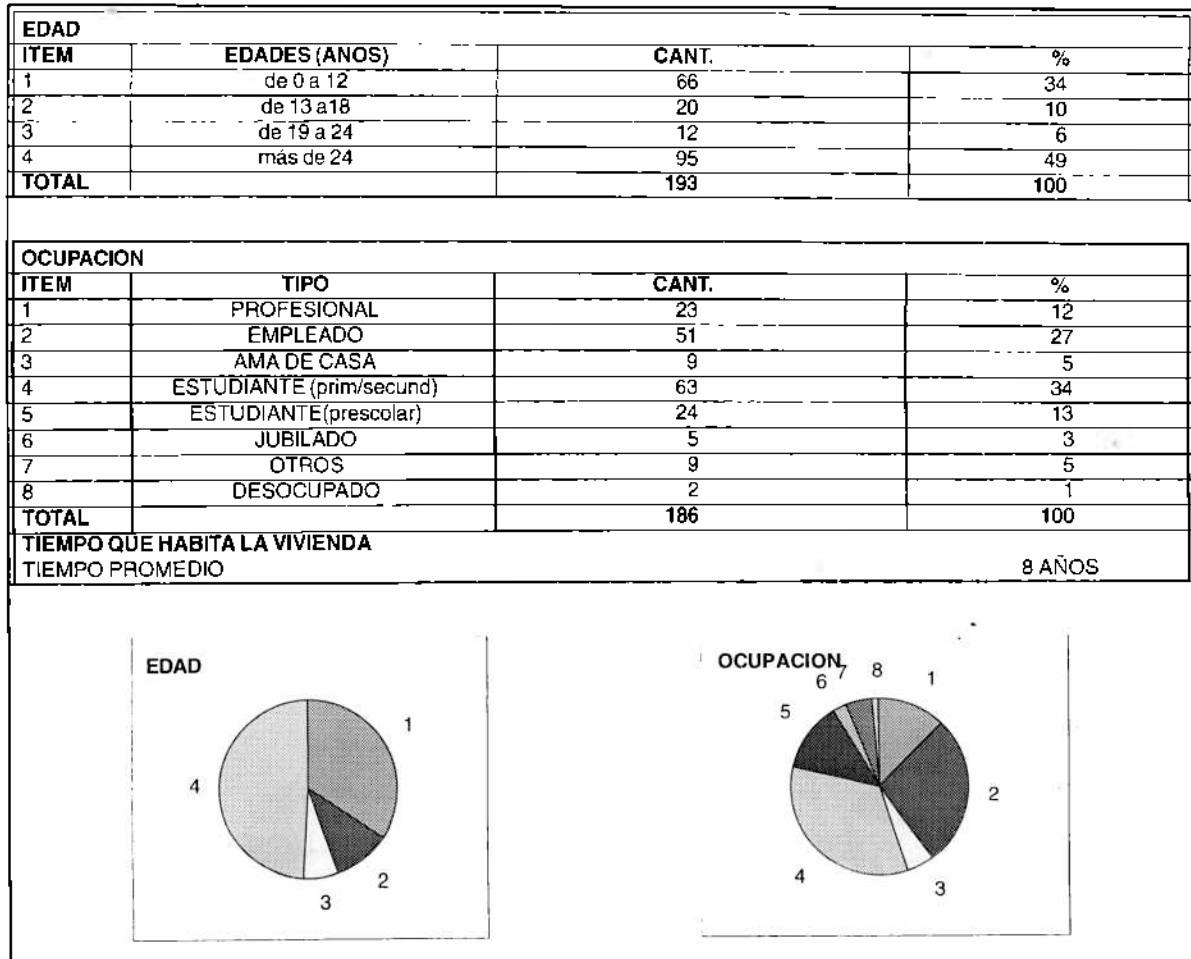
- Superficie cubierta agregada
- Superficie semicubierta agregada
- Paredes agregadas
- Balcones o aleros
- Otras modificaciones

ANEXO FICHAS

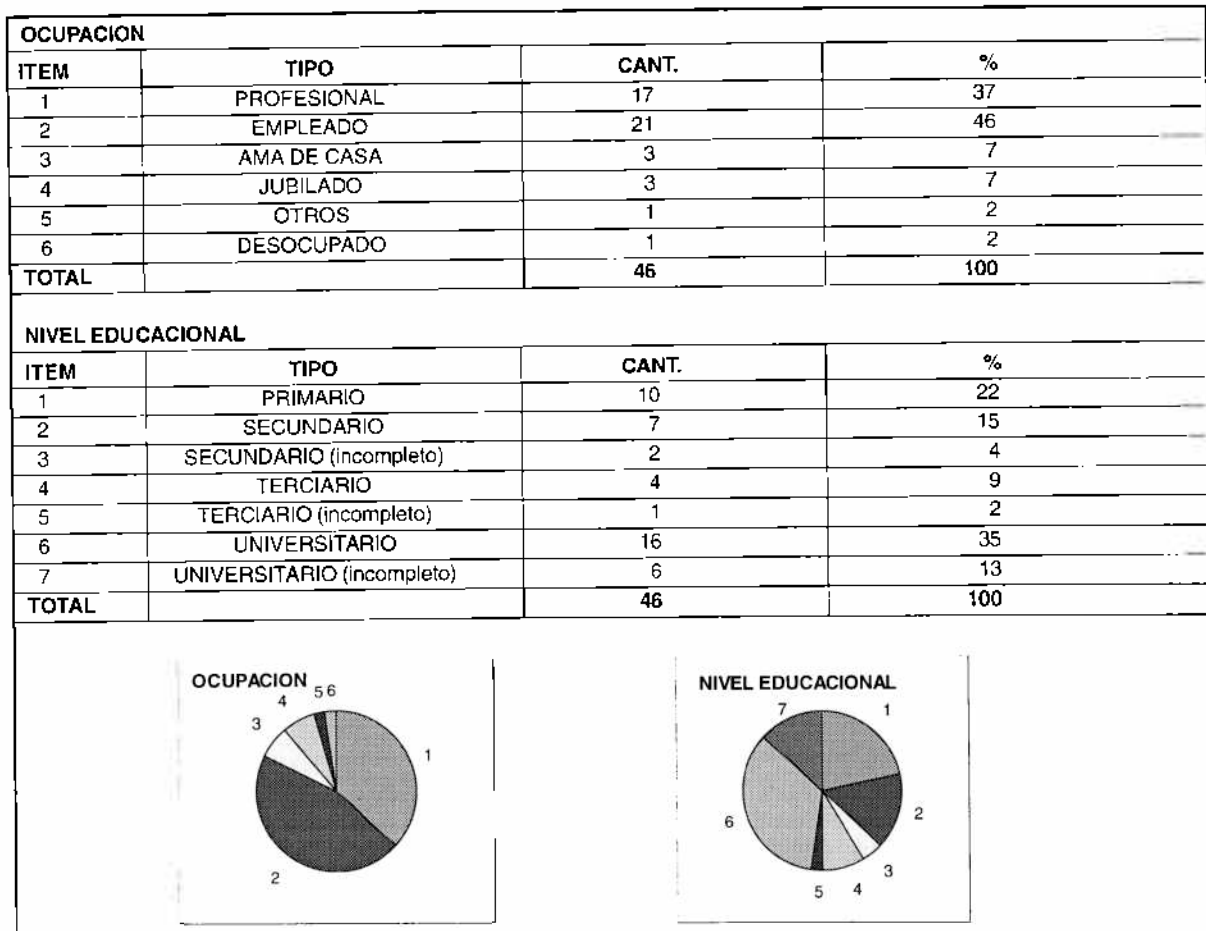
FICHA 3.1: CANTIDAD DE VIVIENDAS Y HABITANTES ENCUESTADOS



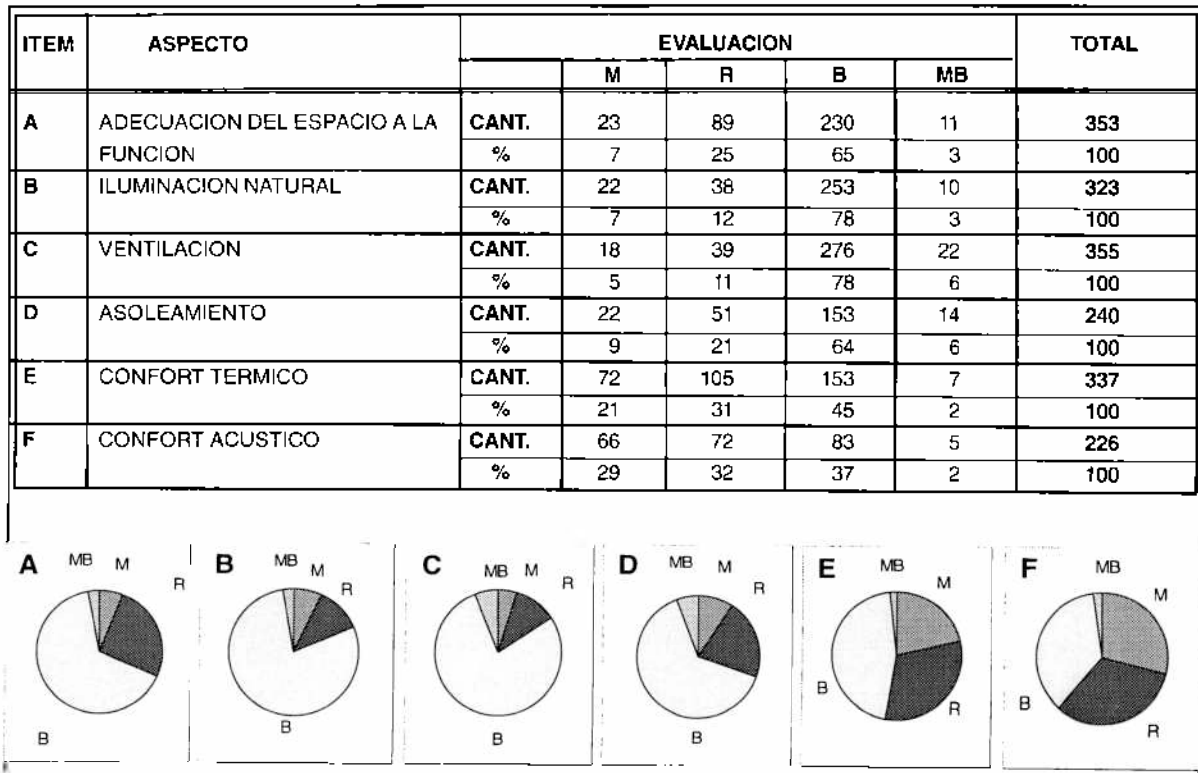
FICHA 3.2: CARACTERISTICAS DE LOS USUARIOS DE LA VIVIENDA



FICHA 3.3: USUARIO QUE RESPONDE A LA ENCUESTA

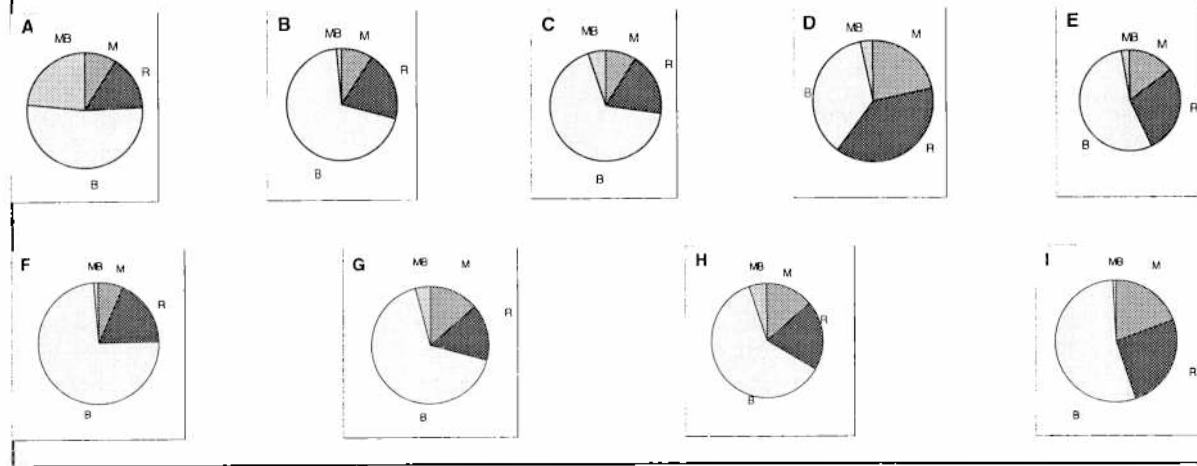


FICHA 3.4: EVALUACION DE LA VIVIENDA (VARIABLES FUNCIONALES Y DE HABITABILIDAD)



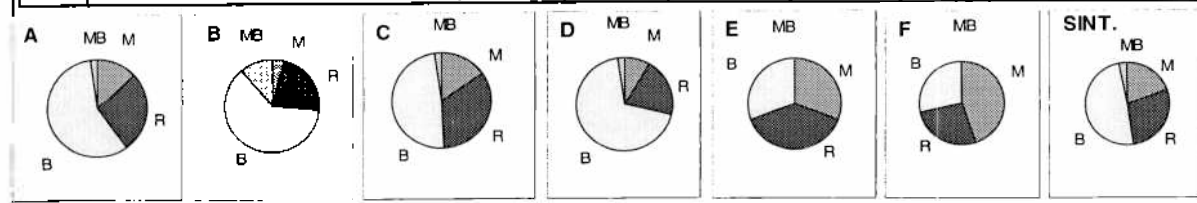
FICHA 3.5: EVALUACION DE LA VIVIENDA (LOCALES DE PLANTA BAJA)

ITEM	LOCAL	EVALUACION					TOTAL
		M	R	B	MB		
A	GÁRAGE	CANT.	24	42	144	64	274
		%	9	15	53	23	100
B	CIRCULACION	CANT.	14	31	108	2	155
		%	9	20	70	1	100
C	ESTAR	CANT.	22	44	165	12	243
		%	9	18	68	5	100
D	TOILETE	CANT.	26	46	44	4	120
		%	22	38	37	3	100
E	COCINA	CANT.	36	68	132	6	242
		%	15	28	55	2	100
F	BANO	CANT.	11	29	119	2	161
		%	7	18	74	1	100
G	DORMITORIO	CANT.	33	38	160	10	241
		%	14	16	66	4	100
H	DORMITORIO	CANT.	34	47	150	12	243
		%	14	19	62	5	100
I	DORMITORIO	CANT.	44	58	124	2	228
		%	19	25	54	1	100



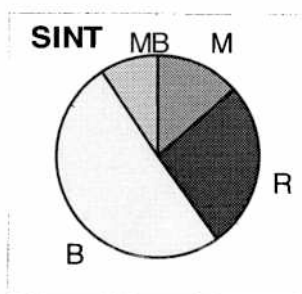
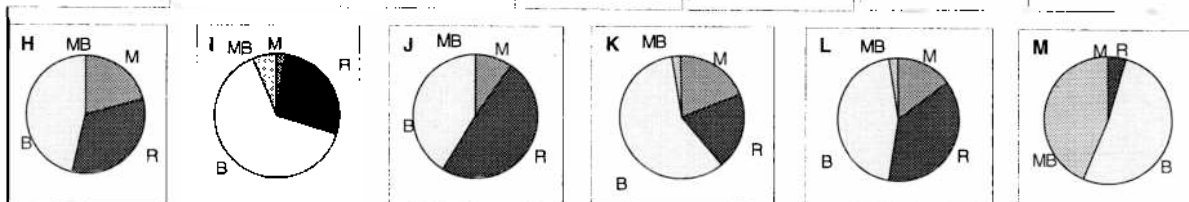
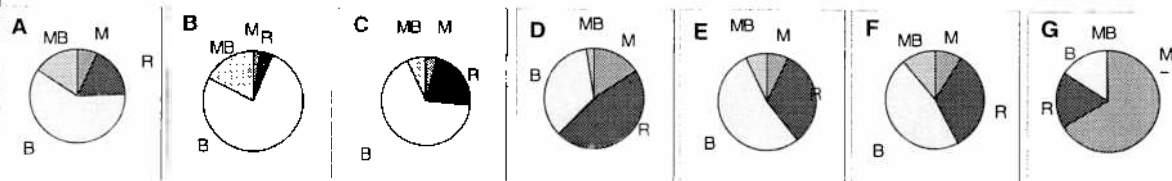
FICHA 3.6: EVALUACION DE MATERIALES Y ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

ITEM	ELEMENTO	EVALUACION					TOTAL
		M	R	B	MB		
A	PAREDES	CANT.	6	12	26	1	45
		%	13	27	58	2	100
B	TECHO	CANT.	2	10	28	5	45
		%	4	22	62	11	100
C	CARPINTERIA	CANT.	7	15	22	1	45
		%	16	33	49	2	100
D	CIELORRASO	CANT.	4	9	31	1	45
		%	9	20	69	2	100
E	REVOQUE	CANT.	14	17	14	0	45
		%	31	38	31	0	100
F	PISOS	CANT.	20	12	13	0	45
		%	44	27	29	0	100
	SINTESIS	CANT.	53	75	134	8	270
		%	20	28	50	3	100



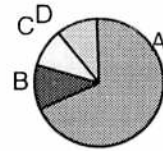
FICHA 3.7: EVALUACION DE LA CALIDAD GLOBAL

ITEM	ASPECTO	EVALUACION					TOTAL
			M	R	B	MB	
A	ADECUACION Y FLEXIBILIDAD DEL ESPACIO	CANT.	3	8	27	7	45
		%	7	18	60	16	100
B	DISTRIBUCION DE LOS AMBIENTES	CANT.	1	2	35	8	46
		%	2	4	76	17	100
C	CONFORT	CANT.	2	10	30	3	45
		%	4	22	67	7	100
D	SEGURIDAD	CANT.	7	21	16	1	45
		%	16	47	36	2	100
E	DURABILIDAD	CANT.	3	14	23	3	43
		%	7	33	53	7	100
F	PRIVACIDAD	CANT.	4	15	21	5	45
		%	9	33	47	11	100
G	LUGARES P/GUARDAR	CANT.	29	8	7	0	44
		%	66	18	16	0	100
H	EQUIPAMIENTO BASICO	CANT.	9	14	20	0	43
		%	21	33	47	0	100
I	ESTETICA	CANT.	1	13	30	3	47
		%	2	28	64	6	100
J	NECESIDAD DE MANTENIMIENTO	CANT.	4	20	17	0	41
		%	10	49	41	0	100
K	ESPACIO EXTERIOR PRIVADO	CANT.	8	8	24	1	41
		%	20	20	59	2	100
L	ESPACIO EXTERIOR PUBLICO	CANT.	6	15	18	1	40
		%	15	38	45	3	100
M	UBICACION Y TRANSPORTE	CANT.	0	2	24	20	46
		%	0	4	52	43	100
	SINTESIS	CANT.	77	150	292	52	571
		%	13	26	51	9	100

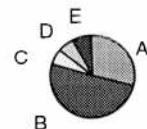


FICHA 3.8: FALLAS

ITEM	CARACTERISTICA	CANT.		OBSERVACIONES
A	PATOLOGIAS CONSTRUCTIVAS			
	HUMEDAD Y FILTRACIONES	MUROS	5	
		TECHOS	6	
		CARPINTERIAS	8	
	DEFECTOS DETECTADOS EN INSUMOS BASICOS (MAT Y MO)		4	
	FISURAS		18	
	REVESTIMIENTOS	REVOQUES	9	
		CIELORRASOS	3	
		PISOS	15	
		AZULEJOS Y ACCESORIOS	3	
		PINTURAS	2	
	ABERTURAS		2	
	INSTALACIONES	AGUA CORR. Y CLOACAS	22	
		DESAGUE PLUVIAL	3	
		INSTALACION DE GAS	3	
		INSTALACION ELECTRICA	5	
B	PROBLEMAS FUNCIONALES			
	DIMENSIONES REDUCIDAS (locales y espacios exteriores)		11	Cocinas, patios, parcela
	FALTA DE LOCALES PARA FUNCIONES DETERMINADAS		3	Lavadero
	FALTA DE ELEMENTOS PARA FUNCIONES DETERMINADAS			
	FLEXIBILIDAD Y RELACION E/LOCALES			
C	HABITABILIDAD			
	CONFORT TERMICO, VENTILACION Y ORIENTACION		9	
	CONFORT ACUSTICO		7	
D	OTROS			
	MANTENIMIENTO EN GENERAL		4	
	ESPACIO EXTERIOR DESCUIDADO Y SUCIO		6	
	SEGURIDAD Y PRIVACIDAD		5	
	EQUIPAMIENTO		2	
RESUMEN				
A	PATOLOGIAS CONSTRUCTIVAS	108	68	
B	PROBLEMAS FUNCIONALES	19	12	
C	HABITABILIDAD	16	10	
D	OTROS	17	11	
TOTAL		160	100	


FICHA 3.9: ASPECTOS POSITIVOS

ITEM	TIPO	CANT.		OBSERVACIONES
A	CARACTERISTICA DEL SITIO			
	UBICACION		30	
	SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA		10	
	AREAS VERDES		1	
	TRANQUILIDAD		1	
B	DISEÑO DE LA VIVIENDA			
	TIPOLOGIA / VIVIENDA INDIVIDUAL		1	
	POSIBILIDADES DE AMPLIACION		17	
	C/DOS BAÑOS		5	
	C/GARAGE		5	
	C/ESPACIO LIBRE PRIVADO		11	
	FUNCIONALIDAD		14	
	CANTIDAD Y DIMENSION DE LOS LOCALES		4	
	ASPECTOS ESTETICOS		4	
C	CONFORT Y HABITABILIDAD			
	EN GENERAL		2	
	ASOLEAMIENTO Y ORIENTACION		4	
	ILUMINACION NATURAL Y VENTILACION		4	
D	ASPECTOS TECNOLOGICOS			
	CALIDAD DE MATERIALES Y ELEM CONSTRUCTIVOS		7	
	DURABILIDAD		2	
E	ASPECTOS SOCIOECONOMICOS			
	SOLUCION HABITACIONAL		8	
	CUOTAS ACCESIBLES		2	
RESUMEN				
A	CARACTERISTICAS DEL SITIO	42	30	
B	DISEÑO DE LA VIVIENDA	70	50	
C	CONFORT Y HABITABILIDAD	10	7	
D	ASPECTOS TECNOLOGICOS	9	6	
E	ASPECTOS SOCIOECONOMICOS	10	7	
TOTAL		141	100	



FICHA 3.10: MODIFICACIONES REALIZADAS

ITEM	TIPO DE MODIFICACION	CANT.		OBSERVACIONES
A	INCREMENTO DE LA SUPERFICIE			
	CUBIERTA	23		
	SEMICUBIERTA	20		
B	AGREGADO DE CERRAMIENTOS			
	CERCOS, MUROS Y MEDIANERAS	14		
	CARPINTERIAS	3		
C	DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD			
	REJAS	25		
D	REVESTIMIENTOS Y ACCESORIOS			
	PISOS	4		
	SANITARIOS	3		
E	OTROS			
	PARRILLA	1		
	BALCONES Y ALEROS	2		
RESUMEN			%	
A	AGREGADO DE SUPERFICIE	43	45	
B	AGREGADO DE CERRAMIENTOS	17	18	
C	DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD	25	26	
D	REVESTIMIENTOS Y ACCESORIOS	7	7	
E	OTROS	3	3	
TOTAL		95	100	

FICHA 3.11: SUGERENCIAS

ITEM	TIPO	CASOS		OBSERVACIONES
A	Trazado de calles interiores, infraestructura y servicios Relación usuarios/ente proveedor de la vivienda	4 3		Relacionar el tamaño de la vivienda con el del grupo familiar. Proveer planos de instalaciones. Asesoramiento técnico de modificaciones.
B	Referidas al diseño de la vivienda e instalaciones de la misma	15		Orientación. Agregar lavadero Agregar lugares p/guardar. Inconveniencia de acceso único. Problemas funcionales y de flexibilidad de espacio. Aumento de superficies. Diseño de escalera. Distribución de picos de gas.
C	Referidas a aspectos tecnológicos	3		Mejora de la mano de obra. Estudiar casos de fisuras.
D	Privacidad y seguridad	2		
E	Conocer y aplicar los resultados de la encuesta	4		
RESUMEN		CANT.	%	
A	TRAZADO DE CALLES INT., INFRAESTR. Y SERVICIOS -RELACIÓN USUARIOS/ENTE PROVEEDOR	7	23	
B	DISEÑO DE LA VIVIENDA	15	48	
C	ASPECTOS TECNOLÓGICOS	3	10	
D	PRIVACIDAD Y SEGURIDAD	2	6	
E	RESULTADOS DE LA ENCUESTA	4	13	
TOTAL		31	100	

4. METODOLOGIAS PARA EVALUAR LA RELACION COSTO-CALIDAD EN FACHADAS DE VIVIENDAS

4.1. ASPECTOS ACÚSTICOS

4.1.1 Calidad acústica de una fachada

Una fachada está constituida por un muro, (superficie opaca), y una o varias aberturas, (superficies móviles o transparentes). En la práctica el aislamiento efectivo depende de las propiedades físicas de los materiales que la constituyen y de la calidad de la mano de obra que la ejecutó.

De acuerdo a nuestras tecnologías habituales para la construcción de viviendas, los muros suelen estar conformados por un solo material básico (ladrillo, hormigón, etc.). La característica fundamental que deben poseer para brindar un adecuado aislamiento acústico es tener una elevada masa superficial (Kg/m^2). Otros elementos importantes a tal efecto son: la porosidad de los materiales que lo componen, la estanqueidad en las juntas entre los elementos y la ausencia de fisuras y grietas.

Las aberturas, puertas o ventanas, son puntos débiles para la intromisión directa del ruido exterior. La debilidad es debida a la masa relativamente baja de los vidrios, bastidores de ventanas y puertas, comparándola con la de los muros tradicionales de ladrillos. Un aumento de la masa de vidrios, marcos y hojas genera una mejora de aislamiento. El aislamiento de la fachada está condicionado además por la superficie de la abertura, salvo en el caso de aquéllas de pequeñas dimensiones.

Hay otro factor además del peso propio del elemento en cuestión y es la estanqueidad que posea. Es menester acotar que las imperfecciones en la colocación de la abertura, las deformaciones que sufren los materiales debido al paso del tiempo, etc., generan deficiencias en el aislamiento.

Las «hojas» están formadas por la carpintería en sí y el vidrio. Ambos elementos participan del resultado en cuanto al aislamiento: la carpintería a causa de su estanqueidad y el vidrio en función de su masa superficial, es decir de su espesor.

Las cortinas exteriores, destinadas al oscurecimiento de partes vidriadas y protección de los efectos térmicos de la radiación solar, cumplen también funciones de aislamiento sonoro. Entre los elementos que forman parte de la cortina, el taparollo es el elemento que acústicamente ofrece una vía de acceso para los ruidos. Una gran parte de los

ruidos penetran por el taparollo en el frente, y de allí se propaga al local. Esta propagación se ve beneficiada cuando el cofre está vacío, es decir cuando la cortina está baja (situación nocturna).

La calidad acústica de una fachada, en síntesis, estará dada por sus elementos constitutivos, o sea el muro y las aberturas que la conformen. Las dos formas más sencillas y eficaces de evaluar la calidad acústica de una fachada son:

* A través del índice R_w , que expresa el aislamiento a los ruidos que posee. Depende de los materiales usados y tecnología constructiva.

* Mediante el número único NR, que indica el nivel sonoro percibido por las personas, o sea la sensación sonora. Depende del aislamiento de la fachada y del nivel de ruido externo.

Para ambos cálculos se necesita conocer previamente el «Índice de Reducción Sonora» (R), definido en la Norma IRAM 4063⁽¹⁾ y que se expresa en forma de tabla y gráfico, en decibeles, en función de la frecuencia.

Dicho resultado puede obtenerse en forma directa, midiendo la fachada «in situ», como se indica en la parte VIII de dicha Norma,

$$R = N1 - N2 + 10 \log TR / 0,5$$

Donde:

R = Índice de reducción sonora.

N1 = Nivel sonoro en local emisor.

N2 = Nivel sonoro en local receptor.

TR = Tiempo de reverberación del local receptor.

o calcularse midiendo muro y abertura por separado, como elementos de la fachada, según se detalla en la parte III de la Norma citada.

$$R = N1 - N2 + 10 \log SM / A2$$

Donde:

R = Índice de reducción sonora.

N1 = Nivel sonoro en local emisor.

N2 = Nivel sonoro en local receptor.

SM = Superficie de la muestra.

A2 = Absorción del local receptor.

Conociendo los índices R individuales de muro y abertura y las respectivas superficies, puede calcularse el índice R de la fachada en conjunto.

Una forma más cómoda de manejar los datos de aislamiento es a través del «Índice de Reducción Sonora Compensado» (R_w), el cual se obtiene usando perfiles deslizantes, siguiendo el procedimiento de la Norma IRAM 4043.⁽²⁾

No existen valores de R_w aconsejados para una fachada, pero a título informativo diremos que

en la Norma IRAM 4044⁽³⁾ se marcan como valores mínimos aconsejados para muros divisorios:

Muros medianeros en viviendas: $R_w = 44$ dB

Muros internos en viviendas: $R_w = 37$ dB

Como se verá luego, en las fachadas se obtienen R_w mucho menores debido a que la inclusión de la abertura para lograr iluminación y ventilación naturales provocan una caída del aislamiento.

Para el cálculo del número NR deben cumplirse tres pasos:

- Obtener el espectro del ruido en el exterior de la fachada.
- Restar a dichos niveles sonoros la atenuación sonora de la fachada y obtener el espectro de ruido en el interior de la habitación.
- Calcular NR con el procedimiento dado en la Norma IRAM 4070⁽⁴⁾.

En la misma Norma se listan los números NR máximos aconsejados en el interior de viviendas, en distintas situaciones, es decir según la zona sea residencial, industrial u otras, y según sea el destino del local en la vivienda. Listados similares figuran además en Normas DIN⁽⁵⁾ y trabajos de Leo Beranek publicados en EE.UU.⁽⁶⁾

En base a ello puede estimarse que en un dormitorio deben existir, como máximo, los siguientes números NR:

Zona Industrial	NR = 40
Zona Comercial	NR = 35
Zona Residencial	NR = 30
Zona Suburbana	NR = 25

En el caso de un estar se admiten 5 puntos más en cada categoría. Es indudable que, si se supera el NR aconsejado, la fachada en estudio no es apta para lograr un confort acústico razonable.

4.1.2 Procedimiento básico de evaluación

Cada fachada será evaluada en base a tres variables:

- * Costo
- * Número R_w (Índice de reducción sonora compensado).
- * Número NR (Noise Rating).

El proceso seguido es el siguiente:

- Se calculan los costos de todas las fachadas y se las ubica en una escala de 0 a 100 donde a la de menor costo se le asigna puntaje 100; a la de mayor costo, puntaje 0; y a las demás, números intermedios proporcionales.

b) Se calculan todos los R_w referidos a 10 m^2 (R_w10), asignando a cada fachada un puntaje entre 0 y 100, pero siendo 100 el correspondiente al mayor R_w , ya que un número R_w alto significa mejor aislamiento acústico. Las fachadas intermedias tendrán puntajes proporcionales al valor de su respectivo número R_w10 .

c) También se calculan los números NR resultantes del espectro de ruido interior y se ordenan las fachadas según esos números fijando puntaje 0 para el NR mayor y 100 para el menor, siendo éste el que representa la mejor calidad acústica de la fachada pues expresa que el espectro de ruido dentro de la vivienda es mínimo.

A los efectos de darle igual peso al puntaje por costo y al puntaje por calidad conviene promediar los puntajes por R_w y por NR, designando al resultado «puntaje por calidad».

El puntaje total será la suma del puntaje por costo y del puntaje por calidad, y aquella fachada que posea mayor puntaje total será la óptima teniendo en cuenta los 3 factores considerados. Además, si sólo se deseara conocer cuál es la fachada de mejor calidad acústica, prescindiendo del costo, bastará con buscar la de más puntaje por calidad. Algo similar sucede con los costos, es decir que puede buscarse la fachada de menor costo sin importar su calidad acústica.

4.1.3 Selección de las fachadas a evaluar

Se dispone de valores de aislamiento de 7 fachadas medidas «in situ» por el Laboratorio de Acústica y Luminotecnia (LAL-CIC), en viviendas colectivas e individuales. El LAL ha medido también en laboratorio las características acústicas de 9 tipos de muros, de ladrillos macizos y huecos, y de hormigón. Además se investigó sobre las características acústicas de ventanas, habiéndose medido 13 simples y 6 dobles, disponiéndose de los valores respectivos de R.

Es por ello que se puede acceder a valores de 7 fachadas medidas directamente y de gran número de fachadas «conformadas» resultado de combinar cada muro con una abertura, caso en que su aislamiento se obtiene indirectamente.

Entre los muros se eligieron 3 tipos, habituales en la construcción de viviendas, y diferentes desde el punto de vista constructivo; ellos son:

- M1) De ladrillos cerámicos portantes, revocados, 23 cm.
- M2) De ladrillos macizos, revocados, total 15 cm.
- M3) De hormigón salpicado, total 17 cm.

Para seleccionar las ventanas a utilizar en la conformación de fachadas simuladas, se tuvo en cuenta que en las ventanas el cambio de vidrio no aporta una mejora apreciable en su calidad acústica, por lo que de las 5 disponibles entre las corredizas y entre las desplazables, se eligieron solamente 2 de cada tipo (la mejor y la peor).

En la Tabla 4.1 se aprecian las características de las ventanas, de las 7 fachadas medidas directamente y de las fachadas conformadas en base a mediciones en muros y aberturas por separado. Por su parte, las Figuras 4.1 a 4.4 muestran ejemplos de valores R en dB en función de la frecuencia.

4.1.4. Estimación de los valores de las variables de calidad: R_w y NR

Para estimar R_w en fachadas medidas directamente (in situ) se debe disponer de la tabla de valores de R en función de frecuencia obtenidos

mediante el procedimiento de la Norma IRAM 4063, Parte VII. En nuestro caso conocemos estos índices para las bandas de tercios de octava que van desde 100 Hz a 5000 Hz (18 valores).

Con los 16 primeros valores se entra en el proceso de la Norma IRAM 4043, de evaluación mediante perfiles deslizantes, y se obtiene el índice R_w correspondiente a cada fachada. El desarrollo de este cálculo (gráfico-analítico o por computadora) se muestra en la Figura 4.5.

Considerando el caso de una fachada relativamente pequeña, tal como aparecen en viviendas de construcción masiva, se tendrá un R_w más alto que en otra de igual construcción pero más grande, debido a que ésta permite un mayor flujo de energía que la primera (la energía sonora que atraviesa una fachada es proporcional a su tamaño). Como en obra no se normaliza por superficie, tal como sucede en laboratorio, existe un «factor de tamaño» que incide en el resultado.

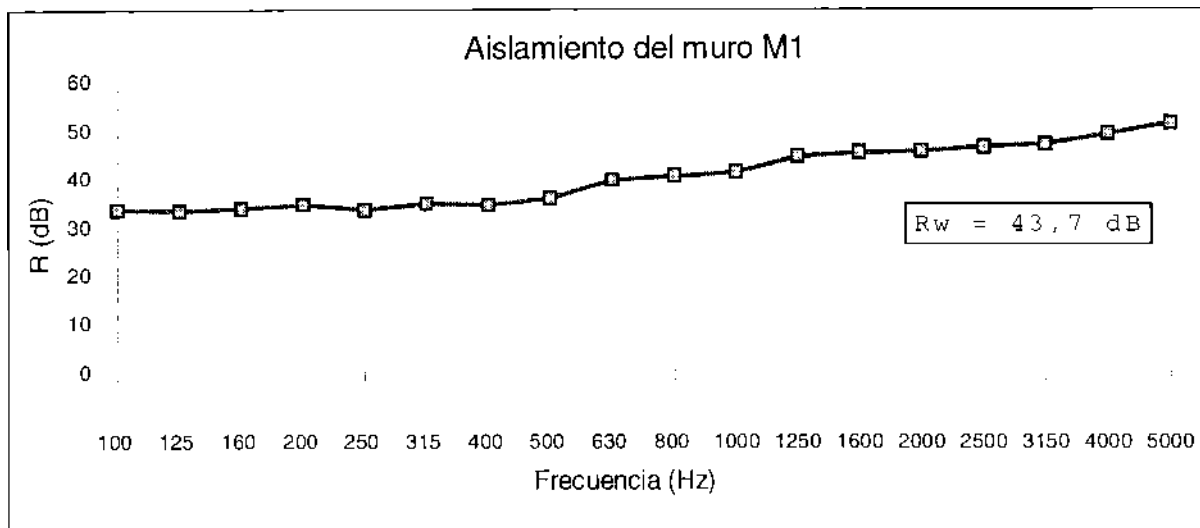


Figura 4.1

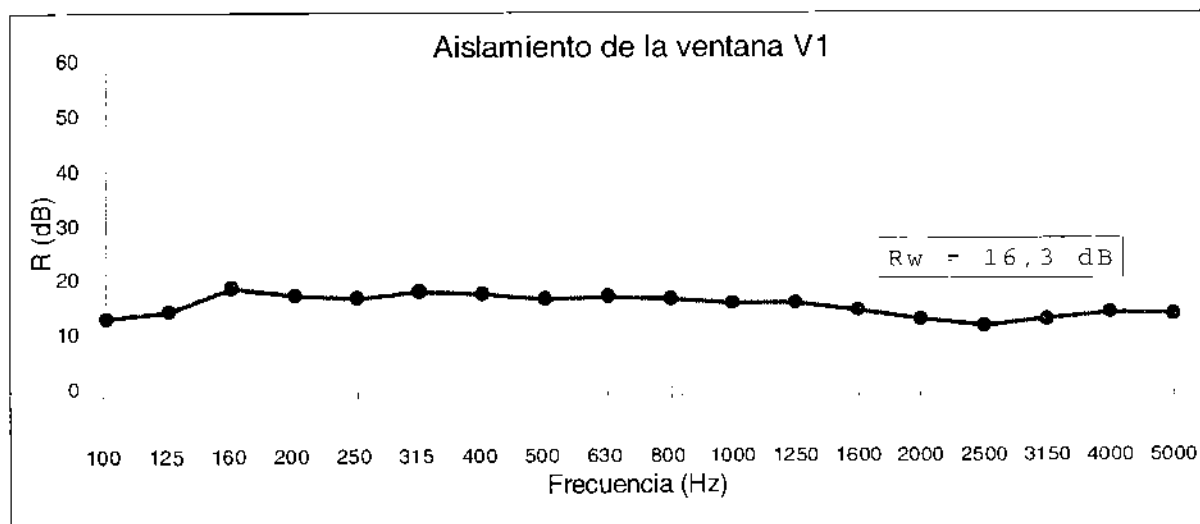


Figura 4.2

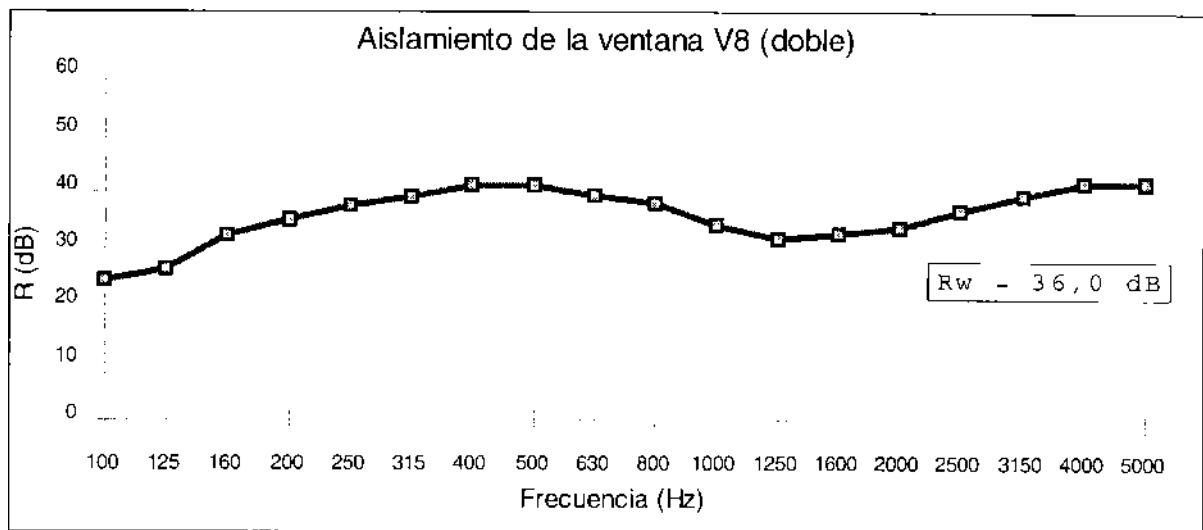


Figura 4.3

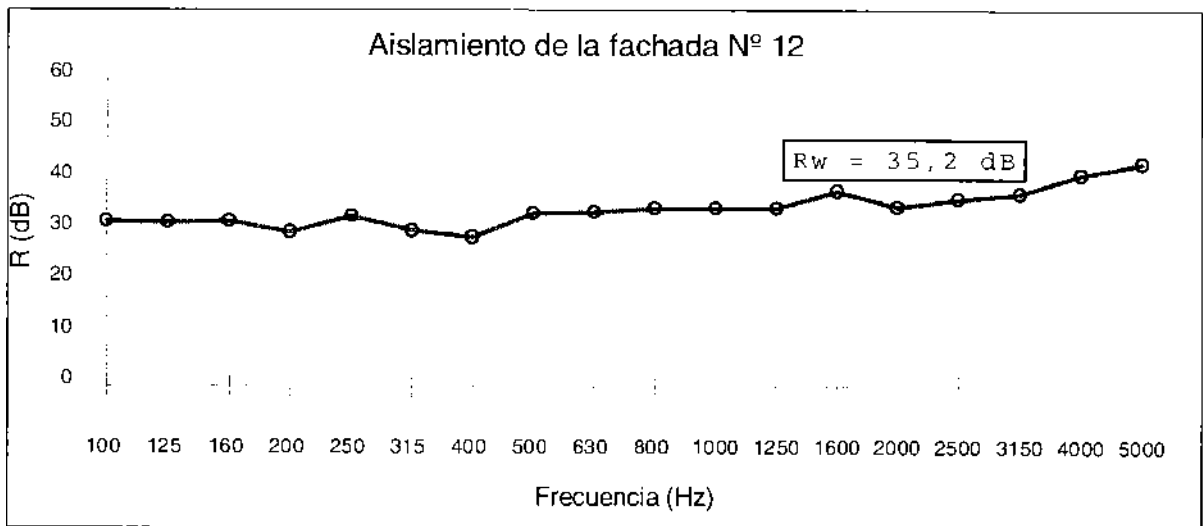


Figura 4.4

Para tener en cuenta este efecto, se le efectúa una corrección al R_w consistente en referirlo a una fachada de 10 m^2 .

Este criterio es congruente con la Norma IRAM 4063, que establece dicha superficie para las mediciones de muestras en laboratorio, que a su vez responde a las dimensiones medias de los muros de locales de las viviendas.

La fórmula de ajuste utilizada es:

$$R_w10 = R_w + 10 \log (S_f / 10)$$

Donde: S_f es la superficie real de la fachada

Si la fachada es menor de 10 m^2 resulta R_w10 menor que R_w . Las correcciones son de escasa monta, de 1 a 2 decibeles.

Cabe consignar que los números R_w expresados según la Norma IRAM 4043 son enteros, pero en este trabajo se calcularán con un decimal a los efectos de una mejor discriminación de la calidad acústica, ya que al existir muchos ejemplos, es probable que dos fachadas tengan igual

R_w si usamos números enteros.

El cálculo de R_w para fachadas medidas indirectamente (muro y abertura por separado) es diferente. Tomando las tablas de valores de los índices R_m del muro y R_a de la abertura, ambos obtenidos en laboratorio, y conociendo las respectivas áreas de cada elemento constructivo, se calcula el índice R_f de la fachada con la fórmula del aislamiento no homogéneo.

$$R_f = 10 \log \frac{S_t}{10^{-(R_m/10)} \cdot S_m + 10^{-(R_a/10)} \cdot S_a}$$

Donde:

S_t = Superficie total de la fachada.

R_m = Índice del muro.

S_m = Superficie del muro.

R_a = Índice de la abertura.

S_a = Superficie de la abertura.

A esta altura se dispone de los valores tal como si la fachada se hubiera medido directamente, por lo que se sigue el procedimiento ya visto, es decir el cálculo de R_w y R_w10 . (Tabla 4.2)

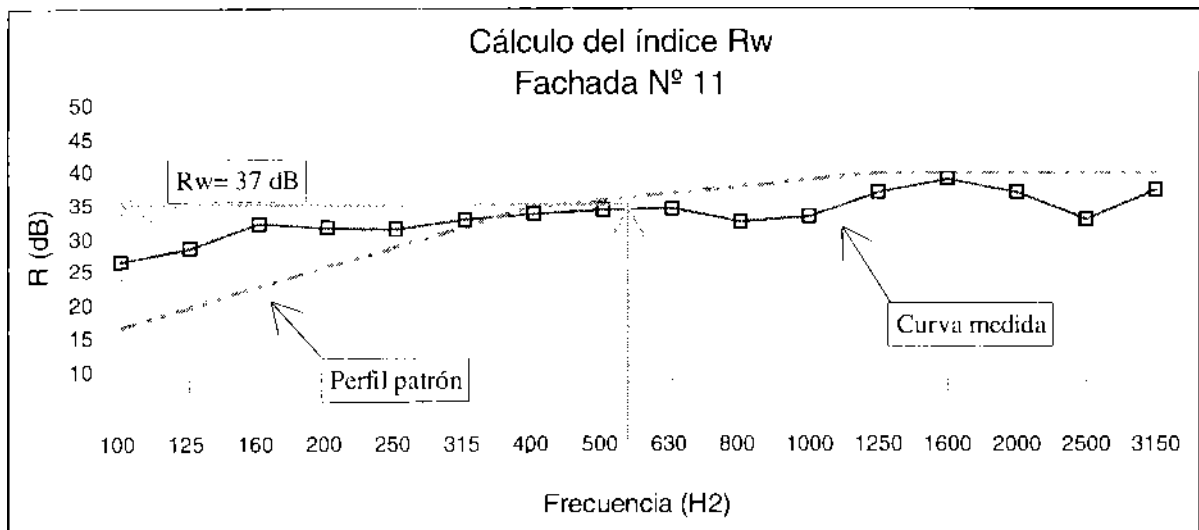


Figura 4.5

En lo referente a la estimación del número NR (Noise Rating), se poseen los datos del espectro de ruido externo elegido, el cual viene dado por los niveles sonoros en dB para las 18 bandas de tercios de octava que van de 100 Hz a 5000 Hz.

Entre los 6 espectros de ruido disponibles, se eligió uno de nivel intermedio, medido en un tercer piso, en una calle céntrica de 25 m de ancho y edificios de varios pisos, con automóviles y ómnibus, a 3m del carril más próximo (6 carriles para tránsito). Dicho espectro tiene un nivel sonoro de 83.1 dB ó de 77.4 dBA, y un NR de 74.

En la Figura 4.6 se muestra el espectro en forma de diagrama de barras, indicando cada barra el nivel sonoro correspondiente a cada octava calculada. Además se indica la curva NR 74, resultado del proceso de evaluación del espectro.

Las curvas NR están definidas por una ecuación, y la NR 74 (que posee un nivel de 74 dB en 1000 Hz) es la más baja que puede trazarse sin interceptar al espectro a evaluar.

Se continúa el proceso restando al espectro exterior, en cada banda, el valor del índice Rf de la fachada, obteniéndose el espectro de ruido en el interior del edificio, que es el que debe evaluarse.

Dicho proceso se realiza siguiendo lo expuesto en la Norma IRAM 4070, y consiste esencialmente en superponer el espectro en cuestión sobre una familia de curvas y verificar cuál es la curva más alta alcanzada. El número que posee esta curva es el NR buscado.

Se dice que una fachada es acústicamente mejor cuanto menor sea el NR que resulte dentro del edificio. Se recuerda que hacemos referencia siempre al mismo ruido exterior incidente sobre cada

fachada, que posee un NR de 74.

Conviene aclarar que las curvas NR vienen dadas para las bandas de octavas entre 31,5 y 8000 Hz. Esto hace que falten datos del espectro en las octavas de 31,5 Hz, 63 Hz y 8000 Hz.

Si se ignoran en primera instancia dichas bandas y se calculan los números NR para el ruido dado, se nota que las bandas críticas (o sea aquellas donde el espectro se acerca más a la curva NR, y por lo tanto definen el NR) están siempre en 500, 1000 ó 2000 Hz; esto permite deducir que las bandas faltantes no son determinantes.

4.1.5 Estimación de los costos

El costo de la fachada resulta de sumar el costo del muro al de la abertura. De acuerdo a los materiales y elementos intervinientes en cada opción estudiada, y a la mano de obra involucrada, se consultaron las tablas editadas por la Revista Vivienda. Algunos precios que no figuraban en dichos listados se obtuvieron de proveedores locales.

Respecto de las unidades de medida se decidió, por las razones antes enunciadas, tomar 10 m² de fachada conservando el tamaño real de la abertura. Esta unidad reproduce aproximadamente la situación de fachada de un ambiente medio de una vivienda típica de un conjunto habitacional.

4.1.6 Análisis de los resultados obtenidos

4.1.6.1 Análisis de los índices Rw10

Observando el comportamiento de los índices Rw10 en la Tabla 4.2 se observa que ellos varían entre 22.9 y 42.4 dB. Analizando toda la lista se deduce que:

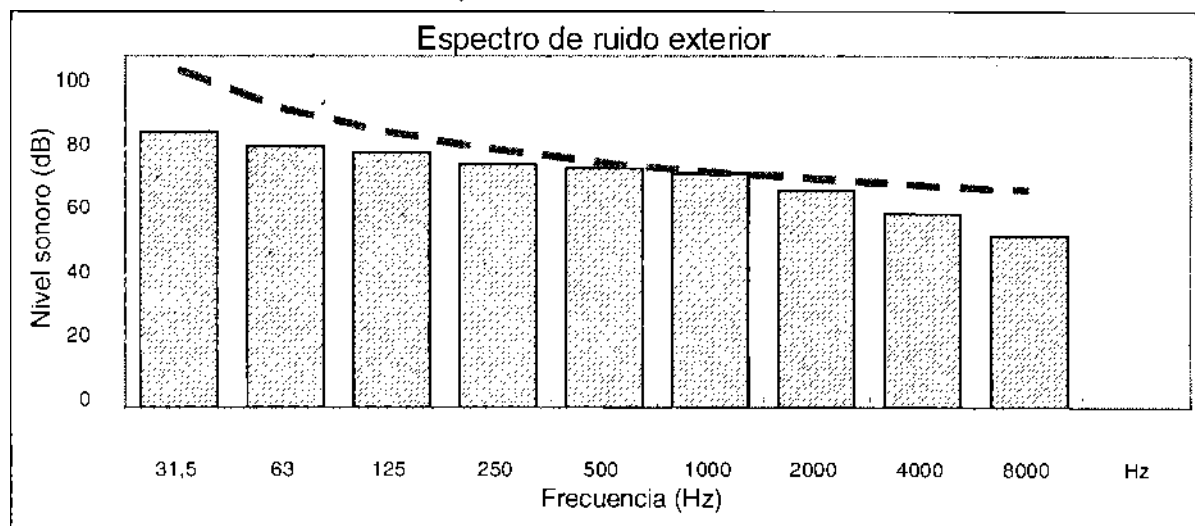


Figura 4.6

- Como el aislamiento de los muros elegidos es similar, una misma ventana montada en cada uno de ellos redonda en aislamientos casi iguales.

- Diferentes ventanas montadas en igual muro conducen a obtener aislamientos de fachada proporcionales al de la ventana usada.

Esto confirma que las ventanas imponen las características a la fachada, a pesar de tener superficies mucho menores que el muro de montaje. Téngase en cuenta que se tomaron fachadas de 10 m², y que las ventanas poseían superficies entre 0,88 y 1,98 m², es decir que ellas sólo ocupaban entre 9 y 20% de la fachada.

Conviene recordar que el aislamiento de la fachada se rige por la fórmula del aislamiento combinado (que toma como datos a los aislamientos individuales y a las respectivas superficies) y que las aberturas elegidas poseen índices R_w de 8 a 30 dB menores a los de los muros.

En particular diremos que la ventana de menor calidad (designada V1) montada en cualquiera de los 3 muros produce un índice $R_w = 23$ dB, de lo que se deduce que para este tipo de ventana no interesa el muro de montaje; siempre se arriba a resultado acústico similar (mediocre).

Para el caso de una ventana de alta calidad acústica (como la V7 ó la V8), evidentemente se obtienen valores de R_w más altos, pero como en este caso su aislamiento se acerca hasta 8 dB al correspondiente al del muro circundante, se notan pequeñas diferencias (de 1 dB) en el aislamiento final debidas al uso de uno u otro muro.

Ambas situaciones confirman que, empleando muros comunes, medianamente buenos, es la abertura quien define la calidad de la fachada.

Este efecto sería aún más notorio si se adoptaran aberturas de gran superficie, tales que abarquen un 40 a un 60 % de la fachada.

4.1.6.2 Análisis de los números NR

Analizando la Tabla recién citada, se verifica que los números NR varían entre 33 (mejor fachada) y 57 (peor fachada).

Si recordamos que el valor aconsejado para un dormitorio en zona comercial es de $NR = 35$ o menos, las fachadas apropiadas para esta situación son las N° 14, 15, 22, 23 y 31.

Se sabe que el número NR depende no sólo de la fachada sino también del espectro de ruido exterior. Para estos cálculos se adoptó un ruido típico de zona comercial. Si se eligiera un ruido más bajo, como el existente en una zona residencial, bajarían también los NR de todas las fachadas, pero se los debería comparar con el valor aconsejado para esta zona, que es: $NR = 30$ o menor.

4.1.6.3 Análisis de los puntajes obtenidos

En la Tabla 4.3 se sintetizan las características dimensionales de las fachadas, los valores de R_w , NR y costo obtenidos, así como el puntaje otorgado según la metodología propuesta.

En base a los datos de puntaje se diseñó la Figura 4.7, que permite observar cómo se sitúan los distintos ejemplos de fachada analizados según su costo y calidad acústica.

En escala vertical se indican los puntajes por costo y en escala horizontal los puntajes por calidad; existe una tercera escala en diagonal creciente hacia el extremo superior derecho que marca el puntaje total, o sea por costo-calidad.

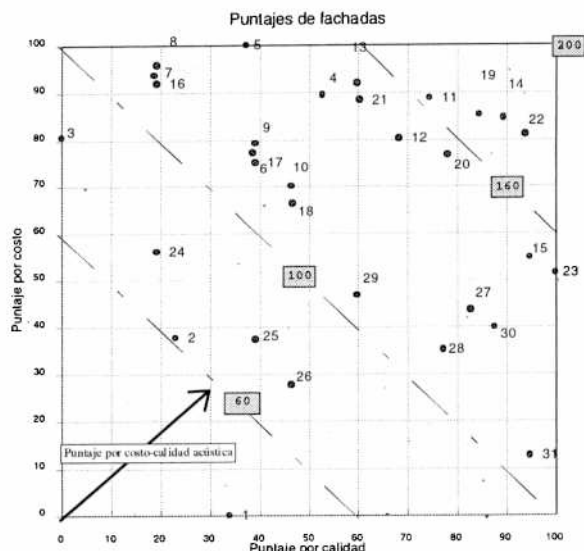


Figura 4.7

Resumiendo la información contenida en la Tabla 4.4, se mencionan las dos fachadas ubicadas en los puntajes extremos, teniendo en cuenta costo, calidad, o ambos factores.

	Mejores	Peores
Según costo	Nº 5 y Nº 8	Nº 1 y Nº 31
Según calidad	Nº 23 y Nº 15	Nº 3 y Nº 7
Según costo-calidad	Nº 22 y Nº 14	Nº 1 y Nº 2

Si se centra el análisis en el puntaje total, las fachadas poseen puntajes decrecientes en forma muy suave, por lo que existen varias que son aptas para lograr una buena relación costo-calidad. A continuación se listan las diez mejores fachadas según sus puntajes totales.

Nº Orden	Fachada	Puntaje
1ª	Nº 22	175
2ª	Nº 14	174
3ª	Nº 19	170
4ª	Nº 11	163
5ª	Nº 20	155
6ª	Nº 13	152
7ª	Nº 23	151
8ª	Nº 15	149
9ª	Nº 21	149
10ª	Nº 12	149

Se recuerda que la peor fachada es la Nº1, y tiene un puntaje de 34.

Las dos mejores fachadas en cuanto a costo-calidad son la Nº 22 y la Nº 14, pero las 8 que le siguen también poseen buen puntaje (más del 85% del máximo). La composición de las mejores 10 fachadas es la siguiente:

- Nº 22: Muro de 15 cm y ventana oscilobatiente de 1 m² con vidrio de 6 mm.
- Nº 14: Muro de ladrillos huecos revocados, de 23 cm y ventana oscilobatiente de 1 m² con vidrio de 6 mm.
- Nº 19: Muro de 15 cm; ventana oscilante de 0,88 m², con vidrio de 6 mm.

- Nº 11: Muro de ladrillos huecos de 23 cm; ventana oscilante de 0,88 m², con vidrio de 6 mm.
- Nº 20: Muro de 15 cm; ventana oscilante de 0,88 m², con vidrio termopanel de 4+6+4 mm.
- Nº 13: Muro de ladrillos huecos de 23 cm; ventana batiente, de 0,88 m², con burletes de goma y vidrio de 6 mm.
- Nº 23: Muro de 15 cm; ventana corrediza doble de 1,54 m², con vidrios de 4 mm.
- Nº 15: Muro de ladrillos huecos de 23 cm; ventana corrediza doble de 1,54 m², con vidrios de 4 mm.
- Nº 21: Muro de 15 cm; ventana batiente, de 0,88 m², con burletes de goma y vidrio de 6 mm.
- Nº 12: Muro de ladrillos huecos de 23 cm; ventana oscilante de 0,88 m², con vidrio termopanel de 4+6+4 mm.

Puede decirse que estas 10 fachadas son aptas para un proyecto donde deba conjugarse buena calidad acústica y bajo costo.

Este análisis es válido sólo para el ruido externo supuesto. Sin embargo, podría aplicarse en una zona con ruido diferente, a pesar del cambio de los números NR y la consiguiente variación de la calidad acústica. Supongamos que esta misma serie de fachadas soporta un ruido más alto pero de composición espectral similar; los números NR serían mayores, y el puntaje por calidad acústica menor, pero el ordenamiento en cuanto a puntajes sería el mismo, es decir que la fachada Nº 14 seguiría siendo la mejor y la Nº 1 la peor.

Consecuentemente, el análisis realizado es válido, con pequeñas reservas, para todo tipo de ruido de tránsito.

Si analizamos el otro extremo de la tabla encontraremos las fachadas no recomendables:

La Nº 1, con 34 puntos: aunque parezca asombroso, es una fachada habitual en viviendas tipo chalet, pero encabeza la lista de inadecuadas, lo cual puede explicarse con dos argumentos:

- La dimensión de muro y abertura y el tipo constructivo la hacen la más cara de la lista.
- Su calidad acústica la ubica en 7º lugar entre las peores. Está construida con buenos materiales, pero debido al tamaño de la abertura (3,4 m²) resulta muy permeable a los ruidos externos.

Es un típico caso donde para lograr buena iluminación y visuales adecuadas se ha obtenido un alto costo y baja calidad acústica.

Le siguen en la lista, pero alejadas, la fachada Nº 2 con 61 puntos y la Nº 26 con 74 puntos.

La Nº 2 posee muro de ladrillos huecos de 23 cm (bueno y de bajo costo), pero la puerta balcón utilizada es de alto costo y gran tamaño (3 m²), ambos factores desfavorables. Aquí predominan los

aspectos negativos de la abertura frente a los del muro, que son positivos.

La N° 26 está formada por muro de hormigón (alto costo) y ventana corrediza de 1,54 m² (baja calidad acústica). Estos dos factores negativos justifican su ubicación como fachada desfavorable.

4.1.6.4. Rendimiento de la inversión

Otra forma de expresar la mejor relación costo-calidad es mostrando cuánto se debe invertir para ganar cierta cantidad de decibeles en la calidad.

Se toma como base de cálculo la fachada de menor costo, la N° 5 (\$ 757), que posee un aislamiento $R_w = 29,5$ y un NR de 47. Se compara con las demás hallando en cada caso el aumento de costo y el respectivo aumento de calidad en dB.

Como la calidad se mide según dos parámetros (R_w y NR), y los decibeles ganados según cada escala no son iguales, se promediaron ambas ganancias de calidad.

En la Tabla 4.5 se muestran los valores obtenidos en referencia a todas las fachadas según este criterio, ordenadas por rendimientos decrecientes. Para manejar números más sencillos se expresó el rendimiento en dB/100S.

Nótese que este método muestra como mejor a la fachada N° 4 por poseer la mayor ganancia de calidad acústica por dinero invertido. Le siguen la N° 14 y la N° 22, siendo ésta última la mejor según el método de los puntajes.

Las fachadas donde el rendimiento resulta negativo (las últimas 10) son aquellas donde un aumento de costo (provocado por motivos de estética, mejores visuales, etc.) se traduce en una caída de la calidad acústica.

4.1.7 Conclusiones

La teoría del aislamiento combinado indica que la fachada ideal es aquella donde el aislamiento de muro y abertura son iguales. En ese caso la superficie de la abertura es indiferente.

En la práctica esta igualdad no se alcanza. Dados los valores usuales, es difícil y poco lógico adoptar aberturas sofisticadas, de tan alta calidad que aislen lo mismo que los muros. Es por eso que debe llegarse a una solución de compromiso, con aberturas más sencillas pero de menor tamaño.

Las aberturas estudiadas poseen aislamientos de 8 a 30 dB menores a los correspondientes a los

muros de montaje; considerando los respectivos tamaños, el aislamiento del conjunto resulta de 5 a 10 dB mayor que el de la abertura y de 3 a 23 dB menor que el de los muros.

Cuando la abertura es de baja calidad y/o grande, el aislamiento final se aproxima más al de ella y se aparta del correspondiente al muro. En caso opuesto, el aislamiento total es cercano al del muro.

Como ejemplo, se listan los valores reales de índices R_w de dos fachadas muy disímiles, (con distintas aberturas en igual muro), los de sus componentes individuales y las diferencias respectivas.

	Abertura buena	Abertura mediocre
R_w muro	46	46
R_w abertura	36	16
R_w fachada	42	23
Difer. muro-abertura	10	30
Difer. muro-fachada	4	23

Se aprecia que cuando se usa una abertura mediocre (R_w 30 dB menos que el muro), el R_w de la fachada cae 23 dB por debajo del muro. En cambio, con la abertura de buena calidad (R_w 10 dB menos que el muro), el aislamiento de la fachada es sólo 4 dB menor que el del muro.

Los muros habituales cumplen sobradamente con los requerimientos acústicos. Entre los estudiados, el de ladrillos macizos de 15 cm es el más adecuado, pero también con el de ladrillos huecos de 23 cm se logran buenos resultados. Con el muro de 30 cm (aquí no analizado) podría obtenerse mejor calidad acústica (R_w sube aproximadamente 4 dB) pero ello debería ser acompañado por una cuidada selección de la abertura, de lo contrario no se justificaría el costo adicional. El muro de hormigón no es recomendable por su costo mayor, con calidad acústica similar a los anteriores.

Las aberturas son evidentemente definitorias de la relación costo-calidad óptima. Eligiéndolas con buen criterio, puede obtenerse un aumento de calidad acústica con poco incremento relativo de costo.

En las aberturas, el factor más importante es la ausencia de rendijas (con lo cual las ventanas corredizas quedan descartadas). La zona de contacto de la hoja deberá estar obturada con un buen burlete, siendo beneficiosos, por su mejor sellado, los de goma respecto a los de espuma.

Son preferibles las aberturas con marcos macizos (madera) y no los huecos (aluminio o chapa doblada), ya que éstos propagan el ruido más fácilmente debido a su baja masa.

En cuanto al tamaño, es evidente que debería

ser lo menor posible, en consideración a la sumatoria de todos los requerimientos funcionales de una abertura. En base a los cálculos efectuados, puede decirse que se logran buenos resultados con aberturas de 1 a 1,5 m²; en valores cercanos a los 3 m² la calidad acústica decrece notablemente.

Los vidrios más adecuados son los comunes, de gran espesor (6 mm), o los laminados de 3+3 ó 3+4 mm. No se logra mejora con los de tipo termopanel ya que las resonancias propias desvirtúan el aislamiento.

4.2. ASPECTOS TÉRMICOS

4.2.1 Metodología empleada

Para el análisis de la relación costo-calidad térmica de fachadas se ha seguido un procedimiento similar al empleado para los aspectos acústicos. Las fachadas analizadas son las mismas y los costos consecuentemente se mantienen. Varían obviamente los parámetros de evaluación de calidad. Se emplea el mismo sistema de puntaje que en el caso anterior, para poder dar un diagnóstico final de las fachadas relacionando sus costos con sus performances acústica y térmica.

4.2.2 Parámetros térmicos de calidad: K y G

Todo elemento de construcción posee una cierta capacidad de transmitir el calor a su través. Como dichos elementos adoptan generalmente la forma de placas, se aprecia que el calor viaja desde la cara caliente hacia la cara fría del material.

Al colocar un muro entre dos locales a distinta temperatura, existe un flujo de calor (ejemplo para invierno) que puede dividirse en 3 fases:

- 1) Desde el aire interior hasta la cara interior del muro.
- 2) En el interior del muro.
- 3) Desde la cara externa del muro al aire externo.

Las fases 1 y 3 transmiten el calor por convección y radiación, mientras que la fase 2 lo hace por conducción.

Se dice que el material que más se opone al flujo de calor posee mayor Resistencia Térmica.

Lo que se pretende es que el calor interno no escape en invierno y que el calor externo no penetre en verano. Por ello es deseable que la envolvente del edificio sea de alta resistencia térmica, o sea poco conductora del calor.

Dicha envolvente está conformada por muros ciegos, fachadas con aberturas, cubiertas y solados; el calor fluye por cada uno de ellos de acuerdo a sus respectivas resistencias térmicas, por lo que el cambio de cualquier elemento afectará el comportamiento térmico general.

Para habituarse al manejo de términos y unidades referentes al acondicionamiento térmico conviene remitirse a la Norma IRAM 11549⁽⁷⁾.

Considerando al muro como una placa, es decir que su espesor es despreciable frente a las otras 2 dimensiones, el flujo de calor, en régimen estacionario, por unidad de tiempo, vale:

$$Q = \lambda (t_1 - t_2) S / e$$

Donde:

Q = flujo de calor [W] ó [kCal / h]

λ = conductividad térmica [W/m °C]

S = superficie del muro [m²]

e = espesor del mismo [m]

$t_1 - t_2 = \Delta t$ = gradiente de temperatura [°C]

La Conductividad Térmica, aludida con λ , expresa la aptitud para conducir el calor, por unidad de superficie y de espesor.

Se define la Resistencia Térmica de un material como su capacidad de oponerse al flujo de calor. Se la designa con R y puede calcularse con:

$$R = e / \lambda S \text{ [m}^2 \text{ °C / W]}$$

La inversa de R es llamada transmitancia térmica, se designa con K y sus unidades de medida son [W / m² °C].

Reemplazando valores puede escribirse:

$$Q = (t_1 - t_2) / R = \Delta t / R$$

Ello demuestra que a mayor resistencia térmica menor flujo de calor y viceversa.

Si consideramos una superficie unitaria, R se calcula con:

$$R = e / \lambda$$

Fórmula ésta que se utilizará en este trabajo cuando deba calcularse R a partir de λ .

Cabe acotar que la Norma IRAM 11601⁽⁸⁾ muestra un listado de los materiales más usados en nuestro país con los correspondientes valores de R o de λ , según el caso.

La resistencia térmica total de un muro es la suma de la resistencia térmica interna (R) más las resistencias superficiales interna y externa.

$$R_t = R_{si} + R + R_{se}$$

Debe hacerse esta discriminación debido a

que el calor se transmite en forma diferente dentro del muro o en sus caras.

Cuando el elemento de construcción a estudiar está formado por varias capas de materiales homogéneos, la resistencia térmica total surge de calcular las resistencias térmicas internas de cada capa.

$$R_t = R_{si} + e_1 / \lambda_1 + e_2 / \lambda_2 + \dots + R_{se} = 1 / K_t$$

Normalmente los elementos envolventes no son homogéneos en toda la superficie, tal el caso de una fachada; entonces la transmitancia térmica total se calcula con:

$$K_t = (K_1 S_1 + K_2 S_2) / (S_1 + S_2) = 1 / R_t$$

También se define al Coeficiente volumétrico de pérdida de calor (G), que se refiere a un local o a una vivienda en su totalidad. G mide la energía térmica que pierde un local calefaccionado, por unidad de volumen, unidad de tiempo y unidad de temperatura, en régimen estacionario. Sus unidades son [W / m³ °C]

Esta energía deberá ser aportada por el sistema de calefacción para mantener constante la temperatura interna de la vivienda.

La fórmula de cálculo viene dada en la Norma IRAM 11604⁽⁹⁾, y es:

$$G = (\sum K_m S_m + \sum K_v S_v + \sum \gamma K_r S_r + \alpha K_p P \beta) / V + 0,35n$$

Donde:

$\sum K_m S_m$ tiene en cuenta los cerramientos opacos exteriores (muros y techos).

$\sum K_v S_v$ se refiere a las aberturas no opacas en muros y techos.

$\sum \gamma K_r S_r$ está relacionado con cerramientos opacos y no opacos lindantes con locales no calefaccionados.

$\alpha K_p P \beta$ mide la transmitancia térmica de solados y muros de subsuelo.

V es el volumen de la vivienda.

n es el número de renovaciones de aire por hora; depende del tipo de carpintería en las aberturas.

El coeficiente G permite calcular la instalación de calefacción mínima necesaria en una vivienda, según la zona bioclimática en que se ubique.

El cálculo de la carga térmica de calefacción anual se realiza con:

$$Q_a = 24 \times ^\circ D \times G \times V / 1000 \text{ [kWh]}$$

Siendo:

°D: los grados-días anuales correspondientes a la ubicación de la vivienda.

G: Coeficiente volumétrico de pérdida de calor.

V: el volumen de la vivienda.

Los grados-días indican la cantidad de días al año en que la temperatura media está por debajo

del valor considerado adecuado para el confort (18° para viviendas). Consultar la Norma IRAM 11603⁽¹⁰⁾. En nuestro país este número varía entre 0 para zonas cálidas y 4500 para zonas frías; en Buenos Aires vale 793 y en La Plata 1170.

Conviene convertir la carga térmica Q_a a kilocalorías, ya que los calefactores a gas son conocidos comercialmente por este parámetro.

$$1 \text{ kWh} = 860 \text{ kCal}$$

$$\text{ó } 1 \text{ kCal / h} = 1,163 \text{ W}$$

Además, con los valores de G, y en base a la metodología descrita en la Resolución Fonavi 041/80, puede estimarse el flujo de calor para calefacción (Q) y dimensionar las estufas según los modelos existentes en el mercado. La fórmula de Q fue actualizada utilizando la forma de cálculo de G de la Norma IRAM 11.603.

$$Q = G \times V \times \Delta t$$

Donde:

Q = Flujo de calor. [kCal / h]

G = Coeficiente volumétrico de pérdida de calor. [kCal/h m³°C]

V = volumen de la vivienda. [m³]

Δt = salto de temperatura entre exterior e interior. [°C]

4.2.3 Cálculo de la transmitancia térmica K de muros y aberturas

Se calcularon las transmitancias térmicas de cada muro analizado en base a su conformación, con elementos de varias capas (ladrillo, revoques, etc.). Se extraen las respectivas conductividades térmicas λ_i de la Norma IRAM 11601. En el cálculo deben incluirse las resistencias superficiales interior y exterior, que se obtienen de tablas que figuran en la misma Norma. A modo de ejemplo se incluye el cálculo de R_i y K_i para el muro 1 (ladrillos huecos revocados, total 23 cm).

	e (m)	λ _i	Ri = e / λ _i
Res. superf. Interior	---	---	0,130
Revoque fino	0,005	1,16	0,004
Revoque grueso	0,020	1,16	0,017
Ladrillo hueco	0,180	---	0,575
Revoque grueso	0,020	1,16	0,017
Revoque fino	0,005	1,16	0,004
Res. superf. Exterior	---	---	0,040
Suma de Ri =			0,788
1 / Ri = Ki =			1,269 W / m ² °C

De igual forma se realizó el cálculo para los muros restantes.

En la Tabla 4.6 se listan los valores de K para los diferentes muros alternativos utilizados, así como los correspondientes a los otros elementos de la envolvente que permanecerán constantes en la vivienda tipo a analizar.

La transmitancia térmica de las aberturas se calcula en forma algo distinta; en IRAM 11601 figuran los valores según su tipo constructivo y forma de vidriado. La lista de valores usuales es:

	K (W / m ² °C)
Puerta de madera ciega	3,50
Ventanas	
Vidrio común	5,82
Con cámara de aire 6 mm	4,00
Con cámara de aire 12 mm	3,70
Con cortina de madera	2,79
Con cortina interna	5,00
Cámara de aire y cortina madera	2,15
Doble ventana (s > 3 cm)	3,00

Para las aberturas no es menester considerar las resistencias térmicas superficiales porque éstas se incluyen en los valores ya citados.

4.2.4 Cálculo del coeficiente volumétrico de pérdida de calor (G).

En lo relativo al cálculo de G, de carácter volumétrico, se decidió a modo de ejemplo adoptar una vivienda tipo en la que se colocarán algunas de las fachadas estudiadas. Los valores obtenidos de G no serán utilizados en la evaluación con puntaje ya que están comparandose fachadas (formas planas) de 10 m² desde el punto de vista acústico y térmico. Pero G es un dato clave que permite juzgar un edificio real con sus características volumétricas y tecnológicas, de acuerdo a la superficie de los elementos componentes de la envolvente y el clima en que se implanta el edificio.

La vivienda tipo adoptada consta de 2 dormitorios, estar, baño y cocina, con una superficie de 40 m² (Figura 4.8). Para el cálculo de G no interesa la distribución de locales, pero sí las superficies de muros, techos y solados vistos desde el interior, y la superficie de las aberturas.

Las características de la envolvente son:

- * Muros: Se estudiarán 5 alternativas cuyas características se aprecian en la Tabla 4.6.
- * Techo: De chapa metálica ondulada, con aislante de poliestireno expandido de 25 mm y entablonado de 13 mm.
- * Solados: De cerámicos de 10 mm, sobre contrapiso alisado de 15 cm.
- * Ventanas: Corredizas de aluminio, con cortinas de tela interiores.
- * Puerta: De madera, ciega, con marco metálico.

Al efecto del cálculo térmico se consideraron las superficies y transmitancias térmicas de cada elemento de la envolvente, excepto para el solado. Las pérdidas de calor a través de los solados se calculan con una fórmula diferente al resto de los

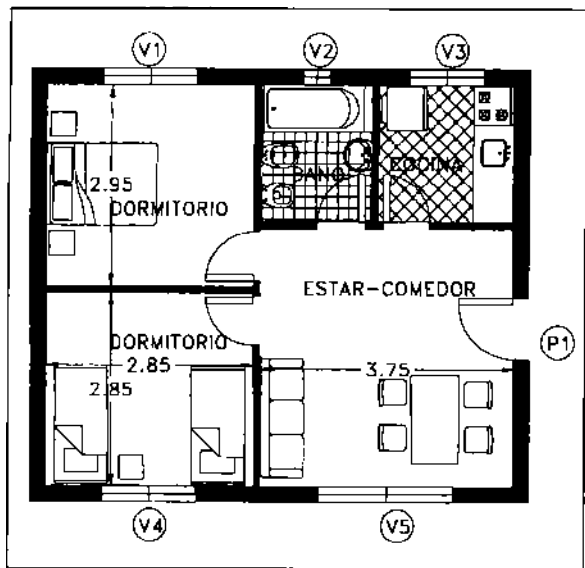


Figura 4.8

componentes, interviniendo la transmitancia térmica, el perímetro de la vivienda y dos factores, α y β , que dependen de la inercia térmica y del terreno

4.2.5 Valores máximos admisibles

Existen valores máximos aconsejados tanto para K como para G. Ello permite decidir si una fachada o una vivienda es apta desde el punto de vista térmico para cierta zona del país.

La Norma IRAM 11605 indica los valores máximos aconsejados de K, según la zona bioclimática donde se emplace la vivienda⁽¹¹⁾.

Según dicha Norma, las zonas bioclimáticas de la República Argentina se denominan:

- Zona I : Muy cálida
- Zona II : Cálida
- Zona III : Templada cálida
- Zona IV : Templada fría
- Zona V : Fría
- Zona VI : Muy fría

La parte norte de la Provincia de Buenos Aires se encuentra en la zona III y el resto en la zona IV, siendo el límite la línea de 1170 grados-días.

A su vez las zonas se encuentran subdivididas en subzonas denominadas a y b, existiendo en algunos casos la c y la d.

La Plata y Buenos Aires se hallan en la zona IIIb, o sea la franja costera de unos 50 Km de ancho que va desde el Delta hasta la Bahía Samborombón.

Los valores aconsejados son:

Para la zona IIIa (norte de la Provincia):
Muros exteriores: 1,51 + 1,16 mt

Techos:	1,04 + 1,16 mt
Para la zona IIIb (franja costera):	
Muros exteriores al N ó S:	1,86 + 1,16 mt
Muros exteriores al E ó O:	1,51 + 1,16 mt
Techos:	1,04 + 1,16 mt
Para la zona IVc (sur de la Provincia):	
Muros exteriores:	1,51 + 1,16 mt
Techos:	1,04 + 1,16 mt
Para la zona IVd (costa atlántica)	
Muros exteriores:	1,51 + 1,16 mt
Techos:	1,04 + 1,16 mt

Donde:

mt = masa del muro o techo en toneladas / m².

Las masas de las fachadas varían entre 220 y 320 Kg./ m², por lo que el K máximo para la zona IIIb oscilaría entre 2,12 y 2,23 para orientación N y S, y entre 1,77 y 1,88 para orientación E y O. Para el techo elegido el K máximo sería de 1,06.

Con relación a este tema también puede consultarse el Manual de Aislamiento (12), que incluye a la Norma NBE-CT-79, donde para zonas bioclimáticas similares en España, se indica un K máximo de 1,80 para fachadas de más de 200 Kg./ m² y un K máximo de 1,40 para cubiertas.

Los valores máximos aconsejados de G figuran en la tabla II de la Norma IRAM 11604, en función del volumen del edificio y con los grados-días como parámetro; suponiendo un volumen de 100 m³ y una zona de 1100 grados-días resulta G_{máx} = 3,1 W / m³ °C.

En el cálculo de la transmitancia térmica de las fachadas (Kf) se tienen en cuenta las superficies y los K de cada muro y abertura (Tabla 4.7). Por ejemplo, para la fachada 1 resulta:

$$\begin{aligned} \text{Muro M4} & \text{ — Km} = 2,066 \text{ W / m}^2 \text{ °C} \text{ — Sm} = 6,60 \text{ m}^2 \\ \text{Abertura V3} & \text{ — Ka} = 2,79 \text{ W / m}^2 \text{ °C} \text{ — Sa} = 3,4 \text{ m}^2 \\ \text{Kf} & = \text{Km Sm} + \text{Ka Sa} / (\text{Sm} + \text{Sa}) = 2,31 \text{ W / m}^2 \text{ °C} \end{aligned}$$

Debe recordarse que para las fachadas 1 a 7 el área del muro se ajusta para que la superficie de la fachada resulte 10 m² y pueda adaptarse al estar de la vivienda tipo.

El proceso de cálculo del coeficiente volumétrico de pérdida de calor (G) se detalla en la Norma IRAM 11604, y consiste en sumar las pérdidas volumétricas por transmisión y por infiltración. Las primeras surgen del conocimiento de superficies y transmitancias térmicas de los componentes de la vivienda; las segundas del volumen de aire infiltrado a través de las aberturas.

El aire infiltrado es función de la velocidad media del viento en el lugar donde se asienta la vivienda y del tipo de abertura.

La velocidad media del viento se obtiene en la Norma IRAM 11603 y el caudal de aire infiltrado en la tabla IV de la Norma IRAM 11604, en metros cúbicos por hora y por m² de abertura, para velocidades medias de viento de 8 a 36 km/h; según el tipo (batientes, corredizas, de guillotina, pivotantes, etc.) y material (madera, aluminio, chapa doblada, PVC, etc) de las mismas.

El cociente entre los volúmenes de aire infiltrado y el de la vivienda, permite conocerse el número de renovaciones por hora (n), necesario para calcular G. Nótese que G expresa las propiedades térmicas de una vivienda en función del tipo y características de los materiales empleados y de los vientos de la zona.

Para la fachada 1 montada en la vivienda tipo el cálculo resulta:

$$\begin{aligned} \text{Pérdidas de transmisión en la vivienda:} & 207,24 \text{ W / °C} \\ \text{Pérdidas volumétricas por transmisión:} & 1,777 \text{ W / m}^3 \text{ °C} \\ \text{Volumen de infiltración:} & 106,72 \text{ m}^3 / \text{h} \\ \text{Número de renovaciones:} & 0,915 \text{ por hora} \\ \text{Pérdidas volumétricas por infiltración:} & 0,143 \text{ W / m}^3 \text{ °C} \end{aligned}$$

Finalmente, G es la suma de ambas pérdidas volumétricas:

$$G = 1,777 + 0,143 = 1,920 \text{ W / m}^3 \text{ °C}$$

De igual forma se calcula G para las restantes fachadas; el resultado para 5 de ellas figura en la Tabla 4.8.

4.2.6 Análisis de los resultados obtenidos

4.2.6.1 Análisis de los valores de K

Conocidos los valores de K de las 31 fachadas analizadas se procedió a crear una escala de calidad. Se asignó a cada fachada un puntaje entre 0 y 100, siendo 100 el correspondiente al menor K, ya que un número K bajo significa mejor calidad térmica. El mayor K se corresponde con el puntaje 0. Las fachadas intermedias tendrán puntajes proporcionales al valor de su respectivo K.

En la figura 4.9 -y siguiendo el mismo criterio que en el caso del aislamiento acústico- se confronta la calidad de las fachadas obtenida a partir de los valores de K y su costo.

La fachada con menor K, o sea la que posee 100 puntos en esa escala, es la 12; la de mayor K y puntaje 0 es la 7.

Ya se han visto los valores aconsejados por Normas Argentinas y Españolas; conocido K puede estimarse si una fachada es apta o no para usarse en cierta zona del país.

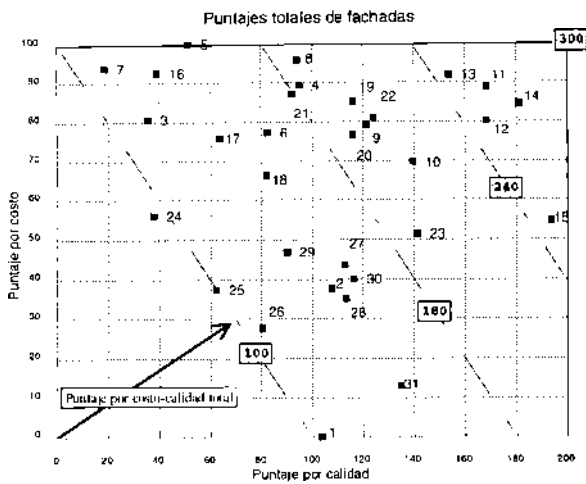


Figura 4.9

Si suponemos ubicada la vivienda en La Plata, los valores máximos aconsejados para K según IRAM 11605 son:

Fachadas:

- entre 2,12 y 2,23 para orientación N y S. (Adoptamos K=2,12)
- entre 1,77 y 1,88 para orientación E y O. (Adoptamos K=1,77)

Techos:

- para el techo elegido el K máximo sería de 1,06.

En la Norma NBE-CT-79, para zonas bioclimáticas similares en España, se indica:

- K máximo de 1,80 para fachadas de más de 200 Kg./m².
- K máximo de 1,40 para cubiertas.

Basándonos en Normas IRAM, según K, son aptas para orientación N y S las fachadas N° 12, 15, 11, 13, 10, 14, 2 y 9; para orientación E y O son aconsejables sólo las 6 primeras (Tabla 4.8).

Las restantes fachadas, que poseen valores de K superiores a los aconsejados para la zona bioclimática IIIb, podrían utilizarse en una zona más cálida, donde se permiten K más altos.

Si ubicamos la vivienda en una zona más fría, como la IV, el K máximo admisible es de 1,77 para cualquier orientación y las fachadas admisibles serían las 6 primeras de la escala.

4.2.6.2 Análisis de los valores de G y carga térmica de calefacción anual

El valor de G considerado aceptable por la Normas IRAM 11605 para la zona IIIb es:

$$- G_{\text{máx}} = 3,1 \text{ W / m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Si se analizan los valores de G calculados vemos que todas las fachadas resultas aptas, ya que se encuentran por debajo del máximo establecido.

En la tabla 4.8 se observa que las fachadas 11 y 12 tienen el G menor, siendo la 6 y 7 más desfavorables desde el punto de vista estudiado.

Si se deseara calcular la carga térmica de calefacción anual en la vivienda tipo propuesta, con diferentes fachadas montadas, el cálculo según IRAM 11604 sería:

Para la mejor fachada (la N° 12):

$$G = 1,539 \text{ W / m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Entonces:

$$\begin{aligned} Q_a &= 24 \times \text{°D} \times G \times V / 1000 = \\ &= 24 \times 1100 \times 1,539 \times 116,61 / 1000 = \\ &= 4738 \text{ kWh} = 4.074.523 \text{ kCal} \end{aligned}$$

En nuestro país es habitual la calefacción a gas; esta carga térmica, dado el equivalente calórico del gas (9300 kCal / m³), representa 438 m³, que significan un costo de \$ 130 anuales (sin considerar cargos fijos e impuestos). Si se usara electricidad el costo sería de \$ 715.

Realizando el mismo cálculo para la peor fachada resulta:

$$\begin{aligned} G &= 2,704 \text{ W / m}^3 \text{ } ^\circ\text{C} \\ Q_a &= 24 \times 1100 \times 2,704 \times 116,61 / 1000 = \\ &= 8324 \text{ kWh} = 7.158.876 \text{ kCal} \end{aligned}$$

Esta carga térmica representa 770 m³ ó \$ 226. Si se usara electricidad el costo sería de \$ 1256.

De la comparación de ambos costos anuales surge el ahorro derivado de las mejoras de características térmicas de las fachadas.

Si se desea calcular el costo inicial de la instalación de calefacción se debe proceder a calcular Q en kCal / h, con el fin de determinar el tipo de calefactores a utilizar y su costo.

Para la mejor fachada (N° 12):

$$G = 1,539 \text{ W / m}^3 \text{ } ^\circ\text{C} = 1,323 \text{ kCal / h m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$V = 116,61 \text{ m}^3$$

$$\Delta t = 18^\circ\text{C} - 1^\circ\text{C} = 17^\circ\text{C}$$

Se tomó como temperatura exterior la de diseño mínima, extraída de IRAM 11603, que para La Plata es de 1°C.

Entonces:

$$Q = 1,323 \times 116,61 \times 17 = 2623 \text{ kCal / h}$$

Para la peor fachada (N° 7):

$$G = 2,704 \text{ W / m}^3 \text{ } ^\circ\text{C} = 2,325 \text{ kCal / h m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = 2,325 \times 116,61 \times 17 = 4609 \text{ kCal / h}$$

Se estima que en el primer caso basta con un calefactor de 3000 kCal/h, mientras que el segundo demanda uno de 5000 kCal/h. Se evidencia que

el costo inicial y de funcionamiento del sistema de calefacción está condicionado por las características de las fachadas alternativas empleadas.

4.2.7. Conclusiones

La estimación de la Transmitancia térmica K y del Coeficiente volumétrico de pérdida de calor G permiten evaluar en qué forma las características intrínsecas y las dimensiones de los elementos constitutivos de la envolvente influyen en la calidad térmica de la misma.

Además, los valores máximos determinados por las Normas permiten situar al edificio en su contexto climático y ambiental, demostrando la necesidad - muchas veces ignorada- de proyectar de acuerdo a los factores condicionantes impuestos por la zona. El ejercicio aquí realizado (estudio de fachadas desde el punto de vista térmico y económico) es útil en la etapa de diseño, ya que permite seleccionar una opción que optimiza el costo y la calidad.

Como se ha visto, estas decisiones de diseño no condicionan sólo el costo de construcción de la vivienda, sino que determinan, también, los gastos relativos a la operación de la misma durante su vida útil. Ejemplo de ello es la estimación realizada respecto de las necesidades de calefacción en relación a cada tipo de fachada analizada.

Estas consideraciones resultan fundamentales cuando se trata de climas críticos, tanto cálidos como fríos; en estos casos, decisiones equivocadas en el diseño de la envolvente elevan el discomfort e incrementan los costos energéticos a lo largo de toda la vida útil del edificio.

4.3 CONCLUSIONES GENERALES

En la Tabla 4.9 se listan las 31 fachadas con el puntaje obtenido en costo, calidad acústica y térmica. Luego se ordenan según el puntaje total obtenido, cuyo máximo absoluto serían 300 puntos (100 por cada aspecto considerado).

Se observa que no suele existir proporcionalidad entre los valores de costo y de calidad obtenidos. La fachada con mayor puntaje total resulta la N° 14 (ladrillo cerámico portante y ventana de aluminio de 1 m² con doble burlete de goma); su costo es relativamente bajo pero su performance desde el punto de vista acústico y térmico es muy buena. En el extremo opuesto de la tabla se encuentra la fachada N°24 (muro de hormigón con ventana co-

rediza de chapa doblada, sin burletes ni felpas); el costo es mucho más elevado que en el caso anterior, pero su performance general resulta pobre.

Comparando ambos ejemplos extremos, se advierte que la diferencia en costos está dada principalmente por el muro; el costo de colocar una mejor abertura resulta relativamente pequeño.

Los resultados obtenidos señalan la conveniencia de contar con bases de datos de costo y calidad como herramienta para evaluar alternativas tecnológicas en la etapa de diseño de las viviendas. Los ejemplos analizados muestran que es factible obtener medidas de performance adecuadas con costos reducidos o moderados, lo que resulta un dato clave, tanto en emprendimientos del sector público como privado.

4.4. NOTAS

- (1) Norma IRAM 4063 «Transmisión de sonidos en edificios», 1982.
- (2) Norma IRAM 4043 «Clasificación de aislación del sonido en edificios y elementos de edificios», 1984.
- (3) Norma IRAM 4044 «Aislamiento acústico mínimo en tabiques y muros», 1985.
- (4) Norma IRAM 4070 «Procedimiento para la evaluación de ruidos utilizando las curvas NR», 1986
- (5) Norma DIN 4109 Parte 2, «Noise control in buildings requirements», 1983.
- (6) BERANEK L. et al: «Preferred noise criterion (PNC) curves and their application to rooms», en JASA Vol 50, 1971, [1223].
- (7) Norma IRAM 11549 «Acondicionamiento térmico de edificios. Vocabulario», 1993.
- (8) Norma IRAM 11601 «Acondicionamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de componentes y elementos de construcción en régimen estacionario», 1994.
- (9) Norma IRAM 11604 «Acondicionamiento térmico de edificios. Ahorro de energía en calefacción. Coeficientes volumétricos G de pérdida de calor», 1990.
- (10) Norma IRAM 11603 «Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina», 1992.
- (11) Norma IRAM 11605 «Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en viviendas. Valores máximos admisibles de transmitancia térmica K ».
- (12) Manual de Aislamiento. Editado por Isover. España, 1993.

4.5. ANEXO TABLAS

Tabla 4.1: Conformación de fachadas.

Ventanas.

Ventana	Tipo	Sup. Vidrio.	Sup. Total.
V1	Corrediza, de chapa doblada, de 1,80 X 1,10 m, sin burletes ni felpas. . Vidrio de 4 mm	1,50	1,98
V2	Corrediza, de aluminio, linea herrero, de 1,40 X 1,10 m, con burletes y felpas. Vidrio laminado 4+3 mm.	1,13	1,54
V3	Corrediza, de aluminio, con perfiles N° 175 y 176, de 1,40 X 1,10 m, con burletes y felpas. Vidrio Termopanel de 4+6+4 mm.	1,13	1,54
V4	Desplazable o basculante (apertura inferior), de aluminio, de 0,80 x 1,10 m. Con burletes de goma. Vidrio de 6 mm.	0,58	0,88
V5	Idem anterior, pero con vidrio termopanel de 4+6+4 mm.	0,58	0,88
V6	Batiente, de aluminio, de 0,80 x 1,10 m, con burletes de goma. Vidrio de 6 mm.	0,67	0,88
V7	Oscilobatiente de aluminio (bisagras laterales e inferiores), de 1,00 x 1,00 m. Con dobles burletes de goma. Vidrio de 6 mm.	0,59	1,00
V8	Doble ventana corrediza de aluminio, de 1,40 x 1,10 m. Una similar a la b), pero con vidrio de 4 mm y la otra similar a la c), con vidrio de 4 mm.	1,13	1,54

Fachadas medidas directamente

Total	Conformación	Muro	Abert.	
		m ²	m ²	m ²
F 1	Muro de ladrillos macizos, de 30 cm, interior revocado, exterior ladrillo vista Ventana de madera, de 2,15 x 1,60 m, 4 hojas de abrir, vidrios de 3 mm. Cortina de enrollar de madera, cerrada.	7,4	3,41	0,8
F 2	Muro de ladrillos huecos tipo Palmar, revocado interior y exterior, total 23 cm. Puerta-balcón de hierro, de 1,45 x 2,10 m, 3 hojas de abrir, vidrios de 3 mm. Cortina de enrollar de madera, cerrada.	4,14	3,01	7,15
F 3	La misma, pero sin la cortina de enrollar.	4,14	3,01	7,15
F 4	Muro de ladrillos huecos tipo Palmar, salpicado ambas caras, total 21 cm. Ventana corrediza, de chapa doblada, de 1,50 x 1,20 m, vidrios de 3 mm. Cortina de enrollar plástica, cerrada.	5,7	1,8	7,5
F 5	La misma, pero sin la cortina de enrollar.	5,7	1,8	7,5
F 6	Muro de ladrillos huecos tipo Palmar, salpicado ambas caras, total 21 cm. Puerta-balcón de hierro, de 1,50 x 2,10 m, 3 hojas de abrir, vidrios de 3 mm. Cortina de enrollar plástica, cerrada.	5,2	3,15	8,35
F 7	La misma, pero sin la cortina de enrollar.	5,2	3,15	8,35

Fachadas conformadas

Ventanas	Muros		
	M 1	M 2	M 3
V1	F 8	F 16	F 24
V2	F 9	F 17	F 25
V3	F 10	F 18	F 26
V4	F 11	F 19	F 27
V5	F 12	F 20	F 28
V6	F 13	F 21	F 29
V7	F 14	F 22	F 30
V8	F 15	F 23	F 31

Tabla 4.2: Detalle del aislamiento de fachadas

Frec.	Nº 1 R(dB)	Nº 2 R(dB)	Nº 3 R(dB)	Nº 4 R(dB)	Nº 5 R(dB)	Nº 6 R(dB)	Nº 7 R(dB)	Nº 8 R(dB)	Nº 9 R(dB)	Nº 10 R(dB)	Nº 11 R(dB)	Nº 12 R(dB)	Nº 13 R(dB)	Nº 14 R(dB)	Nº 15 R(dB)	Nº 16 R(dB)
100	18,9	15,6	8,9	27,3	27,8	22,9	18,6	21,3	25,1	24,2	27,7	32,1	30,3	29,9	30,9	21,3
125	20,8	14,1	12,5	26,0	21,9	22,9	20,6	22,3	24,7	26,8	29,7	31,9	30,2	29,9	32,0	22,2
160	17,4	12,4	8,1	32,2	31,5	26,1	25,8	26,4	31,2	29,3	33,4	32,1	28,7	31,7	34,7	26,3
200	19,4	15,4	10,4	30,9	30,9	29,0	26,4	25,2	31,0	30,1	32,7	30,0	30,1	31,7	35,8	25,3
250	19,0	17,6	13,7	26,6	28,0	29,9	24,5	24,6	29,8	30,5	32,5	33,0	30,3	32,9	35,3	24,7
315	21,5	18,5	13,6	27,0	28,5	28,5	26,4	25,9	28,1	28,5	33,9	30,2	30,3	34,2	36,7	26,1
400	23,8	21,3	17,1	26,6	28,8	27,7	27,4	25,5	29,5	29,8	34,8	29,0	31,4	35,1	36,5	25,7
500	25,4	23,4	19,0	30,3	32,8	28,9	26,0	24,6	30,0	29,9	35,4	33,4	32,2	36,4	38,0	24,7
630	26,5	26,7	21,3	32,0	32,2	28,1	27,1	25,1	29,2	31,5	35,6	33,9	31,7	38,6	40,9	25,1
800	26,9	28,9	23,5	32,0	30,1	26,9	24,7	24,6	28,9	31,4	33,5	34,6	30,6	40,0	41,2	24,7
1000	26,5	29,8	23,0	29,9	26,4	27,5	23,4	24,0	27,4	27,2	34,4	34,5	30,2	40,6	39,9	24,0
1250	27,9	30,9	23,0	30,6	24,1	26,8	19,3	24,1	25,0	28,0	38,0	34,7	33,7	39,9	39,0	24,1
1600	29,2	33,6	26,3	31,3	24,0	27,4	19,3	22,5	26,0	27,3	40,0	37,8	35,2	40,4	39,9	22,6
2000	31,6	34,6	29,4	34,1	28,6	30,2	23,8	20,8	26,3	28,8	38,0	34,9	36,3	39,3	40,7	20,8
2500	31,6	35,6	31,4	36,9	33,2	33,1	27,7	19,8	27,7	31,0	33,9	36,3	37,8	40,6	43,2	19,8
3150	32,6	38,1	34,6	40,6	36,6	34,9	29,1	21,0	29,4	32,9	38,5	37,4	36,8	41,5	45,1	21,0
4000	33,0	37,2	32,8	43,1	37,3	35,1	29,6	22,1	30,3	34,4	39,9	41,3	40,3	45,7	47,5	22,1
5000	33,5	36,1	32,1	39,5	35,2	35,2	32,1	21,9	32,0	37,1	43,2	43,5	41,1	47,6	48,2	21,9
Rw=	28,3	28,2	22,9	32,5	29,5	29,7	24,8	23,4	28,2	30,4	36,9	35,2	34,3	39,7	41,1	23,4
NR=	49	52	57	43	47	47	51	50	46	45	39	40	43	35	34	50

Frec.	Nº 17 R(dB)	Nº 18 R(dB)	Nº 19 R(dB)	Nº 20 R(dB)	Nº 21 R(dB)	Nº 22 R(dB)	Nº 23 R(dB)	Nº 24 R(dB)	Nº 25 R(dB)	Nº 26 R(dB)	Nº 27 R(dB)	Nº 28 R(dB)	Nº 29 R(dB)	Nº 30 R(dB)	Nº 31 R(dB)
100	25,0	24,1	29,4	32,7	30,1	29,7	30,7	21,2	24,6	23,8	28,4	30,7	28,9	28,6	29,4
125	24,6	26,6	30,6	32,0	29,7	29,5	31,3	21,7	23,7	25,3	27,7	28,3	27,2	27,1	28,2
160	30,9	29,0	33,4	32,6	28,5	31,3	33,9	26,2	30,6	28,8	32,9	32,2	28,3	31,0	33,4
200	31,2	30,3	34,3	32,0	30,3	32,0	36,5	24,9	29,7	29,1	31,5	30,1	29,0	30,1	32,7
250	30,1	30,9	34,3	34,7	30,7	33,6	36,6	24,5	29,6	30,4	33,1	33,5	30,2	32,6	34,9
315	28,4	28,8	36,2	32,6	30,8	35,3	38,9	25,8	27,9	28,3	33,8	31,4	29,9	33,3	35,3
400	30,0	30,4	37,9	31,6	32,3	37,5	40,1	25,6	29,7	30,1	36,2	31,2	31,8	36,0	37,8
500	30,4	30,3	38,1	36,0	32,8	38,3	40,8	24,6	30,4	30,2	37,8	35,8	32,7	38,0	40,4
630	29,2	31,6	37,7	36,0	31,9	39,2	41,9	25,1	29,1	31,4	36,7	35,3	31,6	37,9	39,8
800	28,9	31,5	35,8	36,8	30,7	40,9	42,3	24,6	28,8	31,2	35,1	35,9	30,5	38,9	39,9
1000	27,5	27,3	36,9	37,0	30,3	42,0	41,0	24,0	27,5	27,3	36,7	36,8	30,3	41,4	40,5
1250	25,0	28,1	40,3	37,0	33,8	40,2	39,3	24,1	25,0	28,0	39,9	36,8	33,7	39,9	39,0
1600	26,0	27,4	42,5	40,3	35,4	40,9	40,3	22,6	26,0	27,4	42,3	40,1	35,3	40,8	40,1
2000	26,3	28,8	40,5	37,4	36,4	39,7	41,2	20,8	26,3	28,8	40,4	37,3	36,4	39,6	41,1
2500	27,7	31,0	36,3	38,8	38,0	41,0	43,8	19,8	27,7	31,0	36,3	38,7	38,0	40,9	43,7
3150	29,4	33,0	41,1	39,9	37,0	42,1	46,5	21,0	29,4	32,9	40,4	39,3	36,7	41,2	44,4
4000	30,3	34,4	42,4	43,8	40,5	46,3	48,5	22,1	30,2	34,2	41,2	42,2	39,7	43,8	45,0
5000	32,0	37,1	45,3	45,5	42,5	47,6	48,2	21,9	32,0	36,9	44,2	44,4	41,9	45,9	46,4
Rw=	28,2	30,5	39,4	37,6	34,5	40,7	42,4	23,4	28,2	30,4	38,7	37,2	34,3	39,8	41,1
NR=	46	45	37	38	43	34	33	50	46	45	37	38	43	36	34

Tabla 4.3: Evaluación de costo y calidad de fachadas.

Nº	S/muro	S/abert	Costo muro	Costo abert.	Costo total	Rw (dB)	Rw10 (dB)	NR	Puntaje Costo	Puntaje Rw10	Puntaje NR	Puntaje Calidad	Puntaje total
1	6,6	3,4	706	818	1524	28,3	28,6	49	0	34	33	34	34
2	6,99	3,01	468	766	1234	28,2	26,7	52	38	25	21	23	61
3	6,99	3,01	468	437	905	22,9	21,4	57	81	0	0	0	81
4	8,2	1,8	517	321	838	32,5	31,3	43	89	47	58	53	142
5	8,2	1,8	517	240	757	29,5	28,3	47	100	33	42	37	137
6	6,85	3,15	432	500	932	29,7	28,9	47	77	36	42	39	116
7	6,85	3,15	432	373	805	24,8	24,0	51	94	12	25	19	112
8	8,02	1,98	537	252	789	23,4	23,4	50	96	10	29	19	115
9	8,46	1,54	567	349	916	28,2	28,2	46	79	32	46	39	118
10	8,46	1,54	567	424	990	30,4	30,4	45	70	43	50	46	116
11	9,12	0,88	611	232	843	36,9	36,9	39	89	74	75	74	163
12	9,12	0,88	611	297	908	35,2	35,2	40	80	66	71	68	149
13	9,12	0,88	611	208	819	34,3	34,3	43	92	61	58	60	152
14	9	1	603	273	876	39,7	39,7	35	84	87	92	89	174
15	8,46	1,54	567	538	1105	41,1	41,1	34	55	94	96	95	149
16	8,02	1,98	561	252	813	23,4	23,4	50	93	10	29	19	112
17	8,46	1,54	592	349	941	28,2	28,2	46	76	32	46	39	115
18	8,46	1,54	592	424	1016	30,5	30,5	45	66	43	50	47	113
19	9,12	0,88	638	232	870	39,4	39,4	37	85	86	83	85	170
20	9,12	0,88	638	297	936	37,6	37,6	38	77	77	79	78	155
21	9,12	0,88	638	208	846	34,5	34,5	43	88	62	58	60	149
22	9	1	630	273	903	40,7	40,7	34	81	92	96	94	175
23	8,46	1,54	592	538	1130	42,4	42,4	33	51	100	100	100	151
24	8,02	1,98	842	252	1094	23,4	23,4	50	56	10	29	19	75
25	8,46	1,54	888	349	1238	28,2	28,2	46	37	32	46	39	76
26	8,46	1,54	888	424	1312	30,4	30,4	45	28	43	50	46	74
27	9,12	0,88	958	232	1190	38,7	38,7	37	44	82	83	83	126
28	9,12	0,88	958	297	1255	37,2	37,2	38	35	75	79	77	112
29	9,12	0,88	958	208	1165	34,3	34,3	43	47	61	58	60	107
30	9	1	945	273	1218	39,8	39,8	36	40	88	88	88	127
31	8,46	1,54	888	538	1426	41,1	41,1	34	13	94	96	95	108

Tabla 4.4: Ordenamiento de fachadas por puntaje.

Según costo			Según calidad acústica			Según costo-calidad acústica		
Orden	Fachada	Puntos	Orden	Fachada	Puntos	Orden	Fachada	Puntos
1	5	100	1	23	100	1	22	175
2	8	96	2	15	95	2	14	174
3	7	94	3	31	95	3	19	170
4	16	93	4	22	94	4	11	163
5	13	92	5	14	89	5	20	155
6	4	89	6	30	88	6	13	152
7	11	89	7	19	85	7	23	151
8	21	88	8	27	83	8	15	149
9	19	85	9	20	78	9	21	149
10	14	84	10	28	77	10	12	149
11	22	81	11	11	74	11	4	142
12	3	81	12	12	68	12	5	137
13	12	80	13	21	60	13	30	127
14	9	79	14	29	60	14	27	126
15	6	77	15	13	60	15	9	118
16	20	77	16	4	53	16	10	116
17	17	76	17	18	47	17	6	116
18	10	70	18	26	46	18	8	115
19	18	66	19	10	46	19	17	115
20	24	56	20	17	39	20	18	113
21	15	55	21	25	39	21	7	112
22	23	51	22	9	39	22	28	112
23	29	47	23	6	39	23	16	112
24	27	44	24	5	37	24	31	108
25	30	40	25	1	34	25	29	107
26	2	38	26	2	23	26	3	81
27	25	37	27	8	19	27	25	76
28	28	35	28	16	19	28	24	75
29	26	28	29	24	19	29	26	74
30	31	13	30	7	19	30	2	61
31	1	0	31	3	0	31	1	34

Tabla 4.5: Rendimiento de la inversión en las fachadas.

Fachada	Costo	Diferencia			Diferencia			Rendim.
	Pesos	Costo	Rw	NR	Rw	NR	Med	dB/100\$
5	757	0	28,3	47	0,0	0	0,0	--
14	876	119	39,7	35	11,4	12	11,7	9,8
11	843	86	36,9	39	8,6	8	8,3	9,6
19	870	114	39,4	37	11,1	10	10,6	9,3
22	903	146	40,7	34	12,4	13	12,7	8,7
13	819	62	34,3	43	6,0	4	5,0	8,1
21	846	89	34,5	43	6,2	4	5,1	5,7
20	936	179	37,6	38	9,3	9	9,2	5,1
12	908	152	35,2	40	6,9	7	7,0	4,6
4	838	81	31,3	43	3,0	4	3,5	4,3
23	1130	374	42,4	33	14,1	14	14,1	3,8
15	1105	348	41,1	34	12,8	13	12,9	3,7
30	1218	461	39,8	36	11,5	11	11,3	2,4
27	1190	433	38,7	37	10,4	10	10,2	2,4
31	1426	670	41,1	34	12,8	13	12,9	1,9
28	1255	498	37,2	38	8,9	9	9,0	1,8
29	1165	409	34,3	43	6,0	4	5,0	1,2
10	990	234	30,4	45	2,1	2	2,1	0,9
18	1016	259	30,5	45	2,2	2	2,1	0,8
26	1312	555	30,4	45	2,1	2	2,1	0,4
9	916	159	28,2	46	-0,1	1	0,5	0,3
17	941	185	28,2	46	-0,1	1	0,5	0,3
6	932	175	28,9	47	0,7	0	0,3	0,2
25	1238	481	28,2	46	-0,1	1	0,5	0,1
1	1524	768	28,6	49	0,4	-2	-0,8	-0,1
2	1234	478	26,7	52	-1,5	-5	-3,3	-0,7
24	1094	338	23,4	50	-4,9	-3	-3,9	-1,2
3	905	149	21,4	57	-6,8	-10	-8,4	-5,7
16	813	57	23,4	50	-4,9	-3	-3,9	-6,9
7	805	48	24,0	51	-4,2	-4	-4,1	-8,6
8	789	33	23,4	50	-4,9	-3	-3,9	-12,0

Tabla 4.6: Valores de Transmitancia Térmica en la vivienda tipo

	e (mm)	λ (W / m °C)	Ri = e/ λ	Ki (W / m ² °C)
Muro 1 Huecos revocados (23 cm)	Res. superf. interior	-----	0,130	
	Revoque fino	5	1,16	
	Revoque grueso	20	1,16	
	Ladrillo hueco	180	-----	
	Revoque grueso	20	1,16	
	Revoque fino	5	1,16	
	Res. superf. exterior	-----	0,040	
	Suma de Ri		0,788	
Muro 2 Macizos de 15 cm	Res. superf. interior	-----	0,130	
	Revoque interior	15	1,16	
	Ladrillo común	120	0,91	
	Revoque exterior	15	1,16	
	Res. superf. exterior	-----	0,040	
	Suma de Ri		0,328	
Muro 3 Hormigón salpicado (17 cm)	Res. superf. interior	-----	0,130	
	Salpicado	3	1,16	
	Revoque grueso	22	1,16	
	Hormigón	120	1,09	
	Revoque grueso	22	1,16	
	Salpicado	3	1,16	
	Res. superf. exterior	-----	0,040	
	Suma de Ri		0,323	
Muro 4 Ladrillo vista de 30 cm	Res. superf. interior	-----	0,130	
	Revoque interior	20	1,16	
	Ladrillo común	270	0,91	
	Res. superf. exterior	-----	0,040	
	Suma de Ri		0,484	
Muro 5 Huecos salpicados (22 cm)	Res. superf. interior	-----	0,130	
	Salpicado	3	1,16	
	Revoque grueso	17	1,16	
	Ladrillo hueco	180	-----	
	Revoque grueso	17	1,16	
	Salpicado	3	1,16	
	Res. superf. exterior	-----	0,040	
	Suma de Ri		0,779	
Techo	R superficial interior	-----	0,100	
	Entablonado	13	0,15	
	Poliestireno expandido	25	0,033	
	Filtro asfáltico	2	0,18	
	Cámara de aire	20	-----	
	Chapa de H° G°	1	58	
	R superficial exterior	-----	0,030	
Suma de Ri		1,125	0,889	
Sólados	R superficial interior	-----	0,160	
	Cerámicos	10	0,7	
	Mortero	5	0,93	
	Platea	150	0,93	
	Terreno	135	1	
Suma de Ri		0,476	2,101	
Puertas	Puerta de chapa doblada	-----	0,040	
	R superficial exterior	-----	0,000	
	Chapa de hierro	2	58	
	Fibra de vidrio	37	0,042	
	R superficial interior	-----	0,130	
Suma de Ri		1,051	0,951	

Tabla 4.9: Cálculo de puntajes totales y ordenamiento de fachadas

Fachada	Puntaje Costo	Puntaje Calidad Acústica	Puntaje Calidad Térmica	Puntaje Total	Orden total Orden	Fachada	Puntos
1	0	34	70	104	1	14	266
2	38	23	85	145	2	11	257
3	81	0	36	117	3	12	249
4	89	53	42	184	4	15	248
5	100	37	14	152	5	13	246
6	77	39	44	160	6	10	209
7	94	19	0	112	7	22	205
8	96	19	75	190	8	19	201
9	79	39	82	201	9	9	201
10	70	46	93	209	10	23	193
11	89	74	94	257	11	20	193
12	80	68	100	249	12	8	190
13	92	60	94	246	13	4	184
14	84	89	92	266	14	21	180
15	55	95	99	248	15	6	160
16	93	19	20	132	16	27	157
17	76	39	25	140	17	30	156
18	66	47	35	148	18	5	152
19	85	85	32	201	19	28	149
20	77	78	38	193	20	18	148
21	88	60	32	180	21	31	147
22	81	94	30	205	22	2	145
23	51	100	41	193	23	17	140
24	56	19	19	94	24	29	137
25	37	39	23	100	25	16	132
26	28	46	34	108	26	3	117
27	44	83	30	157	27	7	112
28	35	77	36	149	28	26	108
29	47	60	30	137	29	1	104
30	40	88	29	156	30	25	100
31	13	95	40	147	31	24	94

BIBLIOGRAFIA

- * AMARILLA, Beatriz: «*Cost of Thermal Comfort*». International Journal for Housing Science and its Applications, Vol. 13 N° 2, Florida, USA, 1989.
- * AMARILLA, Beatriz: «*Los Costos de Mantenimiento de Edificios en Países en Vías de Desarrollo*». Informes de la Construcción, Vol. 41 N° 404, Madrid, 1989.
- * BERANEK, L. et al: «*Preferred noise criterion (PNC) curves and their application to rooms*», JASA Vol 50, 1971.(1223).
- * BROADBENT, Geoffrey: «*Architectural Quality*». En: «*Quality and Profit in Building Design*». Ed. por Brandon and Powell, E and F. N. Spon. London, 1984.
- * COMITÉ EURO-INTERNACIONAL DEL HORMIGÓN: «*Control de calidad para estructuras de hormigón*». Boletín N° 157 del CEB. Madrid, 1983.
- * ISOVER, Manual de Aislamiento. España, 1993.
- * MASCARÓ, Juan: «*Métodos de Evaluación de Proyectos*». Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata, 1979.
- * NIILUS, Malle: «*Aislación Acústica en la Vivienda*». Bouwcentrum Argentina, Buenos Aires, 1965.
- * Norma DIN 4109 Parte 2. «*Noise control in buildings requirements*», 1983.
- * Norma IRAM 4044 «*Aislamiento acústico mínimo en tabiques y muros*», 1985.
- * Norma IRAM 4063 «*Transmisión de sonidos en edificios*», 1982.
- * Norma IRAM 4070 «*Procedimiento para la evaluación de ruidos utilizando las curvas NR*», 1986.
- * Norma IRAM 11549 «*Acondicionamiento térmico de edificios. Vocabulario*», 1993.
- * Norma IRAM 11601 «*Acondicionamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de componentes y elementos de construcción en régimen estacionario*», 1994.
- * Norma IRAM 11603 «*Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina*», 1992.
- * Norma IRAM 11604 «*Acondicionamiento térmico de edificios. Ahorro de energía en calefacción. Coeficientes volumétricos G de pérdida de calor*», 1990.
- * Norma IRAM 11605 «*Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en viviendas. Valores máximos admisibles de transmitancia térmica K*».
- * PREISER, Wolfgang: «*Towards a Performance-Based Conceptual Framework for Systematics POES*». En: «*Building Evaluation*». Ed. por W. Preiser, Plenum Press, New York, 1989.
- * PREISER, Wolfgang et al.: «*Post-Occupancy Evaluation*». Van Nostrand Reinhold. New York, 1988.
- * RABINOWITZ, Harvey: «*The Uses and Boundaries of Post-Occupancy Evaluation: an Overview*». En: «*Building Evaluation*». Ed. por W. Preiser, Plenum Press, New York, 1989.
- * SOCOTEC: «*Réussir la Qualité dans la Construction*». Editions du Moniteur, Paris, 1992.

Este libro se terminó de imprimir
en el mes de Noviembre de 1996
en Contacto Gráfico SRL.
Espinosa 3022
(1427) Buenos Aires - Argentina