



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

**ENTAC 2010**

XIII Encontro Nacional de Tecnologia  
do Ambiente Construído

## **MODELIZACIÓN ENERGÉTICO-AMBIENTAL DE LA EDILICIA URBANA BASADO EN TÉCNICAS DE AUDITORIA Y PROCEDIMIENTOS ESTADÍSTICOS MULTIVARIADOS**

**Jorge Daniel Czajkowski (1)**

(1) Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable – Facultad de Arquitectura y Urbanismo –  
Universidad Nacional de La Plata / CONICET – e-mail: czajko@yahoo.com

### **RESUMEN**

El trabajo que se presenta es parte de una tesis de Doctorado en Ingeniería de la UNLP ya defendida. Se sustenta en numerosos proyectos de investigación que permitieron auditorías energéticas masivas en el área metropolitana de Buenos Aires (2000 casos encuestados, 330 auditorías globales y 95 detalladas), localidad de Río Turbio - Santa Cruz (350 viviendas y otros edificios), provincia de Buenos Aires (64 viviendas) y diversos hospitales, escuelas y edificios administrativos del gran La Plata. Pretende generar un diagnóstico del comportamiento energético de sectores urbanos y junto a la propuesta de medidas correctivas. En el tiempo fueron pasando sucesivas crisis energéticas sin haberse implementado acciones eficaces. Pero las crisis son cíclicas aunque con condiciones levemente diferentes en cada una. Hoy se percibe en el mediano plazo una crisis ambiental derivada, entre otras, del mal uso y derroche energético, principalmente en sectores urbanos. En estos se emiten buena parte de los contaminantes atmosféricos y que en el caso de la región metropolitana de Buenos Aires alcanza a  $91 * 10^8$  Kg/año de  $CO_2$  y  $0,07 * 10^8$  Kg/año de  $NO_x$ . Estos sólo en acondicionamiento ambiental edilicio. A esto se suma el discomfort higrotérmico, ya que se ha encontrado que existen sectores que por mal diseño no alcanzan el confort derrochando recursos y otros que no alcanzan el confort por infra consumo energético. De las conclusiones de los proyectos surge que existe una carencia cultural y profesional en cuanto al ahorro energético, el uso racional de la energía, el diseño climáticamente consciente y del uso de fuentes renovables de energía. Pasados veinte años el problema subsiste en nuestro país, mientras en EE.UU., Francia, Escandinavia, Alemania y hasta Brasil lograron cubrir el crecimiento poblacional con una estabilización o leve disminución de la demanda energética, aquí sucede lo opuesto. Se detectó que a pesar que desde principios de siglo la oferta de tecnología constructiva aumenta, la calidad energética de los edificios disminuye. El objetivo principal fue sistematizar la experiencia metodológica, técnica y de desarrollo de instrumentos y herramientas para el auditoría-diagnóstico energético ambiental de edificios en sectores urbanos. Sumado a la construcción de modelos de ahorro de energía en calefacción y refrigeración para la República Argentina. Modelos que en su uso lleven a la proposición de estándares de calidad energética edilicia.

**Palabras clave:** eficiencia energética, edificios, áreas metropolitanas, modelo energético, tipología, auditoría energética.

## 1 INTRODUCCIÓN

Se han realizado en el país numerosos proyectos tendentes a lograr un diagnóstico del comportamiento energético de sectores urbanos, algunos ya mencionados y habiéndose cuantificado yacimientos de ahorro de energía en climatización y propuesto medidas correctivas. Pasadas las crisis energéticas no se implementaron acciones. De haberse implementado hubieran sido necesarias: un Código Técnico de Edificación basado en la eficiencia energética edilicia que forme parte de los Códigos Municipales en toda construcción para habitación humana; el cumplimiento obligatorio de las Normas IRAM sobre Acondicionamiento Térmico de Edificios; la obligatoriedad de usar calentadores solares térmicos para cubrir total o parcialmente la demanda de agua caliente sanitaria; sistemas de calefacción (district heating) y refrigeración (tap warm water) distrital, sistemas de acumulación freática, junto a un marco legal. Pero las crisis son cíclicas aunque con condiciones levemente diferentes en cada una. Hoy se percibe en el mediano plazo una crisis ambiental derivada entre otras del mal uso y derroche energético, principalmente en sectores urbanos. En estos se emiten buena parte de los contaminantes atmosféricos y que en el caso de la región metropolitana de Buenos Aires alcanza a  $91 \times 10^8$  Kg/año de  $\text{CO}_2$  y  $0,07 \times 10^8$  kg/año de  $\text{NO}_x$  (Rosenfeld et al, 1996). A esto se suma el discomfort higrotérmico, ya que se ha encontrado que existen sectores que por mal diseño no alcanzan el confort derrochando recursos y otros que no alcanzan el confort por infra consumo energético. De las conclusiones de los proyectos surge que existe una carencia cultural y profesional en cuanto al ahorro energético, el uso racional de la energía, el diseño climáticamente consciente y del uso de fuentes renovables de energía (Rosenfeld et al, 2000). Parece necesario formular lineamientos y acciones que se puedan incorporar en los procesos de diseño, producción y habitabilidad edilicia y urbana. Posibiliten una racionalización del consumo energético del hábitat y mejoren la habitabilidad ambiental y la producción de servicios para toda la sociedad, en un marco de distribución eficiente de los recursos.

Junto a esto incorporar la operación y funcionamiento de los edificios en su vida útil, donde:  $X_i$  = variables de diseño  $Y_j$  = variables de operación  $Z_k$  = comportamiento del sistema  $Z_k = f(X_i, Y_j)$

si  $Y_j$  = constante -----> Diseño

si  $X_i$  = constante -----> Simulación operativa

Las técnicas de conservación y Uso Racional de la energía, en adelante *URE*; tienen larga tradición en Europa y América del Norte. Tuvieron fuerte impulso desde la crisis del '73 y las políticas globales de conservación han obtenido significativos resultados a más de dos décadas de su lanzamiento. En todos esos países forman parte de los códigos de construcción y planeamiento urbano y de leyes y políticas prioritarias. Francia, por ejemplo, fue uno de los mayores impulsores de normas que contemplen la eficiencia energética y a lo largo de dos décadas fueron reformulando progresivamente sus estándares e indicadores de eficiencia para adecuarlos a su realidad. El ADEME *Agence de L'Environnement et de la Maitrise de L'Energie* desde mediados de los '80 visitó nuestra región para hacer transferencia de sus avances. En la actualidad poseen una de las normas más flexibles en cuanto a su aplicación y es probable que este modelo pueda implementarse en nuestro medio cuando logremos avanzar en varios campos de regulación de calidad de componentes de la construcción edilicia (ADEME, 2007).

El análisis de modelos internacionales mostró que esos países no presentaban la heterogeneidad tecnológico-edilicia de la Argentina, no siendo compatibles las unidades de análisis utilizadas. Se planteó entonces la alternativa de basar la investigación en un *enfoque tipológico* del parque edilicio residencial. Este proceso clasificatorio implicó un análisis de clasificaciones complejas, introduciendo conceptos de otras disciplinas (Harvey, 1983). Dado que una *tipología* se caracteriza mediante múltiples variables, debe organizarse un conjunto complejo de datos, debiendo tener en cuenta que muchas de las variables representan propiedades cualitativas. Estas se pueden clasificar en un cierto número de categorías que pueden o no ser ordenadas y que definen o no un conjunto de intervalos regulares; limitándonos a plantear un orden relativo. En estos casos las tipologías permiten la organización de un conjunto complejo de datos y el análisis de los componentes de las variables con el objeto de determinar el papel que cada una de ellas desempeña. En esta concepción el concepto "*tipología*", designa al conjunto de técnicas de simplificación de los datos relativos a una población, permitiendo concentrar la

presentación en la de sus principales tipos. (Hughes et al, 1988). Pero previo a esto es necesario elaborar el material de base para intentar un proceso clasificatorio automático. Esto requiere del estudio de las variables de cada tipo edilicio, para poder intentar calcular sus distancias relativas y tamaños de las poblaciones relativas. Así como en nuestro caso de un proceso clasificatorio tentativo de tipologías arquitectónicas y tipologías energéticas. Tarea esta que se realizó por métodos simples de concentración y luego concentración parcial. Ello permitió formarse una idea abarcativa del problema planteado.

## 1.1 El problema

El hábitat construido en la Argentina es complejo, ya que en toda estructura urbana hay un espacio natural preexistente sobre el cual se sitúa y crece una ciudad. Este crecimiento, pasadas décadas o siglos al intentar interpretarse su estructura con el fin de poder realizar un modelo matemático con fines predictivos, debe ser de-construido en secciones y elementos operables. Una alternativa es asimilar la ciudad como “capas” superpuestas e interactuantes compuestas por tipos de tejido que a su vez están compuestas por células. Echa esta semejanza podemos entender que todo edificio o construcción habitable es una célula o *diferencial de tejido urbano* (en adelante **dtu**). Si acordamos, podemos encontrar edificios similares por función, forma, dimensiones, etc que sistematizadas sus variables en indicadores cuali-cuantitativos pueden permitirnos construir tipos. Estos tipos sintetizan diversas características y dado el nivel de abstracción de su descripción no necesariamente debe coincidir con un caso en particular.

El Censo Nacional de Población y Vivienda (INDEC, 2005) propone tres tipos de vivienda perfectamente caracterizados: *casa*, *departamento* y *precario*. Tanto *casa* como *departamento* reúnen condiciones estructurales y de habitabilidad para ser pasibles de una auditoría energética, mientras que *precario* no es de interés de esta investigación. Dado que son tipos muy globales es necesario construir subtipos y modelos para permitir valorar y caracterizar con mayor detalle los **dtu**. Este es un primer problema y la construcción de tipos del hábitat metropolitano de Buenos Aires fue uno de los problemas a abordar por la investigación. Otro problema es la herramienta de medición de los **dtu** y se propone utilizar auditorías energéticas que podrán ser globales o detalladas en función del grado de resolución que se desee. A lo largo de esta investigación se fueron modificando los instrumentos de medición y esto llevó a una constante adaptación de los protocolos adaptados de antecedentes internacionales. En el país aún no se cuenta con un protocolo de auditoría normalizado y se busca que de esta investigación surja uno adecuado a nuestra realidad construida. Luego, debe sistematizarse y analizarse la información y nuevamente aparece el problema donde las herramientas de cálculo no son totalmente adaptables a nuestros requerimientos y por esto se construye un sistema informatizado en base CAD junto a subprogramas relacionados. Ya analizados los tipos nos encontramos con que los **dtu** de nuestras ciudades poseen una intensidad energética potencial de operación que excede en mucho valores internacionales. En función de este problema se busca proponer *Modelos de Ahorro de Energía en Calefacción y Refrigeración de Edificios* con el fin de que sean usados para contener la demanda y reducir su intensidad energética. Dado que es necesario validar estos modelos hay que implementar las medidas de diseño energético propuestas en casos de estudio para luego poder auditarlas y contrastar resultados. Este problema debe ser abordado al menor costo.

## 2 OBJETIVO

El objetivo principal apunta al análisis y modelización energético-ambiental de la edificación urbana basado en técnicas de auditoría y procedimientos estadísticos multivariados. Se muestran resultados de la sistematización metodológica, técnica y de desarrollo de instrumentos y herramientas para el auditoría-diagnóstico energético ambiental de edificios en sectores urbanos. Sumado a la construcción de modelos de ahorro de energía en calefacción y refrigeración para la República Argentina. Modelos que en su uso lleven a la proposición de estándares de calidad energética edilicia. Instrumentos con los cuales se pueda avanzar en la implementación de políticas activas por parte de los responsables del subsector del hábitat. Se elaboran indicadores comparativos del consumo de energía en viviendas de la región con respecto a otros países.

### 3 METODOLOGÍA

#### 3.1 Características del universo de análisis

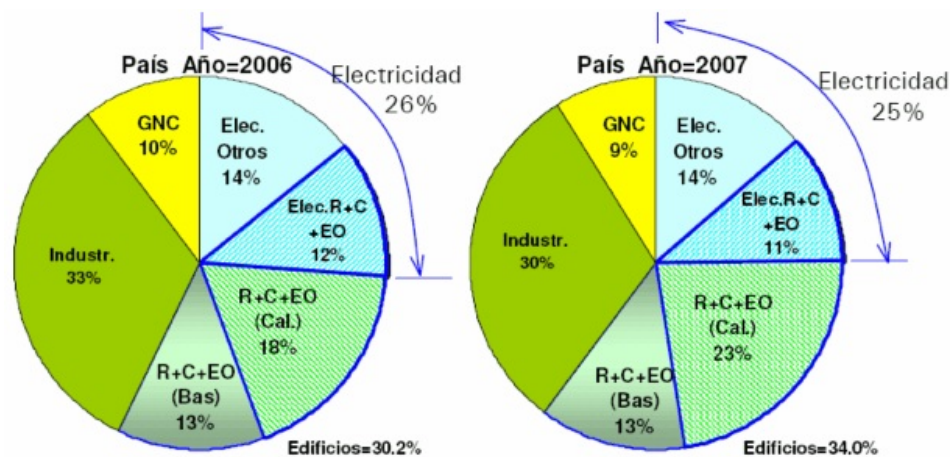
El trabajo define como universo de análisis los edificios de centros urbanos localizados principalmente en el Área Metropolitana de Buenos Aires *AMBA* (385 casos) y Gran La Plata *GLP* (58 casos) al los que se han sumado algunos casos en los extremos sur patagónico (28 casos) y en el nordeste (23 casos). Estos fueron encuestados y monitoreados durante 5 a 7 días. Mientras los últimos fueron abordados recientemente, los casos del AMBA+GLP se vienen analizando desde 1986.

La Argentina posee una población de 35.878.882 habitantes que residen en 10.059.866 hogares (INDEC, 2005). La principal zona analizada compuesta por el AMBA+GLP representa el 33,64% de la población y el 36,12 % de hogares. La población estimada para 2009 considerando la tasa de crecimiento sería de 39.745.613, que implica un crecimiento poblacional del 10,78% en siete años a razón de 1,58%/año. Podría estimarse que el sector construido creció con la misma tasa. Si discriminamos ciudad de Buenos Aires con provincia respecto al acceso a servicios podemos notar que para ciudad Buenos Aires el 99,6% posee cloaca, el 99,9% agua de red, el 99,0% energía eléctrica de red y el 65,5% gas de red. Mientras que en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires el 50,3% posee cloaca, el 75,1% agua de red, el 96,8% energía eléctrica de red y el 78,4% gas de red. Así esta zona concentra al 33,64% de la población del país y el 90% de la demanda total de energía primaria para el sub-sector edilicio (vivienda, salud, educación, administración).

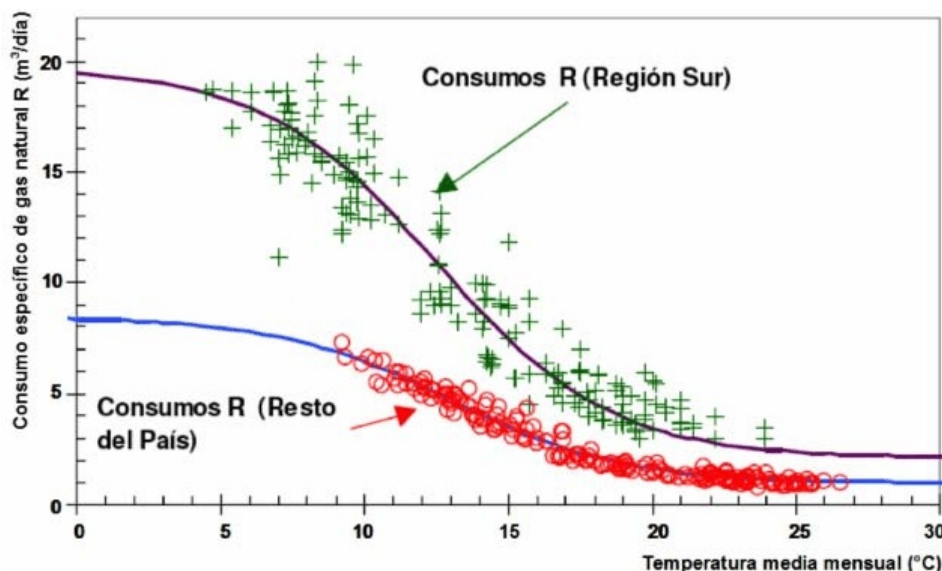


**Figura 1:** Imágenes satelitales de las regiones en estudio. Fuente: Google Maps.

Los programas y planes de eficiencia energética propuestos por sucesivos gobiernos se centraron en el ahorro de energía eléctrica que representa el 30% de la demanda de energía secundaria para el sector residencial y el 26,3% del comercial y público (BEN, 2005). Pero dado que la demanda de energía eléctrica representa el 15,5% de la energía secundaria total (45.059 miles de TEP en 2005); el consumo de energía eléctrica del sector residencial será 4,65% y el sector comercial y público 4,08%. En la figura 2 puede observarse que en años recientes la cuarta parte del consumo de gas natural fue para la generación de energía eléctrica. Y el 11% del total fue para el consumo eléctrico en los subsectores residencial (R), comercial (C) y edificios de la administración pública. En promedio, de los años 2006/7, un tercio del consumo directo de gas natural con fines térmicos en los subsectores R+C+EO fue para calefacción, cocción y agua caliente sanitaria. En la figura 3 el ENARGAS (Ente Nacional Regulador del Gas) estima que un 13% es para lo que denominan consumo base y un 18 a 23% para calefacción.



**Figura 2:** Consumo de gas natural según usos. Fuente: ENARGAS, 2008.



**Figura 3:** Relación entre el consumo específico de gas natural ( $\text{m}^3/\text{día}$ ) en el sub-sector residencial respecto a la temperatura media mensual. Fuente: ENARGAS, 2008.

La figura 3 compara las pendientes de consumo para usuarios de todo el país donde puede verse que el consumo específico de gas natural en el sector residencial es inferior en casi  $5 \text{ m}^3/\text{día}$ . Esto implica que los planes de URE debieran orientarse, principalmente, hacia la demanda de energía en climatización + cocción + agua caliente sanitaria que representan el 17.6 % de la demanda total de energía secundaria, para el sector residencial y el 3.3% para el comercial y público. Un análisis por sub-sector muestra que para el residencial el 20.8% es energía eléctrica y el 79.1% combustibles gaseosos-líquidos y sólidos. En comercial y público el consumo de energía eléctrica representa el 55.2% y el 44.8% combustibles gaseosos-líquidos y sólidos. El 20% del total de gas natural consumido en los años 2006/7 fue para calefaccionar edificios residenciales, comerciales y administrativos. Esto justifica un enfoque en la investigación centrado en la demanda y de esta demanda en particular en lo atinente a la climatización de edificios. En la misma figura se ven dos regiones o tipos de consumo: en cruces los alcanzados por subsidios de hasta el 76% de la factura y en círculos los que no cuentan con subsidios directos. En el último caso hay menor dispersión en función de la temperatura media mensual del sitio.

El país, según el último Censo discrimina a los edificios en 6.268.228 (62,2%) de viviendas unifamiliares o casas, 1.599.348 (15,9%) de departamentos en edificios. El 21,9% restante denominado precario solo me menciona a modo informativo reúne a varias categorías propuestas por el INDEC (2,26% ranchos,



2,79% casillas, 0,73% piezas en inquilinatos, 0,25% piezas en hotel o pensión, 0,21% locales no construidos para habitación y 0,04% viviendas móviles). Hay dos segmentos claramente diferenciados y son: a. la Ciudad de Buenos Aires donde el 65,3% de la población habita en edificios de departamentos, solo 28,2% lo hace en casas y la precariedad es relativamente baja (6,42%) y b. la gran conurbación donde la mayoría habita en casas (64,2%), casi un tercio (26,34%) habita edificios precarios y solo el 9,5% habita edificios de departamentos.

Otro indicador importante es que a mayor temperatura media anual o menor latitud crece significativamente la precariedad habitacional. Precariedad que llega al extremo en las provincias del norte Argentino donde más de la mitad de la población habita viviendas precarias. Son destacables los casos de Formosa (58,7%), Santiago del Estero (54,1%), Chaco (50,7%), Misiones (49,7%), Salta (42,6%), Jujuy (41,7%), Tucumán (35,6%), donde entre 1/3 y casi 2/3 de las viviendas son precarias. *A mayor temperatura y humedad ambiente, mayor precariedad.*

La investigación profundizará el mejoramiento del conocimiento de las viviendas unifamiliares o casas y los departamentos en edificios que representan el 62,2% y 15,89% del parque habitacional y entre ambos son el 78,1% del total. De estas, posteriormente cuando analicemos la demanda energética seleccionaremos las que posean servicio de electricidad y gas natural. Así podemos segmentar el problema en dos grandes grupos:

- Un 78,1 % del parque habitacional, posee unas ciertas características físicas, tipológicas, constructivas que demandan una cierta cantidad de energía en función del clima y cultura del sitio donde se emplazan. Pero además requieren del desarrollo de estrategias de rediseño y adecuación energética y son pasibles de someterse a una auditoría energético-ambiental.

- El 21,9% restante no reúne condiciones de habitabilidad para una calidad de vida de sus habitantes y requiere de la implementación de planes masivos de construcción de viviendas. Desde ya no son pasibles de someterse a una auditoría energético-ambiental salvo que sea con un objetivo antropológico-social.

La pregunta es ¿porque no auditar lo precario...? pueden esgrimirse varias razones y se considera que entre las principales: a. no son viviendas aptas y deben formar parte de las previsiones del Estado para asignarles una vivienda digna; b. volvemos a preguntarnos ¿que significa una vivienda digna...?. Todavía se considera que una vivienda digna es aquella construida con materiales nobles y duraderos (hormigón, ladrillos y bloques de concreto o tierra cocida, piso sobre contrapiso, cubiertas de chapa - tejas - H°A°, instalación sanitaria - eléctrica - gas, etc) desde ya con carpinterías y vidrios. Pero en esta ecuación todavía no se incluyó el ciclo de vida de los materiales y del edificio y la eficiencia energética. Esto lleva a que se construyan viviendas de “*costo inicial lo más bajo posible*” sin considerar las consecuencias sobre mantenimiento y reposición en el mediano y largo plazo. La tesis centró su interés en mostrar como se comporta ambientalmente el **paradigma de vivienda digna** para luego proponer elementos tendentes a que se produzcan viviendas ambientalmente dignas, que es lo que vamos a necesitar en este siglo XXI con carencia de recursos y cambio climático. (Czajkowski, 2009) . Así el trabajo se centró en las viviendas, edificios de viviendas y otros; que demandan energía de las redes de electricidad y gas natural y son pasibles de ser sometidas a un reciclado energético a fin de mejorar la calidad de vida de sus ocupantes, reducir la demanda de energía en climatización y las *emisiones de gases de efecto invernadero GEI* (CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> y metano).

### 3.2 La auditoría energética - ambiental (AEA) edilicia

La auditoría energética - ambiental (AEA) edilicia es un conjunto de procedimientos que nos permiten conocer como se comporta un edificio respecto a: 1. los consumos de energía discriminados sean de entrada y salida del edificio como sistema; 2. los consumos de energía dentro de edificio discriminados por usos; 3. el clima exterior e interior del edificio; 4. el nivel de confort higrotérmico; 5. las características constructivas, formales y dimensionales del edificio; 6. el modo de uso de las energías por los usuarios y otros. La realización de una auditoría energética requiere de: brújula, cinta métrica de 5m y de 30 m, cámara fotográfica analógica o digital, documentación gráfica, planos mudos para realizar anotaciones, encuesta, etc. Dependiendo de que se desee conocer se requerirá instrumental de medición: Micro adquisidores de datos “HOB0 H8-002 y H8-004” (temperatura, humedad e

iluminación); Estación meteorológica marca “Davis Weather Link II” (temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, lluvia y presión atmosférica); Adquisidores de datos portátiles “Davis Perception II” (temperatura, humedad y presión atmosférica); Tester ambiental 4 en 1 (anemómetro, higrómetro, termómetro y luxómetro) marca “Lutron LM-8000”; Termómetro infrarrojo con puntero láser “Lutron TM-949”; Anemómetro / termómetro de hilo caliente “Lutron”; Anemómetro axial de mano; Termohigrógrafo mecánico marca SIAP; Termómetros de máxima y mínima; Higrómetro de precisión marca SIAP; Luxómetro digitales “TES 1330”; Decibelímetros “Lutron 4011”. Para el procesamiento de la información se utilizaron programas como: “PCLink3” para los datos meteorológicos, “BoxCarPro 3.01” para los datos generados por los micro adquisidores de datos, el “Psicro 1.1” para los diagramas de confort, el “EnergCAD” (Czajkowski, 1992) para los balances estacionarios, el “AuditCAD” (Czajkowski, 1999) para los análisis energéticos, el “Discrgas” para discriminar el consumo debido a agua caliente y cocción (Czajkowski et al, 2003) y “EnergyPlus 3.2” para simulaciones numéricas.

## 4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1 Características tipológicas

Dada la complejidad del parque de viviendas se realizó una evaluación y clasificación tipológica conformando un catálogo de tipologías para el área metropolitana de Buenos Aires y gran La Plata (Czajkowski, 1991), que con error razonable, es extrapolable a casi la totalidad del parque habitacional nacional.

**Tabla 1:** Tipos de viviendas en el AMBA y GLP. Fuente: Elaboración propia, 2008.

Segmento	Gestión	Tipo Código	Tipo designación	Pisos	Unidad Habitacional			Edificio	
					h m	$S_{UH}$ $m^2$	$V_{UH}$ $m^3$	$S_E$ $m^2$	$V_E$ $m^3$
C A S A S	Privada	1	Chorizo	1	3,40	103	350	--	--
		2	Cajón	1	2,72	75	204	--	--
		3	Dúplex mixto	2	2,80	131	367	--	--
		4	Racionalista	2	2,80	106	297	--	--
		5	Chalet californiano	1 a 2	3,54	142	503	--	--
	Pública	6	Chalet Estatal	1	2,85	85	242	--	--
		7	Casa Estatal	1	2,64	57	150	--	--
		8	Dúplex Estatal	2	2,61	72	188	--	--
D E P A R T A M E N T O S	Privada	9	Renta pasillo	1	2,63	64	168	320	840
		10	Renta altura	2 a 3	2,63	55	145	550 a 825	1450 a 2175
		11	Edificio P.H.	4 a 12	2,64	59	155	1180 a 3540	3100 a 9300
		12	Torre P.H.	8 a 32	2,63	51	132	1632 a 6528	4224 a 16896
	Pública	13	Bloque Estatal	3	2,70	61	165	732	1980
		14	Torre Estatal	4 a 14	2,61	75	196	1200 a 4200	3136 a 10976
		15	Placa Estatal	4 a 14	2,72	58	158	1856 a 6496	5056 a 17696

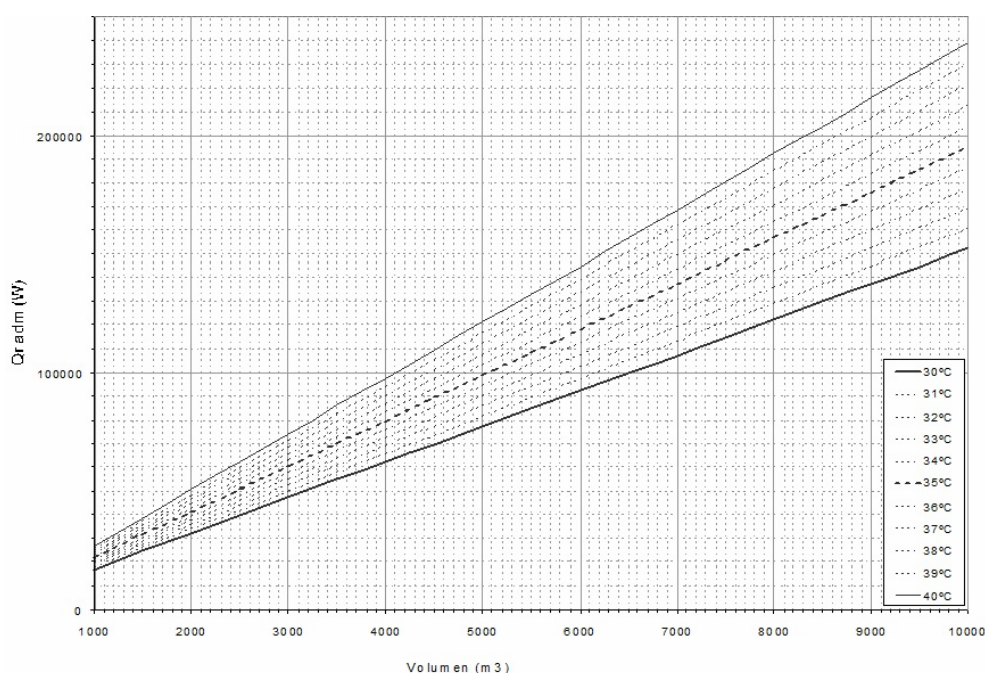
**Donde:**  $h$  es altura media locales;  $S_{UH}$  es superficie de la unidad habitacional;  $V_{UH}$  es volumen de la unidad habitacional;  $S_E$  superficie del edificio y  $V_E$  volumen del edificio.

En la Tabla 1 se muestran cantidades y superficie cubierta por tipos edilicios de viviendas, mediante la operación de partir de los datos censales de casas y departamentos para la región del AMBA+GLP que cruzados con los edificios auditados nos permite decir que en la región AMBA, para 2.996.771 unidades habitacionales hay 246.412.199 metros cuadrados construidos para viviendas pasibles de acceder a un Programa de Mejoramiento Energético - Ambiental. En otro trabajo presentado en el evento se muestra

un avance metodológico por parte de la doctoranda Carolina Vagge del LAYHS para reconocer y cuantificar a escala masiva, mediante imágenes satelitales, CAD y GIS, grandes espacios urbanos.

#### 4.2. Sobre modelos de ahorro de energía en calefacción y refrigeración

La complejidad del universo de análisis se sintetizó mediante tipificación, construyendo *dtu* representativos. Los casos auditados se analizaron y modelizaron con el *EnergoCAD* y el *AuditCAD*. Una mayor simplificación en tipos ideales simples permitió el desarrollo de modelos de ahorro de energía en calefacción y refrigeración de alcance nacional que se convirtieron en las Normas IRAM 11604 y 11659-1 y 2. La figura 4 muestra solo un ejemplo de los indicadores energéticos generados, que abarcaron calefacción y refrigeración de edificios divididos en tres tipos: “casa”, “bloque” y “torre” (Czajkowski, 2009).



**Figura 4:** Carga térmica admisible en refrigeración para edificios tipo torre para la Argentina en función del volumen a refrigerar y la temperatura de diseño máxima.

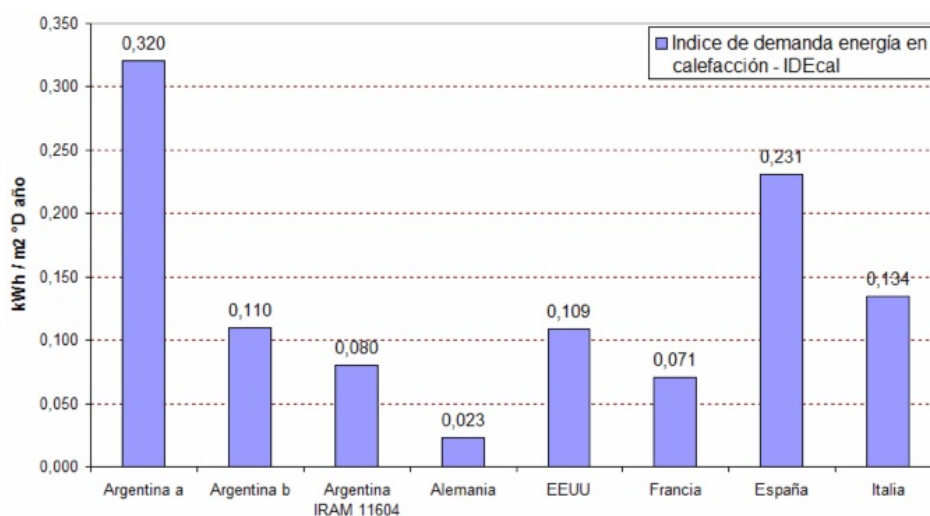
El análisis de resultados para conocer el nivel de derroche de energía, posible de contener con fines de generar un yacimiento potencial de ahorro de energía, determinó que el consumo medio diario de GN en viviendas encontrado por ENARGAS es de  $0,56 \text{ m}^3/\text{°C día}$ , el modelo desarrollado arroja un valor algo superior de  $0,73 \text{ m}^3/\text{°C día}$ . Esto muestra varias cosas: por una parte el valor medio de ENARGAS es un 30% inferior al obtenido por esta tesis mediante auditorías, e implica que se calefacciona menos de lo que se ha encuestado. Otra posibilidad es que la muestra auditada tiene una tendencia hacia sectores económicos medios a medios altos, lo cual implica que es significativo el impacto de los sectores de bajos recursos que habitan viviendas de similares características tanto en dimensiones como en sistemas constructivos. La diferencia es que los sectores sociales medios bajos y bajos consumen menos y esto solo se puede lograr por menor tiempo de calefacción, menor superficie calefaccionada y por ende temperaturas medias interiores muy por debajo de un confort a  $18\text{°C}$ .

#### 4.3 Comparación entre valores de consumo de gas natural en calefacción auditados medios de viviendas argentinas, valores normativos nacionales e internacionales.

Otro interrogante surge cuando hablamos de derroche energético y la figura 5 sintetiza varias cuestiones: 1. Argentina **a** representa lo que debiera consumirse para mantener las viviendas a  $18\text{°C}$  y es claro que prácticamente triplica el valor de Argentina **b**; 2. Argentina **b** representa lo que realmente



se consume y es mucho menos de lo que debiera consumirse. Esto implica que, con el modelo de construcción tradicional vigente se condena a que los habitantes nunca alcancen condiciones de habitabilidad higrotérmica.



**Figura 5:** Comparación de la demanda de energía en calefacción en viviendas tipo (medias) de la Argentina y otros países.

Salvo, desde ya, que cuenten con los recursos económicos para hacerlo. Curiosamente Argentina *b*, a fuerza de no alcanzar condiciones de confort adecuados, es comparable con consumos medios de EE.UU., Francia o Italia y 3. Argentina *IRAM 11604* o lo propuesto en el modelo de ahorro de energía en calefacción también es comparable con los países citados e inferior en un 27,3% de Argentina *b*, pero con confort a 18°C. Pero los estándares propuestos en esta tesis están lejos de las exigencias de Alemania que primero buscaron contener la demanda, luego fueron en busca de impulsar edificios de baja energía y hoy comienzan a exigir edificios de energía cero o energía plus. Esto implica una revolución en el modo de entender a un edificio como sistema energético: un edificio “convencional” puede entenderse como un sistema en el que deben ingresar vectores energéticos para mantenerlo funcionando y luego de ser usado en diversos servicios, emitir desechos al ambiente en forma de calor, gases, líquidos o sólidos. Un modelo “sustentable” busca que el edificio sistema minimice el uso de vectores energéticos y servicios y mantenga sus condiciones de habitabilidad, alimentando a los sistemas urbanos.

## 5. CONCLUSIÓN

La investigación muestra que prácticamente la totalidad del hábitat construido nacional es energéticamente ineficiente. Esta ineficiencia crónica y creciente en el tiempo genera un derroche de energía en particular en fuentes no renovables. Principalmente debido a que desde hace 50 años la Argentina es netamente dependiente de combustibles fósiles (gas natural, petróleo y derivados) y todavía no hay políticas suficientemente activas e intensas que busquen reducir dicha dependencia. Se ha discutido que el modo de construir es relativamente constante en todo el país, y la variable es el consumo de energía. Debiéramos tender a que el modelo de construcción sea variable y el consumo debiera ser constante en cualquier punto del país. Parece una utopía pero esto podría ser factible. Desde hace dos décadas y de forma creciente se subsidia el consumo de energía, devenido en derroche, y no la eficiencia energética. Principalmente a la población patagónica, que aunque de poco peso en la demanda total implica un ejemplo de lo que no debe hacerse. Esta perturbación se mostró en la (Figura 2) con datos oficiales. Debemos volver a preguntarnos ¿cómo revertir esta insustentable tendencia? Posiblemente un camino sea hacer de uso obligatorio los modelos de ahorro de energía expuestos, pero para esto los estándares debieran ser obligatorios y no voluntarios como en la actualidad. Las leyes existen y están. Y ¿cuál es el impedimento?... diversos actores sociales con poder de decisión que evitan todo tipo de cambio o modificación del *modelo de desarrollo insustentable*. Se encontró que hay dos

Argentinas, una de medio a alto nivel económico que cuenta con acceso a todos los servicios y otra de medios a bajos recursos que, o no cuenta con los servicios básicos, o estos son de baja calidad. Pero la constante es la baja calidad de la envolvente térmica, con independencia del sector social que analicemos. Y que deriva en crecientes consumos de energía apoyados en un concepto de confort consumista que se opone al concepto de habitabilidad. El poder haber participado en el tiempo en diversos foros con diversos actores del hábitat, muestra una fuerte resistencia a invertir en eficiencia. Hasta el presente no solo se ha subsidiado la ineficiencia energética edilicia sino que esta ineficiencia se ha extendido a escala territorial. Recién a principios del 2009 el ENARGAS convocó a un reducido grupo de referentes, entre los cuales me encontraba, a una tormenta de ideas para ver que caminos podían seguirse para tender a contener la creciente ineficiencia de las construcciones. Producto de esto el 5 de agosto del 2009 se crea el subcomité de Eficiencia Energética Edilicia, comienza a debatirse el esquema de Norma IRAM 11900 para el etiquetado energético de edificios, que es aprobado en marzo 2010. Solo el tiempo dirá si se efectivizará su aplicación. Las construcciones energéticamente eficientes y sustentables implicarán romper el modelo de dependencia del territorio, para pasar a que cada dtu genere más recursos de los que demanda, minimizando el impacto ambiental local, regional y global. Esta es la tendencia actual y es la reflexión hacia donde debe continuar la línea de trabajo iniciada hace dos décadas.

## 6. REFERENCIAS

- ADEME- Qualité Environnementale des batiments. En Manuel a l'usage de la maîtrise d'ouvrage et des acteurs du batiment. Valbonne, France. [www.ademe.fr] 2007.
- BEN-MECON. Balance Energético Nacional. Secretaría de Energía de la Nación. Ministerio de Economía de la Nación. Buenos Aires. 2005.
- CZAJKOWSKI, J. Tipologías de viviendas para el análisis energético urbano en el área metropolitana de Buenos Aires. Informe final beca pre iniciación CONICET. La Plata. 1991.
- CZAJKOWSKI, J. y Rosenfeld E. **ENERGOCAD. Sistema informatizado para el diseño bioclimático de alternativas edilicias.** Actas 15º Reunión de Trabajo de ASADES. 1º Encuentro Nacional de la International Association for Solar Energy Education. Catamarca. 1992.
- CZAJKOWSKI, J. **Desarrollo del programa AuditCAD para el análisis de edificios a partir de auditorias ambientales.** Revista Avances en energías renovables y medio ambiente. ISSN 0329-5184. Pág. 08-5 a 8. Vol 3. Nro 2. 1999.
- CZAJKOWSKI, J., Corredera C y Saposnik M. **Análisis de la relación entre demanda de gas natural en calefacción según EnergoCAD y consumos reales en viviendas unifamiliares del gran La Plata.** En Avances en energías renovables y medio ambiente. Edit. INENCO-UNSa, Salta. ISSN 0329-5184. Vol: 7, Tomo 1, 6 Pág. 2003
- CZAJKOWSKI, J. **Análisis y modelización energético-ambiental de la edilicia urbana basado en técnicas de auditoria y procedimientos estadísticos multivariados. Desarrollo de herramientas de diagnóstico y simulación.** Tesis Doctorado en Ingeniería UNLP. La Plata, 2009. Acceso en: 14 mayo 2010 [http://sedici.unlp.edu.ar/search/request.php?id\\_document=ARG-UNLP-TPG-0000000340&request=request](http://sedici.unlp.edu.ar/search/request.php?id_document=ARG-UNLP-TPG-0000000340&request=request)
- HARVEY, D. Teorías, leyes y modelos en geografía. Versión española de G.L.Rodrigo. Alianza Editorial, Madrid. 1983.
- HUGHES, M; GRIFFON, B.; y BOUVEYRON, C. Segmentación y Tipología, Edit. Saltés, Madrid. 1988.
- INDEC 2005. Anuario estadístico de la República Argentina. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Buenos Aires.
- ROSENFELD, E., Discoli C., Czajkowski J., San Juan G., Ferreyro C. **Reducción de la contaminación urbana por ahorro energético en el sector residencial. El caso del área metropolitana de Buenos Aires, Argentina.** Actas ASADES'19, Mar del Plata. Pág 08.5-8. 1996.
- ROSENFELD, E., Discoli C., Czajkowski J., San Juan G., Ferreyro C. **Consumo energético y URE en los sectores residencial y terciarios metropolitanos. La aglomeración del gran La Plata.** Revista Avances en energías renovables y medio ambiente. ISSN 0329-5184. Volumen 4, Nro 2, pag 07.35. 2000.