

# **Casas confortables con mínimo uso de energía**

***Estudio de casos prácticos para  
Argentina y Chile***

*(1ra Edición)*

***Alejandro González***

González, Alejandro  
Casas confortables con mínimo uso de energía: estudio de casos prácticos para Argentina y Chile . - 1a ed. - San Carlos de Bariloche: el autor, 2014.  
E-Book.  
ISBN 978-987-33-6408-2  
1. Energía. 2. Eléctrica. 3. Edificios. I. Título  
CDD 333.7

Fecha de catalogación: 20/11/2014

© para la 1ra Edición: Alejandro González, 2014

Hecho el depósito según Ley 11723

*Palabras claves:* Construcción eficiente - Uso de energía en edificios - Aislamiento térmico- Confort - Impacto ambiental en la construcción y en el uso diario



Nota del autor: Este libro se abre al público en forma gratuita. No puede copiarse ni imprimirse con fines de venta, comerciales o no, pero sí puede distribuirse en forma gratuita, pegarse en páginas de internet en forma gratuita y sin restricciones de registro de personas o e-mail. Para facilitar la impresión y copiado, esta versión electrónica gratuita se entrega en formato A4, en medidas 21x29,7 cm. Pueden usarse partes o todo el libro para fines educativos no comerciales siempre que se indique con claridad qué parte se copió y se cite la fuente con número de ISBN y edición.

E-mail: [gonzalezad@comahue.conicet.gob.ar](mailto:gonzalezad@comahue.conicet.gob.ar)

# Índice general

Prólogo .....	4
<b>1. Energía Cotidiana</b>	
1.1 Un ignorante más en el mal uso de la energía .....	10
1.2 Consumos increíbles .....	11
1.3 ¿Qué pasa si en lugar de gas se quema mucha leña? .....	13
1.4 Los costos del gas pueden ser enormes .....	15
1.5 Reduciendo consumos excesivos .....	17
1.6 Ineficiencia generalizada .....	17
1.7 El abrigo de los edificios .....	18
1.8 Investigación en física cotidiana .....	19
<b>2. Eficiencia o consumos excesivos</b>	
2.1 “Si tiene calor que abra la ventana” .....	21
2.2 Comparando distintas eficiencias en climas similares .....	23
2.3 Varias décadas para las mejoras.....	25
2.4 Eficiencia como motor del desarrollo.....	27
2.5 Eficiencia social .....	28
2.6 En dónde buscar las pérdidas de calor .....	31
2.7 Manteniendo ineficacias con energía subsidiada .....	33
<b>3. Un poco de física estimula y sienta bien</b>	
3.1 Observar y experimentar .....	39
3.2 Física: abstraer para describir y entender .....	41
3.3 Energía, ¿de qué se trata? .....	42
3.4 Medida de la energía, el trabajo y el calor .....	46
3.5 Energía en los alimentos. Trabajo y calor corporal .....	48
3.6 Potencia .....	50
3.7 Ejemplos de energía y potencia .....	53
3.8 El BTU y el gas natural licuado .....	57
<b>4. Eficiencia en el uso de la energía</b>	
4.1 La eficiencia no sólo depende del equipo .....	59
4.2 Definición de eficiencia .....	62
4.3 Las prácticas cotidianas influyen en la eficiencia.....	64
4.4 Confort y uso racional de la energía.....	65
4.5 ¿Qué es lo “razonable”, o racional? .....	66
4.6 Elección de la temperatura de confort.....	67

<b>5. El abrigo de la casa para invierno y verano</b>	
5.1 Los aislantes térmicos son los amigos invisibles .....	72
5.2 Conducción, convección, radiación, y el “efecto termo” .....	74
5.3 La conducción de calor y los puentes térmicos.....	75
5.4 Ventanas más eficientes.....	76
5.5 Autonomía térmica a prueba.....	78
5.6 La asombrosa cantidad de leña que reemplazaría al gas natural..	79
5.7 Conductividad y Transmitancia térmica.....	80
5.8 Paredes y techos fríos en invierno, calientes en verano.....	81
5.9 Condensación en superficies frías, ¿por qué? .....	84
5.10 Buscando y encontrando dónde mejorar el abrigo de la casa.....	86
5.11 Conducción de calor en puertas y portones.....	88
5.12 ¿Olvidamos las infiltraciones de aire? .....	89
<b>6. Mitos y realidades energéticas</b>	
6.1 Nos adaptamos a lo que tenemos .....	93
6.2 En edificios de 25 pisos pasa lo mismo .....	95
6.3 Eficiencia y precios de la energía .....	97
6.4 Autonomía térmica .....	98
6.5 Algunos mitos .....	99
6.6 ¿Qué conviene subsidiar? .....	102
<b>7. Beneficios ambientales de la construcción natural eficiente</b>	
7.1 Consumo directo e indirecto .....	105
7.2 Construcción convencional y construcción natural .....	107
7.3 Bloques de paja y arcilla .....	110
7.4 Durabilidad y resistencia .....	113
7.5 Comparación de coeficientes térmicos .....	115
7.6 Gasto indirecto en cemento vs. gasto energético cotidiano ....	117
7.7 Comparando energía y GEI embebidos en los materiales .....	119
7.8 Algunas reflexiones sobre el trabajo manual .....	120
<b>Bibliografía</b> .....	124
<b>Resumen de la contratapa</b> .....	132

## Prólogo

*No podemos resolver nuestros problemas  
con la misma forma de pensar  
que cuando los creamos  
Albert Einstein*

Este libro trata sobre el uso de la energía y la eficiencia energética en edificios de dos países del Cono Sur, Argentina y Chile. El Cono Sur se define como la región austral de América del Sur que incluye a Chile, Argentina y Uruguay, y extendido por latitud geográfica a Paraguay y tres estados del sur de Brasil, Paraná, Rio Grande do Sul y Santa Catarina. Con grandes diferencias climáticas, culturales y sociales, esta gran región comparte la falta de aislamiento térmico en los edificios, y como consecuencia, o se usa demasiada energía o se habita los edificios sin confort. En este libro veremos cómo, en Argentina y en Chile, en forma simple y económica, se puede bajar a la mitad el consumo energético de los edificios, aumentando al mismo tiempo el confort interior.

El libro está escrito para quienes no tienen formación en física o ingeniería. En diversas ramas de ciencias sociales y política, y en funcionarios ligados a energía y medio ambiente puede ser útil incorporar elementos técnicos básicos para cuantificar el problema energético. Uno de los objetivos de este libro es complementar un vacío educativo en información interdisciplinaria. Por ejemplo, el precio internacional del gas natural se da en dólares por cada millón de BTU; quien quiera conectar esto con aspectos sociales y económicos del uso de energía, ¿sabe que un millón de BTU es igual a 27 m<sup>3</sup> de gas natural, o a 21 kg de gas licuado de petróleo, y que esta cantidad provee cerca de 270 kWh de energía neta? En todo caso, ¿qué es BTU? Lo veremos en el capítulo 3.

Los principales problemas energéticos actuales ya no pertenecen a la física, la química o la ingeniería, sino a la administración, a la política y a las ciencias sociales. Pienso que estas profesiones pueden desarrollar mejor su potencial si cuentan con conocimientos técnicos sobre los recursos y cómo cuantificarlos. Por ejemplo, recuerdo un graduado europeo que se interesó en la situación energética en Argentina. Después de meses de estudio aun seguía convencido de que nuestro

consumo principal era el eléctrico, cuando en la realidad el uso de gas es el más importante (52% de toda la energía usada en Argentina es gas, contra 37% de petróleo; además el 55% de la electricidad se genera con gas). Argentina es un país gas-dependiente, y la ineficiencia en el uso del gas es además la mayor de todas. Sin embargo, en ese caso que comento el diseño del estudio de política energética que se estaba haciendo suponía equivocadamente la predominancia eléctrica.

En otras oportunidades, trabajando en grupos multidisciplinarios y dando cursos sobre energía para estudiantes y graduados de carreras no técnicas, he comprobado que la enseñanza de conocimientos de física e ingeniería benefició sus análisis. Porque considero de gran importancia las ciencias sociales y políticas en la solución de problemas energéticos, y esencial su perspectiva, es que dedico parte de este libro a proveer conocimientos técnicos básicos relacionados con el uso cotidiano de la energía.

Pienso que en la enseñanza media y en los primeros años de la universidad los conceptos y casos que aquí se detallan pueden ser un complemento interesante de la bibliografía habitual, aportando diversos elementos de discusión y de ejercitación práctica. El libro enfoca en lo práctico, y esto puede aportar ejemplos y casos a cursos de física en la enseñanza media y primeros años universitarios.

Este libro puede ser también útil a los arquitectos para actualizar su formación en física y energía. Por otro lado, provocará también sorpresas en físicos e ingenieros que no habían asociado sus conocimientos básicos a los problemas cotidianos del uso eficiente de recursos energéticos.

Desde que comencé a estudiar este tema me pregunto: ¿cómo es que en la escuela se dan ejemplos y ejercicios abstractos sobre energía, con carritos o recipientes calóricos inexistentes, y no se usa un calefón hogareño, o una cocina y una estufa, y con esto ejercitar los conceptos físicos cotidianos?

Con física cotidiana quiero significar estudios que hacen a la vida de todos los días. Por ejemplo,

¿nos conviene cocinar con gas, o con electricidad?,

¿a cuánta leña equivale un balón (garrafa) de gas de 15 kg?,

¿cuánta leña ahorraría si abrigara la casa con 5 cm de aislante?,

y si toda una ciudad abrigara sus edificios con 5 cm de aislante, ¿cómo disminuiría la contaminación del aire por uso de leña (en Chile por ejemplo)?,

¿cuántos dólares se ahorrarían en Argentina si la eficiencia térmica fuese masiva y no tuviéramos que importar gas para quemarlo en exceso?

En la enseñanza de transmisión del calor en la escuela, ¿podemos salir de la inexistente “barrita que se pone al fuego” y pasar a las paredes y techo de la casa que habitamos? Pienso que sería de gran valor para la sociedad que los jóvenes aprendieran física cotidiana en las escuelas. Observarían su entorno cercano con ojos más entrenados, y sería muy probable que encontrarán soluciones innovadoras a muchos problemas que padecen nuestros edificios.

Ha sido de gran satisfacción para mi trabajo encontrar que los asistentes a talleres comunitarios sobre eficiencia en viviendas han realizado reformas que mejoraron su calidad de vida, y les han ahorrado mucho en el gasto efímero de quemar gas o leña.

El público en general encontrará aquí muchas ideas y sugerencias para realizar mejoras en sus viviendas. Aun sin entrar en los detalles técnicos (y si quieren pasándolos por alto), encontrarán argumentos para discutir con los técnicos sobre cuáles podrían ser las soluciones a los problemas que han tomado conciencia que existen en sus casas.

Por fortuna, no hay una solución única al problema térmico de los edificios, sino muchas. Existe gran diversidad de técnicas, materiales y costos. Como veremos a lo largo del libro, el conocimiento necesario no es sofisticado ni difícil de aprender. Para nuestros países del Cono Sur, dado el grado extremo de falta de eficiencia, creo que la mayoría de las soluciones térmicas se alcanzan con sentido común más que con conocimiento académico.

El caso es distinto cuando se trata de aumentar aún más la eficiencia térmica en un edificio alemán o sueco actual; porque a partir de un nivel alto de eficiencia térmica hace falta mucho conocimiento y tecnología sofisticada para mejorar aún más. Sin embargo, aquí en nuestros casos, para pasar de la falta total de aislamiento térmico a un aislamiento moderado que ahorre el 50% de consumo no hace falta inventar nada, todo está a la mano en los comercios de materiales, y además las instalaciones son sencillas.

Pero entonces, ¿por qué no lo hemos hecho?

Seguramente hay múltiples factores, y tal vez encontremos juntos algunas respuestas a lo largo del libro. Por ahora, honestamente les adelanto que mejor pregunten a los antropólogos y sociólogos. Ellos pueden tal vez entender mejor nuestro atraso en eficiencia energética, aunque primero necesitarían informarse qué significan los consumos, cómo se comparan y cómo es posible que se esté escapando tanta energía sin aprovecharla.

En los países del Cono Sur, la mayoría de las personas, y también de los profesionales, no tienen conciencia de la enorme pérdida de energía que existe en

nuestros edificios. En general nos lamentamos pero no nos organizamos para innovar en la práctica cotidiana.

Aquí vale la siguiente cita:

***Don't waste any time in mourning, organize!  
(No pierdan tiempo lamentando, ¡organícen!)***

*Joe Hill, sindicalista sueco-  
estadounidense*

Quien lo dijo en 1915 en un contexto muy distinto, aunque está bien aquí para recordarnos el valor de la organización en prácticas concretas más que en tertulias teóricas.

En cuanto a prácticas, veremos más adelante diferentes técnicas y materiales, por supuesto sin privilegiar marcas o tipos. La diferencia entre este libro y un catálogo comercial es que aquí no se intenta vender un producto en particular, sino que se informa e indica una posible mejora y las diferentes alternativas.

Por ejemplo, hay muchas técnicas de autoconstrucción que resuelven el problema térmico usando reciclados o materiales de la agricultura. Una aislación térmica con cartón reciclado puede tener el mismo resultado que una con materiales comerciales, hace falta solamente aplicar un poco más de espesor.

¿Se ahorra dinero usando cartón en lugar de lana de vidrio o poliestireno expandido (telgopor, plumavit)? Tal vez sí, tal vez no.

Si se tiene que comprar el cartón, más un extra de mano de obra en la colocación, más un agregado de bórax para los insectos, es posible que el costo sea el mismo. No por usar un reciclado el aislamiento será gratuito. Puede serlo en el caso del usuario que va juntando cartón y va realizando los trabajos por sí mismo. Esto es posible y muy loable, aunque son los casos minoritarios porque en la actualidad hay muy pocas personas con tiempo para hacer autoconstrucción.

De todos modos, ¿es ventajoso usar cartón como aislante?

Sí, desde el punto de vista ambiental se ahorra energía en fabricación y transporte del aislante.

Pongo este ejemplo para mostrar una ética de trabajo que mantendré en el texto, y es prestar atención a las ventajas y desventajas de las distintas propuestas.

En otro ejemplo que trataremos en detalle, veremos que el costo en la construcción con materiales naturales puede resultar igual que en una vivienda convencional con ladrillos y cemento. ¿Cómo puede ser si no se compran ladrillos y cemento? Lo que no se gasta en los materiales se gasta en la mano de obra.

Hay estudios de construcción natural que no incluyen la mano de obra y muestran que su costo es mucho menor a la construcción convencional. Suponen que en la construcción natural la casa la hace el propietario con la ayuda de la familia y amigos. Puede existir una mínima cantidad de casos felices en que así ocurra, pero esos estudios son muy limitados, y válidos en nuestra región sólo para esa mínima cantidad de casos en donde el trabajo pueda organizarse de esa manera.

En este libro vamos a seguir una línea de trabajo más amplia, mostrando distintas alternativas y sin tomar partido exclusivo por alguna de ellas. No es que no tenga mis preferencias, sino que quiero enseñar el tema en forma amplia para que ustedes después hagan su propia idea y decidan. Además, el método científico obliga a la mayor objetividad posible, y por profesión ya tengo incorporada esta forma de trabajar.

Volviendo a los edificios, la disminución del consumo de energía a través del aumento de eficiencia es una dimensión distinta en la que Latinoamérica aun en 2014 no ha entrado. Es cierto que en todos los países hay algunas iniciativas de mejoras, pero en el conjunto son mínimas y que están dando resultados también mínimos en las reducciones de consumo energético y en la reducción de la pobreza energética de amplios sectores sociales. Algún funcionario puede salir a defender su oficina y su programa; es razonable que así sea, algo se hace, aunque basta caminar unos metros en cualquier ciudad o pueblo de nuestros países para ver que sus buenas intenciones y prédica no tienen paralelo en la práctica.

El desafío es que la mayoría comprenda que se puede tener confort y beneficios a través de conservar energía por mejoras tecnológicas permanentes, en lugar de tener confort quemando combustibles o electricidad en exceso. En otras regiones ya se está trabajando para construir en forma masiva casas de “energía cero”. Por ejemplo, en Gotemburgo (clima algo más frío que Bariloche), hay casas de 120 m<sup>2</sup> que sólo necesitan para calefacción una estufa de menos de 1kW, es decir, sólo uno de esos calefactores eléctricos pequeños con resistencias calientes y un ventilador.

En Argentina, hasta ahora, la solución siempre ha sido buscar más recursos: más gas, más petróleo, más uranio, más energía hidráulica. Esta es una parte de la ecuación, la parte de provisión (entrada, tengo, poseo, dispongo) de energía y calor.

Falta considerar seriamente la otra parte de la ecuación, la parte de la pérdida (salida, fuga, desperdicio, se escapa en efectos invisibles), es decir, cuánta energía fluye sin haberla disfrutado.

La preocupación por reducir la energía que se escapa puede acercarnos a las casas de “energía cero”; aunque tomémoslo con calma porque los alemanes y los

suecos ya llevan cuatro décadas en esos proyectos, y se sabe que además ellos son de trabajar bien y concentrados.

Para nuestras posibilidades locales, una intervención térmica moderada puede bajar el consumo a la mitad. Este nivel de ahorro nunca podría alcanzarse con programas que apelen al comportamiento y a la voluntad del usuario. Es necesario primero un salto tecnológico para luego pedirle al usuario reducciones en el consumo por un “uso racional”. Como se ve en la práctica, si no se hace una mejora térmica en los edificios el ahorro no podrá cumplirse o las condiciones de confort no serán las adecuadas.

Para finalizar esta presentación, ¿por qué y para qué les escribo este libro? Lo explicaré mejor en el capítulo 1; aunque en breve, es el resultado de 12 años de trabajo como investigador científico en eficiencia energética y políticas públicas en energía y cambio climático. Este trabajo lo realicé como investigador de CONICET, quien además paga mi sueldo con dinero público, lo cual agradezco mucho.

El libro trata de ser un resumen amigable de unos 40 artículos publicados en revistas científicas en español, inglés y portugués en varios países. De alguna manera es una devolución al ciudadano por todo lo que yo he recibido de dinero público para aprender y formarme en el tema.

Ojalá les sirva y los motive a mejorar sus edificios.

Cierro este prólogo con otra cita

***“Lo importante es siempre cuestionar.  
La curiosidad tiene su propia razón de existir”***

Albert Einstein.

Claro, estudié física, y eso no es fácil de arreglar.

Alejandro González

Bariloche, noviembre de 2014

CV en acceso público:

[http://www.conicet.gov.ar/new\\_scp/detalle.php?keywords=&id=29357&datos\\_academicos=yes](http://www.conicet.gov.ar/new_scp/detalle.php?keywords=&id=29357&datos_academicos=yes)

# 1. Energía Cotidiana

*“Se concluye que se ha conformado una trayectoria hacia un desarrollo insustentable, por la irracionalidad en el uso de los recursos, su inequidad social, y los efectos en la dimensión ambiental”.*

E. Rosenfeld, C. Díscoli, D. Barbero,  
Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional de La Plata,  
en revista AVERMA Vol. 7, página 07.01 (2003)

## 1.1 Un ignorante más en el mal uso de la energía

Hice la licenciatura en física, luego el doctorado en física teórica en la Universidad de Buenos Aires, y después trabajé 15 años en física experimental con aceleradores. En el doctorado y en varios años de pos doctorado trabajé mucho en energía. Primero realizando cálculos de emisión de radiación en choque de átomos, y después, durante 15 años más, en laboratorios acelerando y manejando haces de partículas que luego colisionaban y producían otras energías que más o menos me pareció entender.

Sin embargo, muy concentrado en los átomos, no me daba cuenta que la frialdad de las paredes del laboratorio en Bariloche, y las frecuentes condensaciones en los vidrios, y que ocurrían debido a la enorme pérdida de energía que había en el edificio. Yo estaba concentrado en la energía que debía tener el imán analizador para que pasaran los protones que producía la fuente de iones, mientras tanto los chifletes del bajo puerta y de algunas ventanas que no cerraban bien hacían que el aire del laboratorio fuese siempre refrescante. Mi oficina estaba en lo que los veteranos del lugar habían bautizado “la Siberia”. No se notaba mucho porque cerca de cada pared y ventana fría había un calefactor que compensaba. La energía del calefactor era provista por gas natural subsidiado; entonces, no se notaba el altísimo consumo en la factura a pagar, y por ser gas tampoco se notaba el alto consumo en la polución del aire.

Autoengañado, al igual que la mayoría, pasé varios años sin poder imaginar que el consumo de gas era enorme, que eso era también energía, y que también era física.

Por suerte, en 2002, cuando decidí cambiar el objeto de estudio de los átomos a los calefactores y las paredes, la comisión asesora de física del CONICET lo tomó a bien, y pude seguir con mi sueldo de investigador para estudiar energías cotidianas. A partir de ese momento tuve que prestar más atención a las paredes frías que a las fuentes de iones y los imanes analizadores.

Recuerdo los primeros estudios en energía cotidiana, y la sorpresa de ver en el espejo a un doctor en física que habiendo estudiado tanto sobre energía era tan ignorante sobre energía.

Las primeras sorpresas surgieron cuando comencé a comparar consumos de gas natural, de gas embotellado, leña, y electricidad. Hacía las cuentas una y otra vez para ver si había algo mal. ¿Cómo podía haber un consumo tan alto de gas natural en Bariloche? Una casa de 100 m<sup>2</sup> tenía facturas por 5000 m<sup>3</sup> por año; otra, de 90 m<sup>2</sup>, usaba 4200 m<sup>3</sup> por año, y la casita que yo alquilada, de 35 m<sup>2</sup>, tenía cuentas por 1500 m<sup>3</sup>. Dado que 1,3 m<sup>3</sup> de gas natural dan la misma energía que 1 kg de gas envasado (veremos por qué más adelante), los 5000 m<sup>3</sup> por año son equivalentes a 380 garrafas (balones) de gas de 10 kg, es decir, más de una por día.

En esa casa que tiene la suerte de tener gas natural subsidiado (35% de la población está fuera de ese beneficio), si lo reemplazaran por gas envasado, cada día debían entrar con su nueva garrafa (balón) para vaciarla en 24 horas, y volver con una nueva para no pasar frío. Los invito a hacer sus propias cuentas: dividan por 1,3 la cantidad de m<sup>3</sup> de gas natural que consumen por año y obtendrán los kg de gas envasado que les hubieran dado el mismo calor.

¿Y el costo? En el caso del gas envasado sería enorme, pero de gas natural se paga muy poco, por año equivalía a una cena en restaurant sencillo para 10 personas (Pueden ver los detalles en González, revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente vol. 12, año 2008, pág. 7.57).

## 1.2 Consumos increíbles

No podía creer mis cálculos, los rehacía por otro camino. Los algoritmos eran simples: multiplicación, sumas, restas y división. Contrastaban con las funciones de Bessel y las complicadas hipergeométricas que me sacaron canas verdes en la tesis de doctorado. El Excel donde hacía las cuentitas de energía cotidiana era pequeño y simple, y también contrastaba con los programas de cómputo en Fortran de decenas de páginas que me acompañaron en el doctorado, pero que ya no podían asistirme.

Idas y vueltas en los cálculos llevaban a los mismos resultados, y luego fui comprobando que otros colegas ya habían encontrado resultados similares para otros casos.

Por ejemplo, los investigadores Esteves y Pattini escribían en 1999 sobre el edificio de una escuela en la zona cordillerana de Mendoza: “El Coeficiente Neto de Pérdidas (CNP) se baja de 1214 W/°C a 392 W/°C y la Fracción de Ahorro Solar resultante alcanza el 55%. Por lo tanto el ahorro de energía finalmente alcanzado es del 85%” (revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente #3, artículo 05-09, 1999, de libre acceso en [www.asades.org.ar](http://www.asades.org.ar)). Esto se refiere a la mejora térmica en un edificio escolar con respecto a la construcción convencional, la cual no tiene en cuenta la termicidad (el abrigo).

Me tranquilizaba encontrar que no era el único con datos que parecerían increíbles a la opinión general. Mucho más adelante puse en práctica estas técnicas en mi casa, de 105 m<sup>2</sup> en Bariloche, y obtuvimos un consumo de gas similar al departamento de 1 ambiente de 30 m<sup>2</sup> que alguna vez alquilamos en el centro de la misma ciudad. Era cierto, la mala aislación térmica de nuestros edificios podía arreglarse, y bajar el consumo fácilmente en 60% y hasta 80%.

Les relato estas experiencias para que desde el comienzo de este libro quede claro que hay que desafectar de culpa a los arquitectos, ingenieros, técnicos, y constructores por no incluir medidas de conservación de energía en edificios. Si un físico que pasó 20 años de postgrado pronunciando y escribiendo la palabra energía 50 veces por día no tenía conciencia del altísimo consumo de gas, entonces a ningún profesional de la construcción le podemos echar culpas. Con el tiempo, la interacción con técnicos y arquitectos me fue mostrando que, además, son los clientes los que en muchos casos presionan para no realizar diseños eficientes; y su argumento principal es que mientras haya combustible barato no se siente el frío.

Pido disculpas sinceras si alguien siente que las palabras aquí son muy directas y quizá molesten.

Ineficiencia, atraso, depredación, despilfarro, dilapidación de recursos, mala política energética, hacemos poco o no hacemos nada, son palabras clave fuertes, lo entiendo.

Por otro lado, las palabras amables con las que desde hace una década transmito estas realidades han tenido buena recepción: quien escucha comprende, en general se asombra, es sensible, pero después no pone en práctica el trabajo necesario para el cambio.

Entonces, prefiero ahora pasar por muy directo y molestarlos un poco, con la esperanza de que los argumentos que aquí se dan se discutan y consideren en la práctica cotidiana.

Es esencial que pasemos de las palabras a las herramientas y los materiales, y ejecutemos aislaciones térmicas en cuanto edificio se vea en nuestros países. Es fundamental para un futuro mejor y más igualitario.

Un mundo con casi 8.000 millones de personas no puede funcionar sin uso eficiente de recursos.

### 1.3 ¿Qué pasa si en lugar de gas se quema mucha leña?

Mi cercanía con el gas natural se debió a que esta experiencia que les relato ocurrió en Argentina y en zona fría (Bariloche). En 2013, ya con 10 años de experiencia trabajando en eficiencia energética, tomé año sabático en CONICET y trabajé en la Universidad Austral de Chile en Valdivia. El año sabático del investigador científico es un permiso de la institución que nos emplea, dirigido a trabajar ese año en otro centro de investigación, y cobrando el salario habitual. El año sabático nos da la posibilidad de investigar desde otras perspectivas, y con la independencia académica que otorga el hecho de que quien nos recibe no nos paga el sueldo.

El año en Valdivia fue muy enriquecedor. Observé el mismo problema de ineficiencia energética que tiene Bariloche, pero ahí no hay gas natural y el 95% de los edificios usa leña para la calefacción. Para alguien acostumbrado al gas, es impactante ver un camión enorme cargado de leña en la puerta de un edificio de departamentos de muchos pisos, y varios trabajadores con carretones entrando la leña a un depósito cercano a la caldera.

Imagino que esta sería la situación del uso de carbón mineral en ciudades populosas de Inglaterra o Alemania antes de la “pulcritud” del gas y la electricidad. Digo entre comillas “pulcritud” porque hoy parece limpio pero hay polución que se produce en otro lado que no vemos: los gases de la combustión de gas van a la atmósfera y nos enteramos después por el cambio climático global y otros problemas. La leña, si bien humea, produce muchos menos gases de efecto invernadero que el gas o la electricidad generada con combustibles fósiles.

En Valdivia la leña es el combustible más barato, aunque no subsidiado, y su precio es de cinco a seis veces menor que el gas envasado o la electricidad. Sin

embargo, con el consumo de leña en una ciudad de 150.000 personas se agregó a la investigación un elemento para mí desconocido, la contaminación del aire.

No es lo mismo tener chimeneas humeantes en una población rural con baja densidad, que en una ciudad moderna. Esa es la situación casi diaria de muchas ciudades de Chile durante cerca de 6 meses de clima invernal.

Como consecuencia de ello, las principales ciudades del centro-sur de Chile han sido declaradas en saturación de material particulado de 2,5  $\mu\text{m}$  y de 10  $\mu\text{m}$ . ¿Qué es este material particulado? Son partículas sólidas muy pequeñas y de distintos tamaños que contiene el humo. Se clasifican por el tamaño, que se mide en micrones ( $\mu\text{m}$  = millonésima de m = milésima de milímetro).

Por ejemplo, material particulado 2,5 (se abrevia  $\text{MP}_{2,5}$ ) significa aquellas partículas con tamaño igual o menor a 2,5  $\mu\text{m}$ . Estas partículas muy pequeñas están en el humo, se inhalan al respirar, se alojan en los pulmones, y por su tamaño pueden pasar al torrente sanguíneo y alterar funciones metabólicas. Entre los problemas más frecuentes, se originan trastornos respiratorios y disturbios cardíacos; aunque, dependiendo de la dosis de exposición, hay también efectos cancerígenos y alteraciones del ADN celular. En un análisis químico en la ciudad de Temuco también se encontró que cerca del 8% de ese material particulado es potencialmente cancerígeno. (Se explica la investigación en el artículo citado al final del libro en bibliografía, Cereceda-Balic y colaboradores, 2012).

Debido a estas emisiones de humo es que en Chile, actualmente, la prioridad ambiental es la contaminación del aire. Es conocido el problema de larga data de la contaminación de la ciudad de Santiago de Chile, pero ahí el factor principal de contaminación es en la actualidad el sector vehicular, y la quema de leña ya fue prohibida. En las ciudades del centro-sur es muy distinto, la época de crisis del aire es el invierno, cuando el tráfico contribuye mínimamente y es la quema de biomasa el contribuyente principal.

Cuando se dice “hoy a las 18 hs tenemos 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{MP}_{2,5}$ ”, significa que en cada  $\text{m}^3$  de aire se contabilizaron 100 microgramos ( $\mu\text{g}$ ) de esas partículas. Este es un conteo bastante frecuente en las ciudades de Chile en invierno, y que hora por hora puede ser conocido con libre acceso a la página web [www.sinca.mma.gob.cl](http://www.sinca.mma.gob.cl).

Para entender la dimensión del problema podemos citar que la Organización Mundial de la salud establece como límite superior 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para comenzar a tener dificultades de salud. Los problemas para la salud son diversos y dependen del tiempo de exposición y la dosis.

La contaminación por humo es muy interesante a tener en cuenta cuando se piensa a la biomasa como energía renovable.

La biomasa no siempre es renovable, pero puede llegar a serlo si el manejo del recurso es el adecuado; por ejemplo en bosques nativos la tasa de corte debe estar de acuerdo con la intensidad de la renovación.

Por otro lado, si el modo de combustión no es el adecuado, la contaminación del aire puede ser mucho mayor con biomasa (aun renovable) que con quema de recursos fósiles.

Existen formas de combustión de biomasa muy limpias (en Finlandia y Suecia, por ejemplo), aunque no han llegado aún al uso cotidiano en nuestros países latinoamericanos.

Es de destacar que en el sur de Chile los sistemas de combustión de leña son en su mayoría modernos, y sobre todo son dispositivos estancos que no emiten humo al interior de la vivienda. El humo no proviene de fugas dentro de la casa, sino que se emite por chimenea. Por saturación del aire exterior y por infiltraciones de aire, el humo exterior puede invadir la vivienda, que es lo habitual. (Pueden ver detalles en el artículo de Schueftan y González, revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente vol. 17, año 2013, pág. 7.09).

#### **1.4 Los costos del gas pueden ser enormes**

La contaminación del aire ha sido el alerta al uso excesivo de leña en Chile.

¿Existió algún alerta al excesivo uso de gas en Argentina?

- Sí, la depredación del recurso contribuyó a que el país pasara de ser exportador de gas en 2003 a importador del 25% de su necesidad en 2013. Dados los precios subsidiados muy bajos, el gas se quema en sistemas inadecuados, en donde no interesa para nada la eficiencia porque el costo del combustible es mínimo. Pasaría lo mismo si tuviésemos la gasolina muy barata subsidiada, el automóvil más común tendría un gran motor de ocho cilindros y consumiría 25 litros en 100 km. Lo mismo ocurre con el gas natural subsidiado, es demasiado barato. Por ejemplo, en Bariloche, con una factura de invierno que resulta equivalente a comprar una pizza, el usuario resuelve el calor del edificio quemando gas, y no adecuando las paredes, techos, vidrios y artefactos para que no se le

escape la energía. El consumo excesivo es transversal, se observa desde la casa humilde hasta los hoteles de lujo.

El alerta al uso excesivo de gas es la cuenta en dólares que Argentina tiene que pagar por el gas importado. Éste proviene en parte de Bolivia por gasoducto (cerca de 10%) y en parte en barcos como Gas Natural Licuado (GNL) (cerca de 15%).

El precio del gas importado de Bolivia es cerca de \$3 por  $m^3$  en boca de gasoducto (noviembre de 2014, en Argentina 1USD=\$8,50; \$ significa aquí Peso de Argentina), mientras el usuario final de Bariloche paga entre \$0,50 y \$0,10 dependiendo de la categoría de consumo, y el de Buenos Aires menos de \$2 por  $m^3$ .

El gas por barco cuesta casi el doble, \$5,20 por  $m^3$  en puerto; porque se enfría a  $-160^{\circ}C$  para poder licuarlo, y cuando el barco llega debe haber otro barco esperando, llamado “regasificador”, con el cual el gas líquido se vuelve a su estado gaseoso y se lo inyecta en el gasoducto principal. Así de complejo como les parece al leerlo es en la realidad, por eso su altísimo precio.

En el capítulo ‘Un poco de física estimula y sienta bien’, veremos en detalle las unidades de medida de la energía y ahí se entenderá el significado del precio del gas internacional. Por ejemplo, en Argentina, el gas por barco se paga USD 17 por millón de BTU (BTU es British Thermal Unit, una unidad de energía, es decir se paga 17 dólares por esa cantidad de energía, que en gas equivale a  $27 m^3$ ).

Por otro lado, ¿a qué precio se compra el gas propio nacional? Más o menos a \$1,50 por  $m^3$  en boca de gasoducto, con lo cual este también tiene subsidio para llegar al usuario a valores más bajos. Con el precio regulado y bajo del gas propio nacional, se perdió incentivo en exploración y búsquedas de riesgo de nuevas fuentes, y entonces la producción fue cayendo progresivamente desde 2003. En 2009 se comenzó la importación por barco, la más cara, para la cual se construyó un puerto regasificador en Bahía Blanca, pero que luego, por la cantidad creciente de barcos necesitó de un segundo puerto en Escobar. De 5 barcos por año en 2009 se incrementó la importación a 85 barcos por año en 2013 y 2014.

Para abastecer Bariloche, por ejemplo, el gasoducto cordillerano debió ampliarse varias veces, y aun no es suficiente. En esa ciudad, los consumos por  $m^2$  de vivienda son 4 veces mayores a los que se observan en climas similares de Alemania o Suecia. En estos países, sin subsidio a la energía consumida, las aislaciones térmicas en los edificios son fundamentales y rápidamente se compensa su costo con el ahorro en energía.

## 1.5 Reduciendo consumos excesivos

La reducción del consumo se logra “abrigando” los edificios, “arropándolos” con aislante térmico, el cual está a la mano en cualquier comercio de materiales de construcción de Argentina y Chile, donde también se encuentran los soportes y revestimientos necesarios para terminar el trabajo. Los materiales no son caros, son de fabricación nacional en los dos países, y no requieren técnicas especiales para su colocación.

Bien, y entonces

¿por qué no hacemos aislaciones térmicas?,

¿por qué seguimos en la búsqueda expectante de gas?,

¿por qué importamos combustibles en lugar de hacer algo para usarlos en forma eficiente?,

¿por qué se destruyen miles de hectáreas de bosque nativo para calentar edificios que pierden calor?

¿por qué grandes poblaciones se someten año tras año a respirar aire contaminado durante meses?

¿es sólo el precio del combustible el motor de esta elección?

La falta de respuesta a estas preguntas es el incentivo principal para la escritura de un libro más en este tema tan conversado de la energía en viviendas. Quizá algo novedoso sea el intento de entender el problema de dos países del Cono Sur juntos. **En la ineficiencia energética**, en Argentina y Chile estamos tan hermanados como con los miles de km de Cordillera de Los Andes que compartimos.

## 1.6 Ineficiencia generalizada

Rara vez la causa de las cosas es solamente una causa, y más aun en fenómenos sociales y culturales. En cuanto al Cono Sur, si bien no estudié en detalle el problema más allá de Argentina y Chile, las observaciones de los edificios en que estuve en Uruguay y en el sur de Brasil indican que están en las mismas condiciones: el aislamiento térmico es muy raro de encontrar.

A esta falta general de eficiencia térmica se suma el prejuicio de que en zona de calor hacen falta menos aislantes térmicos. **Esto es un gran error, en zonas de calor también hace falta mayor espesor de aislantes**, simplemente porque la diferencia de temperatura entre exterior e interior puede ser mayor aun que en clima frío; en éste se pierde calor al exterior, en clima cálido podemos ganar una cantidad de calor insoportable y no deseada hacia el interior. Voy a insistir con esto a

lo largo de todo el libro: el abrigo de los edificios hace falta en todos los climas, en un caso para evitar uso excesivo de calefacción, y en otros para evitar uso excesivo de aire acondicionado.

En forma permanente escuchamos pedidos de más gas, más petróleo, más bosques para leña, gigantescas hidroeléctricas, y las nuevas centrales nucleares son siempre noticia y tema de discusión; pero poco o nada se dice sobre cómo usar lo menos posible y vivir más comfortable.

Cuando comienza a faltar energía se levantan voces acusando de que no se hizo lo suficiente para conseguir los recursos; pero mínimas voces en nuestros países pronunciaron que no hubo inversión en técnicas de conservación. En Argentina, algunas voces apuntan a la caída de reservas de gas y buscan culpables; en Chile, se buscan culpables que contaminan el aire y amenazan el bosque nativo. **Es realmente raro que no fueran señalados como culpables los enormes consumos evitables.**

Los dos países no son iguales, naturalmente, los recursos energéticos no son los mismos, las edificaciones son distintas, **pero tienen en común la ineficiencia térmica: no hay abrigo en los edificios.** Una casa puede estar muy bien hecha, y hasta puede ser lujosa y de alto precio, pero si no tiene aislación térmica es un colador de calor, aunque afortunadamente, de fácil resolución.

### 1.7 El abrigo de los edificios

Como veremos en detalle más adelante, la ineficiencia térmica produce alto consumo tanto en clima frío como en clima cálido. Si no se usan materiales aislantes la calefacción quemará una cantidad enorme de gas o leña para compensar las pérdidas por paredes, techos, y vidrios. Cuando pase el frío, en verano, el aire acondicionado se esforzará por mantener fresco un ambiente interior que recibe gran cantidad de calor externo.

Pero, ¿cómo, si nos abrigamos en verano tenemos más calor? **Las personas sí, los edificios no.** Las personas tenemos la “estufa metabólica” encendida todo el año, hasta en verano, la casa no.

En un edificio sin aislantes la energía fluye fácil entre el interior y el exterior, tanto en invierno como en verano. No crean lo que digo, toquen paredes, vidrios y

techo en los días fríos de invierno y en los cálidos de verano. Si la superficie interior de una pared está caliente en verano seguro estará fría en invierno. Falta abrigo.

La casa recibe a través de las paredes el calor que le llega desde fuera en verano, o pierde el que le saca el exterior frío en invierno.

***Dicho de otra forma: en Argentina y en Chile, a las casas les falta abrigo y hay una inercia muy grande para ponerles ese abrigo***

El concepto de abrigo se lo debo a Anja Banzhaf, una estudiante alemana que paso por Bariloche en su viaje de regreso desde la Isla Navarino, bien al sur del continente. Anja estudió geografía en la Universidad de Göttingen y se interesó por el uso de la leña en comunidades de clima frío (en bibliografía al final del libro Banzhaf, 2013).

Eligió para su trabajo de tesis la población más austral del planeta, Puerto Williams, un poco al sur de Ushuaia. Encontró que las viviendas populares no tienen condiciones mínimas de confort, y esto debido a que la construcción no tiene en cuenta la posibilidad de aislaciones térmicas e hidrófugas adecuadas. Las conclusiones de su trabajo no fueron distintas de las que a menudo surgen de estudios en viviendas populares de otras localidades. Además, muestra una situación que también es muy común en Argentina: las viviendas se construyen con los mismos criterios y los mismos materiales en zona cálida y en zona fría. Veremos esto en detalle en los próximos capítulos.

## **1.8 Investigación en física cotidiana**

Si llegaron hasta aquí, es muy probable que pasen un buen tiempo con este libro. Es justo entonces que sepan algo sobre el autor.

Tuve la oportunidad de estudiar en buenas escuelas y universidades. Gracias al esfuerzo enorme y a la sabia guía de mi madre, completé la educación primaria en el Colegio Cisneros de Barracas, y el secundario en la escuela técnica Otto Krause, ambos en Buenos Aires. Luego, trabajando de técnico mecánico y estudiando al mismo tiempo me tomó once años completar la licenciatura en física en la Universidad de Buenos Aires, y después, con la ayuda de una beca del CONICET pude completar un doctorado en cuatro años más. En 1987, luego del doctorado en física teórica, salí de Argentina por primera vez, y trabajé durante ocho años en EE.UU. y Europa en física experimental. Tuve mucha suerte en conseguir becas para trabajar esos años en EE.UU. y Europa, mientras estaba a la espera del ingreso a la carrera

del investigador científico del CONICET. En 1995 anunciaron mi ingreso y volví para trabajar en física experimental con aceleradores en el Centro Atómico Bariloche e Instituto Balseiro hasta el 2002. En ese año comencé con el estudio de la eficiencia en el uso de la energía, y a partir de ese momento ya no investigué en física atómica sino en física cotidiana.

La investigación científica se caracteriza por el método y no por el tema de trabajo. Es tan científico estudiar una taza de café, un poema de Neruda, o el famoso Big Bang, no importa el objeto siempre y cuando se use el método científico. Este se refiere a la sistemática de trabajo que posibilita la verificación de los datos y resultados, y la reproducción de los mismos en las condiciones asumidas por el método.

En la actualidad trabajo en el Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medio Ambiente (INIBIOMA), que es un centro científico conjunto del CONICET y de la Universidad Nacional del Comahue, en Bariloche. Como puede verse, tanto en los estudios como en el trabajo he sido beneficiado con el apoyo de dinero público, principalmente de Argentina pero también de otros países. He recibido dinero público de Argentina, EE.UU., Suecia, Dinamarca, Francia, Alemania, Brasil, y Chile. Por esta razón tengo una permanente obligación de contribuir con la divulgación de resultados científicos, más aun cuando en forma simple y directa la ciencia puede mejorar las condiciones de vida de quienes pagaron parte de mis estudios, de mis sueldos, y de mis viajes.

Frecuentemente realizo charlas y talleres sobre temas ambientales y de energía, tratando de adaptarlos al público en general. La experiencia ha sido muy buena, y ha habido asistentes a los talleres que tomaron la iniciativa de mejorar sus viviendas. He hecho cursos y talleres con municipalidades, universidades, ONGs, y entes reguladores de energía. Mi otra línea de investigación trata sobre contribuciones al cambio climático. Los dos temas forman parte de cursos para docentes de nivel medio, en un esfuerzo conjunto para incorporar temas ambientales de la vida cotidiana en sus clases.

Mi mail es [gonzalezad@comahue-conicet.gob.ar](mailto:gonzalezad@comahue-conicet.gob.ar), y están cordialmente invitados a escribirme con sus comentarios, sugerencias y preguntas acerca de los temas de este libro. Muchos asistentes a las charlas y talleres me escriben contando experiencias de aislación térmica y a veces pidiendo una opinión para sus edificios. Siempre contesto los mails, y dentro de las posibilidades doy todo el apoyo académico que está a mi alcance.

## 2. Eficiencia o consumos excesivos

*“el consumo de gas natural excede los valores necesarios, según balance, para lograr el confort con base 20°C. En concordancia, resulta significativa la opinión de los usuarios que en prácticamente la mitad de la muestra expresa que sea en invierno o verano las viviendas resultan calurosas, sin mucha conciencia que a pesar de las bajas temperaturas exteriores las estufas están encendidas todo el año.”*

*Arquitectos C. Díaz y J. Czajkowski, en las conclusiones sobre auditorías de viviendas en Río Grande, Tierra del Fuego. Revista AVERMA vol. 10, página 07-37 (2006)*

Para concluir que un consumo es excesivo debe compararse con otro de referencia.

A esto se refiere el epígrafe cuando dice “según balance”. En las auditorías energéticas se miden los consumos y variables de confort, y se registran las características constructivas de los edificios y el clima en donde está situado. Con estos datos se calcula, con bastante precisión, el consumo de energía para mantener entre 18°C y 20°C de confort. En el caso del epígrafe, los estudios fueron hechos en viviendas de clima frío. Sin embargo, en verano y en momentos del día cuando no existen temperaturas bajas, los calefactores podrían ponerse al mínimo o en piloto, pero se dejan funcionando a la máxima intensidad.

### 2.1 “Si tiene calor que abra la ventana”

En la conferencia donde se expuso ese trabajo sobre consumo de gas en casas de Río Grande (Tierra del Fuego), los autores comentaron que en verano es habitual que se dejen ventanas abiertas porque, como los calefactores están al máximo, la temperatura en la casa es demasiado alta. Ante la sugerencia de regularlos algunos usuarios manifestaron temor de que no operen correctamente después de ajustar la intensidad, cosa que no han hecho nunca, han estado siempre al máximo. El usuario no tiene forma de saber las consecuencias de su comportamiento en el consumo de

energía, porque este no se refleja en el costo debido a los elevados subsidios al gas natural.

En tres de los viajes que mi madre hizo a Bariloche en invierno, prefirió alojarse en algún hotel céntrico. Estuvo en tres distintos, dos en la calle Mitre y uno en Rolando. En los tres la calefacción era excesiva, y al preguntar cómo se regulaba en la habitación, la respuesta de los conserjes fue siempre la misma: “no hay regulación, si tiene calor que abra la ventana”. En efecto, inspeccionando los radiadores y caños de la habitación, las válvulas estaban trabadas, y ni siquiera tenían la manivela para moverlas. En uno de los casos, en un hotel grande de la calle Mitre cuyo nombre recuerdo, yo esperaba el ascensor en un amplio pasillo del 5to piso, y sentí un aire muy fresco. Me vuelvo hacia donde doblaba el pasillo, y ahí, a pocos metros del ascensor encuentro una enorme ventana abierta, y un radiador de calefacción caliente justo debajo. La vista era hermosa, daba al lago Nahuel Huapi, era invierno y la temperatura exterior no superaba los 5°C, y desde ese lado tan paisajístico venía un viento helado. Es posible que el pasillo estuviera muy caluroso, y alguien decidió dejar escapar un poco de la energía excesiva que proveía la calefacción. Es razonable, no es comfortable la sensación de exceso de calor.

Se dice que la realidad no es ni buena ni mala, es simplemente la realidad, por lo cual, no se enojen por las observaciones que hago sobre Bariloche, y no se preocupen, son sólo observaciones de un investigador científico en temas energéticos, no soy inspector de consumo excesivo de gas (que por otro lado ni siquiera existen). Por otro lado, un comentario de este tipo no quitará turistas, sino todo lo contrario, los edificios no tienen aislación térmica pero en época invernal pasarán calor en lugar de frío.

Para sentir en persona cómo el aire caliente invade el ambiente exterior, es muy interesante caminar en invierno por la calle Mitre de Bariloche, son varios los comercios que tienen sus puertas abiertas por las cuales salen corrientes de aire caliente.

En un comercio que también recuerdo, además, hay un calefactor del lado externo, que envía hacia abajo aire caliente a quien se acerque a la puerta, que por supuesto está abierta. Alguien lo recomendó, y alguien lo instaló, quizá con el argumento de que, con una cortina de aire caliente no se perdería calor del interior.

Es también contrastante y muy triste que ese despilfarro de gas barato acontezca justo a uno o dos kilómetros de los barrios altos de Bariloche, donde la gente no tiene gas natural subsidiado y se calienta con la poca leña que encuentra o que le dan con planes sociales.

Pasé cinco años viviendo en el norte de Europa, en Suecia, Dinamarca, y Holanda, y nunca vi semejante despilfarro de energía, a pesar de que estaba en los países de mejor desempeño económico del mundo. Todo lo contrario, los comercios por lo general tienen doble sistema de puertas para que el calor no se escape del edificio, es caro calefaccionar y no hay subsidios a la energía. La costumbre en el norte de Europa no es dejar la puerta abierta para que el cliente se sienta bienvenido, sino tener una señal bien clara de “Abierto”, con colores llamativos o lo que sea, pero jamás dejar la puerta abierta.

## 2.2 Comparando distintas eficiencias en climas similares

Vamos a discutir más adelante cuáles son los lugares de los edificios por donde se pierde más calor, y tratar de entender la parte técnica del consumo excesivo. Pero primero tenemos que caracterizar el problema, para lo cual vamos a aprovechar la comparación de casas en países distintos con clima similar.

- ¿Por qué ocurre nuestro gasto excesivo?,
- ¿por qué no ponemos en práctica las soluciones que cuiden el recurso?,
- ¿es un problema técnico?

Las dos primeras preguntas tienen múltiples respuestas que veremos a lo largo del libro. Uno de los motivos que se concluye de las investigaciones en forma consistente es que al usuario le resulta tan barato el combustible subsidiado que no desarrolla los mecanismos para el cuidado de la enorme cantidad que consume.

La tercera pregunta tiene respuesta inmediata: NO, no es un problema técnico porque el conocimiento y los materiales para las mejoras técnicas están a la mano de cualquier vecino.

Si hay dos localidades que tienen climas similares, la comparación de consumos de tipos de casas similares dará una idea de cuál aprovecha mejor la energía. La comparación de 2 o 3 viviendas no tiene mucho valor porque, además de la calidad térmica de la construcción hay variables de comportamiento del usuario. Esto se arregla entrevistando a muchos y promediando. Si tomo una muestra significativa de casas del mismo tipo en uno y otro lugar y puedo conocer los consumos, entonces la comparación me va a decir algo sobre las viviendas. Por ejemplo, Estocolmo es un poco más frío que Bariloche (temperatura media anual de Estocolmo 7°C, y de Bariloche 8°C), y la necesidad de calefacción es 10% superior en Estocolmo que en Bariloche.

Para una muestra de 102 viviendas de Bariloche el promedio de consumo de energía en calefacción dio cerca de 4 veces superior al de Estocolmo también para casas unifamiliares. Quiere decir, que con la energía que se usa en una casa de Bariloche, en Estocolmo se pueden calefaccionar cuatro casas.

A partir de esta diferencia comienza una investigación de las razones para que esto ocurra, y surgen las hipótesis, por ejemplo:

Una posibilidad: los barilochenses tendríamos las casas mucho más cálidas que lo estolcolmenses. No es así, cuando se ven las temperaturas interiores esto resulta ser al revés, el promedio en Estocolmo está entre 22°C y 24°C, mientras que en Bariloche entre 18°C y 20°C.

Otra posibilidad: la construcción es distinta. Las casas unifamiliares encuestadas en Bariloche se observaron bien construidas, la mayoría de ladrillos o bloques y revocadas (con estuco), y una parte menor de madera, todas con buenas estructuras, ventanas y puertas bien instaladas, y en buen estado de conservación. La muestra incluyó casas de familias de ingresos medios y medios altos.

Las casas unifamiliares de Estocolmo son aparentemente muy similares a las de Bariloche, pero, sobre las estructuras y paredes sólidas, se agregan varias capas de materiales livianos, que incluyen aire, y que son buenos aislantes del calor. Los vidrios son triples (fueron también dobles pero ya son triples), y las puertas y ventanas tienen burletes voluminosos que recuerdan más a un burlete de refrigerador que a uno sencillo de ventana. En casi todos los casos las casas tienen, aparte de la aislación común del techo, un cielorraso con cámara aislada térmicamente. Aquí comenzamos a entender dónde está la diferencia.

En cuanto a costo de la energía: la unidad de energía del gas natural en Bariloche cuesta, en dólares, 50 veces menos que la unidad de energía en Estocolmo. Bueno, pero el nivel adquisitivo es distinto, entonces hacemos la comparación en nivel de salario tomando el salario mínimo neto en ambos casos.

Con un salario mínimo neto en Estocolmo se compran 8.300 unidades de energía para el hogar.

En Bariloche, con un salario mínimo neto se compran 80.000 unidades de energía para el hogar si se tiene gas natural,

y 17.300 unidades de energía si no se tiene gas y se usa leña para calefacción.

*Estas estimaciones fueron hechas en base a: para Suecia, Skr 1,2 (1,2 corona sueca) por kWh de energía, con salario mínimo neto de Skr 10.000; en Bariloche, precio del gas natural de \$0,40 por m<sup>3</sup> (\$ de Argentina, el m<sup>3</sup> de gas contiene 10 kWh neto de*

*energía), para leña \$230 por m<sup>3</sup> (el m<sup>3</sup> de leña a granel contiene 1.250 kWh) y salario mínimo neto de \$3.200.*

Entonces, a pesar de que aquí, en dólares, nuestros salarios son menores, en unidades energéticas ganamos entre 2 y 10 veces más que en Suecia, según dispongamos de leña o de gas natural. No comparo con otras ciudades porque la exigencia climática debe ser similar. Estocolmo y Bariloche son muy comparables en clima. Si se grafican las temperaturas medias mensuales a lo largo de varios años se observa que los inviernos son algo más fríos en Estocolmo y los veranos algo más fríos en Bariloche. En promedio, el clima en Estocolmo requiere 10% más en calefacción; sin embargo, como mencionamos, la cantidad de energía en calefacción es cuatro veces menor a la usada en Bariloche.

Este ejemplo también nos muestra que estas comparaciones pueden ser tema de enseñanza en la escuela secundaria, no hay dificultades de cálculo y los alumnos pueden trabajar con sus propias cuentas de gas, luz y leña. Además, en lo educativo, este es un buen ejemplo de lo que llamo física cotidiana, que es también interdisciplinar; porque agregamos tanto la economía como la sociología, ésta en la desigualdad de quien tiene y quien no tiene gas natural.

### **2.3 Varias décadas para las mejoras**

Entre 1950 y 1990, Suecia fue un país con muchas actividades económicas y sociales subsidiadas. Una de estas se ocupó de subsidiar la mejora de viviendas. Así, un vecino recibía ayuda técnica y materiales para aumentar el coeficiente térmico de su casa o edificio de departamentos. De esta manera, en 20 años se resolvieron los problemas térmicos de la mayoría de los edificios de uso corriente. Hasta los edificios históricos recibieron su tratamiento dentro de las posibilidades. A la vez, se implementaron paulatinamente normas de construcción más estrictas considerando aspectos de consumo de energía. En 2014, las normas térmicas para construir en Suecia son muy estrictas y ahí sí hay inspecciones para su cumplimiento. Es raro que una construcción de 20 años (que ya era muy eficiente) cumpla las normas actuales.

En todos los parques edilicios, a medida que avanzan las exigencias térmicas para los edificios nuevos, aumenta la cantidad de edificios existentes por debajo de los requerimientos de la nueva normativa. Esto es normal, aunque hay que tener en cuenta que el porcentaje de edificios con necesidad de mejoras supera en mucho a los que ya cumplen. En la ciudad de Valdivia, Chile, un estudio mostró que el 85% de

los edificios existentes no cumplen la normativa térmica de 2007, que es la vigente para casas nuevas en Chile (véase bibliografía, Schueftan y González, año 2013). Noten que, para que exista un efecto significativo en el mejor uso de energía, es más prioritario resolver la ineficiencia de ese 85% que exigir más en los nuevos. Sin embargo, es mucho más fácil controlar nuevas construcciones que coordinar con los dueños las reformas en las existentes.

Es importante notar que en los países del norte de Europa se tomaron más de 30 años para arreglar la conservación de energía en edificios, y darle a la sociedad tiempo para informarse, entender, adaptarse, y mejorar. Hago notar esto porque es común que en nuestros países aparezcan algunos sectores pidiendo que de inmediato se hagan normas térmicas más estrictas para la construcción, que los requerimientos sean altos, y que se hagan cumplir. Hasta entre los bienintencionados se observa esta reacción cuando toman conciencia del desperdicio de energía y de que hay mucho por hacer. Poner exigencias inmediatas, sin tiempo ni participación ciudadana para entender y adaptarse, trae protestas y reacciones adversas. Estoy seguro que hecho de esta manera compulsiva sería motivo de protestas en cualquier país, también en Suecia si se hubiese exigido semejante cambio en un año en lugar de treinta.

Antes de las normas estrictas ellos tuvieron educación, asesoramiento, y ayuda concreta, en los comienzos hubo subsidios y después créditos blandos. A medida que avanzaban las mejoras se iba avanzando en los códigos de construcción cada vez más estrictos. No es lo mismo si de la noche a la mañana se tratan de imponer coeficientes y códigos estrictos a una población desinformada y desprevenida. Da vergüenza que aparezcan funcionarios públicos con cargos altos y que cobran sueldos aun más altos, anunciando con orgullo que se reglamenta tal o cual decreto para imponer normativa térmica, cuando nunca se mostró, nunca se educó, nunca se ayudó, siempre se promovió el alto consumo de energía subsidiada, y en pocas horas pasamos a tener una legislación “de punta”. En mi opinión, “de punta” sería comenzar con un plan educativo intenso, usando medios masivos y apoyo de las universidades para convocar al ciudadano en la necesidad de trabajar participativamente en la rehabilitación de edificios. Nadie es demasiado pobre como para no aportar algo (por ejemplo conocimiento de oficios), ni nadie es tan rico como para no necesitar nada (por ejemplo asesoramiento técnico desinteresado).

Los países a los que le va bien invirtieron mucho esfuerzo y bienes comunitarios y personales para mejorar. No están bien de casualidad.

Aclaro que me parece correcto que en algún momento haya códigos de construcción muy estrictos con la conservación de energía, así como los hay para la seguridad de instalaciones y para estructuras.

Pero no estoy de acuerdo en imponer sin antes educar, y sin antes convocar a la discusión, informar, comentar, dar opciones, y convencer de que para un futuro de desarrollo sustentable debemos ser más eficientes.

## 2.4 Eficiencia como motor del desarrollo

La eficiencia es la llave para la mejor calidad de vida y la riqueza. Es un hecho que cuanto más eficiente es un país, más rico es. EE.UU. es un buen ejemplo de esto, porque pasó por períodos de priorizar la eficiencia en los cuales le fue bien, y por períodos de descuido en los cuales le fue mal. El caso de los automóviles es claro, a principio del siglo XXI las fábricas de autos de EE.UU. estaban al borde de la bancarrota porque seguían con los modelos de gran consumo, pero revirtieron hacia 2010 y hasta se ubicaron como líderes en producción de autos de muy bajo consumo. En 2014 encontramos Chevrolet de tres cilindros que recorren 25 km con un litro de gasolina, en contraste con los motores de seis y ocho cilindros de la misma marca previos al 2000.

Algo similar está ocurriendo con las fuentes energéticas: les está yendo económicamente mejor a los países que más están invirtiendo en energía solar y eólica. En Europa esto es común desde hace varias décadas, pero en EE.UU. es novedoso que se ponga tanto énfasis en estas energías. No soy economista, pero me parece que el aumento de eficiencia y el uso masivo de energías limpias sacaron a EE.UU. de la crisis de la última década.

Me parece una visión muy equivocada la de ver a la eficiencia como un lujo de los países ricos. Los países ricos no son eficientes porque despilfarran su riqueza en ser más eficientes, son ricos porque priorizaron la eficiencia, ésta conduce al bienestar y a la riqueza.

Tanto en Argentina como en Chile, se está perdiendo la oportunidad de un gran crecimiento económico en el propio camino a recorrer para rehabilitar los edificios. Veremos los aspectos técnicos más en detalle en los siguientes capítulos, pero imaginen la oportunidad única de trabajo, comercio, fabricación, transporte, recaudación de impuestos, formación profesional, que implicaría la movilización socioeconómica para mejorar la calidad térmica de los edificios existentes.

***Necesitamos rehabilitación térmica en casi 90% del parque construido.***

En algunos casos se necesitarían subsidios, en otros créditos, y parte de los propietarios seguramente tiene la capacidad de inversión para hacer las reformas. En todos los casos debería darse apoyo técnico, quizá con la formación de oficinas técnicas por barrio que asesoren gratuitamente a los vecinos (véase bibliografía González, año 2008; año 2009).

## 2.5 Eficiencia social

***“Estoy orgulloso de la decencia con la que viví”***

*Pepe Eliashev, periodista, 2014*

Este libro se enfoca en eficiencia energética. Me voy a salir un poco de tema por algunos renglones.

El concepto de eficiencia se aplica en todo, no sólo en energía. Por ejemplo, se es eficiente cuando se contesta un e-mail en pocos minutos y no se deja a quien pregunta por dos meses esperando, hasta con la duda de si su correo llegó o no. Cada vez que escribo a un sitio de países como Nueva Zelanda, EE.UU. Australia, Alemania, Suecia, etc. (sabe el lector a qué etc. me refiero), recibo respuesta en pocos minutos.

¿Ocurre lo mismo en países sudamericanos? No se enojen, no estoy juzgando, estoy diciendo lo que veo y que seguramente ustedes también ven.

Les pregunto, lectores, ¿a ustedes, les contestan los mails rápido?

Son infinidad los ejemplos que tengo, mencionaré sólo algunos. Estábamos con un colega en Valdivia discutiendo las características de las estufas a leña, y como vimos algo distinto en las publicidades de una misma marca en Chile y en Nueva Zelanda, escribimos en ese momento a la compañía en Nueva Zelanda preguntando cuáles eran las emisiones de sus estufas en el caso de cerrar completamente el tiraje de aire de entrada. Seguimos conversando con el colega cuando, en un par de minutos, el “bip” de la notebook indicó que entró un mail. Era la respuesta. Nos sorprendió la rapidez.

Informaron que por regulaciones del gobierno las entradas de aire no pueden cerrarse completamente, aunque parezca cerrado para el usuario hay una calibración mínima que garantiza que las emisiones de humo sean mínimas. Esta opción de entrada de aire no se provee en Chile, ni tampoco se informan las emisiones aunque se trata de la misma compañía multinacional que sí lo informa en su web de Nueva

Zelandia. Nuevamente, no estoy juzgando ni criticando, **no crean** lo que escribo, hagan su propia comprobación de la realidad.

En un artículo que enviamos a una revista internacional un árbitro nos sugirió cambios y recomendó dos escritos a los que no teníamos acceso ni desde Argentina ni desde Chile. Una colega de Valdivia escribió a los autores en Reino Unido para pedir una copia, en dos minutos (literal, textual, exactos), recibió las copias libre de pago. Por **le** contrario, hace meses año estoy esperando que me envíen artículos desde España y no llegan. Los reclamé y no tuve ninguna respuesta. No pretendo que me envíen algo que es de pago sin pagar, pero deberían decir “no podemos, disculpe”, aunque por otro lado sé que sí pueden porque los autores siempre tenemos copias de cortesía, esto está contemplado en los copyright.

En otra ocasión pedí a una editorial europea, no al autor, un artículo que era de pago, argumenté que no tenía cómo pagarlo pero me interesaba y lo incluiría en las referencias bibliográficas; durante el día estuvo la respuesta de que lo lamentaban pero que no obsequiaban esos escritos.

En mi experiencia personal, siempre he recibido un trato correcto y transparente de los países que promueven la eficiencia. Esto me lleva a pensar que la transparencia y la honestidad son también formas de eficiencia. Está claro en el caso de la corrupción. Además de un delito, la corrupción es una de las formas más perjudiciales de la ineficiencia. Por ejemplo, si hacer una escuela costaba \$x, pero resulta que se robó y se infló a un costo final \$3x debido a la corrupción, concluimos que esa ineficiencia impidió que con el mismo esfuerzo (inversión) se tengan tres escuelas en lugar de una.

Como veremos en el capítulo 3, definimos a la eficiencia como “lo que obtengo dividido lo que invierto”.

Ejemplos:

i) obtengo 100 km con 7 litros de gasolina, esta es la eficiencia en uso de combustible para recorrer km con un auto;

ii) obtengo en la casa un ambiente a un promedio de 19°C con el uso de 15 m<sup>3</sup> de leña por año, esta es la eficiencia para calentar esa casa;

iii) obtengo información veraz y rápida para avanzar con un trabajo, esto contribuye a la eficiencia para realizar la investigación, que podría no concluirse sin esa información o podría conducir a resultados falsos si no fueran verdaderos los datos que me pasaron;

iv) obtengo una escuela al precio de tres, esta es la baja eficiencia a la que lleva la corrupción.

Volviendo a los precios de la energía, pienso que deben ser realistas y no deben ser subsidiados. Solamente en emergencia se debería subsidiar a quien no pueda pagarlos, aunque al mismo tiempo deberían acompañarse de planes de mejoras para que se necesite lo menos posible. En Argentina hay que aumentar los precios de la energía, y mucho, más de 1000%, pero esto debe ser hecho de a poco y en un tiempo largo, tan largo como los años de subsidios en los cuales se entregaron combustibles y electricidad a precios bajísimos. Si hubo diez años de congelamiento de tarifas, debería haber diez años de aumentos paulatinos y de ayudas en mejoras que compensen los mayores precios (véase bibliografía González, año 2008).

***Si la energía es más cara pero en base a una mejora se termina pagando lo mismo, entonces la cuenta para el bolsillo será similar.***

En una situación consensuada el aumento de precios a valores realistas no deberían desatar conflicto. Esto lo desarrollaremos en detalle más adelante al tratar un posible plan de mejoras para salir de la trampa en que quedó Argentina con más de 30 años de precios artificiales de la energía (González, 2008; 2009).

Una vez alquilaba un departamento pequeño en Estocolmo, Suecia, y sonó el timbre. Eran dos técnicos que venían con un aparato a medir las infiltraciones de aire y comprobar si estaban dentro de los valores normales, de lo contrario deberían pedir una inspección para ver dónde estaba el problema. El aparato era como un ventilador, lo situaron en los dos tubos de ventilación que había en el departamento, uno en el baño y otro en la cocina. Pidieron que cerrara las ventanas y puertas, y midieron el flujo de aire del tiraje. Este es proporcional al aire que pudiera filtrarse por algún lugar. El ventilador se movía y los instrumentos marcaban algo, pregunté y me dijeron que estaba normal, y que hacían la medición cada dos años. Luego fueron a las ventanas, comprobaron que los vidrios triple estuvieran bien, y anotaron que estaba mala la pintura del lado externo. Cuando le comenté al dueño sobre la visita me dijo que las reparaciones que pudieran derivarse para el ahorro energético estaban incluidas en las expensas que pagaba. ¿Y la pintura de la ventana?- pregunté. “Sí, también porque si se humedece el marco tomará calor del interior”, me dijo. Esto muestra una preocupación permanente, y una planificación para ayudar a que no haya desperdicio de energía. La eficiencia energética tampoco es un monopolio de Estado, no hay que esperar a que el Estado nos diga qué y cómo hacer, y que además nos subsidie, si está al alcance del usuario, las mejoras térmicas deberían estar entre las prioridades cotidianas de todos, como en el ejemplo del servicio de administración del edificio que comento en Estocolmo.

Por otro lado, verán más adelante que instalar un aislamiento térmico es un trabajo un poco más complicado que pintar la casa, pero no es demasiado complicado ni costoso. La gran ventaja del sistema de aislación térmica es que puede ser hecho de a tramos, sí, como la pintura, si no alcanza pinto una pared y espero para pintar la siguiente. En la aislación térmica de mi casa demoramos 4 años, de a partes, y quedó muy bien, en confort y en consumo. Gastamos una cuarta parte del consumo promedio para casas unifamiliares de Bariloche. Es decir, con una aislación térmica moderada y realizada por etapas en cuatro años, tenemos el consumo por m<sup>2</sup> similar al promedio de Estocolmo. Es totalmente posible, y hasta con financiamiento propio, rehabilitar térmicamente una vivienda. Pienso que vale el esfuerzo porque los beneficios son enormes.

## 2.6 En dónde buscar las pérdidas de calor

Veamos algunos ejemplos prácticos para ubicarnos en dónde se pierde la mayor parte de la energía en un edificio. Lo típico en la construcción en Argentina y Chile es no distinguir entre zona fría y zona cálida: en Argentina, el mismo tipo de casa la encontraremos en Río Gallegos o en Santa Fe, y del lado chileno la misma construcción se encuentra en Puerto Montt o en Valparaíso. En el diseño no se traduce la sensibilidad al clima.

Comparemos dos casos de clima frío y cálido en Argentina, por ejemplo en Bariloche y Rosario, típicamente se tienen

- ❖ pisos cerámicos sobre plateas de hormigón apoyadas directamente en la tierra. Como la temperatura dentro del suelo en Bariloche es cercana a la media anual de 8°C, en estos pisos no es confortable caminar descalzo ni siquiera en verano, sin embargo, en Rosario, media anual 17°C, un piso refrescante es bienvenido en verano;

- ❖ los techos se construyen con mínima o ninguna aislación térmica. En zonas donde nieva se nota por el derretimiento rápido de la nieve en techados con poca aislación térmica. Observen esto por ustedes mismos, es muy interesante; con el derretimiento de la nieve van a ver también dónde se colocó bien o mal el aislante. En Rosario el problema del techo es mayor en verano: un techo con mínima aislación se transforma en un radiador de calor en verano;

❖ las paredes masivas con encadenados y columnas de concreto con armadura de hierro (llamado hormigón en Argentina) transmiten muy bien el calor. En la Patagonia, es moda destacar el hormigón a la vista a través de colores distintivos, hormigón en verde, ladrillos en rojo, queda bonito, me gusta, pero la eficiencia térmica es un desastre. En Bariloche esta pared estará helada en invierno, y en Rosario insoportablemente caliente en verano;

❖ los vidrios simples son excelentes refrigeradores: el aire caliente se enfría en el vidrio y baja, produciendo corrientes de aire que aumentan la pérdida de calor y de confort. Si se pone una estufa debajo del vidrio, da sensación de que el vidrio no enfría, pero su alta temperatura aumenta la pérdida de calor notablemente;

❖ las infiltraciones de aire (chifletes) excesivas son el otro punto a resolver. En zona fría no es aceptable que por debajo de una puerta pasen sobres de carta gruesos, y hasta diarios y revistas. Con la misma facilidad que pasa el frío también pasan los insectos y pequeños roedores, que luego se hacen grandes en las bondades del clima hogareño. Por ejemplo, la entrada de alacranes es común en Bariloche; piensen en el bajo puerta, los alacranes son estilizados. Estas desventajas son similares para ambas ciudades;

❖ las puertas y ventanas tienen que tener formas y materiales que bloqueen las pérdidas de calor. Una puerta de chapa es segura contra robos pero es un refrigerador si no se la recubre con un buen aislante térmico, y en clima cálido será un calefactor indeseado en verano. Recuerdo una oficina que tuve en una universidad del norte de Argentina, la puerta era de chapa, y entre las 9 hs y las 11 hs le daba directo el sol, desde varios metros, sentado en el escritorio sentía la radiación, suerte que era en la mañana y no en la tarde;

❖ es común que las chimeneas se instalen en los bordes de la casa, con tres caras de pared al exterior y una cara hacia el interior. Esas paredes calientes por el fuego producen grandes pérdidas de calor, y la cuenta es sencilla, tres hacia afuera, una hacia dentro. Si además la chimenea no tiene compuerta de cierre (que es lo más común), cuando se usa la calefacción a gas una parte importante del calor se escapa por efecto tiraje por la chimenea;

❖ artefactos de tiro balanceado de muy bajo rendimiento, en investigaciones en el Centro Atómico Bariloche-Instituto Balseiro se midieron

rendimientos entre 40% y 60% según el tipo de chimenea (véase bibliografía Juanicó y colaboradores, año 2006, año 2008);

- ❖ ubicación incorrecta de la vivienda (sombras desde el norte, ventanas al sur), exposición a vientos. La mayoría de los balcones o terrazas en Bariloche no pueden utilizarse porque el viento del oeste y noreste es casi permanente, no se pensó en la orientación en el diseño. Un caso muy interesante sobre orientación al viento son las estaciones de gasolina en Bariloche, que es muy ventoso con promedio anual de 20 km/h. Las principales estaciones de gasolina están abiertas al viento del oeste y del norte, y detrás los edificios de oficinas y talleres. Noten que si su diseño se girara 180°, los edificios de oficinas y talleres serían una barrera de viento gratuita.

- ❖ etcétera.

Esta no debe ser una lista deprimente ni alteradora de los nervios, sino un reconocimiento de la realidad. Felizmente podemos hacer mucho, y está en nuestras manos poder mejorarlo. Todo es mejorable, y ni siquiera todo es caro, hay opciones caras pero también hay opciones económicas, eso se los contaré en detalle en el capítulo del House Doctor (médico de la casa, aunque no de sus habitantes sino de la casa misma).

## **2.7 Resolviendo ineficacia con energía subsidiada**

La situación del gas subsidiado muy barato en Argentina es por demás interesante.

A través de políticas energéticas que fomentan el consumo de combustibles y energía eléctrica, el precio del gas natural se mantiene muy por debajo del precio que tiene en otros países. Por ejemplo, con una situación económica similar, en México el gas natural cuesta entre 10 y 20 veces más caro que en Argentina, según la zona de nuestro país que se considere. En Holanda, por la misma cantidad de gas un vecino cualquiera pagaría 30 veces más caro que en Bariloche. Lo interesante es que el costo de vida general es similar en Argentina, en México y en Holanda, no hay diferencias significativas, aunque en 2014, con una inflación del 40% anual, es posible que en Argentina el costo de vida se sitúe un poco más alto que en otros países (pueden ver una comparación de precios en el artículo de González, en revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente vol.12, año 2008, tema 7, pág. 7.57, y otro en año 2009 en la revista Energies, ver bibliografía).

En el caso de México, éste consume el gas que produce. Holanda, sin embargo, tiene muchas más producción de gas que lo que consume, siendo el cuarto exportador de gas natural a nivel mundial.

Es decir, tener y consumir son dos cosas distintas, y en cuanto a combustibles se refiere, usar significa quemar, es decir no tenerlo nunca más, lo que se quema se transforma en calor, dióxido de carbono y agua. Cuanto más se consume menos se tiene. Por eso algunas políticas energéticas son conservadoras del recurso, poniendo altos precios aunque se tenga gran disponibilidad.

El precio del gas natural que usa un vecino de Holanda es mayor al promedio que se paga en Europa. Es decir, Holanda tiene muchísimo gas, exporta, pero no lo malgasta; no dilapida su recurso natural en beneficio de dejar contentos a sus ciudadanos, quienes no tienen porqué comprender las consecuencias impredecibles del consumo excesivo de un recurso.

Como ya mencionamos, Argentina era exportadora de gas natural hasta el año 2004, pero la política de promoción al consumo la ha convertido en importadora de cerca del 25% del gas natural que consumió en 2013 y 2014. La imposición de un congelamiento de tarifas fue la herramienta de política energética eficaz que se usó para promover el consumo.

Pero, ¿por qué un país quisiera liquidar sus reservas de gas malgastándolo?

Es raro. Ya les dije al principio del libro que hoy día los problemas energéticos son mejor entendidos por los administradores, los psicólogos y los sociólogos que por los ingenieros y físicos, por esto es que no tengo respuesta a esta pregunta.

De todos modos, no está mal carecer de la respuesta, por lo menos tenemos la pregunta, algo es algo.

Puedo esbozar la respuesta a otra pregunta:

¿le sirvió a los habitantes del país el tremendo subsidio al gas natural, lo aprovecharon de alguna manera?

No, definitivamente no sirvió para nada, y es peor aún, dejó a la población indefensa y con infraestructuras muy poco eficientes, frente a un futuro incierto en cuanto a disponibilidad y tarifas.

Está claro que no por mucho tiempo el Estado podrá financiar la diferencia entre el precio real de la energía y el que pagamos los vecinos. Por ejemplo, el gas en Bariloche se paga entre \$0,20/m<sup>3</sup> y \$0,50/m<sup>3</sup> según el consumo, y el gas importado cuesta, en puerto, \$5,30/m<sup>3</sup>.

No existe economía que resista tal irracionalidad. Imagino que si Holanda hubiera hecho lo mismo en los últimos diez años, ahora estaría con los mismos problemas económicos que Argentina.

Al país en su conjunto el subsidio a la energía no le sirvió, ni tampoco a los vecinos: no aprovecharon para mejorar sus edificios porque el frío del invierno se resuelve con gas barato. Es más fácil quemar el recurso que hacer arreglos en eficiencia.

Como la energía eléctrica también está subsidiada (cuesta entre cinco y seis veces más barata que en Chile), se ha hecho común el uso del equipo de aire acondicionado, entonces tampoco se mejoró la eficiencia térmica en zona cálida, porque el calor del verano entrando en los edificios se resolvió con energía eléctrica.

Por otro lado, la situación quedó muy tensa con amenazas de aumento de tarifas del 1000%, que por la crisis económica deberían hacerse lo más pronto posible. Sin embargo, se retrasan las decisiones y se hacen por sectores porque los aumentos son resistidos por la población, como ya ocurrió en 2008. Desde ese año, aun no pudieron cobrarse los adicionales impuestos al gas importado porque existen fallos judiciales de protección del consumidor. Los últimos aumentos de 2014 no pudieron implementarse en varias provincias, también por presentaciones judiciales. En el consenso social, es razonable que como respuesta a décadas de promoción del alto consumo a través de subsidios, se rechace todo aumento. Más aun aquellos aumentos que no están discutidos con la ciudadanía, la cual no tiene elementos para comprender cuál es el cambio. El ciudadano se pregunta: ¿porqué antes sí y ahora no?

En las conferencias y talleres en eficiencia siempre recomiendo que, si pueden afrontar los gastos, no esperen y hagan las mejoras térmicas. No piensen en el gas o la luz baratos, ni saquen cuentas de en cuántos años de ahorro de gas pagan el arreglo, porque la situación de precios bajos es efímera. En nuestra historia, esto durará “lo que dos cubos de hielo en un whisky on the rocks”, como bien canta Joaquín Sabina.

Además, es importante mirar las unidades de energía que se consumen y no el precio, porque si hay distorsión de precios, el valor monetario engaña.

La unidad de energía nunca engaña.

Por ejemplo, el consumo de gas natural promedio de la vivienda unifamiliar de Bariloche, de 5000 m<sup>3</sup> por año, representa un consumo de energía equivalente a usar un auto mediano 60.000 km por año. ¿Cuántos vecinos usan tanto el vehículo? El gasto de gas promedio en La Plata, clima cálido con 15,5°C promedio anual, equivale a usar el automóvil 23.000 km por año.

Dicho sea de paso, el gasto en calefacción promedio en La Plata (15,5°C media anual) es igual en valor absoluto al gasto promedio anual en calefacción en Estocolmo (7°C media anual).

Creo que el lector debería detenerse un momento aquí y realizar sus propios cálculos y reflexiones.

¿Cuánto es su cuenta de gas o leña, en \$ y en unidades de energía?,

¿y electricidad?,

¿cuántas veces más gasta de uno y otro?,

¿cuánto gasta en combustible para el auto?

¿cómo compara su cuenta de gas o leña con otros gastos habituales?, por ejemplo con la cuenta del teléfono o de internet.

Otro fenómeno notable de la política energética de Argentina es la tremenda desigualdad que generaron los subsidios al gas natural, porque no es un beneficio para todos, sino para cerca del 65% de la población que está conectada a los gasoductos. Hay provincias enteras en el Norte y Este que no tienen red de gas. Ésta tampoco llega a muchos barrios periféricos de ciudades, menos aun en los barrios con población más vulnerable, porque en general no cumplen con los requerimientos de seguridad para instalar el gas de red.

Entonces, quien más necesitaría de un subsidio por su condición económica y de vulnerabilidad social no lo tiene, y usa gas envasado a un precio mucho mayor a quien está conectado al gas natural.

Finalmente, para este capítulo, ya que estamos analizando juntos a Argentina y Chile, aprovechemos la gran diferencia entre los precios de la energía en uno y otro país para observar sus consecuencias.

En base al salario mínimo neto, la siguiente tabla compara el Poder Adquisitivo Energético (PAE) entre Chile y Argentina.

	PAE Valdivia (GJ / salario mínimo)	PAE Bariloche (GJ / salario mínimo)
Leña	36	66
Gas natural (precio en Santiago de Chile)	8	447
Gas licuado petróleo	9	89
Electricidad	6	21
Nafta súper	8	13

Diesel	11	16
Kerosene	11	14

*Tomado de Schueftan y González, AVERMA año 2013, tema 7. Poder Adquisitivo Energético (PAE) para distintos recursos en Valdivia y Bariloche. En el artículo publicado están los detalles de cómo se obtienen los valores.*

El PAE es la cantidad de energía que compra un consumidor final, en cada país, con todos los impuestos, con un salario mínimo neto de su país. De esta forma nos independizamos del problema del cambio de moneda y de las diferencias en poder adquisitivo de la unidad monetaria. Aquí hacemos la comparación para dos ciudades del sur, Valdivia en Chile y Bariloche en Argentina.

Noten la cantidad enorme de energía que compra un consumidor en Argentina comparado con Chile. De aquí también podemos deducir la cantidad de veces en más o en menos por la que se paga la energía por unidad de salario. Por ejemplo, la electricidad en Valdivia resulta 3,5 veces más cara que en Bariloche (con Buenos Aires la diferencia sería mayor, alrededor de 4,5 veces), y entendemos por qué en Chile es tan poco frecuente el uso del aire acondicionado, aun en zonas cálidas.

En los combustibles más usados para calefacción, nótese que en Bariloche el gas natural resulta 12 veces más barato que la leña en Valdivia, donde no existe el gas natural. Si se compara el gas natural al precio de Santiago de Chile con Bariloche, este resulta 63 veces más barato. Podemos comparar también con el precio del gas natural en Buenos Aires, el cual no tiene subsidio patagónico, y resulta 7 veces más barato que en Santiago de Chile.

Ahora bien, la pregunta indispensable luego de ver esto:

¿cómo es que con tanta “desventaja energética” Chile tiene la economía más sólida de Latinoamérica?

Es otra muestra de que la política de regalar un recurso energético a través de subsidios no es favorable al bienestar de un país. Escribí entre comillas “desventaja energética”, porque creo que pagar el precio correcto por la energía no es una desventaja sino que obliga a trabajar mejor en otros aspectos para compensarlo, y la experiencia muestra que el resultado final es globalmente más favorable.

Resumiendo esta sección: algo que parecería un beneficio se transformó en una gran desventaja, aun para el caso de quienes reciben el supuesto beneficio.

En mi opinión esto ocurre porque los subsidios a la energía van en contra de tres aspectos básicos en lo económico, ambiental, y social:

Uno, económico, siempre alguien paga, si parece que uno no paga seguro pagará otro, y en el largo plazo éste tendrá que hacer pagar a los demás;

Dos, ambiental, que la promoción al consumo excesivo de energía va en contra de toda lógica en un mundo muy contaminado y con fuertes restricciones futuras de disponibilidad de recursos;

Tres, social, la facilidad de tener energía barata produce un atraso en la cultura de las buenas prácticas de uso; confundiendo a un público engañado en que dispone de una riqueza que no es tal, sino efímera, y que en realidad se describe mejor con el refrán “pan para hoy y hambre para mañana”.

### 3. Un poco de física estimula y sienta bien

*“La energía solar no es una ‘energía alternativa’.  
Ha sido y continúa siendo la fuente original y primaria de energía.  
La vida y todas las civilizaciones han existido  
desde su origen gracias a la energía solar”*

Donald Aitken, Sociedad Internacional de Energía Solar

Esta reflexión de Aitken contiene 4 veces la palabra energía, y ésta se relaciona enseguida con la palabra física. Por lo general, física dispara pánico de que hay algo que nos dirán y que no vamos a entender. Al no escucharlo se corre el riesgo de que eso que nos dirán pueda ser muy útil en la vida cotidiana, y quizá hasta interesante.

En este capítulo trataré de convencerlos de que un poco de física puede servirnos para entender muchas de las cosas que nos pasan en la casa todos los días, sobre todo en relación al gasto energético. Veremos que esos conceptos pueden ser fáciles de entender, y aplicables con beneficios a toda hora de la vida cotidiana.

#### 3.1 Observar y experimentar

La física sólo pone en forma ordenada las observaciones sobre los fenómenos naturales. En muchos casos, y que son los que interesan en este libro, las observaciones son simples, de sentido común, y pueden realizarse sin aparatos sofisticados. En general, a simple vista y con la ayuda adicional de un termómetro podemos detectar la mayoría de los problemas de la construcción y del uso de la energía. A falta de termómetro la palma de la mano tiene suficiente sensibilidad para distinguir superficies frías y cálidas.

Los días bien fríos y bien cálidos son especiales para saber dónde están las principales pérdidas de calor, basta con tocar las paredes y piso para encontrarlos. Entonces, apoyando la mano en un lugar se “acostumbra” a esa temperatura y luego apoyando en otro nos dirá si está más frío o más cálido.

La piel, y en particular la cara y el cuello son también buenos detectores de corrientes de aire. Un amigo me contaba que sentado en el comedor de su casa, cerca de la pared, sentía corrientes de aire, e identificó que el aire atravesaba la pared, pero la pared era de ladrillos. ¿Cómo puede una pared de mampostería permitir el paso del aire? Esto se está convirtiendo en habitual porque, para abaratar costos, no se rellena la junta vertical de los ladrillos, y hay más posibilidades de grietas.

La pérdida de calor en la envolvente de la casa, y las entradas de aire serán los temas principales de este libro. Envolvente de la casa es toda la superficie que nos protege del exterior, incluyendo piso, techo, paredes, ventanas y puertas.

Es cierto que en física a veces se complican las explicaciones.

Aunque también es cierto que cada vez que se nos explica algo, se nos sitúa, en segundos, frente a siglos de pensamiento y experimento que llevaron a esos resultados.

La forma de pensar la física como la conocemos hoy comenzó con Galileo a fines del siglo XVI, pero muchos de los conceptos provienen de 500 años a.d.c.

Imagínense por lo tanto todo lo que debemos aprender en pocas clases en la escuela. Aquí nos concentraremos en aquellos conceptos simples que necesitamos para mejorar el uso de la energía en edificios.

Claro que, aunque simples, al decir “calor” y “energía” ya estamos frente a 2500 años de discusiones muy acaloradas.

Para entender por qué recibimos tal o cual factura de gas o electricidad, o también para calcular cuánta leña podemos ahorrar mejorando la casa, necesitamos entender lo básico de energía, trabajo, calor y potencia.

Nos podríamos preguntar también:

¿es posible no usar ningún combustible y mantenernos confortables?,

¿cómo será la vida cotidiana cuando no haya más petróleo ni gas?

Por ejemplo, nos acostumbramos tanto al refrigerador que hoy día parece imposible vivir sin él. Me pasó una vez de tener un trabajo por un año en un lugar de mucho calor, en el Norte de Argentina, y me pareció un gasto excesivo comprar un refrigerador por un año. Busqué alternativas. Adapté la forma de cocinar a no tener que guardar por mucho tiempo, y fabriqué una caja con malla para que no entren los insectos (lo que tradicionalmente se llama friambreira) y allí guardaba pan, queso y algún fiambre por algunos días. Al poco tiempo perdí la nostalgia del refrigerador, y debido a las nuevas formas de cocinar y almacenar, hasta encontré ventajas en no

tenerlo. Los electrodomésticos actuales me parecen muy útiles y soy usuario de varios de ellos, aunque es bueno recordar que no son imprescindibles.

Los conceptos físicos también nos ayudarán cuando vayamos a elegir un sistema de calefacción, que de alguna manera también es un aparato doméstico.

En mi caso, cuando fui a comprar los calefactores para la casa, el vendedor sugería el doble de artefactos de los necesarios;

¿por qué?,

porque su calculador no tenía en cuenta la mejora de las aislaciones térmicas.

La instalación de estufas en mi casa costó la mitad de lo que sugería el técnico en calefacción.

La física puede también ayudarnos y no sólo darnos dolores de cabeza. Vamos a ver los detalles de distintos casos a medida que avance el libro.

Veremos también los combustibles y cómo compararlos. Por ejemplo, de este capítulo saldremos sabiendo cómo encontrar cantidades equivalentes de electricidad y diesel, o de leña y gas, y cuántos kg de gas embotellado deberíamos entrar en una casa para reemplazar lo que habitualmente usamos de gas natural o leña. Este cálculo, al final sencillo, tendrá también relevancia política y social.

Estaremos en condiciones de poner precio a las energías equivalentes de cada recurso, y así entender la enorme injusticia que se comete con los subsidios sectorizados. Por ejemplo, quien dispone de gas natural en Argentina paga 5 veces menos por la unidad de energía que quien compra gas envasado, y hasta 20 veces menos por la unidad de energía de quien debe reemplazarlo por electricidad.

Cada vez que se pronuncia la palabra energía se está frente no sólo a temas de física, sino de sociología, política, economía, sindicalismo, arquitectura, comportamiento humano, etcétera, con lo cual las bases físicas de la energía y la potencia son útiles para diversos análisis.

### **3.2 Física: abstraer para describir y entender**

La descripción y registro de cualquier fenómeno necesita de abstracciones. Una letra o una palabra son abstracciones, y una vez asociadas con lo que queremos describir comienzan a representar algo. Así, el lenguaje y la gramática son muy útiles para describir fenómenos naturales, pero (siempre hay un pero...) les falta la cuantificación.

Por ejemplo, decir que la tormenta de hoy es mayor, menor, o similar a la de ayer da una idea comparativa, aunque con esto no sabemos cuánto varió el fenómeno, y es posible que distintos individuos la evalúen en forma diferente.

La necesidad de precisión, y sobre todo de sistematización llevó a que, aparte del lenguaje se fueran inventando otras abstracciones: los números y las magnitudes físicas.

Si decimos que llovió 50 mm más que ayer, que el viento fue de 45 km/h en lugar de 30, y que sin embargo la temperatura fue más alta en 3°C, tendremos un conocimiento más sólido de lo que ocurrió, y tal vez podamos construir una estructura de pensamiento que pueda predecir lo que va a ocurrir en los próximos días. Este es quizá un mal ejemplo para convencerlos de las ventajas de la ciencia, *¡en qué mundo una tormenta pudo ser predicha con precisión!*

Igual, en el tema de energía y calor que nos ocupa veremos que las predicciones son menos complejas y afortunadas.

Por ejemplo, el kWh de las facturas de electricidad es una medida de cantidad de energía eléctrica que usamos. El kWh es también una medida de trabajo que podríamos hacer con esa energía eléctrica (motor del refrigerador por ejemplo), o kWh de calor que podríamos obtener con una estufa.

Ya veremos porqué energía, trabajo y calor tienen las mismas unidades de medida.

La unidad de medida Watt (W), o kW, que ven en los artefactos que compran se refiere a la potencia. La potencia está muy relacionada con la energía y el calor, es, nada más ni nada menos, que la “velocidad” con la que se usa la energía o el calor.

Cuando una estufa dice “potencia: 1,5 kW”, significa que consumirá una energía de 1,5 kWh en una hora de tiempo encendida. La potencia se multiplica por el tiempo para obtener la energía o calor involucrado. Es un error escribir, y pensar, en kW dividido hora como energía. Dividir kW/h no es energía, aunque aparezca escrito en diarios y revistas frecuentemente (bibliografía González, 2005). Por suerte, las facturas de consumo nos llegan en las unidades correctas.

### 3.3 Energía, ¿de qué se trata?

Entre las abstracciones físicas más usuales tenemos la distancia y el tiempo. Con estas dos enseguida construimos la velocidad: “la distancia que nos movemos en un período de tiempo, y la calculamos como distancia dividido tiempo”.

En viaje a un congreso de física me detuvo un policía en Kentucky, EE.UU., diciendo que yo iba muy rápido. Le dije que no, que mi velocímetro no había marcado más de 100 km/h. Insistió en que yo iba a 136 km/h cuando él midió con su radar, y que lo confirmó en las millas en que me persiguió con su patrulla. Entonces le pedí que me dijera con qué error estaba midiendo. Se sorprendió, pero fue muy correcto y me invitó a ver el radar y la computadora en su patrulla.

Ahí me mostró cómo calibraba el instrumento. Tomó un diapasón que indicaba “100 km/h”, y lo hizo sonar cerca del radar. Para mi fortuna la máquina lo tomó como 70. Intentó otra vez (yo sentado del lado del acompañante entre computadoras, walkie-talkies y revólveres) y en el segundo intento hubo señal de error.

Comenzó a excusarse y yo insistí en que pruebe otra vez, que seguramente estaba todo bien (en el laboratorio las cosas tampoco salen de primera intención).

En el tercer intento la máquina sí indicó lo que marcaba el calibrador, pero me salvé de la multa y sólo me escribió una advertencia (“warning”). Aparte de darme de comer y de haber financiado muchos viajes, una vez más, mi querida física había venido en mi ayuda.

Luego del incidente, en mi auto a velocidad constante medí el tiempo que pasaba para recorrer un kilómetro. Debería haberlo hecho antes. Creer o reventar: la aguja del velocímetro estaba doblada, ¡el policía estaba en lo cierto! Yo no mentí, sólo que no tenía bien calibrado mi instrumento de medida. (Una voz de fondo me dice: “caradura, cómo discutiste la precisión de un radar, y vos con un velocímetro con aguja doblada”).

De la misma forma que entendemos la velocidad podemos entender la potencia de un calefactor. Nos dicen que tiene 3000 kcal/h. La kcal es unidad de energía o de calor, y al dividir por hora nos da unidad de potencia. Volviendo al erróneo kW/h, ¿no estamos en el mismo error con la kcal/h? No, porque aquí tenemos energía (kcal) dividido hora y esto sí es potencia. En el otro caso tenemos kW (potencia) dividido hora, lo cual sería la velocidad de variación de la potencia, que no nos interesa en la vida cotidiana.

Entonces, leer 3000 kcal/h en el calefactor nos dice que fluye un calor de 3000 kcal en una hora. Esta cantidad es la potencia calórica. Un auto mediano, de 80 HP (Horse Power, es una unidad de potencia) tiene una potencia de 50000 kcal/h, bastante similar a una caldera hogareña bien grande. Ya veremos cómo ir de estas unidades al famoso HP, tengan paciencia.

En este ejemplo vimos que es muy importante  
**no confundir potencia con energía;**  
están relacionadas pero no es lo mismo.

Leemos en los libros de texto: “La energía es una cantidad que indica cuánto trabajo o calor puede desarrollarse. Es una cantidad almacenada por un sistema y que, dadas ciertas condiciones, puede transformarse en trabajo o calor”. Está bien y hay que aprenderlo para pasar los exámenes. Sin embargo,

¿qué tiene que ver esto con mi cuenta de luz o de gas?, o

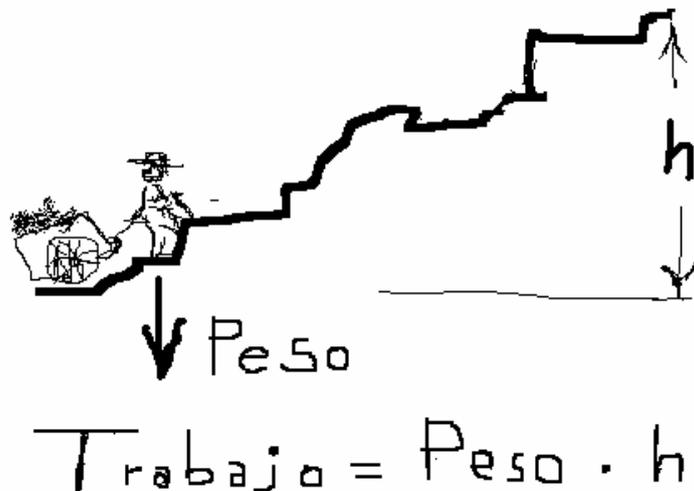
¿habrá algo en la definición que explique por qué cuando subo varias bolsas con peso al primer piso me da hambre?, o

¿por qué sale con más fuerza el agua en la planta baja que en el segundo piso cerca del tanque?,

¿por qué una garrafa de gas dura sólo 1 día y medio con aquel calefactor de 3000 kcal/h?,

etcétera.

Un amigo me explicó todo esto en base a la experiencia para subir a su cabaña en las montañas. En la Figura 1 les muestro el esquema que hizo.



*Figura 1: Los caminos de montaña son escarpados, muy buenos para aprender trabajo, calor y energía.*

Me dice que, cuando está en la calle horizontal se siente contento de tener tanta fuerza, y que el peso no le parece mucho.

Empieza a subir, el peso sigue siendo el mismo pero sus brazos y piernas notan diferencia y la respiración se va haciendo más frecuente, más profunda; las piernas trabajan mucho más. (“¿**Trabajan**, dijo?”—alerta una vocecita de fondo).

Sigue hacia arriba, y al tiempo siente que algo de ropa le sobra, siente calor. (“¡dijo **Calor!**”— alguien sigue espíándonos).

Cuenta que un día se le escapó el carrito acelerando barranca abajo. Lo corrió pero fue inútil, el carrito pegó de lleno contra unos arbustos luego de destruir un cantero de flores. Parece que tenía mucha energía. (“¿cómo?, ¡ahora dijo **Energía!**”).

Energía, calor, y trabajo están muy relacionados. Hizo trabajo, se generó calor, y acumuló energía gravitatoria (simplemente porque está más alto).

En el esquema de la física decimos: para llevar una carga hasta arriba (altura  $h$ ) hace falta realizar, por lo menos, un **trabajo** igual a la fuerza peso multiplicado por la altura. Al subirla, la carga almacenó una cantidad de **energía** que es igual a ese trabajo (peso \* altura). Una vez arriba, la **energía** está almacenada pero no se manifiesta si el carrito está quieto en la posición que le dimos, sólo se hará evidente si el carrito se desliza hacia abajo.

Es importante notar que para calcular el trabajo la distancia que interesa es paralela a la dirección de la fuerza, en este caso el peso tiene que subir una cierta altura. Caminando en la horizontal el trabajo de la fuerza peso es cero, porque la dirección de la fuerza es vertical y la altura subida fue cero. Cuando llevamos el carrito en la calle horizontal sólo trabajamos contra el rozamiento, pero no trabajamos contra el peso porque no lo subimos, queda en la misma altura.

El rozamiento es una fuerza con dirección paralela al movimiento. Si hay viento en contra, hay que agregar también un trabajo contra la fuerza aerodinámica de rozamiento con el aire. El motor de un vehículo que se mueve en una ruta horizontal hace trabajo para vencer muchos rozamientos, y si va rápido tiene que vencer principalmente el rozamiento con el aire. En este movimiento horizontal el trabajo depende poco del peso, pero mucho de la sección aerodinámica, y de las ruedas, Si la carretera comienza a subir ahí comienza un gran trabajo contra la fuerza peso, y lo podemos observar con claridad en los camiones, viajan rápido en horizontal, tienen grandes motores, pero al subir el peso es tan grande (más de 40 toneladas) que es inevitable que circulen muy despacio. No pueden hacer ese gran trabajo muy rápido.

En la Figura 1, el trabajo real que hizo mi amigo fue mayor a la energía acumulada (peso \* altura), ya que se generó calor al subir y hubo trabajo para vencer

los rozamientos. Sentimos el trabajo y el calor debido a los rozamientos y a la fuerza muscular.

### 3.4 Medida de la energía, el trabajo y el calor

Lo que vimos tiene mucho que ver con el famoso dicho “nada se pierde, todo se transforma”. Energía “ganada” o “perdida” son términos útiles en lo cotidiano. No se gana o pierde energía, se transforma, o se transfiere de un medio a otro.

Sí es cierto que puede escaparse de nuestras manos y a eso llamamos perdido, pero la naturaleza la habrá colocado en algún otro lugar, aunque tal vez fuera de nuestra vista y de nuestro control.

**¡Lo malo aquí es que las facturas de energía a pagar están a nuestra vista, y el calor de la calefacción se perdió, invisible, a través de las paredes!**

La variación de energía que ocurre cuando se tiene trabajo y calor responde a una suma algebraica que se conoce como Primer Principio de la Termodinámica, o también como Ley de Conservación de la Energía. Puede escribirse como:

$$\text{Variación de Energía} = \text{Calor generado} + \text{Trabajo realizado}$$

Como es una suma, entonces las unidades de calor, energía, y trabajo deben ser las mismas (manzanas se suman con manzanas, peras con peras...). Como vimos, el trabajo tiene que tener unidades de fuerza multiplicada por distancia, entonces también la energía y el calor tienen unidades de fuerza multiplicada por distancia.

En el sistema internacional de unidades, la fuerza se mide en Newton y la distancia en metros, y la unidad derivada para trabajo, energía o calor tiene el nombre de Joule,

$$\text{Newton} \cdot \text{metro} = \text{Joule} \quad , \quad \text{o abreviado} \quad \text{N.m} = \text{J}$$

En algunos textos, a esta unidad de energía se la llama “Julio”, no es una traducción muy feliz del apellido de Don James Prestcott Joule, un físico inglés que estudió mucho el tema calor y energía durante el siglo XIX.

En otras unidades no internacionales, pero sí muy populares, se usa la caloría. Esta es una unidad de energía derivada del concepto de calor. Se define una caloría como la cantidad de calor que hace falta para calentar un gramo (1g) de agua en un salto térmico de un grado centígrado (1°C).

Dijimos más arriba que para describir fenómenos hacían falta abstracciones y números.

Una abstracción dio lugar a otras, y estas se agruparon y dieron lugar a ecuaciones. Si estas se demuestran válidas para muchos casos se transforman en Leyes y Principios físicos.

Es sorprendente lo que se ha logrado con unas pocas letras y números.

Como decía Einstein, “lo más incomprensible del mundo es que sea comprensible”.

Existe una equivalencia entre ambas unidades de energía, la caloría y el Joule, dada por:

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

A veces llamado equivalente mecánico del calor, aunque no es necesario hacer distinción porque, como vimos, calor, energía y trabajo se relacionan por una suma y tienen obligatoriamente que tener las mismas unidades.

El Joule y la caloría son cantidades pequeñas de energía para lo habitual en nuestra vida cotidiana (para las bacterias un Joule es una cantidad enorme). Entonces son más usados los múltiplos: kJ (kilo = 1 000 veces), MJ (Mega = un millón de veces), GJ (Giga = 1 000 millones de veces), y TJ (Tera = 1 000 000 de millones de veces); kcal, Mcal, etc.

A veces se encuentra la escritura Cal (en mayúscula), y se llama “caloría grande” para indicar 1000 cal. Es mejor no usarla, porque ya es universal que el prefijo k es el que significa 1000 veces, entonces usaremos en lo que sigue kcal para indicar 1000 cal, y nunca usaremos aquí Cal. Dicho sea de paso, un litro de diesel automotor contiene una energía cercana a 9 Mcal, lo cual es equivalente a 38 MJ.

#### **Ejemplo: gas natural y gas licuado envasado**

Una factura de gas natural nos dice que 1 m<sup>3</sup> provee alrededor de 9300 kcal (valor de facturación, el promedio calórico del bimestre puede variar un poco).

Los envasadores de gas licuado informan que 1 kg de gas envasado provee alrededor de 11900 kcal.

De aquí se deduce que la energía provista por 1 kg de gas envasado (11900 kcal) se corresponde con la energía que contienen 1,28 m<sup>3</sup> de gas natural (1,28 x 9300 = 11900).

En cantidades más usuales, una garrafa (balón, bombona, según el país) de 10 kg se corresponde con 12,8 m<sup>3</sup> de gas natural. En números redondos, 10 kg de gas envasado corresponden energéticamente a 13 m<sup>3</sup> de gas natural.

Para quienes están conectados a la red de gas, es interesante calcular cuántas garrafas tendrían que haber traído a su casa para obtener el mismo calor que con los m<sup>3</sup> de gas que dice su factura. Sólo basta dividir los m<sup>3</sup> que dice la factura por 13 y el resultado será “garrafas” (balones de 10 kg).

Ejemplo: 1300 m<sup>3</sup> en un bimestre = 1300 / 13 = 100 garrafas en ese bimestre. Estos números parecen exagerados, “¿cómo voy a traer 100 garrafas a casa?” –protesta un vecino. En el caso del gas natural, la percepción de cantidad se basa en el precio. Como este recurso energético está muy subsidiado un gran consumo no se nota en el bolsillo, ¡¡pero igual existe!!

Estamos habituados a medir energía consumida por la capacidad para pagarla. Cuidado, “dinero” no es unidad de energía, es demasiado subjetivo.

### 3.5 Energía en los alimentos. Trabajo y calor corporal

Los conceptos anteriores son de aplicación general. Por ejemplo, la energía almacenada en los alimentos se mide en kcal/gramo, o kJ/gramo. Los valores que se dan en las tablas nutricionales o en los envases de alimentos corresponden a la energía que podría estar disponible en nuestro cuerpo al ingerir los alimentos (celular metabólica).

Así, los hidratos de carbono contienen una energía de 4 kcal/g,  
las proteínas algo similar 4 kcal/g,  
las grasas y aceites alrededor de 9 kcal/g  
el alcohol 7 kcal/g.

Un alimento procesado que por cada 100 gramos de producto declara: 15 g de hidratos de carbono, 7 g de proteína, 8 g de grasa, declarará también una energía cercana a 160 kcal. Esta cantidad se obtiene de:

$$15g * 4kcal/g + 7g * 4kcal/g + 8g * 9kcal/g = 160 kcal;$$

Con este ejemplo surge una duda: siendo 100 gramos de producto, ¿cómo es que al sumar los ingredientes 15 + 7 + 8 obtengo sólo 30 gramos?, ¿dónde está el resto para llegar a 100g y que no lo cuentan en el cálculo de energía?

La respuesta es “Agua”, ese producto tiene 70 gramos de agua por cada 100 gramos, y el agua no cuenta en la energía porque no aporta energía metabólica celular. Con la energía almacenada extraída de los alimentos luego podremos hacer trabajo y generar calor corporal.

La lista de ingredientes de las mayonesas es interesante para analizar. Hagan la misma cuenta que en el ejemplo anterior.

¿Qué porcentaje de agua tiene?

¿Es igual en las “light” que en las comunes?

Si contienen tanta agua, ¿cómo hacen para espesar y que no sea líquida?

Ayuda: para contestar esta pregunta lean la lista de ingredientes, hay un aditivo que hace el truco de magia química.

Algunos ejemplos típicos:

Una persona dentro de una casa, con actividad moderada, genera alrededor de 60 a 80 kcal de calor en una hora, digamos promedio 70 kcal/h. En una reunión de 10 personas en una habitación normal el calor provisto por la gente será de unos 700 kcal/h, igual al de una estufa a gas chica funcionando en mínimo.

Subir un peso de 70 kg a 10 metros de altura requiere un trabajo de la fuerza peso de  $1672 \text{ cal} = 1,67 \text{ kcal}$ . Esta cantidad de energía que se gana en altura cuando la persona está a 10 m del nivel cero es provista por menos de medio gramo de azúcar. Una comparación rápida diría que hace falta subir 2000 veces esos 10 m de altura para consumir la energía provista por un kilo de azúcar. No es estrictamente así porque hay calor y trabajo muscular que no están contados, y también muchos procesos metabólicos que hacen que la energía disponible no sea igual a la que se ingiere (ya veremos enseguida el concepto de eficiencia).

Dos comparaciones interesantes:

la energía por gramo de grasa o aceite es similar a la del diesel, 9 kcal/g.

Por otro lado, los carbohidratos aportan una energía de 4kcal/g, y la madera también.

En los dos casos el paralelismo no es casual, las grasas y aceites comestibles son molecularmente similares a las de auto (¡¡¡no coman éstas, por favor!!!), y la madera es una celulosa, la cual es un hidrato de carbono complejo, para nosotros no digerible.

El biodiesel funciona debido a este paralelismo. (No pregunten si existe un paralelismo en las proteínas porque no lo sé; no tendré más remedio que deponer el orgullo y preguntar a un químico).

### 3.6 Potencia

Ya discutimos que con un determinado trabajo puede acumularse una cierta cantidad de energía y generarse calor. Sin embargo, hasta ahora no dijimos en cuánto tiempo se hace ese trabajo, o se genera ese calor.

Imaginemos una carrera donde nos situamos varios en la línea de largada para subir 10 m de altura en pendiente. Quien llega primero gana. Un deportista entrenado subirá en menos tiempo que muchos de nosotros. Esto se refiere a la potencia. Todos haremos el mismo trabajo porque subiremos la misma altura (supongamos que todos pesamos casi lo mismo, “supongamos” es una de las palabras favoritas en física). Cuanto más rápido pueda hacerse un trabajo o generarse calor, mayor es la potencia desarrollada.

En la carrera corta gana quien tiene más potencia. Por ejemplo, puedo correr 100 m, pero estoy seguro que no lo haré en el mismo tiempo que Usain Bolt.

Partimos del mismo lugar y llegamos al mismo lugar, pero el tiempo transcurrido es distinto. En la carrera larga, maratón, gana quien mejor combina potencia con energía acumulada, y tiene mayor eficiencia en el uso de la energía.

En una forma muy útil para los cálculos, puede escribirse:

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Energía}}{\text{Tiempo}} \quad ; \text{ o también } \quad \frac{\text{Trabajo y calor}}{\text{Tiempo}}$$

Las unidades de medida de la potencia y la energía difieren sólo en el tiempo:

**Unidad de Potencia = unidad de Energía dividido unidad de Tiempo**

En el Sistema Internacional, donde la energía se mide en Joule y el tiempo en segundo, aparece una unidad con nombre de un ingeniero escocés, Watt.

James Watt también trabajó en el siglo XIX, y tampoco me parece feliz la traducción de su apellido a “vatio”, ¿por qué a John Lennon no lo traducen como Juan Limón, y sin embargo a los físicos les ponen cualquier cosa de nombre, ¡solicito trato igualitario!

Potencia = Energía/ tiempo = **Joule/ segundo = Watt** ;

o abreviado **J/seg = W**

En múltiplo de 1000, **kW = kJ / seg** ; es decir, la energía medida en kJ dividido por el tiempo en segundo da la potencia en kW.

De la definición de potencia (energía dividido tiempo), podemos deducir la energía asociada a la potencia en un cierto tiempo,

**Energía = Potencia . Tiempo**

Y entonces las unidades de medida se relacionan por,

Unidad de **Energía** = Unidad de **Potencia** multiplicado por Unidad de **Tiempo**

De aquí resulta una de las unidades más usadas en física hogareña, el kilowatthora, abreviado kWh, que vemos todos los meses en las facturas de luz.

Por ejemplo, si tengo una lámpara de 60W (potencia) encendida durante 20 horas (tiempo), usaré una energía eléctrica de 60 W x 20 hora = 1200 Wh. Esto puede escribirse también en múltiplos de 1000: 1200 Wh = 1,2 kWh.

Hay algunas confusiones generales que conviene aclarar una vez más. No existe la unidad kW/h como se muestra a veces en algunos escritos, en especial en algunos diarios y revistas (bibliografía González, 2005).

Lo correcto es kWh y así es como nos llegan las facturas de electricidad, que están bien escritas. Potencia dividido tiempo daría la rapidez con que varía la potencia. Es otra cosa que no tiene nada que ver con la variación de la energía, que es lo que nos interesa. Tal vez kW/h sea una unidad útil en cálculos técnicos sofisticados pero no para nuestro uso diario.

Y otra confusión de quienes no estudiaron física pero usan las unidades. Encontramos en forma textual en un diario: “lo que se abona es la energía, es decir potencia eléctrica en kilowatts”. La primera parte es correcta, se abona por la energía; la segunda parte la contradice, confundiendo potencia con energía.

¿Por qué se abona por energía y no por potencia?  
Piénsenlo un momento y después sigan leyendo.

Busquen ejemplos.

Sería imposible pagar por potencia si nadie sabe por cuánto tiempo va a estar funcionando. La potencia es una magnitud instantánea y por sí misma no indica consumo. Por ejemplo, no pagamos por gasolina cuando el auto está estacionado.

Otro ejemplo, un auto con un motor enorme pero que sólo recorre 20 km por semana, usará muy poca energía. Tal vez el dueño sea injustamente calificado de “poco ecológico” por tener ese auto gran consumidor, y otra persona con su auto muy eficiente recorre 500 km por semana y gasta 10 veces más gasolina.

Claro, esto de la energía no termina tan fácil en la física. Es más, me parece que en la física sólo comienza la discusión.

***Esto involucra un concepto ambiental importante: el uso (y tal vez abuso) genera un problema de consumo, polución y sustentabilidad; y no la disponibilidad de contar con un equipo. La máquina puede estar disponible, y en el caso en que se la use poco, gasta y contamina poco.***

Existen estudios en sociología sobre las prácticas (hábitos) del uso de la energía, que muestran que en política energética se insiste mucho en los recursos disponibles y en las nuevas tecnologías, pero no se tiene en cuenta la participación del usuario en las decisiones de cómo y cuánta energía usar.

En Chile, por ejemplo, esta omisión del comportamiento del usuario llevó a excluir de la política para descontaminar el aire un hecho fundamental: el usuario de las estufas de combustión lenta cierra la entrada de aire cuando el fuego está bien establecido. Esta práctica, que las investigaciones de ingeniería muestran que ocurre en la mayoría de los hogares, hacen que la leña dure más (por eso se llaman de “combustión lenta”), pero las emisiones de material particulado en el humo aumentan 1000% (aumento de diez veces) cuando se cierra la entrada de aire.

En este aspecto, los programas de gobierno, hechos con muy buenas intenciones, focalizan en recambio de estufas y en la humedad de la leña, pero ignoran la práctica del cierre del aire, con lo cual no consiguen en la realidad disminuir la contaminación.

Con la iluminación ocurre algo similar, y el caso me parece muy importante para Argentina, donde se prohibió por ley el uso de lámparas incandescentes comunes.

La prohibición de usar lámparas comunes no resultó en una disminución del consumo eléctrico en los hogares, pero sí resultó en la deposición de toneladas de Mercurio, Plomo y equipos electrónicos en los basureros.

Estas sustancias son extremadamente tóxicas, por lo cual en países como Alemania, Japón, etc., las lámparas de bajo consumo inutilizadas van a un reciclado especial. En Argentina no hay reciclado, pero hay prohibición de uso de lámparas comunes. ¿Qué ocurre?

No se baja el consumo, que es lo que se quería, y se contamina el ambiente. Una lámpara común de 60W encendida durante 2 a 5 minutos consume mucho menos que una de bajo consumo durante media hora o una hora.

En la implementación práctica de toda nueva tecnología existe lo que se llama “efecto rebote”, que sería algo así como “dejémosla encendida que no gasta nada”, sumado a que se informa que estas lámparas tienen menos vida útil si se encienden y apagan frecuentemente.

Imaginen estas situaciones donde se usa la lámpara menos de 2 minutos: 1) ir al baño, entrar, encender la luz, estar un par de minutos, apagar la luz y salir; 2) pasillo de entrada a la casa, lo mismo, encender y apagar en menos de dos minutos; 3) ambiente grande, lámpara general encendida, y como voy a leer un número de teléfono enciendo otra luz por 1 minuto; 4) un pasillo, la noche, las chancletas, otro minuto; 5) voy a buscar una ropa, un minuto; etcétera. Hay muchísimas localizaciones donde sería mejor tener una lámpara común y no una de bajo consumo.

La lámpara común usará un poco más de electricidad, pero no contamina, es vidrio y algo de metal, es pequeña y pesa poco para el transporte, su envase es mínimo contra la de bajo consumo que debe ser envasada con gran cuidado por su peso y fragilidad. Finalmente la lámpara común es de fabricación nacional con materiales todos de fabricación nacional, y las de bajo consumo todas importadas de muy lejos, con costos e impactos altos de transporte.

Me parece muy bien que haya lámparas de bajo consumo y que se promuevan, y mejor los diodos aun. Pero la prohibición de venta de lámparas comunes con el agregado de falta de planes de reciclado me parece un gravísimo error.

No deberían prohibirse, como ocurre inteligentemente en Chile, sino educar al usuario para que use lámparas de bajo consumo en lugares donde está encendida por más de una hora, y colocar las comunes en todo lugar de uso temporario o casual. El consumo bajaría, estoy seguro, y no habría exceso de contaminación con Mercurio, Plomo, y circuitos electrónicos puestos en la basura.

### 3.7 Ejemplos de energía y potencia

Los desconcentré mucho de los números y las unidades físicas, bueno, no se enojen, enseguida volvemos aquí al ritmo de los artefactos y los kWh.

Con la unidad kcal para energía, y el tiempo en hora (h), nos queda la potencia en kcal/h (energía / tiempo). Esta unidad es la usual en los equipos hogareños con combustión, ya sea a gas o leña.

Algunas potencias típicas:

- Hornalla chica de cocina a gas, 1200 kcal/h; grande, 2000 kcal/h
- Quemador a gas de horno de cocina común; 3000 a 4000 kcal/h
- Cocina a leña; 10000 kcal/h a 25000 kcal/h
- Salamandra; 5000 kcal/h a 20000 kcal/h
- Estufa a leña tipo combustión lenta; 8000 kcal/h a 15000 kcal/h
- Calefactor de tiro balanceado, de 2000 kcal/h a 6000 kcal/h
- Termotanque de alta recuperación, 15000 a 30000 kcal/h
- Caldera para calefacción por radiadores de agua; 20000 a 40000 kcal/h
- Automóvil mediano de 85HP; 54400 kcal/h
- Llama piloto de calefón, termotanque, o tiro balanceado: 200 kcal/h

#### **Ejemplo: quemadores a gas en calefones y termotanques.**

Un calefón o termotanque típicamente tiene un poderoso quemador entre 6000 kcal/h y 8000 kcal/h. Escribo poderoso porque es la misma potencia de una moto mediana (por ejemplo Honda 125 CG, 12HP = 7680 kcal/h).

Si un termotanque de 8000 kcal/h de potencia está encendido durante 3 horas habrá consumido una energía proveniente del gas que se calcula como:

$$\text{Energía} = \text{Potencia} * \text{Tiempo} = 8000 \text{ kcal/h} * 3 \text{ h} = 24000 \text{ kcal}$$

Como cada kg de gas envasado provee más o menos 12000 kcal, entonces en un día ese termotanque consumirá  $24000 / 12000 = 2$  kg de gas envasado. Los mismos cálculos pueden hacerse con las estufas.

Preguntas para ustedes: una ducha con agua caliente típica de 10 minutos, con un calefón encendido a 6000 kcal/h, ¿Cuántos gramos de gas consume?

Si asumimos que el balón (garrafa) de gas de 15 kg cuesta \$cl 18000 (\$cl pesos chilenos), ¿cuál es el costo en gas de 30 duchas? (Ayuda: usar que el gas contiene 12000 kcal/kg, o lo que es igual a 12 kcal/g)

La potencia de la llama piloto es un dato importante aunque no parezca, porque la llama piloto de un artefacto queda encendida 24 horas. Como la potencia es 200 kcal/h, en 24 horas el consumo de energía será de 4800 kcal !!, con lo cual en tres días se gastó 1 kg de gas.

En Chile, algunos calefones tienen un dispositivo electromecánico muy inteligente para tener la llama de gas apagada y que encienda al momento del uso del agua. Se trata de una ruedita en la línea de agua, que al girar genera electricidad. Es una micro-micro-hidroeléctrica, al abrir el agua la ruedita se mueve y produce una chispa que enciende el calefón.

Entonces, los calefones de Chile no tienen llama piloto encendida 24 horas. ¿Y los calefones de Argentina?, sí, sospechan bien, tienen llama piloto encendida 24 horas. ¿Por qué? Puede haber muchas razones, la más evidente es el precio del gas:

en Chile el gas envasado cuesta 900% más caro, por unidad de energía, que en Argentina (con el gas natural la diferencia puede ser aun mayor).

Tener un piloto encendido 24 horas por día se notaría en la cuenta de gas, aumentándola en aproximadamente \$cl 11.000 por mes. Los lectores de otros países tal vez no perciban la importancia de esta cifra, pero los chilenos saltarán de la silla, donde espero estén bien sentados. (\$cl 11.000 = 20 dólares, ahora en varios países saltarán de la silla, sí, con precio normal del gas el piloto dilapida 20 dólares en un mes).

En Bariloche estudiamos muy bien el tema de uso del gas en calefactores de tiro balanceado, y medimos en detalle los consumos de gas natural de la llama piloto; el resultado fue en promedio 0,5 m<sup>3</sup> de gas por día por piloto, es decir 15 m<sup>3</sup> al mes de gas por llama piloto. En Bariloche esta cantidad de gas cuesta cerca de \$5 (0,50 dólar por mes en Argentina); pero en Santiago de Chile, donde hay gas natural exclusivamente no subsidiado, los 15 m<sup>3</sup> de gas natural para mantener el famoso piloto cuestan \$200 (20 dólares, en esta comparación usé \$ argentinos, que vamos a hacer, hasta que no tengamos una moneda común seguiremos así...).

En muchos artefactos hogareños verán que hay potencias en kW, o en W, en lugar de kcal/h. Con la equivalencia entre Joule y caloría podemos deducir equivalencias cuando usamos unidades de potencia. Por ejemplo, la energía o calor de 1 kWh tiene sus equivalentes:

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kJ/seg} \cdot 3600 \text{ seg} = 3600 \text{ kJ} = (3600 / 4,186) \text{ kcal} = 860 \text{ kcal}$$

$$\text{y entonces la potencia tiene su equivalente} \quad 1 \text{ kW} = 860 \text{ kcal / h}$$

y viceversa

$$1 \text{ kcal / h} = 1,16 \text{ W}$$

Otra unidad de potencia muy usada es el HP (HorsePower), la cual tampoco pertenece al sistema internacional. La equivalencia es

$$1 \text{ HP} = 76 \text{ kg.m/seg} = 744 \text{ N.m/seg} = 744 \text{ Joule / seg} = 744 \text{ W} = 0,74 \text{ kW}$$

Así, la potencia típica de un auto mediano es **100 HP = 74 kW**  
Que puede expresarse también en kcal/h:

$$1 \text{ HP} = 744 \text{ Joule/seg} = 744 / 4,18 * 3600 \text{ cal/h} = 640.000 \text{ cal/h} = 640 \text{ kcal/h}$$

Estudemos el siguiente aviso de un semanario local.

<p><b>Vendo: Auto, joya (nunca taxi),</b></p> <p><b>Potencia:</b> <b>63000 Joule/segundo = 63000 W</b> <b>= 63 kW</b> <b>o lo que es lo mismo 54400 kcal/hora</b> <b>= 85 HP</b></p>  <p><b>¡¡ Llame ya !!</b></p>	<p><b>Almacena en el tanque una energía en diesel de</b> <b>2850 MJ (MegaJoule);</b> <b>o lo que es lo mismo,</b> <b>75 litros de combustible</b></p> <p><b>Que también son 800 kWh</b></p> <p><b>Consume sólo 73600 kcal en 100 km</b></p> <p><b>En el techo puede almacenar 200 kWh de leña</b></p>
---	---

Más allá de lo atractivo del aviso y que informa los beneficios de comprar ese automóvil, observen en detalle que la potencia y la energía pueden medirse en distintas unidades.

Una misma cantidad de energía puede estar representada por números distintos aunque en unidades distintas.

Las magnitudes físicas que estamos tratando aquí son dimensionales, quiere decir que el número solo no significa nada;

el significado lo tiene el número acompañado de la unidad, por ejemplo “este mes pagué por 120 kWh de luz”.

Dicho sea de paso, noten que ese auto almacena 800 kWh de energía en el tanque de combustible, cantidad que es similar a 4 meses de electricidad de una casa promedio.

### 3.8 El BTU y el gas natural licuado

Habíamos visto una unidad extraña de energía, el BTU, muy usada en el mercado internacional de la energía, donde el precio del millón de BTU (sería MBTU) es lo que interesa en la compra global. ¿Qué es el BTU? Sí, lo pueden Googlear y es una práctica muy buena (yo googleo, tú googleas, ...), pero ya que estamos escribiendo un libro de sobre energía se los cuento aquí.

British Thermal Unit (BTU), la unidad de calor británica, se obtiene con el mismo concepto que la caloría pero en el sistema métrico inglés.

En éste sistema el grado no es el centígrado (°C) sino el Fahrenheit (°F), y el peso no va en gramos sino en libras (pounds).

Entonces, el versito diría “BTU es una cantidad de energía necesaria para aumentar la temperatura de 1 libra de agua en 1°F”.

¿Cómo pasamos esto a caloría? Primero, la diferencia de temperatura de 1°C es igual a 1,8°F; segundo, la libra es igual a 454 gramos.

Con esto sale  $(454/1,8)$  que 252 cal es igual a 1 BTU, por lo cual el famoso “millón de BTU” es igual a 252 Mcal.

El gas natural tiene un poder calorífico bruto cercano a 9300 kcal/m<sup>3</sup>, y entonces, si de compra de gas se trata 1 MBTU corresponde a 27 m<sup>3</sup> de gas natural. (esto sale de dividir 252 Mcal/MBTU y 9,3 Mcal/m<sup>3</sup>).

En Chile, en los dos puertos que reciben gas natural licuado por barco (Quintero y Mejillones) se paga cerca de USD 11 por MBTU, y como esto es 27 m<sup>3</sup> de gas, resulta que se paga en puerto USD 0,41 /m<sup>3</sup>.

En las casas en Santiago de Chile se está pagando cerca de USD 1,7 /m<sup>3</sup>, que da cuenta de la gran diferencia que existe entre la llegada a puerto y la distribución a consumidor final.

En Argentina, para no ser menos, también tenemos dos puertos de llegada de gas natural licuado por barco, en Bahía Blanca y en Escobar, en los que se paga alrededor de USD 17 por cada MBTU. Aparentemente, no sé bien, esa gran diferencia entre lo que paga uno y otro país depende de si son contratos firmes anticipados o eventuales, y de la financiación. En todo caso, me parece un punto interesante para estudiar, aunque está fuera de mi comprensión, por lo cual se lo encomiendo al lector.

¿Por qué es tan caro este gas natural licuado por barco?

Ante todo, ¿qué es eso de licuado?

A temperatura ambiente, el gas natural no licúa a ninguna presión. Por ejemplo, en Argentina es muy usado el GNC (Gas Natural Comprimido), que se carga en un tanque de pared muy gruesa el cual resiste una carga de gas a 200 atmósferas (atm) de presión. Por eso es que un tanque pequeño (60 litros) en el baúl (maletero) del coche almacena unos 12 m<sup>3</sup> de gas, con los cuales un auto mediano recorre cerca de 150 km.

El gas natural en ese tanque, en el auto a 200 atm de presión, no está licuado sino que sigue siendo gaseoso. No es lo mismo lo que ocurre con el gas envasado (Gas Licuado de Petróleo), que no es gas natural y que sí licúa a temperatura ambiente, aproximadamente a 7 atm de presión.

La historia termina en que para aprovechar el transporte por barco y llevar más gas este debe ser licuado, y para el gas natural se encontró conveniente enfriarlo hasta -160°C (sí, bajo cero 160°C).

El gas llega a puerto licuado y a muy baja temperatura, por esto es que se necesita de un equipo especial (normalmente instalado en otro barco que espera en puerto) que se llama “regasificador”, y actúa de intermediario para gasificar la carga líquida del barco e inyectarla en los gasoductos.

En el gasoducto el gas natural está a temperatura ambiente, y por lo tanto, independientemente de la presión fluirá en forma gaseosa. En el barco estaba líquido en un tanque.

El precio internacional más o menos normal del gas natural en boca de pozo, donde se extrae, es de USD 4 por MBTU; y como mencionamos, en puerto, el GNL (licuado) cuesta más de USD 11. La diferencia es el tremendo esfuerzo por transportarlo en la forma más económica posible cuando no existe la posibilidad de hacerlo por caños (gasoductos).

Pienso que este es otro buen tema de física para enseñar en las escuelas, ¿a ustedes que les parece?

## 4. Eficiencia en el uso de la energía

*“Los dioses tejen desventuras para los hombres  
para que las generaciones venideras  
tengan algo que cantar”*

Homero, en la *Odisea*

Podemos comenzar la discusión sobre eficiencia considerando uno de los peores ejemplos: motores y vehículos. A través del motor de combustión, la energía almacenada en el combustible se transforma en trabajo y calor. Esta transformación será más o menos eficiente de acuerdo a cuánto trabajo y calor podamos aprovechar y cuánto se nos escapa sin usar. En el caño de escape, que tiene su similar en las chimeneas de las estufas, justamente se nos escapa buena parte del calor.

### 4.1 La eficiencia no sólo depende del equipo

¿Qué proporción de trabajo entrega el motor por cada unidad de energía que usa? Bastante poco, más o menos entre 25% y 30% de la energía provista por el combustible; el resto se usa en generar calor y vencer los rozamientos de las partes mecánicas.

Los motores Diesel son un poco más eficientes, pero igual se calcula que cerca de un tercio se va por el escape y que otro tercio se escapa en calor por el radiador y metales calientes. Por ejemplo, son interesantes las observaciones de la temperatura del caño de escape en toda su longitud (¡por favor no se quemen!). Pueden comprobar que hasta en el tramo final el caño de escape puede quemar la mano; y además comprobar qué caliente están el radiador y el motor por fuera. Ese calor es parte de la energía transformada y provista por el combustible. Al circular, un vehículo usa entre 70% y 80% del combustible en calentar la atmósfera y sólo entre 20% y 30% en trabajo para moverse.

De todos modos, como dice el refrán: “la culpa no es del chanco sino del que le da de comer”. El motor es muy ineficiente por el uso que le damos (sólo trabajo), pero podría mejorarse muchísimo sólo con agregarle funciones. El ejemplo más simple lo tenemos al encender la calefacción del coche: una parte del calor ya no se pierde sino que lo usamos en confort interno, aunque es una parte muy pequeña del calor que disipa el agua en el radiador.

Otro ejemplo lo tenemos en el caso de un generador eléctrico con motor a gasolina. Es un aparato muy ineficiente para generar electricidad (25%), pero, también podríamos conectar el agua del radiador a la calefacción de la casa, y si vamos un poco más allá en la innovación podríamos poner alrededor del caño de escape un recipiente con agua que capte el calor y tener agua caliente para el baño.

Agregando esos usos (o podríamos llamarlos beneficios, porque nos beneficiamos con ellos), entonces el calor que genera el motor ya no es todo perdido, y deberemos sumarlo del lado positivo al trabajo en generar electricidad. Aunque no aprovechemos todo, es muy probable que si hacemos las conexiones bien, podamos aprovechar entre 60% y 70% de la energía que invertimos en gasolina. Noten que no cambiamos el equipo, seguimos con el mismo motor y generador ineficiente pero rediseñamos sus funciones, y al calcular la eficiencia en uso de combustible ahora también contamos la calefacción y el agua caliente como energía utilizada y no perdida.

Este caso sencillo de un generador que conecta el circuito de agua para calefacción ilustra lo que en ingeniería se llama de “ciclo combinado” o de “cogeneración”. Por “co” aquí se entiende trabajo para generación eléctrica y además aprovechamiento del calor.

La generación eléctrica en gran escala con combustibles (diesel, fuel oil, carbón, gas), que no aprovecha el calor y lo envía a la atmósfera sin usarlo, rara vez supera el 30%-35% de eficiencia. Es decir, hacen falta cerca de 3 kWh de combustible para producir 1 kWh eléctrico.

Con el ciclo combinado de electricidad y calor aprovechado, el rendimiento es menor al 60%, ya que los gases calientes de escape y el calor de los metales en general no se aprovechan. Si se usa más tecnología y se recicla el calor al máximo, la experiencia indica que puede llegarse al 90% de eficiencia en el uso del combustible, ya sea gas, líquido o sólido (residuos de forestación por ejemplo, Finlandia tiene equipos de generación eléctrica con residuos forestales que aprovechan más del 90%).

Es importante notar que para evaluar la eficiencia siempre estamos comparando el gasto con el aprovechamiento y nunca el gasto solo. Un automóvil puede tener bajo consumo por ser pequeño, su motor también bien pequeño, y está bien, pero su rendimiento sigue siendo entre 25% y 30% para transporte porque el calor se pierde, no se aprovecha. Este aspecto me parece muy interesante porque el artefacto está funcionando igual en un caso y en otro, pero es el usuario el que decide a través de la práctica cuánto es el aprovechamiento.

Un ejemplo de la vida real.

Viajando por la Patagonia, el bus se detuvo en un parador en el medio de una meseta infinita. Había tres edificios: la estación de servicio para combustibles; un restaurant; y un típico hotel de carretera en donde se estaciona el auto en la puerta de la habitación. Contaba con unas cinco o seis habitaciones, y cada una mostraba desde fuera la chimenea horizontal de su calefactor de tiro balanceado. Estos calefactores usan gas, y en ese lugar aislado sin red de gas natural se veía claramente un gran tanque de gas licuado. Algún camión lo llenaría en forma periódica con el preciado combustible.

Por otro lado, saliendo del restaurant un ruido ensordecedor anunciaba la presencia de un grupo generador. “Lógico Watson”, diría Sherlock Holmes, tampoco llegaba la red eléctrica y el complejo parador-restaurant-hotel debía disponer de su propio grupo electrógeno.

Un galpón de chapa albergaba el ruidoso generador. El motor era diesel de cuatro cilindros, parecía un Indenor de camioneta Peugeot o Rastrojero. Excelente motor (me trajo recuerdos del noble Rastrojero que tuve), refrigerado por agua y en este caso estaba conectado a un radiador muy grande, como de camión. Al asomarme al galpón para espiarlo sentí una corriente de aire caliente agradable. El portón estaba abierto, imaginé que con el doble propósito de ventilar los gases y enfriar. A unos 10 m estaba la pared más cercana del hotel, con su primera habitación calefaccionada por un calefactor a gas envasado.

Todo estaba bien dispuesto para aprovechar el calor del agua del motor y calefaccionar las habitaciones, aunque esta opción no se tuvo en cuenta. Imagino que por la actividad del parador el generador estaría funcionando gran parte del día, quizá las 24 horas, y seguramente con el calor del escape se podría también calentar agua para los baños y cocina. Esta observación muestra que aun no tenemos una verdadera mentalidad innovadora, y que seguimos en la misma búsqueda de energía de siempre para resolver la demanda, sin importar cuánto se invierte y cuánto se aprovecha.

Como decía el epígrafe del prólogo, **“No podemos resolver nuestros problemas con la misma forma de pensar que cuando los creamos”**. Esa misma forma de pensar de siempre es la que busca incesantemente fuentes energéticas y aumenta el consumo, en lugar de innovar en el mejor uso de lo que ya tenemos.

#### 4.2 Definición de eficiencia

La discusión anterior nos lleva a una definición natural de lo que entendemos por eficiencia o rendimiento de un equipo:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Calor y Trabajo aprovechados}}{\text{Energía invertida}} = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Inversión}}$$

En cocción de alimentos con gas el rendimiento para cocinar está entre el 30% y 50%, dependiendo si la llama es muy grande y sale por el costado de la olla o no (véase <http://www.cricyt.edu.ar/asades/averma.php>, revista Averma, busquen año 2010, bajen a Tema 7, el artículo 7.4, autor A.D. González trata la eficiencia de cocción con gas y electricidad en detalle). En la cocción el trabajo es cero, no se hace trabajo (no hay movimiento de una fuerza), y definimos calor aprovechado a la parte de calor que queda dentro de la olla y es absorbida por los alimentos.

Si además necesitamos el efecto de calefacción entonces sumamos el calor entregado a la casa y la eficiencia subirá. Por el contrario, en clima cálido cocinar con gas o leña lleva a un calentamiento no deseado de la casa. Este calentamiento producirá mayor consumo en el refrigerador y, si se tiene, en el uso del aire acondicionado. Es decir, en clima cálido no podemos contar como beneficio el calor que se pierde en la cocción y va al ambiente, porque no nos beneficiamos con el calentamiento del ambiente, todo lo contrario.

En clima cálido, entonces, no conviene usar combustibles en cocción o calentamiento de agua en la casa, sino un recurso de alta eficiencia en el uso final como es la electricidad. La cocción eléctrica se hace con rendimientos cercanos al 80% y el calentamiento eléctrico de agua de hasta el 95%. Estas alternativas producirán un mínimo de “calefacción no deseada”. Los dispositivos de calentamiento eléctrico por resistencias no usan oxígeno del aire, entonces se requiere menos ventilación. La eficiencia térmica de los artefactos eléctricos puede

alcanzar el 100%. Este es el caso de los termotanques eléctricos, y uno de los motivos por el cual en casi todas las localidades de la Argentina, y en Chile, resulta de igual costo operar un termotanque eléctrico que uno a gas envasado.

Volviendo a los ciclos combinados. Una cocina a leña, para cocinar con olla, tiene un rendimiento menor al 10%. Sin embargo, si hace frío y cumple además un rol en la calefacción, entonces debemos incluir en la definición de eficiencia el beneficio de la calefacción. Usada como calefactor, en Chile y en Nueva Zelandia se midieron eficiencias de 50% para cocinas a leña. Si además tiene circulación de agua interna, deberíamos adicionar la obtención de agua caliente en el rendimiento. En este caso una cocina a leña usada como cocina, calefactor, y calentador de agua tiene un rendimiento cercano a 65%-70%. Si todo funciona correctamente, la pérdida por chimenea puede estimarse entre 30% y 35%.

#### **Aclaración para los críticos del uso térmico de la electricidad:**

La eficiencia en el uso eléctrico es excelente en la casa (en el uso final), pero hay que ver cómo se generó esa energía eléctrica.

Si se generó con un motor de combustión de baja eficiencia entonces el rendimiento global será bajo. Lo mismo ocurre si se genera la electricidad en plantas a gas o carbón de baja eficiencia.

Pero, si la generación se hizo con ciclos combinados y alto aprovechamiento del calor producido en las generadoras, entonces, desde el punto de vista global, el uso eléctrico en la casa puede ser también muy eficiente. Para esto hace falta una eficiencia de generación de más del 70%, la cual es común en Europa. Por esto es que en Europa puede ser de menor impacto ambiental usar electricidad como recurso térmico.

Por otro lado, existen formas de generar electricidad que no utilizan combustible, como la hidráulica, la eólica y la solar. Esa energía eléctrica puede usarse muy eficientemente en aprovechamiento térmico. Por ejemplo, en Brasil se genera cerca del 90% de la electricidad en forma hidráulica. En Argentina el 30% de la generación es hidráulica, el 9% nuclear, y el 55% a gas. Si se dispone de gas natural en la casa, y la generación eléctrica no tiene buen rendimiento, es más eficiente usar el gas directamente en la casa que usar electricidad generada por gas. Sin embargo, en Argentina, cerca del 40% de la generación eléctrica no usa un recurso que podría también quemarse en la casa, como son los casos del uranio y las hidroeléctricas. En estos casos la electricidad es un recurso térmico de buena eficiencia.

### 4.3 Las prácticas cotidianas influyen en la eficiencia

Recuerdo una cita notable que hizo una investigadora de La Pampa, Argentina, en una conferencia sobre consumo de energía. Habiendo estudiado dos edificios escolares, uno en diseño bioclimático y otro convencional, se encontraron con la fuerte influencia del comportamiento del usuario. El edificio bioclimático se construyó con técnicas de conservación energética, y de diseño que aprovecha la energía solar y la iluminación natural. El convencional, como la mayoría, no disponía de aislamientos térmicos ni se cuidaron detalles de orientación y aprovechamiento solar. En los ensayos, el edificio bioclimático tuvo muy buena respuesta, con muy bajos consumos de energía en calefacción, muy por debajo de cualquier edificio escolar promedio. Sin embargo, lejos de lo esperado, en el edificio escolar convencional con el cual se comparó se encontró bajo consumo de energía, tanto en calefacción como en iluminación. El motivo: el director de la escuela era una persona extremadamente cuidadosa de los gastos. Todos los días, antes de cerrar la escuela, controlaba que los calefactores estuviesen apagados y que todas las luces también. Durante el día realizaba también recorridos observando los lugares donde no hacía falta una luz o un calefactor encendidos.

Por contraste, recuerdo mi sorpresa e indignación en una universidad de EE.UU. donde trabajé durante dos años. Se desocupaba un aula y todas las luces se dejaban encendidas. Como yo realizaba experimentos en el laboratorio hasta tarde, caminando por los pasillos encontraba todas las aulas vacías con las luces encendidas, y no eran pocas luces. En verano, el aire acondicionado estaba calibrado para una temperatura tan baja que había que ponerse un abrigo para estar en el edificio. Esto era común también en los supermercados, para lo cual en verano tomé la costumbre de tener un abrigo en el auto. No importa mucho dónde estaba ese lugar, aunque les aseguro que el verano era muy caluroso; pasábamos cuatro meses entre 30°C y 35°C.

Por otro lado, en el uso del automóvil, dos personas manejando el mismo vehículo pueden tener diferencias notables de consumo de combustible. Por ejemplo, quien conduce anticipándose a lo que acontece en el tránsito 100 o 200 m más adelante con seguridad consumirá menos, y si además no produce aceleraciones y frenadas intensas la diferencia puede ser significativa. Cuando no se percibe un semáforo en rojo a 200 m y se sigue acelerando, luego la frenada deberá ser brusca. Esto también produce mayor contaminación por asbestos por aumento del desgaste de frenos. Realizada la experiencia con dos formas de conducir un automóvil diesel en ciudad encontramos rendimientos entre 13 km/litro y 20 km/litro para los mismos recorridos.

En el hogar, las compañías de gas y algunos programas de ahorro de energía recomiendan usar la llama de la hornalla a una intensidad que sea proporcional al tamaño del recipiente donde se cocina o calienta agua. Si la llama de gas es “desbordante”, mayor a la base de la cacerola, el rendimiento puede ser tan bajo como 25% o 30%. En este caso la mayor parte de la energía fluye por los costados, calienta el aire de la cocina pero no calienta el alimento (véase bibliografía González, 2010).

En el uso de estufas a leña, la práctica de cerrar el tiraje de aire de entrada aumenta enormemente la contaminación por humo. Se tiene esta costumbre porque la leña, una vez encendida, dura más tiempo si se disminuye el aire de alimentación al mínimo. La combustión necesita de oxígeno para ser completa y eficiente. Si no hay suficiente aire no se realiza combustión completa, y la temperatura del fuego no alcanza el valor para máxima eficiencia. Un fuego “frío” (de menos de 700°C) libera un porcentaje alto de material contaminante que no alcanzó a quemarse completamente. En experiencias realizadas con estufas chilenas nuevas y de buena calidad, se encontró que cerrando el tiraje de aire, las emisiones de material particulado tóxico aumentan en 1000% (véase bibliografía CONAMA, 2009).

Un estudio del año 2005 en Australia comparó las emisiones de humo en dos estufas a leña, una antigua y otra un modelo moderno con varios dispositivos para la mejor eficiencia de combustión. Con la alimentación de aire abierta (tiraje abierto), la estufa moderna emitió cinco veces menos material particulado que la antigua. Con el tiraje en posición intermedia (mitad abierto), la estufa moderna emitió dos veces menos que la antigua. Pero cuando se cerró el tiraje de entrada de aire, las dos estufas emitieron cantidades similares de material particulado tóxico (véase Tabla 1 en el artículo de Jordan y Seen, 2005).

Claramente, una variable tan importante no puede quedar en manos de un usuario que no ha sido capacitado en el potencial de contaminación que tiene un manejo inadecuado de una estufa. Dados estos resultados, en Nueva Zelanda no se autoriza la venta de estufas a leña que permitan el cierre total de la entrada de aire.

Como vemos en estos ejemplos, tanto para la eficiencia como para las consecuencias ambientales del uso de la energía, el comportamiento del usuario en su práctica cotidiana es muy importante. Estas prácticas deberían ser tenidas en cuenta en el diseño de políticas públicas para el mejor aprovechamiento de recursos.

#### **4.4 Confort y uso racional de la energía**

El confort es un concepto subjetivo, distintas personas pueden sentir confort con distintas condiciones ambientales.

Por ejemplo, un investigador sueco en energía solar decía:

“cuando era niño, al despertarnos en la mañana, dentro de mi casa había 2°C, y eso era lo normal”.

Si afuera había -20°C (bajo cero), entonces 2°C en el interior de la vivienda ya era un gran progreso. Creo que lo que él quiso decir con “normal” es que estaban adaptados a eso. Por supuesto, 2°C no es una temperatura para levantarse y andar en pijama y descalzo por la casa; pero sí la adecuada para estar bien abrigado y comenzar las tareas habituales de prender el fuego y preparar un desayuno de invierno.

En otro extremo, con temperaturas exteriores de varios grados bajo cero, usar pantalón corto y remera (polera en Chile) en invierno dentro de una casa u hotel calefaccionados a 25°C parece ser una exageración.

Como el consumo de energía usada en calefacción depende directamente de la diferencia de temperatura interior y exterior, el gasto aumenta mucho cuando se mantienen temperaturas interiores altas.

Lo mismo ocurre con el aire acondicionado, pero en este caso la diferencia de temperaturas es inversa, menor adentro, y el calor está entrando en la vivienda. Entonces, cuanto más frío se sienta con el aire acondicionado encendido mayor es el consumo energético. El caso extremo es tener que abrigarse en verano para soportar una sala de cine o un supermercado que se encuentra a menos de 20°C.

#### 4.5 ¿Qué es lo “razonable”, o racional?

Razón, según una definición de Bertrand Russell, “es la elección adecuada de los medios para lograr un fin determinado, y no tiene nada que ver con el fin que se busca obtener”. Esta definición es bien práctica, y distingue lo que queremos de cómo lograremos obtenerlo.

Por ejemplo, para viajar de Osorno (Chile) a Bariloche (Argentina), la elección racional sería tomar directo por la carretera que cruza la frontera en el paso Cardenal Samoré. También llegaríamos si primero vamos de Osorno a Santiago de Chile, luego cruzamos a Mendoza, y de ahí a Bariloche. Sería un paseo muy bonito pero no es racional para el fin de llegar a Bariloche. Nótese que el fin “llegar a Bariloche” fue una elección anterior al medio adecuado para lograrlo. La racionalidad se refiere al medio para lograrlo, pero no al fin, el cual depende de

una elección personal anterior. En este ejemplo, si en primer lugar no elijo viajar, no existirían posibilidades racionales o no de hacerlo. Son dos aspectos distintos: uno es la elección personal que refiere a la preferencia y tal vez a algún contenido ético; y el otro es lógico, lo racional de cómo lograrlo.

#### **Racionalidad de los °C y de las construcciones.**

Volviendo a la temperatura de la casa, no son los °C los que indican si somos racionales o no, sino los medios con que conseguimos mantenerlos. Los °C son la elección personal. La demanda de energía depende de esta elección, y esto implica una preferencia personal. Sin embargo, lo racional está en proveer los medios, en este caso una buena aislación térmica a la vivienda, y un equipo de calefacción lo más eficiente posible. Con éstos se puede lograr el fin de esos °C elegidos con el menor consumo posible.

Algunos artefactos y formas constructivas de la vivienda pueden ser medios más adecuados para cumplir con la calefacción elegida. Por ejemplo, en clima frío, tener ventanas de gran superficie vidriada y vidrios simples conducirá a una necesidad de mayor energía; y también si hay filtraciones de aire por ventanas y puertas que cierran mal. En estos casos, mantener una temperatura alta en el interior requerirá de mucha energía que se va directamente a la atmósfera exterior. Para asegurar una buena calefacción lo más racional es comenzar por aislar térmicamente la vivienda. Cada capa de aislante térmico se notará en el consumo.

#### **4.6 Elección de la temperatura de confort**

Hay varias formas de encontrar niveles de confort personales y buscar los medios adecuados para satisfacerlos. En esto me parece muy buena la estrategia de escepticismo y cuestionamiento de las prácticas y de los comportamientos “normales”. Hay quienes sufren casas muy cálidas, y deberían pensar si le conviene esa sugerencia de la publicidad de estufas que indica 24°C como temperatura de confort. La alta temperatura promueve la proliferación de microorganismos y enfermedades, y además un temor excesivo al frío puede conducir a casas mal ventiladas. El oxígeno es el principal enemigo de las bacterias. Una casa mal ventilada y con alta temperatura tiene mayor probabilidad de promover enfermedades típicas de invierno.

Mantener una temperatura de 22°C a 24°C en forma racional sólo puede hacerse con muy buenas aislaciones térmicas, al nivel de las viviendas del norte de Europa, con aislamientos térmicos de 20 cm de grosor y vidrios triples. En nuestra realidad, por ejemplo en Bariloche, con clima frío de 8°C de media anual, 20 km/h de promedio de viento, y cerca de 10 meses con necesidad de calefacción, y construcción muy ineficiente, el consumo de energía para mantener 24°C puede ser enorme. Como se mencionó antes, una encuesta que analizamos en detalle en la universidad mostró que en Bariloche el promedio de consumo en calefacción puede ser cuatro veces mayor al de Estocolmo (sí, ¡multiplicado por 4!), aun cuando Estocolmo tiene un clima un poco más frío (7°C de media anual).

Dado el grado de conciencia ambiental actual, hay elecciones de confort que deberían replantearse seriamente, por ejemplo: ¿es tan importante el placer de andar con poca ropa en casa cuando afuera está todo helado?, ¿por qué no reservar ese placer para cuando sea verano, cuando entrar y salir de la casa en pantalón corto sea natural?

Por otro lado, tenemos el tema actual del sobrepeso. Digo actual porque no hay medio en donde no se escriba o hable de cómo estamos ganando peso. Hace poco tuvimos la suerte de tener en Bariloche a la Dra. Mónica Katz, nutricionista de la Fundación Favalaro, quien dio conferencias sobre alimentación y obesidad. Anticipó que, si seguimos con la alimentación y el sedentarismo como hasta ahora, y que es lo más probable, para 2050 el mundo estará habitado por personas en su mayoría con sobrepeso. El confort tiene mucho en común con el sedentarismo, no son lo mismo, pero están muy hermanados. En EE.UU., una forma de llamar al sedentarismo es “couch potatoism” que puede traducirse como “práctica de estar tirado en el sofá (o sillón) como una papa”. El sofá, los sillones, la TV, son comunes en las publicidades que nos convencen de que no hay nada mejor que el calorcito del calefactor. A veces es tanto lo que se esfuerzan en mostrar la felicidad del confort que hasta pasa a segundo plano la marca de calefactor que ofrecen. En realidad promocionan confort, más allá de la marcas. Y volviendo a Katz, explicó que hace pocos años se descubrió que los adultos no perdimos la grasa parda (marrón) cuando éramos niños. Este es un tipo de grasa que consume energía, y que se encuentra en la zona de la base del cuello, alrededor de los huesos de la clavícula. Sólo 60 gramos de grasa parda en un adulto puede llegar a consumir el 20% de la energía calórica que ingerimos en los alimentos. Muy por el contrario a lo que ocurre con la grasa blanca, que es mayoritaria y que no usa energía sino que la acumula. Lo que me resultó más interesante es que la grasa parda consume mucha energía solamente si estamos en un ambiente a menos de

19°C. Esto significa que manteniendo la calefacción a más de 19°C se favorecen mecanismos del metabolismo corporal que promueven la acumulación de energía y por lo tanto la obesidad. Por otro lado, el dato es relevante para el sedentario, porque si ésta es su preferencia al menos la casa “fresca” le hará gastar una parte significativa de la ingesta alimentaria.

Por otro lado, ¿cuántas enfermedades se evitarían por el sólo hecho de no sufrir golpes térmicos por esas grandes diferencias? Y, pensando en otras poblaciones muy adaptadas al frío, ¿no será que el confort excesivo nos lleva a estar cada vez más débiles, y cada vez más dependientes del uso de grandes cantidades de energía?

En esto, o nos detenemos antes o el planeta se ocupará de decirnos “basta, se acabó lo que se daba”. En ese momento, no quisiera estar en el lugar de quienes están muy acostumbrados al “confort” de la climatización excesiva, y que han perdido la adaptación al frío y al calor. No me refiero a la adaptación excepcional de los Onas al frío sino a una mínima posible. Los Onas, pueblo originario del extremo sur de la Patagonia, fueron fotografiados a orillas del Canal de Beagle, en Tierra del Fuego, por antropólogos visitantes. En las fotos de invierno se ven a las mujeres dentro del agua marisqueando (sin traje de neopreno por supuesto), y los hombres y los niños observando ese trabajo desde la playa, parados sin calzado y sin ropa sobre la nieve helada. Nuestra adaptación a una casa o lugar de trabajo con temperaturas de invierno entre 16°C y 18°C, puede reducir el consumo en calefacción entre 30% y 40% respecto a la situación de 24°C. Este gran ahorro de energía se consigue con la costumbre de usar algo más de abrigo cuando estamos en la casa, una adaptación diminuta comparada con los fantásticos Onas.

Noten que los animales también están adaptados a ambientes muy fríos. Sin ir a animales nativos raros de ver, observen los perros y gatos de nuestras ciudades de largos inviernos sureños. La belleza de la nieve parece invitarlos a jugar y corretean más que otros días. Ninguno de nosotros lo haría sin ropa ni calzado.

En los veranos, con altas temperaturas, el problema espejo es el del aire acondicionado. En EE.UU. en 2002, varias personas muy acostumbradas al confort, y debo decir que varias pertenecientes a ONGs ecologistas y a universidades, trataban de explicarme que había que considerar excepciones con el aire acondicionado. Decían: “aquí en el Midwest” –(Nebraska, Oklahoma, Kansas, etc., ahí estábamos), “el verano es imposible sin aire acondicionado”. Yo respondí enseguida con lo primero que se me pasó por la mente: “pero, anterior al aire acondicionado, ¿aquí no vivía nadie?”. Y entonces conjeturaron varias hipótesis que sólo justificaban su adicción a la comodidad fácil, por ejemplo: “antes la gente vivía más en zona rural”.

¡Con más razón, la zona rural de Kansas siempre fue un horno en verano!; o, intentaban algo así, “nuestros trabajos son más sedentarios, requieren que estemos sentados...”. Ya era el colmo de la justificación cínica, todos sabemos que es mucho más duro trabajar afuera bajo el sol con el calor de verano.

Por lo que vi en esos lugares de EE.UU., la costumbre es tener la casa en verano entre 18°C y 20°C, mantenida por equipos de aire acondicionado de alrededor de 10 kW de potencia. La electricidad que allí se usa proviene de plantas a carbón, el cual se transporta desde Wyoming a través de miles de km. **La eficiencia de esas plantas generadoras no supera 35%, con lo cual el exceso de aire acondicionado es de muy alto impacto ambiental: por cada kWh eléctrico usado se han quemado cerca de tres kWh de carbón.**

Al salir de la casa, lo habitual es subirse al auto, prender el aire acondicionado al máximo y así llegar a otro ambiente también refrigerado (trabajo, comercios, etcétera). Las ventanillas cerradas siempre, nunca una brisa de verano entra ni en la casa ni en el auto. En algunos casos yo subía a un auto ajeno, y como sentía el aire muy enrarecido y a veces hasta mal olor por el encierro, bajaba un poco el vidrio. Entonces el dueño me increpaba diciendo que si hacía eso estropeaba la refrigeración del auto.

### **El calor y el aire acondicionado**

En el verano norteamericano, yo andaba en pantalón corto para disfrutar del hermoso calor de la zona rural, hasta que me topaba con el frío polar de los supermercados. En éstos había usualmente 18°C o menos, y tomé la costumbre de llevar un abrigo a mano para poder entrar en esos lugares sin pasármela estornudando de frío.

En las playas de estacionamiento había algunos autos en marcha, cerrados con llave, esperando a sus dueños con el motor y aire funcionando, no sea cosa de que luego el auto esté demasiado caliente al sol. Una vez presencié la siguiente situación (estacionamiento del supermercado Aldi en Manhattan, Kansas, lo recuerdo todo con detalles por si un día me llaman a declarar como testigo por delitos ambientales). Llega una pareja en una Van enorme con motor V8. La mujer se baja para hacer las compras y el hombre se queda en la Van con el motor encendido. La mujer entró al mismo tiempo que yo. A la media hora salí y todavía el hombre estaba solo y esperando con su V8 funcionando, todas las ventanillas cerradas y el ruido del acondicionador a full power. Por suerte, cuando yo terminaba de guardar mis compras en el auto, advierto que la mujer ya salía del supermercado. Pasaron de esa

manera unos 40 minutos de un V8 usado para que una persona espere dentro en un auto refrigerado. Creo que mi coche no tenía aire acondicionado, y si lo tenía no funcionaba y nunca me preocupé de repararlo, preferí la adaptación, quizá para experimentar qué se sentía sin tanto confort. El aire tibio del verano era muy placentero, mucho más plácido que el frío de los supermercados y shoppings refrigerados.

De muchas maneras, el concepto moderno de confort lleva a elegir comportamientos que influyen fuertemente en el consumo de energía y en el impacto ambiental.

Existe un desafío, que es buscar una estrategia comunicacional que convenza a la mayoría de las personas de abandonar el confort innecesario. No digo todo confort, sino el innecesario, y remarcar que es bueno entender los beneficios y no reprimir o estigmatizar. Hay personas que necesitan más calefacción, y otras que pueden enfermar en ambientes muy calurosos. Además, ya está la costumbre de la climatización artificial y no es fácil adaptarse, toma tiempo.

Una estrategia de convencimiento quizá tenga los mejores efectos para combatir el cambio climático y la contaminación actual. En forma simple, sólo con identificar al confort excesivo con el alto impacto en el ambiente y en la salud, cada uno podría elegir mejor cómo reducirlo. En esta comunicación no debe faltar el hecho ya bien estudiado y comprobado, de que el confort excesivo es perjudicial para la salud; tanto o más perjudicial que la carencia de todo confort, que tampoco es bueno.

## 5. El abrigo de la casa para invierno y verano

**“A pesar del alto consumo de leña,  
la temperatura interior es baja, y la humedad alta...”**

**“...con sólo una aislación térmica básica,  
se lograría hasta 45% de reducción en uso de leña”.**

*Anja Banzhaf, Diploma Thesis, University of Göttingen, 2011,  
sobre el uso de energía en el extremo sur de Chile*

En este capítulo discutiremos sobre la necesidad y uso de los aislantes, con el objetivo de ubicar en cada parte de la casa los conceptos que ya vimos sobre física de la energía.

Hay muchas recetas prácticas para mejorar la termicidad de la casa, pero creo que es mejor entender los principios de transmisión del calor y luego pasar a las recetas.

De esta forma, entendiendo el funcionamiento, el lector podrá tener su propia idea y seguramente podrá detectar deficiencias y encontrará las soluciones que más le convengan. Estas no siempre coinciden con las recomendaciones para todos.

Cada edificio, cada casa, es un caso particular, tanto en el diseño pero más aun en las modalidades de uso.

Entonces, es bueno que el usuario comprenda de la mejor manera posible el problema térmico.

### 5.1 Los aislantes térmicos son los amigos invisibles

En clima frío, hay que aprovechar el verano y preparar la casa para el invierno. Preparar contra el frío nos lleva a pensar en abrigo. Nos abrigamos para no perder calor y disminuir la sensación de frío. Lo mismo ocurre con la casa.

¿Cuáles son los abrigos para una vivienda?

Similares a nuestra ropa de invierno: algo que atrape aire, y que ese aire atrapado no pueda moverse. Este es el principio de la aislación térmica. En la ropa, apreciamos las camperas plumosas, esponjosas, y livianas; mientras que en un edificio el abrigo se logra con la “plumosisidad” de los aislantes térmicos.

Existen en los comercios muchos materiales muy buenos para el aislamiento térmico. La lana de vidrio y el telgopor (plumavit) son los ejemplos más conocidos. Por otro lado, también podemos encontrar buenos aislantes en los reciclados: cartón, viruta de madera, descarte de telas y lanas, y en la cordillera la piedra pómez y la arena volcánica.

No todos los materiales tienen la misma capacidad de abrigo. Por ejemplo, si usamos cartón reciclado de cajas tendremos que poner algo más de espesor que si usamos lana de vidrio o plumavit (telgopor); más o menos 5 cm de lana de vidrio tienen un efecto térmico similar a 8 cm de cartón. Para quienes quieran ver detalles de los valores físicos de aislamiento y cómo los obtuvimos en la Universidad del Comahue, pueden ver en bibliografía el artículo de Gutiérrez y González, en revista AVERMA, año 2012.

Pocas cosas malas se pueden decir de nuestras construcciones. En general se prioriza lo estructural, y los revestimientos que protegen del agua y del viento. Los materiales que se utilizan son de buena calidad y la prueba está a la vista por su durabilidad.

Sin embargo, esos materiales durables son al mismo tiempo compactos, lo cual los hace conductores del calor; es decir, no abrigan. Los de mayor conducción de calor son el hormigón y los ladrillos macizos. La madera es mejor aislante porque contiene aire atrapado pero su conductividad térmica es de cuatro a cinco veces mayor que el telgopor o la lana de vidrio, y de tres a cuatro veces mayor al cartón.

Tanto las paredes de mampostería y concreto como las de madera deben estar secas, para lo cual deben pintarse regularmente. Aun en climas muy húmedos y lluviosos, la durabilidad de la construcción en madera puede ser excelente, como prueban las construcciones antiguas del sur de Chile, y se han desarrollado distintas técnicas para la conservación. De todos modos, los espesores de madera que se usan son pequeños, de uno a dos centímetros, con lo cual su capacidad aislante se ve aun más disminuida.

En lo que sigue veremos cuáles son los fenómenos físicos por los cuales se pierde o gana calor, y después discutiremos los casos de nuestras construcciones con más detalle.

## 5.2 Conducción, convección, radiación, y el “efecto termo”

En los techos, tanto la conducción del calor como la convección se disminuyen con el uso de lana de vidrio entre la chapa y el revestimiento interior. Lo que normalmente se instala es un espesor entre 2 y 5 cm de aislante en techos. Es recomendable instalar al menos 10 cm; si el techo ya está construido puede verse la forma de colocar el aislante por debajo, desde el interior de la casa. Un techo con 15 cm de aislante total es óptimo para invierno y verano, aun en climas cálidos. En las paredes ocurre algo similar cuando se instala siding o chapa como revestimiento de protección (ambas soluciones muy buenas contra viento y lluvia). Por lo general se deja una cámara de aire que ayuda un poco a la termicidad, pero la protección no es completa porque falta bloquear el movimiento de aire.

La normativa de aislación térmica de Chile considera distintas regiones climáticas, y el espesor de los aislantes en techos y paredes se han recomendado basándose en época invernal. Así, en las regiones cálidas del norte se recomiendan espesores de aislante mínimos, entre 2 cm y 4 cm. En mi opinión esto es un gran error, porque en las zonas cálidas de invierno corto la falta de un espesor adecuado de aislante hace que el edificio se sobrecaliente en verano, no tendrá confort y gastará excesiva energía en aire acondicionado. Un techo de chapa (lata) bajo el sol de verano es un radiador de calor de gran potencia, y hay que aislarlo del interior para que no afecte el confort y se necesite menos aire acondicionado.

Cuando se dejan cámaras de aire entre paredes o en un entretecho, estas ayudan un poco a que no pase el calor por conducción, pero es una solución incompleta ya que el aire se mueve y hace fluir calor. En la transmisión por convección el calor es transferido en el movimiento del aire que se produce por diferencia de temperaturas. Por ejemplo, si se hace una pared de madera hueca con cámara de aire, éste tendrá movimiento dentro de ese espacio y llevará calor de la parte más caliente a la más fría. Esto se arregla llenando la cámara de aire con aislantes.

La tercera forma de transmisión de calor no incluye ni la conducción ni la convección, es un fenómeno distinto en el cual el calor fluye a través de radiación infrarroja. El termo para agua caliente, espejado por dentro, es un ejemplo excelente de cómo hacer más difícil el paso de calor. Podemos quitar la tapa y observar un termo: tiene doble pared con vacío entre medio, en ese espacio no hay ni sólido ni gas, entonces no puede haber conducción ni convección de calor. Sin

embargo, todavía hay que detener la radiación, para eso se hacen las superficies internas espejadas. El espejo refleja la onda infrarroja y restringe la radiación. Quizá les ocurrió de golpear un termo de acero inoxidable, que son “irrompibles” en el sentido de que siguen conteniendo el agua, pero pudo ocurrir que en el golpe se perdió el vacío, y ya no funcionan como termo. En estos casos de falla de vacío al poner agua caliente se calienta tanto el exterior del termo que ni se puede tocar. Volviendo a los edificios, una película de papel metálico (aluminio por ejemplo), y lo más brillante posible, servirá para reflejar la radiación infrarroja en lugares críticos, por ejemplo el techo.

Otro excelente ejemplo de control de la pérdida de calor lo podemos encontrar en las cocinas solares y cajas térmicas. Estas últimas son similares a las que usamos en los picnics, y sirven para cocinar. Los invito a visitar el sitio del Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda, de Mendoza, en donde explican diversas cajas calientes (“olla bruja”) y cocinas solares <http://www.cricyt.edu.ar/lahv/atm/index.php?PHPSESSID=c328e74d5dc6865ecb5ece698d230992&direction=0&order=&directory=Hornos%20y%20Cocinas%20solares>

Pero, ¿qué tienen que ver estas cajas con nuestra casa? Mucho, es la misma problemática: cómo hacer para que el calor no se escape fácilmente. En nuestra casa, calor es sinónimo de gas, leña, electricidad, todas cosas que nos cuestan mucho dinero y también grandes impactos ambientales.

Con una construcción sin aislantes térmicos, en invierno el edificio pierde rápidamente calor, y en verano las paredes y techos calientes proveen calor a la casa en un momento inoportuno (para comprobarlo toquen las paredes, la palma de la mano es un buen termómetro). En un caso la energía se nos va (invierno), en otro entra calor cuando queríamos que se quede afuera (verano). Esto nos dice que esas paredes transmiten el calor, y que hay algo en esa construcción bien hecha que está faltando. Los mismos abrigos que protegen un edificio del frío también lo protegen del calor externo. Con aislaciones térmicas es muy probable que lográramos resolver las crisis del gas (importación, precios altos) y de la leña (contaminación del aire) en invierno; y las crisis de la electricidad en verano (cortes por exceso de consumo), y que no hicieran falta tantos esfuerzos dedicados a proveer más energía para consumo.

### **5.3 La conducción de calor y los puentes térmicos**

En forma espontánea, el calor se transmite desde una zona con mayor temperatura a otra con menor temperatura. Es decir, va de un lugar con mayor energía a otro de energía más baja. Imaginemos que por sí sólo el calor “baja la cuesta de la temperatura”, como pasa con un cuerpo que cae en la gravedad. El calor fluirá, si no se lo impedimos, de la zona caliente a la zona fría.

Hay que distinguir las formas en que el calor se transmite de un lugar a otro. En los materiales sólidos el calor pasa principalmente por conducción a través de la materia. En general, cuanto más compacto sea el material y mayor sea su peso, tendrá mayor facilidad para transmitir calor. Por ejemplo, el concreto (arena, piedra y cemento) y las losas de concreto son los materiales con mayor conducción térmica, les siguen en transmitancia las juntas de cemento y arena, los cerámicos, y los ladrillos macizos. Una pared con estructura de hormigón (concreto más hierro), ladrillos macizos y revoques, es muy buena transmisora del calor. Una manera sencilla de verificarlo es poner la mano en las paredes internas de su casa, buscando las zonas más frías; de esta manera van a identificar los puentes térmicos.

Puentes térmicos son los lugares por donde se escapa más fácilmente el calor. Me parece acertada la palabra “puente” porque es algo que ayuda al calor a superar la barrera entre interior y exterior, facilitando el camino a las pérdidas. Identificar dónde ocurre un puente térmico es el primer paso a las soluciones.

En clima frío, la pérdida de calor hacia el ambiente exterior frío es la principal preocupación. Imaginemos un ambiente interno a 20°C y uno externo a 0°C. Hay una diferencia de 20°C, y la pérdida de calor a través de paredes, ventanas, puertas, y techos, estará en proporción a esa diferencia de calor. Si aumentamos la temperatura de la superficie interna, y la externa sigue estando a 0°C, fluirá más cantidad de calor, por eso es que si queremos la casa más cálida consumiremos más energía. Esto ocurre en forma notable con un vidrio calefaccionado.

Cuanto mayor es la diferencia de temperaturas,  
mayor es la pérdida de calor

#### 5.4 Ventanas más eficientes

De la afirmación anterior se deduce que poner un calefactor debajo de una ventana sin dudas hará perder calor en forma exagerada. ¿Por qué?

El vidrio es de sólo unos milímetros y por ahí se irá una cantidad de calor cada vez mayor cuanto más lo calentemos. A veces, por olvido o por diseño equivocado, se instalan también cortinas que cubren los radiadores de calefacción, dejándolos encerrados frente al vidrio. Si el ambiente de la casa esta a 20°C, el ambiente encima del calefactor y detrás de la cortina puede estar a 40° o 50°C, entonces la energía que entrega el radiador se fugará mayoritariamente hacia el exterior por el vidrio.

### Los calefactores o radiadores tienen que estar lejos de los vidrios y de las cortinas

Pregunta frecuente: ¿no es que el calefactor debajo de la ventana sirve para que no se empañe el vidrio?

Sí, impide que se empañe el vidrio por acción de la alta temperatura, no hay condensación en superficies que se encuentran a mayor temperatura que el ambiente. Pero calentar el vidrio es desempañar con uso excesivo de energía. Con soluciones de doble vidrio, o con vidrio y plástico, o con doble cortinado cerrado en la parte superior, se obtiene el mismo resultado sin grandes pérdidas de energía. Pensando en un futuro no muy lejano, no es buena estrategia respaldarse en soluciones que usan mucha energía, porque es muy probable que no dispongamos de tales cantidades.

Las cortinas en las ventanas son muy efectivas, y cuanto más gruesas mejor. Una buena solución de doble cortinado incluye una tela fina, traslúcida, que deja pasar bien la luz del día, y otra gruesa y opaca para cerrar en la noche. Es muy importante cerrar por encima el cortinado. En las casas antiguas van a ver un cajoncito superior en donde se sitúa la guía de la cortina. Ese cajoncito no se ponía para sostener la guía sino para que el aire no circulara y no se tuviera convección descendente que enfriara el aire en contacto con el vidrio. También puede hacerse una cortina con exceso de tela para impedir que el aire circule, aunque lo ideal es algo similar a aquel cajoncito superior típico de una época en que la energía era escasa y muy cara.

Es interesante pensar también en la solución de vidrio y plástico como alternativa al doble vidriado. El vidrio es un buen reflector de radiación infrarroja y evita una buena parte de la transferencia de calor del ambiente interior. El coeficiente térmico por conducción del vidrio no es malo, es mejor que el de los ladrillos, pero el vidrio tiene muy poco espesor, este es el problema. Cuando se pone doble vidrio separado a 1 cm de distancia, mejora mucho con esa cámara de aire pequeña en donde habrá convección pero no demasiada por la corta distancia que los

separa. Lo mismo ocurre si agregamos un plástico. Claro, sí, ya sé, no es transparente y no puede verse hacia fuera. Pero, en su casa, ¿cuántas ventanas son de vista y cuántas de luz? Muchas veces queremos luz pero no vista y ahí las soluciones pueden darse económicamente con agregados de plástico. Y hasta podría ocurrir que no quisiéramos que se vea a través de un vidrio en un cierto lugar, como puede ser una ventana de baño o de un pasillo de entrada a la casa.

Un paso más eficiente y económico sería agregar un marco de ventana extra con doble plástico, entonces tendríamos doble cámara de aire: una entre vidrio y primer plástico, y otra entre los dos plásticos. En este caso, probablemente sería más aislante que un doble vidrio. No hay que olvidarse que la existencia de al menos un vidrio es importante, porque el plástico no detiene la onda infrarroja con la misma efectividad que el vidrio. Además, si le da el sol el plástico tiene que tener protección UV (ultravioleta, tipo para invernadero). En la instalación, cuidado que tiene lado, hay uno que es resistente UV y el otro lado no.

### **5.5 Autonomía térmica a prueba**

Toda crisis va junto a posibilidades de cambio y mejoras. En el último corte de gas en Bariloche, tuvimos la oportunidad de experimentar la situación a la que nos enfrentamos cuando no hay provisión de gas. El lamentable accidente tuvo sin duda un costado útil. Aun de manera intempestiva y cruda, nos mostró la dependencia enorme que tenemos con la energía y en especial con el gas. Ya resuelto el problema y retornando a la normalidad, podemos pensar en distintos aspectos del corte para aprender algo del mal momento.

Si bien este corte duró sólo unos días, dejó muchas enseñanzas. No hay que olvidarse que el gas es un combustible no renovable, que tarde o temprano no lo tendremos, no sólo por unos días, y no por un accidente, sino porque la cantidad o su precio no permitirán usarlo con los fines que tiene en la actualidad.

Con ausencia casi total de aislaciones térmicas en los edificios, usamos grandes cantidades de gas o de leña para compensar la enorme cantidad de calor que pierde la casa en los largos inviernos de la Patagonia Andina. Sin aislaciones térmicas la autonomía del edificio en invierno es mínima y, como la mayoría de los vecinos pudo comprobar en esos días dramáticos, en pocas horas la casa se encontraba en temperaturas desagradables. Cuando es mucho el calor que se pierde y no se repone con combustibles la temperatura baja rápidamente.

Desde hace varias décadas, las heladeras domiciliarias (refrigeradores o frigos, depende del castellano que hablemos) mejoraron paso a paso en el ahorro energético. Este es un ejemplo que nos puede ser útil para diseñar la mejora de nuestras viviendas, ¿qué hacer para aumentar la autonomía?, ¿qué hacer para aumentar las horas en que la casa es confortable sin aporte de gas o leña o electricidad?

La mejora principal en las heladeras estuvo en las aislaciones térmicas de los gabinetes. Noten que las paredes de las mejores heladeras son más finas que las de menor calidad y mucho más finas que las antiguas. Esto se debe a que mejoraron los aislantes. Un parámetro de calidad que aparece en los manuales de uso es la autonomía, y sirve para comparar una con otra. Por ejemplo, una autonomía de 18 horas significa que, sin electricidad, tanto la heladera como el compartimiento de freezer se mantendrán fríos durante 18 horas.

En un edificio, si bien es muy difícil mantener el confort durante todo el tiempo sin calefacción, trabajar para el aumento de la autonomía reducirá el consumo y nos hará menos dependientes del suministro.

## 5.6 La asombrosa cantidad de leña que reemplazaría al gas natural

En la actualidad, en la zona fría Patagónica de Argentina nos encontramos muy lejos de la condición de sustentabilidad energética. Si por algún motivo no tuviéramos gas natural, el reemplazo de las cantidades que usamos de gas requeriría alrededor de 14 toneladas de leña por casa y por año. Para un cálculo rápido y aproximado podemos considerar este promedio para los 40.000 usuarios de gas que fueron desconectados y reconectados cuando ocurrió el accidente que nos dejó desamparados sin gas: el total daría un reemplazo de gas por 560.000 toneladas de leña por año. Está claro que con este consumo nos quedaríamos sin bosques en pocos inviernos, tanto de los bosques cercanos como de algunos de los alejados.

***Pero, ¿de dónde surge esta cantidad enorme de leña que usaríamos?***

Ya mencionamos que en un estudio del Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medio Ambiente, del CONICET y Centro Regional Universitario Bariloche, se encontró que el promedio de consumo de gas natural de una casa típica de 100 m<sup>2</sup> en esa ciudad es cercano a 5000 m<sup>3</sup> de gas por año. Puesto en unidades de energía esta cantidad de gas representa al menos 50000 kWh, y si queremos

reemplazarlo por leña hay que considerar que 1 kg de leña provee 3,5 kWh, con lo cual  $50000/3,5 = 14300$  kg de leña por año y por vivienda. Esta es una cantidad de mínima porque en general la leña se usa con rendimiento operativo y térmico un poco inferior al gas.

Esta cantidad de energía es el triple de lo que se usaría si los edificios tuvieran buenas aislaciones térmicas, y el doble de lo que se usaría si dispusiéramos de aislaciones térmicas moderadas. Las propuestas de mejoras térmicas van más allá del concepto de “ahorro energético”, y se refieren a evitar desperdiciar en forma innecesaria los recursos valiosos que tenemos.

Bueno, de acuerdo, pero, ¿cuál es el componente de la casa por donde se escapa la mayor cantidad de calor?, ¿vidrios, techo, pisos, paredes?

***En la situación actual de los edificios, por las paredes se pierde mayor cantidad de calor que por los techos;***

y entonces tenemos una nueva pregunta, ¿por qué?

## 5.7 Conductividad y Transmitancia térmica

Un índice de calidad térmica de los materiales es la conductividad. Esta indica cuánto calor se transmite por cada grado de diferencia de temperatura y por cada unidad de superficie y espesor. Por ejemplo, los ladrillos comunes y el hormigón tienen conductividades entre 0,7 y 1,2 kcal/h°Cm, mientras que la lana de vidrio y otros materiales aislantes presentan valores de 0,03 a 0,04 kcal/h°Cm. Noten que la unidad de medida contiene a la energía; nos dice cuánta energía se está perdiendo en cada hora y para cada °C de diferencia de temperatura. La enorme diferencia de conductividad entre los materiales compactos pesados y los porosos livianos aun no nos da la imagen correcta para atrapar el concepto de por dónde empezar y de cómo aislar la vivienda, porque falta el espesor.

Un muy buen material aislante pero de mínimo espesor no disminuirá mucho la transmisión de calor. Dicho de otra manera, una plancha de pocos milímetros de espesor de material aislante no aumentará significativamente la eficiencia térmica de la casa. **No hay magia en esto**, para una mejora que se note en los consumos de energía **los espesores de los aislantes deben ser de varios centímetros**, y cuanto mayor espesor mejor.

Al incluir el espesor obtenemos el índice realista de transmisión térmica, que se llama Transmitancia. Esta se deriva de dividir la conductividad por el espesor del material.

Así, una pared de ladrillos macizos comunes de 0,14 m de espesor tiene una transmitancia cercana a  $5 \text{ kcal/h}^\circ\text{Cm}^2$  (se obtiene de su conductividad de  $0,7 \text{ kcal/h}^\circ\text{Cm}$  dividido por el espesor de  $0,14 \text{ m}$ ). Para hormigón del mismo espesor tendremos  $8,5 \text{ kcal/h}^\circ\text{Cm}^2$  (se obtiene de  $1,2 \text{ kcal/h}^\circ\text{Cm}$  dividido  $0,14 \text{ m}$ ).

*En la transmitancia de  $5 \text{ kcal/h}^\circ\text{Cm}^2$  aparece el  $\text{m}^2$ , significando que se pierden  $5 \text{ kcal/h}$  por cada  $^\circ\text{C}$  de diferencia de temperatura entre exterior e interior, y por cada  $\text{m}^2$  de superficie de pared.*

*Quando van a comprar un material aislante **pregunten por la Transmitancia, y no le presten demasiada importancia a la conductividad**. Por ejemplo, un excelente aislante que tiene conductividad  $0,03 \text{ kcal/h}^\circ\text{Cm}$ , pero con apenas 3 milímetros de espesor tendrá una Transmitancia de  $10 \text{ kcal/h}^\circ\text{Cm}^2$ ; la cual es peor que la de los ladrillos y aun que la del hormigón de 14 cm de espesor. Hay que procurar centímetros en lugar de milímetros de aislantes, salvo que estemos en presencia de materiales sofisticados usados en naves espaciales o en cámaras con vacío o en materiales con cambio de fase, pero estas alternativas “súper high-tech” no creo que vayan a ser lo habitual en su búsqueda de abrigar la vivienda.*

Agregando a la pared 5 cm de lana de vidrio o telgopor (5 cm es igual a  $0,05\text{m}$ ), la transmitancia resulta de  $0,5 \text{ kcal/h}^\circ\text{Cm}^2$ . Vale decir, se pierden  $0,5 \text{ kcal/h}$  por cada  $^\circ\text{C}$  de diferencia de temperatura y por  $\text{m}^2$ .

Quando agregamos 5 cm de aislante a una pared convencional de ladrillos **¡¡¡aumentamos tanto la eficiencia que perdemos 6 veces menos calor por  $\text{m}^2$ !!!** Las diferencias son enormes, vale la pena tener el esfuerzo de considerar la inversión y el cambio.

## 5.8 Paredes y techos fríos en invierno, calientes en verano

En la construcción convencional actual no se usan aislantes en las paredes pero sí en los techos. Si se pusieron 5 cm de lana de vidrio en el techo, éste tendrá una transmitancia cercana a los  $0,5 \text{ kcal/h}^\circ\text{Cm}^2$ ; mientras que las paredes de ladrillos revocadas, o de tabique de madera con cámara de aire sin aislante, presentarán una transmitancia de 3 a  $5 \text{ kcal/h}^\circ\text{Cm}^2$  (dependiendo del tipo de ladrillos y espesores).

Aquí se ve claramente que, en las condiciones actuales de la mayoría de los edificios de Argentina y Chile, las paredes, y no los techos, son los lugares por donde se pierde más calor. Los vidrios son importantes también, pero las superficies de pared son mucho mayores, y también se encuentran atenuantes en los vidrios cuando se usan cortinas, persianas, o postigos, que disminuyen en algo la pérdida de calor.

En el sur de Chile, donde la calefacción demanda la mayor parte de la energía usada en los edificios, es común una tipología constructiva de vivienda en donde el piso superior está cerrado por el techo. Es fácil distinguirla, el techo tiene mucha inclinación y alberga un segundo piso en general usado para dormitorios.

Es una buena solución que ahorra materiales y concentra el calor de la casa. Sin embargo, si el techo no tiene aislación adecuada, el calor que se pierde rápidamente enfría el ambiente.

Me pasó de alquilar por varios meses de invierno un cuarto de este tipo, y en la mitad de la noche, con la calefacción a leña ya extinguida, sentía una corriente fría en la cabeza. Tocando el techo próximo encima de la cama comprobaba sistemáticamente que estaba casi helado del lado interior, y con notable humedad superficial. Cuando una superficie dentro de la casa se enfría, es posible que se supere el umbral de condensación, y el vapor que naturalmente es alto en una vivienda condense.

En verano, muy interesante, el mismo techo se calentaba hasta tal punto que la temperatura de los dormitorios alcanzaba en pocas horas de la tarde 33 °C, cuando fuera de la casa la temperatura exterior no superaba los 25°C. Nuevamente aparece el hecho que ya discutimos en varias secciones anteriores: donde observen pared interna en verano tendrán pared fría en invierno. El calor fluye desde la zona de mayor temperatura hacia la zona de menor temperatura. Un techo caliente en verano es “como un calefactor en funcionamiento máximo”, y debe ser bien aislado para que no cree ambientes muy cálidos y eventualmente la necesidad de aire acondicionado.

Recuerdo una casa que alquilaba en Bariloche, en donde el techo tenía o mínima aislación térmica o ninguna (no sé exacto porque no abrí el techo para ver). En invierno no se sufría el efecto enfriador porque el uso de gas muy barato por el subsidio compensaba la gran pérdida. Pero en verano el calor era insostenible, y en muchas oportunidades medí 40°C en el piso superior de esa casa. Por otro lado, cuando llovía el ruido en la chapa (lata) del techo se hacía ensordecedor. Con lluvia intensa costaba escuchar radio y hasta tener una conversación telefónica normal.

Un techo con buena aislación térmica, más de 10 cm, no transmite bien el ruido de la lluvia. Para los románticos que muchas veces me dicen “no me vas a dejar sin el ruidito de la lluvia”, les aconsejo aislar muy bien el techo y a la vez instalarse un invernadero adosado a la vivienda, desde el cual pueden tener todo el ruido de lluvia que quieran, sin comprometer el confort de la casa con mínima energía.

Otro efecto de ruido, indeseado en este caso, puede ser la caminata matutina de pájaros en el techo. En zonas como el valle del Río Negro y Neuquén, es muy común que las palomas se instalen en los techos de las casas. Estos maravillosos representantes de la paz pueden quebrar nuestra paz matinal con su actividad muy temprana, caminando con nerviosismo y teniendo sus disputas y amoríos en el techo de la casa. Aquí tenemos un nuevo indicador de mala aislación de techos, ruido de aves. Si ponen mínimo 10 cm de aislante térmico no escucharán tan intenso esos ruidos, y si ponen más de 15 cm no escucharán casi nada.

En la mayoría de viviendas la mejora térmica del techo es muy fácil de realizar. Levantar el techo para arreglar este problema es muy complicado y tiene riesgos de que algún soporte se quiebre al sacar los clavos o al caminarlo para trabajar. Si el techo no tiene problemas de filtraciones de agua y su inspección general da un resultado aceptable, entonces puede olvidarse la parte superior y pensar en trabajar el aislante desde el interior. En los casos en que el techo está montado sobre tirantes (también llamados tijerales porque en techo a dos aguas la forma semeja tijeras), es sencillo ubicar aislantes térmicos en el espacio entre tijerales, poner por debajo una barrera de vapor y cerrar con algún elemento de cerramiento a gusto.

Por ejemplo, en un techo convencional armado sobre tijerales que tiene de 2 a 5 cm de lana de vidrio, se mejora muchísimo situando desde el interior de la vivienda otros 10 cm de aislante, que pueden ser lana de vidrio, telgopor, o alternativas de reciclado como cartón o viruta de madera. Un amigo instaló una aislación térmica muy efectiva de 20 cm de espesor realizada con viruta de madera envuelta en bolsas de plástico individuales de 25cmx35cm. Compró un rollo de bolsitas de plástico, buscó en carpinterías la viruta de madera, embolsó agregando un poco de cal, y fue colocando las bolsas aislantes a medida que colocaba el cerramiento en madera. Es decir, la cuestión económica no debería impedir tener un techo bien aislado.

En las experiencias de laboratorio que realizamos en la Universidad del Comahue en Bariloche (bibliografía Gutiérrez y González, año 2012), obtuvimos que

el cartón y la viruta de madera son muy buenos aislantes térmicos. Si tienen dudas en cuanto al ataque de insectos pueden agregar bórax (borato de sodio) cuando lo instalan, este es un producto que no les gusta a los insectos, es además retardador de llama, y para nosotros se vende en farmacias para aliviar dolores de garganta.

En viruta de madera se mezcla bien una taza de bórax por cada 200 litros de viruta. Para este trabajo hay que comprar el bórax en bolsa grande en alguna empresa química, es económico pero no si se compran los sobrecitos de 20 g en una farmacia. Lo mismo aplica para el cartón, aserrín u otro material que pueda ser gustoso para los insectos. A falta de bórax se usa cal de construcción, tal vez no sea tan efectiva pero ayuda. En cuanto a los ratones, lo mejor es cerrar bien los espacios en donde están los aislantes, y evitar que entren. Cuando instalan aislantes, en cada etapa vayan pensando cómo cerrar el paso a los insectos y roedores. Hay muchos materiales económicos para esto: revestimiento cementicio tipo siding; metal; madera pintada; malla metálica y estuco (revoque) de yeso o cementicio; etc.

### **5.9 Condensación en superficies frías, ¿por qué?**

Mencionamos aquí la condensación de agua en el techo frío, que también puede ocurrir en paredes. Esos rincones de la casa en donde se junta humedad son buenos ejemplos de pared mal aislada y lista para condensar vapor. En el interior de la casa el vapor se encuentra en equilibrio sustentado por el aire a una determinada temperatura, digamos 20°C. El vapor es agua en estado gaseoso y está mezclado con el aire. A mayor temperatura del aire, mayor es la cantidad de gramos de vapor por m<sup>3</sup> de aire que se puede sustentar. ¿Por qué? porque el movimiento molecular es mayor cuando aumenta la temperatura y es más fácil incluir más vapor entre moléculas de aire con mayor movilidad. Cuando el aire a 20°C encuentra la zona de la pared fría disminuye su capacidad de sostener la cantidad de vapor que tenía en equilibrio a 20°C porque ahora, cerca de la pared fría, tal vez se encuentre a menos de 10°C, y el vapor en exceso que no puede sostenerse condensará. Toda esta larga explicación para decir lo mismo que “ocurre lo mismo que en el agua condensada en los vidrios en invierno”. De todos modos, por lo que veo en los cursos y talleres esta cuestión no es fácil de entender y vale la repetición con otras palabras.

Lo que no es habitual en nuestra percepción es que en una pared fría puede ocurrir lo mismo que en un vidrio, simplemente porque la pared sin aislante térmico también puede enfriarse mucho.

¿Por qué aparece humedad y condensación en las esquinas de la pared, cuando toda la pared tiene la misma mala aislación térmica?

¿Por qué no se humedece toda la pared en lugar de solamente las esquinas?

Es una cuestión geométrica, dibujen la esquina de la pared con espesor y verán que hay una superficie grande exterior asociada a una superficie pequeña interior. El espesor de la pared en las esquinas crea esta singularidad, y entonces aumenta la pérdida de calor hacia una mayor superficie exterior fría en esos lugares. Esto hace que las esquinas de la pared interna tengan menor temperatura que el resto, y a menor temperatura tendremos más condensación. El efecto es más notable en esquinas con columnas de hormigón sin aislantes.

¿Por qué hay mucho vapor en una vivienda, y por qué es mayor la humedad interna a la externa en clima frío?

El vapor de la casa se produce en todas las actividades: respirar, transpirar, cocinar, bañarse, lavar platos, lavar ropa, limpiar los pisos, etc. En clima frío la humedad absoluta en gramos de vapor por  $m^3$  de aire es siempre mayor dentro de la casa que fuera. Noten que no escribo “humedad relativa” sino humedad absoluta, ¿cuál es la diferencia?

La humedad relativa es un porcentaje, 40%, 50%, 80%, 100%, etc.

En cambio la humedad absoluta es la cantidad real de gramos de vapor en el aire y no se mide en porcentaje sino en gramos por cada  $m^3$  de aire. Hay que distinguir estas dos formas de medir humedad para entender el proceso de condensación. Como dijimos antes, para cada temperatura el aire sostiene una cantidad máxima de vapor en suspensión. Por ejemplo, a  $20^{\circ}C$  el aire puede contener un máximo de 1,7% de vapor de agua, en peso, lo cual es cerca de 20 gramos de vapor en un  $m^3$  de aire, mientras que a  $0^{\circ}C$  ese máximo de vapor que contiene el aire es de sólo 9 gramos por  $m^3$ .

Imaginemos entonces un día de invierno con  $0^{\circ}C$  de temperatura exterior y 90% de humedad exterior. En el interior de la casa tenemos  $20^{\circ}C$  y humedad relativa interior de 70%.

Pregunta: si ventilamos, ¿aumenta o disminuye la humedad dentro de la casa?

La respuesta rápida: 90% fuera, 70% dentro, entonces conviene, **es errónea**, porque esos porcentajes están asociados a aire con distintas temperaturas, y la humedad depende mucho de la temperatura.

La respuesta correcta se obtiene conociendo las humedades absolutas dentro y fuera. En el exterior,  $0^{\circ}C$ , con 90% de humedad relativa, la humedad absoluta

exterior es  $9 \text{ gramos/m}^3 * 90/100 = 8,1 \text{ gramos/m}^3$ . Esta es la cantidad real de vapor que tenemos fuera en  $1 \text{ m}^3$  de aire.

Bien, ahora vayamos al interior. La humedad es 70%, y a  $20^\circ\text{C}$  sabemos que el aire puede tener un máximo de 20 gramos por  $\text{m}^3$ , entonces la humedad absoluta interior es  $20 \text{ gramos/m}^3 * 70/100 = 14 \text{ gramos por m}^3$ . Ah, ahora vemos que dentro de la casa hay más vapor en cada  $\text{m}^3$  de aire que fuera, hay 14 dentro y 8,1 fuera. Si permito la entrada de aire frío y más seco y luego lo caliento con la calefacción conseguiré que la humedad baje. Entonces conviene ventilar en día frío, siempre que se tenga calefacción para recuperar la temperatura de la casa.

Volvamos a esta casa en es día de invierno, segunda pregunta: los vidrios son simples, de 4 mm de espesor, y un físico con un termómetro nos dice que la superficie interna del vidrio se encuentra a  $6^\circ\text{C}$  y la superficie externa del vidrio a  $3^\circ\text{C}$ . ¿hay condensación en el vidrio? ¿dentro o fuera?

Ya calculamos que dentro de la casa hay 14 gramos por cada  $\text{m}^3$  de aire (70% humedad). Como la superficie del vidrio se encuentra a  $6^\circ\text{C}$  tenemos que averiguar la cantidad de vapor máxima que puede haber en ese aire frío cercano al vidrio, y las tablas nos dicen que a  $6^\circ\text{C}$  la cantidad máxima de vapor es  $10 \text{ gramos/m}^3$ . Significa que el aire cercano al vidrio no puede sostener los 14 gramos/  $\text{m}^3$  del ambiente. Habrá condensación, y será aproximadamente 4 gramos por cada  $\text{m}^3$  de aire. Si el ambiente tiene 3m de altura, 5m de ancho y 4m de largo, podemos esperar una condensación total de 240 gramos en ese ambiente de  $60 \text{ m}^3$ .

Bien, ¿y en la cara externa del vidrio? No habrá condensación porque está a mayor temperatura ( $3^\circ\text{C}$ ) que el ambiente exterior ( $0^\circ\text{C}$ ).

Pienso que estos son ejercicios de física interesantes para ver en la escuela, y por su aplicación práctica inmediata el alumno no lo olvidará. Es muy probable también que use el concepto toda vez que piense en mejorar el aire de su casa, o mejorar sus ventanas.

## **5.10 Buscando y encontrando dónde mejorar el abrigo de la casa**

Después de 11 años investigando en este tema, pienso que para la rehabilitación térmica de viviendas lo más importante es la iniciativa del propio vecino. Quienes habitan la casa están en ventaja para detectar los problemas térmicos, porque son los que sufren paredes frías, chifletes, vidrios chorreando agua, puertas que condensan, etc.

¿Cómo detectar los lugares más críticos de pérdida de calor?

Recuerden que el calor fluye desde la zona con mayor temperatura hacia la zona más fría. En el Sur, cuando hace frío afuera hay que aprovechar para estudiar la casa. Para esto la mano es un excelente termómetro comparativo. Tocamos algo más caliente o más frío y conocemos al instante esa diferencia de temperatura. Entonces, hay que buscar con la palma de la mano esos lugares de la casa por donde se está escapando más calor, esos van a ser los lugares fríos y húmedos.

En las regiones frías y lluviosas es común instalar revestimientos de chapa (lata) o de placas de material cementicio. Éste último puede ser en forma de planchas que simulan tablas de madera (siding), o en placas de 1,20mx2,40m (board). Para su instalación se requieren soportes donde atornillar o clavar, los cuales pueden ser de madera o metal. Al atornillar la chapa o siding o board (lo que prefieran, da lo mismo a los fines térmicos), queda un espacio vacío (cámara de aire) entre el revestimiento y la pared.

**Si en lugar de dejar una cámara de aire se llenara con aislante, esa pared tendría una transmitancia de calor 2 a 3 veces menor. El mayor costo del aislante sería mínimo comparado con el gasto principal que ya se hizo en estructura, revestimiento y mano de obra.**

El revestimiento “lleno” de material poroso liviano es una forma simple y duradera de aumentar la eficiencia térmica. Resulta muy favorable la posibilidad de hacer estos revestimientos en etapas, por pared o media pared, y esperar a tener el dinero para seguir. En casa tardamos dos años en aislar todas las paredes, hecho en cinco etapas. En un año más aislamos mejor el techo; y en otro año agregamos doble vidrio a los vidrios existentes (ver bibliografía González, 2013c, por alternativas para tener doble o triple vidrio).

**En eficiencia térmica, ¡¡1 m<sup>2</sup> aislado es 1 m<sup>2</sup> ganado!!**

Otra oportunidad a la mano del usuario se encuentra en las puertas que dan al exterior. La mayor parte de las puertas que tenemos instaladas no tienen aislamiento térmico. Si uno tiene una puerta de madera maciza de 10 cm de espesor, bueno, no es tan grave y el termómetro de su mano le dirá “acá tan frío no está”. Bueno, ese vecino puede pasar a la próxima casilla.

Sin embargo, en la mayoría de los casos tenemos puertas de espesor normal, de algunos centímetros, que pierden bastante calor en dos formas, por conducción y por infiltraciones de aire.

Vayamos por partes.

## 5.11 Conducción de calor en puertas y portones

Puertas de madera: si bien la madera no es un buen aislante térmico, resulta en comparación más aislante que la mampostería o la chapa.

Sin embargo, los espesores habituales en madera son pequeños, de algunos centímetros de grosor, y esto hace que fluya mucho calor hacia el exterior. Un material puede ser buen aislante, pero si el espesor es pequeño el aislamiento es pequeño también; por ejemplo, las planchas de pocos milímetros que se usan como aislante bajo alfombra.

Algunas puertas tienen la estructura de madera más gruesa (entre 5 y 7 cm), pero se cierran con paneles finos, de 1 a 2 cm de espesor, y que tienen molduras con detalles decorativos que adelgazan el espesor. Es en estos paneles de poco espesor en donde se concentra la mayor pérdida de calor de una puerta. Nótenlo ustedes mismos sintiendo con la palma de su mano la temperatura.

Más aun se pierde calor en las puertas de chapa (lata). Este material conduce bien el calor, y térmicamente no es recomendable para nuestra zona, aunque se puede rehabilitar en forma sencilla.

Una puerta de chapa estará fría en invierno y caliente en verano. Si le da el sol es un buen calefactor, tanto en invierno como en verano, pero luego perderá rápidamente calor en la noche. De todos modos, la puerta o portón de chapa es elegida en muchos casos por sus ventajas de durabilidad y seguridad, y esto es bueno. No es lo mismo romper una puerta de chapa que una de madera, y las cerraduras quedan muy bien fijadas ya sea con soldadura o remaches.

Si les agregamos aislamiento térmico por fuera, como veremos enseguida, son una buena opción eficiente; aunque sin aislante no.

### ***Cómo aislar puertas y portones***

Es simple, y agreguemos portones que es el mismo caso. Como ya vimos, en zona fría conviene poner las aislaciones térmicas por fuera. Entonces, vamos por fuera y pensamos como acomodar el aislante. Se puede usar telgopor, lana de vidrio, cartón corrugado (reciclado de cajas), u otro. En todos los casos vamos a poner el aislante cubriendo la puerta, y para esto hay que formar una especie de cajoncito con listones de madera, llenar con el aislante, luego cerrar todo con un revestimiento que impida el paso del agua, y finalmente pintar bien. Esta es la idea general y cada uno elige la forma de hacerlo que prefiera.

El espesor mínimo de aislante debería ser 2 cm en el caso de puertas de madera y 3 a 4 cm si son de chapa. Antes de hacer el trabajo vean cómo va a cerrar la puerta, que no interfiera el soporte o el aislante, etc.

Siempre es mejor pensar antes, para evitar desarmar y arreglar (o por lo menos pensar es de bajo costo).

Un ejemplo de cómo podría hacerse: listones de 2 a 2,5 cm (1 pulgada cepillado) fijado con tornillos a la puerta, telgopor o lana de vidrio de 2 cm cortado justo para evitar espacios de aire (para el montaje fijar con unos clavitos finos), y revestimiento final de fibrofácil (“Trupan” en Chile) de 5 mm, o también puede ser machimbre de madera fino (traslapo en Chile), que se clava o atornilla a los listones. Luego si hace falta se sella con silicona (fastix) y se pinta bien para que el agua no lo dañe.

El panel de puerta aislado de esta manera tiene una transmitancia térmica similar a una pared de ladrillos de 40 a 50 cm de espesor. Si se usa cartón como aislante (reciclado, muy bueno para el ambiente), el espesor debería ser un poco mayor, de 3 a 4 cm de cartón. Éste tendrá la misma aislación que 2 cm de telgopor o lana de vidrio, y si el revestimiento está bien sellado y pintado el cartón no se humedecerá.

Si la puerta es de chapa se procede en forma similar. Se pueden hacer unos agujeritos en la chapa y fijar los tornillos a los listones de madera; o también usar tornillos para chapa y hacer al revés, agujerear los listones y atornillar en la chapa. Se coloca el aislante y se cierra con el revestimiento, cuidando de que quede sellado y pintado para repeler el agua.

Una versión comercial de estas rehabilitaciones son las puertas de PVC rellenas de poliuretano. El poliuretano es un aislante similar al telgopor (plumavit), con un índice térmico un poco mejor. El conocido “expanding” es poliuretano líquido que se expande en contacto con la humedad del aire. Lo que proponemos aquí como agregado de aislante por fuera a las puertas existentes, en las comerciales se lo colocan por dentro en la fabricación.

## **5.12 ¿Olvidamos las Infiltraciones de aire?**

Existen varios tipos de burletes que pueden acondicionarse en puertas y ventanas. Funcionan bien. Sin embargo, en muchos casos los espacios por donde pasa el aire frío (o caliente depende de dónde estemos) no son de dimensión pareja. Esto pasa porque las puertas y ventanas se deforman irregularmente, o porque la madera se seca, o por temperatura, o por humedad. Cuando los espacios para infiltraciones

no son parejos los burletes se acomodan bien en una parte pero no en otra. En una parte pueden quedar “flojos” y en otras muy apretados o hasta molestar para el cierre de la ventana o puerta.

En mi casa sufrí enormes infiltraciones de aire frío por mucho tiempo hasta que un carpintero me dio la solución:

“poné silicona en todo el borde desparejo, y cerrá la ventana para adaptar la forma de la silicona al chiflete”,

y agregó,

“¡¡cuidado!! ¡ojo! poné abundante cinta de papel para que la silicona no pegue la ventana y el marco, sino no la abrís más”.

Lo hice en puertas y ventanas y funcionó perfecto. Hay que esperar al menos 24 horas para abrir y revisar. La apertura hay que hacerla con cuidado, la cinta de papel también pega bastante pero sale. En algunos lugares repetí la aplicación en un segundo día porque observé que no había sido suficiente, y rellené los huecos que quedaban. Puede usarse silicona pintable y finalizar el trabajo con la misma pintura del marco de la puerta o ventana.

Luego de varios inviernos puedo decir que hasta ahora es la mejor solución que he encontrado para rehabilitar infiltraciones en aberturas, y por lo que observo parece un arreglo que no se va a deteriorar fácilmente.

En cuanto a puertas nos quedó un detalle: la parte inferior de la puerta, esa gran infiltración que a veces se llama el bajo-puerta. Este es además un espacio abierto para la entrada de insectos (tijeretas, alacranes), y hasta de ratoncitos pequeños que luego crecen contentos en el calor del hogar dulce hogar.

Lo más simple y efectivo que conozco para rehabilitar el bajo puerta es hacer un zócalo de unos 5 cm de altura, y que la puerta cierre apretando el zócalo en todo el ancho. De esta forma se arreglan al mismo tiempo las infiltraciones del bajo puerta y la entrada de bichos.

Hay quienes protestan contra esta solución: “no me gusta porque no puedo tirar hacia fuera todo lo que barrí”.

Claro, sí, pero hay que ver ventajas y desventajas; creo que detener el aire frío que entra por el bajo-puerta, y los insectos, vale el esfuerzo de usar una palita para juntar lo que se barrió.

En casas con combustión de gas o de leña debe cuidarse de tener la ventilación suficiente. Lo recomendado es tener las rejillas reglamentarias inferior y superior que exigen las compañías de gas. Si las infiltraciones de aire además cumplen funciones de ventilación, entonces hay que tener cuidado de no sellarlas a todas.

### *Infiltraciones de aire en paredes y techo*

Hay también infiltraciones en paredes y techos, y estas son más difíciles de detectar que en las puertas y ventanas. Una entrada de aire típica es la que aparece entre la mampostería y las estructuras de madera.

Estas construcciones tienen ventajas térmicas, porque la estructura de madera no tiene las grandes pérdidas de calor que presenta el hormigón. Sin embargo, como al secar la madera y la mampostería contraen en forma diferente, aparecen casi inevitablemente infiltraciones. Estas se resuelven muy bien con bolsitas de plástico, apretadas dentro del espacio con una espátula plana de las que se usan para masilla o yeso. Se van agregando bolsitas de a poco hasta que se llena bien el espacio. Es un material muy durable, y es mejor que esté cumpliendo una función para la eficiencia y no que estén volando en la naturaleza.

De la misma forma pueden arreglarse los espacios que quedan en el apoyo del techo de madera, ya sea en la mampostería o en la pared de madera. Este es otro típico que lo tienen casi todas las construcciones con techo de madera. Se apoyan las vigas del techo sobre las paredes o viga de encadenado, luego se pone el machimbre del techo y se cierra el espacio que queda abierto hacia el exterior, ya sea con ladrillos y mampostería o con tablas de madera. Esto es lo que en obra se llama “rasado”. Otra vez, como la madera y la mampostería tienen diferente contracción, al secarse ambas aparecen pequeños espacios que constituyen futuras infiltraciones de aire. No son fáciles de notar porque están arriba de nuestras cabezas. Ahí se puede ir también con las bolsitas y la espátula y llenar bien esos espacios. Por supuesto que esos espacios pueden llenarse también con silicona o “expanding”, pero a veces son aberturas de muy poco ancho y la boquilla de los aplicadores no entra en los espacios. En esos casos no hay mejor que el reciclado de bolsitas aplicado con la espátula plana, pero si el espacio es muy grande tal vez mejor aplicar “expanding”. Por otro lado, según el lugar, una mezcla de arcilla, paja de cereal, y arena en proporción 1:1:4 es también muy adecuada para tapar infiltraciones grandes.

Ya que discutimos sobre puertas les dejo una inquietud.

*Tenemos la costumbre de que las puertas y ventanas abran hacia dentro de la casa. Muchas veces nos encontramos con entradas que son difíciles de adaptar, y sin embargo en el exterior se tiene una importante extensión de terreno. Uno se pregunta, ¿con tanto lugar en el exterior, por qué no abre la puerta hacia afuera?*

*Con las ventanas pasa igual, y en el caso de que abran hacia afuera se aprovecha más el espacio interior. También vemos a veces un baño pequeño en el*

que hay que hacer malabarismos para acomodarse dentro y poder cerrar la puerta; si ésta abriera hacia afuera sería muy cómodo.

Un amigo argumentó: “pero si te abren la puerta del baño es incómodo”. Bueno, para eso se inventaron las cerraduras o los pasadores; y en todo caso, dependiendo de dónde esté cada artefacto en el baño, una apertura súbita de una puerta hacia adentro puede ser aun peor.

Puede que en algunos casos no se adapte, tienen que decidirlo ustedes, aquí les dejo la inquietud para sumar diversidad a las soluciones.

Otra costumbre es situar las puertas y ventanas coincidentes con el plano interior de la pared. Esto tiene varias desventajas: 1) la turbulencia del viento aumenta la transmisión de calor en los vidrios; 2) el zócalo de la abertura que queda del lado externo se encuentra sometido al frío o calor exterior, y será mayor la transmisión de calor al interior; 3) el espacio amplio del espesor de pared no se aprovecha como espacio interior de la casa.

Tanto en el caso de ser profesional de la construcción o simplemente ser habitante de la casa, es útil someter a revisión las costumbres constructivas. Éstas pasan de una generación a otra con pocas variantes, copiando la mayoría de las elecciones sin mucha discusión. En parte esto es lo que ocurre en los casos de diseños constructivos que no se adaptan al clima.

Quien se muda desde la zona central del país al interior lleva consigo algo más que el equipaje material, y con ello se construye la casa a imagen y semejanza de la que vio toda la vida en su lugar de origen, quizá a miles de km al norte, con clima muy distinto.

Tengo otro ejemplo con los materiales. Hay terrenos que son arenosos y tienen poca materia orgánica. Estos pueden ser aptos para realizar hormigón pobre para pisos y junta de ladrillos, y en estos casos se ahorra el costo de compra y transporte de arena a la obra. Sin embargo, son pocos los casos en donde se utiliza suelo arenoso para mezclas con cemento. Si uno tiene dudas si va a funcionar o no, el mejor camino es experimentar con una parte pequeña y ver cómo funciona, ¿endureció, resiste golpes, se quiebra fácil? Cada uno puede experimentar y observar los resultados de una práctica innovadora.

Construir **la propia idea** es parte de la satisfacción creativa que tiene el trabajo de construcción, que para mí es uno de los trabajos más nobles, junto con la agricultura. Hacerle a alguien la casa que lo abriga, y proveerle alimento, no son poca cosa. Tristemente, es común en nuestros países que estos dos oficios estén entre los menos valorados y peores pagos.

## 6. Mitos y realidades energéticas

*“El Auditorio de General Pico, con una envolvente energéticamente eficiente, ganancia solar directa e indirecta, y masa de acumulación, garantiza el confort de invierno con un 50% de ahorro de energía en calefacción, tomando como base de referencia el mismo edificio en su formato convencional”*

S. Flores Larsen y C. Filippín,  
AVERMA vol. 10, año 2006, Artículo 5.11, pág. 5.79

La revista AVERMA (Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente) es de libre acceso, disponible en <http://www.cricyt.edu.ar/asades/index.php>. En ella van a encontrar muchos artículos que tratan sobre eficiencia y aprovechamiento de recursos naturales. El epígrafe corresponde a un artículo de 2006, pero existen otros con conclusiones similares escritos mucho antes. Es decir, no es nuevo que quienes estudian el tema alerten sobre lo que ocurre y discutan posibles soluciones.

El hecho que me parece muy importante es que las sugerencias no llegan masivamente a la práctica. Se habla mucho, se escribe mucho también, pero no logramos poner en marcha las rehabilitaciones térmicas que aumentarían el confort con la mitad de uso de energía.

Noten que el caso estudiado en el artículo del epígrafe se sitúa en La Pampa, lejos del frío sur. Quiero remarcar, el consumo excesivo de energía en edificios no sólo existe en la Patagonia.

En la ciudad de La Plata (clima templado cálido, temperatura media anual 15,5°C) se gasta promedio por casa en calefacción la misma cantidad de energía que en casas de Estocolmo (clima muy frío, temperatura media anual 7°C).

“Claro como el agua clara”. La comparación me trajo a la memoria ese verso tan bonito en una canción de Tarragó Ros, ([www.youtube.com/watch?v=E\\_MR8YbkSnQ](http://www.youtube.com/watch?v=E_MR8YbkSnQ))

### 6.1 Nos adaptamos a lo que tenemos

Una vez alquilé un apartamento pequeño, y tenía buena relación con el dueño, por lo cual quise ayudarlo a decidir mejoras simples en su casa que llevarían a ahorrar una cantidad notable de energía. En ese lugar el combustible no era barato.

El techo no tenía aislamiento, era un techo tradicional con teja de madera por fuera, una cámara de aire, y placa fina de madera aglomerada por dentro. En verano, en la tarde ponía la mano en el cielorraso interior y estaba caliente; y en invierno, respetando las leyes físicas, ocurría lo contrario, el cielorraso estaba helado, y se notaba húmedo por condensación del vapor interior de la casa en esa superficie fría.

Era sencillo repararlo. Podría agregarse otro cielorraso con aislante del lado interior o adicionarse otra cubierta con aislante por fuera. El techo estaba muy bien construido, con madera nativa de muy buena calidad y resistiría otra cubierta sin problemas. Además, sería fácil de colocar porque los soportes se podían atornillar a la techumbre existente sin quitar nada. De todos modos, nada de esto iba a ocurrir porque en la conversación el dueño se mostró más que convencido de que tenía un excelente techo tradicional, y lo percibía con buen aislamiento porque era de madera. Sin embargo, mientras intentaba convencerme de esto la charla trascurría en el piso superior en verano, y el ambiente ya había superado los 30°C.

Si vamos a las tablas de coeficientes térmicos (más adelante veremos esto en detalle), la madera resulta mejor aislante que el ladrillo, y peor aislante que la lana de vidrio o el cartón. Aunque, en todos los materiales el efecto final depende del espesor. Por ejemplo, una madera de 10 cm de espesor es mejor aislante que 1 cm de lana de vidrio. ¡Pero no hacemos revestimientos de 10 cm de madera! Si tenemos 1 o 2 cm de madera no alcanza, es una protección demasiado mínima, equivale a pocos milímetros de lana de vidrio o telgopor (plumavit).

Sin embargo, los detalles técnicos no hacen falta para la comprobación práctica de la falta de aislamiento, cuando se sufre calor excesivo en verano, y frío y humedad en invierno. La negación del dueño a identificar esas condiciones de falta de confort, y el convencimiento de que su casa no necesitaba mejoras térmicas, me hizo reflexionar sobre mi capacidad limitada para comunicar las ventajas del abrigo en edificios.

Quizá también ocurre que es muy fuerte la tendencia a adaptarnos a lo que tenemos, y para quedarnos tranquilos con lo que tenemos, podemos llegar a convencernos que ni hace falta mejorar.

Esta comprobación me llevó a pensar que el precio bajo de un combustible, por sí sólo, no determina el alto consumo. Estudiando hábitos cotidianos ahora entiendo que el precio del combustible es sólo una parte. El precio influye, es cierto, pero existe una enorme cantidad de edificios que no tienen combustible barato y a su vez tienen muy mala eficiencia térmica, ocurriendo que, o pagan grandes cuentas de energía o pasan frío y calor excesivos.

## 6.2 En edificios de 25 pisos pasa lo mismo

En otra oportunidad alquilé un departamento en Santiago de Chile para pasar las vacaciones de invierno. Era un edificio moderno, de unos 25 pisos (estábamos en el piso 11), muy bien hecho y con algunos detalles de lujo, con portería 24 hs, varios ascensores y todo funcionando correctamente. El único problema fue que era helado. No se podía andar descalzo por lo frío del piso, las ventanas chorreaban agua por dentro en la noche y la mañana, porque los vidrios eran simples (no dobles o triples como deberían ser), había mucho hormigón en la estructura, supongo que por los sismos, y ese bienvenido hormigón antisísmico lleva mucho hierro, que junto con el concreto transmiten muy bien el frío exterior. Las paredes eran de ladrillos, y ninguna, ni la estructura, tenían aislante térmico.

No había forma de estar confortables porque la estufa eléctrica que nos dejaron era pequeña para la pérdida de calor al exterior. ¿Y la leña? No, en Santiago de Chile no se puede usar leña por la contaminación, y menos en un departamento en el piso 11. ¿Y el gas? No había, y es carísimo, se importa por barco y no hay subsidios. Había que aguantar el frío nomás. Imagino que en verano ese departamento debe ser un horno, porque se calientan las paredes y la estructura, y no tiene aislante térmico que impida que ese calor pase al interior.

Las estructuras de hierro y concreto, muy buenas en cuanto a durabilidad y seguridad, se calientan en verano, y cuando cae el sol ese concreto es un gran radiador de calor al interior. Justo en el momento en que uno quisiera disfrutar del airecito fresco de la noche, nos llega ese calor de las paredes y techos sin aislantes, y es una enorme masa térmica que contiene gran cantidad de calor. Esto es simple, aunque si no se enseña en las escuelas como aplicaciones de la física, es difícil que después se asocie con las sensaciones de frío o calor en un edificio.

En Bariloche, en los hoteles es muy común encontrarse con la situación contraria: el calor es sofocante. Ante la pregunta de cómo regularlo, el conserje le dirá que no tiene regulación y que “si tiene calor que abra la ventana”. Esto es textualmente lo que me dijeron en tres oportunidades en hoteles distintos. Hace poco, alguien que nos visitaba se hospedó en un hotel de lujo del centro de Bariloche y me comentó algo similar, agregando que los vidrios chorreaban agua en la mañana porque no eran dobles y se enfriaban demasiado con el frío exterior.

Nuevamente, comprobamos que el problema térmico es transversal a todas las construcciones, sean sencillas o lujosas, sean viviendas unifamiliares o grandes edificios.

En estos casos entendemos que el precio del gas subsidiado es tan barato que no se prevé regulación de la intensidad de calefacción. Sin embargo, el precio influye pero no es todo, porque tenemos la otra situación en donde el precio es caro y tampoco existe preocupación por resolver la eficiencia térmica. Hay algo que va más allá del precio, y lamento no tener explicaciones sólidas al respecto.

*El gas natural es mayoritariamente metano. Este se obtiene en degradación anaeróbica (sin aire) de materia orgánica realizada por bacterias. Ocurre, por ejemplo:*

*en los suelos barrosos anegados, como cultivos de arroz o lagos barrosas;  
en el estómago de las vacas, donde las bacterias degradan celulosa y otros carbohidratos;*

*en lagunas de estiércol, como las usadas en la cría intensiva de cerdos o lecherías;*

*en basureros donde no se separa la basura y la materia orgánica se tapa con otra basura y tierra (por esto hay explosiones e incendios en los basureros); y en menor medida en nuestros intestinos.*

*Entonces, el gas natural que usamos viene de la degradación de materia orgánica de aquellos restos enterrados hace mucho tiempo. Este es también el mismo metano que afecta al cambio climático, y que tiene 25 veces más poder de producir efecto invernadero que el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Los escapes directos de gas que ocurren en las perforaciones gasíferas y petroleras afectan fuertemente al cambio climático, más aun que si el gas se quemara y liberara CO<sub>2</sub> en la combustión.*

En otra oportunidad, alquilé una casa en Bariloche que tenía gas subsidiado y una caldera con sistema de radiadores de agua caliente. La construcción era buena, muy sólida, con estructura de hormigón y paredes gruesas de ladrillos, aunque sin aislamiento térmico. Con la caldera encendida por muchas horas no se tenía un ambiente general frío, salvo cuando se tocaba alguna pared o el piso. No sólo que era imposible andar descalzo sino que también era muy desagradable andar en las típicas pantuflas hogareñas. Para no sentir el frío del piso había que usar zapatos y medias.

Esa casa tenía la típica platea (radier) de hormigón que sobresale hacia afuera de las paredes convirtiéndose en la vereda perimetral. Ese tipo de platea (radier) es

una sola pieza de hormigón dentro y fuera de la vivienda. Esto es muy común, obsérvenlo por ustedes mismos. En invierno, con menos de 0°C en el exterior, la parte que sobresale como vereda perimetral actúa de aleta refrigeradora: tendrá muy baja temperatura en el exterior y por conducción del calor enfriará el piso interno de la casa (el calor fluye de manera espontánea desde mayor hacia menor temperatura).

En esa casa que les describo, muy bien hecha y sólida, el baño tenía un calefactor, y por su efecto el aire no estaba tan mal; aunque ahí el tremendo shock venía en la ducha porque el piso y las paredes de cerámicos estaban helados. Había que estar bien confinado bajo la lluvia de agua caliente, porque sólo un roce con las paredes daba la sensación de haber sido tocado por un témpano de hielo.

Esto me enseñó en la práctica que tener mucha calefacción y barata no es garantía de confort, porque no todo el espacio del edificio está calefaccionado en forma pareja. Es lo que habitualmente se siente al estar sentado en un lugar y sentir aire cálido en un lado y aire frío en otro. En estos casos, el confort depende de cómo estemos situados respecto a las paredes, vidrios o pisos.

### **6.3 Eficiencia y precios de la energía**

Volvamos a la discusión sobre precio y consumo. En Santiago de Chile la electricidad y el gas no tienen subsidios y su precio es similar al promedio de países europeos. Comparando con Bariloche, en dólares, el gas natural en Chile cuesta 40 veces más. ¿Y el gas envasado? La diferencia es menor, aunque de todos modos enorme; en Argentina el gas envasado cuesta 8 veces menos que en Chile (pueden ver la comparación con el salario mínimo en Schueftan y González, revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente vol. 17, año 2013, pág. 7.09). Entonces, sin eficiencia térmica las opciones son: o pasar frío en invierno y calor en verano, o tener una factura enorme de energía.

Algo similar ocurre en Argentina con los sectores que no están conectados al gas natural subsidiado, que son aproximadamente el 35% de la población. En estos casos se usa leña o electricidad para calefacción, y resulta mucho más caro que con gas natural. Sin embargo, la solución de abrigar la casa no se concreta. En distintos estudios en Chile se encontró que el promedio de temperatura en las viviendas del centro-sur en invierno es menor a 15°C, lo cual está bastante por debajo del nivel recomendable entre 18°C y 20°C. Esto puede observarse también en los hoteles.

Como casi siempre llevo un termómetro, una vez en Osorno medí 11°C en la habitación del hotel en la mañana, y las paredes que daban al exterior estaban heladas. Lo conversé con la dueña quien me aseguró que no podía ser, que esa habitación era nueva y habían puesto el plumavit (telgopor) en la pared, lo cual no coincidía ni con la sensación de mi mano tocando la pared ni con la indicación del termómetro.

Es posible que pusieran el aislante, pero

¿qué espesor?,

¿cómo fue colocado, quedaron espacios sin cubrir?

Como aun no hay formación general en eficiencia y uso de aislantes térmicos, es muy común que no se coloquen en forma correcta.

Recuerdo un asistente a los talleres de Bariloche que contrató el trabajo para colocar aislantes y revestimiento en su casa. Como había viento que dificultaba la colocación (viento promedio anual de Bariloche 20 km/h), el trabajo se hizo “lo mejor que se pudo”, de manera que algunos lugares tenían el aislante y otros no. Hay técnicas para trabajar con viento, se fija por partes y se avanza con el revestimiento tapando el aislante, no es complicado y es tarea común en personal especializado. El problema es que en nuestros países aun no tenemos suficiente personal especializado en eficiencia térmica, ni empresas que se dediquen a este servicio de rehabilitación de edificios.

#### **6.4 Autonomía térmica**

En el año 2012, una máquina que arreglaba caminos en algún lugar de la Patagonia se llevó por delante un caño del gasoducto y lo rompió. Como consecuencia Bariloche se quedó sin gas durante 5 días en invierno. Fue un fenómeno único que puso en evidencia la falta de autonomía que tiene un edificio sin aislamiento térmico y muy dependiente de quemar gas para tener confort.

Con autonomía quiero significar lo mismo que indican en los refrigeradores o freezer en los folletos de venta. Noten que un buen refrigerador, categoría A o B, se mantiene muchas horas frío aun sin electricidad. A esto se lo llama autonomía térmica, y en un buen refrigerador es de más de 20 hs.

Si el aislante es de buena calidad y está bien instalado, al calor le resultará difícil superar esa barrera y cambiar la temperatura interior. Una casa sin aislamiento, en un clima con temperaturas medias de invierno de 2°C a 3°C, tiene mínima autonomía y en pocas horas estará por debajo de los 10°C en el interior. Esto

es lo que ocurrió en la mayoría de casas, hoteles y edificios públicos durante aquel evento con falta de gas en Bariloche. Se suspendieron las actividades escolares y toda actividad de la administración pública, y se pidió especialmente que no se hiciera uso de demasiada electricidad porque, de lo contrario, además colapsaría el sistema eléctrico.

Bueno, aquí les relaté algunas observaciones e impresiones sobre la situación a ambos lados de la cordillera, ¿tienen ustedes observaciones de edificios para discutir?

Si aun no han notado la gran ventaja de desarrollar sus propias observaciones y análisis, es un buen momento para comenzar. Se aprende mucho de esta práctica, y además es muy importante formarse la propia idea, para tener nuestras propias experiencias y poder analizar lo que otros nos sugieran.

*Está bien que nos sugieran cosas,  
está bien que nos quieran vender un producto o servicio,  
y también está bien que nosotros preguntemos, entendamos, dudemos,  
cuestionemos, y verifiquemos.  
No se trata de hacer estas comprobaciones para saber si nos dicen la  
verdad o no,  
sino más bien para saber si realmente lo que nos ofrecen va a resolver el  
problema que tenemos;  
es importante saber si la propuesta o el producto se adapta al gusto y  
práctica cotidiana que tenemos.  
Cada casa es un mundo, con prácticas cotidianas propias que tienen  
mucho influencia en la forma en que necesitamos y usamos la energía.*

En un lado de la cordillera, con un combustible muy barato no se hacen edificios eficientes, y en el otro lado, con combustibles caros tampoco se preocupan por la eficiencia térmica. ¿Llegaremos a entender esto?

¿Será que tenemos demasiados mitos con respecto a los aislantes térmicos? Intentemos explicarlo por este lado, aunque no garantizo el éxito.

## 6.5 Algunos mitos

Repasemos algunos mitos:

- **Mito económico:** “las aislaciones térmicas son caras”. No es así. Ya veremos que suma menos del 10% del costo a una obra nueva, pero en algunos casos hasta puede ser menos del 5% por compensación en menor tamaño de los equipos de calefacción y aire acondicionado. Esto es así porque una casa abrigada no necesita tantos calefactores, ni tan grande el aparato de aire acondicionado, y entonces se ahorra dinero que luego se usa para los aislantes.

- **Mito técnico:** “con aislantes se ahorra poco”. No es cierto. El consumo baja 50% (a la mitad) por aislaciones térmicas, y otro 20% extra si además hay buen diseño bioclimático, entonces se puede bajar en 70%. Por ejemplo, Filippín y otros autores (<http://www.cricyt.edu.ar/asades/averma.php>) lo demuestran en casos de viviendas y edificios escolares. Donde gastábamos 1000 unidades de un recurso pasaremos a gastar entre 300 y 500.

- **Mito del dedo acusador:** “Es el otro, no yo, los de consumo alto son los países ricos”. Falso. En las estadísticas es así porque se promedia con sectores de gran pobreza energética, que no tienen buen acceso a la energía y por eso consumen poco. Un consumo de gas natural promedio en Bariloche (4000 a 5000 m<sup>3</sup>/año) representa más energía que cualquier usuario de Europa con clima similar. En Valdivia, el consumo de leña promedio (5000 a 6000 kg por año) también representa más energía que la gastada por un usuario promedio en Europa con el mismo clima. En todo caso “¡¡jino es el otro, soy yo!!”

- **Mito que confunde:** “cuesta mucha energía fabricar los aislantes, son anti-ecológicos”. Falso. Hay que compararlo a lo que se ahorra en calefacción o aire acondicionado. Es cierto que hace falta energía para fabricarlos, y también para transportarlos e instalarlos, pero el ahorro cotidiano que producen es tan grande que iguala a la fabricación en pocos meses. Por ejemplo, abrigar una casa promedio con 5 cm de aislante requiere un gasto energético equivalente a 300 m<sup>3</sup> de gas (2 m<sup>3</sup> de leña) en fabricación y transporte. Esta cantidad es mucho menor que los 5000 m<sup>3</sup> de gas por año usados en Bariloche o los 12 m<sup>3</sup> de leña por año usados en Valdivia en las viviendas promedio. Un abrigo de 5 cm completo a la casa bajaría el consumo a la mitad. En menos de dos meses se ahorraría toda la energía que se invirtió en fabricar los aislantes. Lamentablemente este mito es muy difundido por grupos ambientalistas, a quienes cordialmente convoco a informarse mejor.

- **Mito con miedo:** “se meten los ratones en la aislación térmica”. Si se hacen las cosas bien es imposible. Claro que si las instalaciones son incorrectas, hasta en un búnker de concreto se meterían ratones.

- **Mito del bolsillo: “igual, la energía no es cara”.** Falso, es carísima, la energía tiene un rango de precios reales que fluctúa muy poco de un país al otro. Una cosa es el precio real y otra distinta el que vemos en las cuentas alteradas por los subsidios. De una u otra forma se paga la cuenta real porque de lo contrario la energía no estaría a disposición. En Argentina, los subsidios se pagan en forma indirecta a través de malas escuelas, hospitales desastrosos, carreteras angostas con gran tránsito y demasiados accidentes, inseguridad por falta de recursos de control. En Chile, la depredación de bosques y el manejo de la leña tiene costos ocultos, y la contaminación del aire tiene costos enormes en sufrimientos en mala salud de la población. La fiesta del uso excesivo de combustible se paga con carencia en otros aspectos. Siempre, de alguna manera se paga por lo que se consume, o como se dice habitualmente “alguien tiene que pagar”.

- **Mito esperanzador, “te asustan pero energía nunca faltó”.** Esto es a muy corto plazo, ¿cuándo fue “nunca”?, ¿desde cuándo usamos tanto gas, tanto petróleo y tanta leña?, y más represas grandes ya no tienen cabida porque se ocuparon los caudales de los ríos, y por otro lado hay mucha oposición a que se concreten. Más nuclear puede ser un poco pero sabemos que es riesgoso y nadie las quiere cerca. Hace sólo menos de 50 años que disfrutamos de esta maravillosa disponibilidad de energía, pasajera, efímera. Hay grandes promesas de renovables y son ciertas, pero las cantidades que tendremos serán moderadas. Ninguna energía renovable puede sostener semejante derroche como el actual. En el caso de que se descubran nuevos yacimientos importantes de petróleo y gas, sería inteligente usarlos bien, conservarlos, exportar una parte a buen precio, pero de ninguna manera sería bueno dilapidarlos quemando combustible en forma ineficiente.

- **Mito cultural: “nuestra tradición es tener las casas así”.** ¿Desde cuándo es tradición construir con cemento, ladrillos, placas aglomeradas, ventanas de aluminio, vidrios? No tener aislamiento en edificios es un atraso evitable. Este atraso tecnológico contrasta fuertemente con la alta tecnología que usamos en telefonía, automóviles, TVs, computadores, etc. No es nuestra tradición usar celulares y notebooks, ¿deberíamos ignorarlas? Nuestros edificios actuales tienen tecnología de la década de 1940 o 1950. Comprueben por ustedes mismos la diferencia de nivel tecnológico entre la envolvente de una vivienda y el automóvil que está ahí estacionado.

- **etcétera**, sigan ustedes la lista a la que seguramente podrán agregar sus propias observaciones

## 6.6 ¿Qué conviene subsidiar?

Es importante notar que **no importa de cuánta energía se disponga, si se usa mal nunca alcanzará.**

Es lo mismo que el derrochón de billetera fácil, si tiene más gasta más. Por esto es que las ayudas con subsidio a los combustibles nunca tienen buenos resultados. Puede ayudarse en casos extremos de vulnerabilidad y por un período corto hasta que se mejore la situación en otros aspectos. En este sentido me parece que la política energética chilena es muy superior a la argentina, porque Chile no ofrece subsidio a la energía, sino que a los sectores vulnerables les ofrece subsidio a la mejora de viviendas. Para todos los sectores existen subsidios para el reemplazo de calefactores, y para equipos con energía solar. Algunos subsidios son extensivos al comercio y la industria. Por ejemplo, los hoteles reciben subsidio para instalar calentadores solares para agua sanitaria y ahorrar en gas licuado. Estas ayudas son inversiones permanentes, en contraposición a los subsidios a los combustibles que son gastos efímeros y que afectan no sólo al bolsillo del usuario sino a todo el país por el impacto de las importaciones de combustible.

Cuando la energía es barata, el drenaje por falta de eficiencia no se nota en el bolsillo pero sí en la cantidad del recurso que nunca más vamos a tener. No va a haber una segunda oportunidad, porque los dinosaurios y sus plantas compañeras ya dejaron todo el oro negro y el espléndido gas que pudo producirse.

En 2014 sabemos que parte de esos recursos fósiles quedaron atrapados en las piedras, y que para extraerlos se están usando técnicas sofisticadas de fractura con líquidos, arena, y productos químicos a muy alta presión.

Estas técnicas están dando buenos resultados en cuanto a “exprimir todo el jugo”; sin embargo, son costosas, tienen alto impacto ambiental, y nos están mostrando por sí mismas que estamos cerca del fin. ¿Unos 30 a 50 años más de petróleo?, para gas ¿50 a 70 años? Estos períodos de tiempo son bien cortos en la historia.

A este punto aclaro que no me desagradan ni el petróleo ni el gas, todo lo contrario, los veo como recursos maravillosos que nos han permitido la fluidez de andar por el mundo y las comodidades que ahora disfrutamos. Estoy en defensa de usar lo menos posible justamente para que dure más. Como esas cosas sabrosas que uno disfruta despacio para que duren.

Por esto, todos necesitamos entender conceptos básicos de energía, que darán las bases para usarla mejor y darse cuenta de las cantidades en unidades de energía y no en unidades comerciales o de dinero. Si medimos en \$, kg, m<sup>3</sup>, litros, terminamos confundidos porque no es lo mismo la energía en un kg de gas que en un kg de leña. Además se nos presenta todo en distintas medidas, por ejemplo, qué relación hay entre el litro de kerosene y el kWh eléctrico que se usa en la casa. Estas son partes de la física cotidiana esenciales para una educación integral, que dé herramientas para que se concreten en la práctica las buenas intenciones que se manifiestan a diario en palabras y escritos.

## 7. Beneficios ambientales de la construcción natural eficiente

**“Es imposible odiar o amar algo sin antes primero conocerlo”**

Leonardo da Vinci, en  
*Reflexiones sobre el arte y la vida*

El objetivo de este capítulo es comparar impactos en uso de energía, emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), y aspectos de sustentabilidad, en diversos materiales de construcción. Compararemos materiales usados en técnicas convencionales (ladrillos, cemento, concreto) con aquellos derivados de procesos renovables y de reciclado.

En la actualidad, la construcción demanda un porcentaje significativo de la energía usada en el mundo, tanto en forma directa en la fase operativa (uso cotidiano), como en forma indirecta en la fabricación y el transporte de los materiales. La elección del tipo de material es muy relevante en los impactos ambientales.

Por otro lado, cuando los edificios no se construyen con criterios de eficiencia, el uso de energía y emisiones es mayor en la etapa operativa, y por ello deben tenerse en cuenta aislaciones térmicas para reducir los consumos cotidianos. Como vimos, la eficiencia térmica es tan importante en clima frío como en clima cálido: en uno se busca reducir en calefacción, y en el otro se busca necesitar menos del aire acondicionado. Entonces, ya sea en la construcción convencional como en la construcción con materiales naturales y de reciclado, el aspecto de eficiencia energética es fundamental.

El uso de materiales de fuentes renovables y de reciclados presenta ventajas adicionales en la apropiación comunitaria de la tecnología y en las posibilidades económicas locales.

## 7.1 Consumo directo e indirecto

Estamos acostumbrados a entender el consumo energético como aquel que en forma directa usamos en lo cotidiano, es decir cuánto combustible y electricidad necesitamos en nuestro entorno. Sin embargo, de igual importancia resulta el consumo de energía que se ha realizado para fabricar, trasladar y adoptar los productos que usamos. Es decir que, hay una inclusión o un contenido de energía en cada producto, que en inglés le llaman “embodied” y significa algo así como “incluido dentro del cuerpo”, o embebido.

Por ejemplo, compro gasolina para el auto todas las semanas, pero al momento de comprar el auto ya he comprado una cantidad enorme de equivalente en gasolina de energía que se usó para fabricarlo y entregármelo, desde los productos primarios hasta que llegó a mis manos. Aun cuando el vehículo está esperando en la agencia vendedora, y no me han entregado las llaves porque falta algún papelito del banco, ya se ha consumido el equivalente a unos 5.000 litros de combustible en la fabricación (ver bibliografía Auto, 2007).

Para saber cuánto hay de energía en ese producto terminado los ingenieros hacen cálculos de ciclo de vida (CdV), y lo llaman “evaluación de la cuna a la sepultura”. No es un lindo nombre, comparto con ustedes, pero describe bien qué tipo de análisis hay que hacer si uno quiere tener una idea bastante cierta del uso de energía y producción de gases de efecto invernadero embebidos en los productos que consumimos. Seguimos con los ejemplos, la *notebook* con la escribo este libro necesitó de energía para la fabricación (gasto indirecto) que son similares al consumo de electricidad que haré al usarla durante 5 años (gasto directo). En el caso del automóvil, los 5.000 litros de gasolina embebidos inicialmente antes de ponerlo en marcha, son similares a usar el auto unos 50.000 km. Quiere decir que hasta los 50.000 km todavía es mayor el impacto de comprarlo que de usarlo.

Si dejo el automóvil en el garaje, o una camisa sin usar, o el calefactor sin leña, igual hubo gasto de energía. Este consumo indirecto se compara con el directo en función de los años que dura el producto. Hacer una casa requiere de mucha energía y emisiones de GEI, pero si el producto dura 100 años entonces el gasto indirecto por año es muy pequeño.

Si además, como vimos en los capítulos anteriores, la eficiencia térmica de la casa no es muy buena, el consumo directo del día a día (consumo operativo) será por lejos el más importante.

Si contamos todas las cosas que usamos,  
¿cuáles son nuestros porcentajes de impacto directo e indirecto?

Esto tiene variaciones según el país, pero en promedio es mitad y mitad, es decir 50% directo y 50% indirecto. Sin embargo, la variación más importante se da con el nivel de ingresos económicos.

Para los ingresos altos en general el 70% es indirecto y el 30% directo; y para los ingresos bajos es al revés, 30% indirecto y 70% directo. Esto refleja la diferencia de consumo de quien puede comprar más productos.

Esta clasificación en directo e indirecto me parece muy importante, y da lugar al concepto de responsabilidad compartida entre quien produce y quien consume.

Por lo general, la opinión pública atribuye a quien fabrica el mayor peso en la contaminación ambiental del producto, dejando al consumidor final la responsabilidad del uso directo. **Este punto de vista no incluye el hecho esencial de que el consumidor es el que demanda el producto y si no lo comprara no existiría la fabricación.**

Si ponemos esto en contexto de las discusiones sobre la responsabilidad de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), a mi entender quien compra es algo más responsable que quien fabrica y vende. El productor, industrial o agropecuario, tiene la responsabilidad de fabricar con la mayor eficiencia posible, pero no es el destinatario del producto, sino sólo quien fue designado para fabricarlo. El productor satisface la demanda.

Desde este punto de vista, para las negociaciones globales de GEI, yo propondría que los impactos se asignen a quien está en posesión del producto y no a quien lo provee.

Por ejemplo, esta notebook con la que escribo se fabricó en China, y este país carga en las negociaciones globales con los GEI embebidos en mi máquina; sin embargo, yo soy el demandante y usuario y mi residencia es Argentina. A mi entender sería justo que la energía y GEI en la fabricación de esta notebook se cargaran en mi cuenta. Hace tiempo que quiero hacer estos cálculos para ver cómo queda el mapa mundial de GEI, pero aun no encontré la oportunidad ni el estudiante que me ayude.

¿Qué consecuencias tendría este punto de vista más realista para destrabar las negociaciones que fracasan una tras otra? En general, los países con más exportaciones industriales son quienes ponen más dudas sobre los acuerdos, y en cierto aspecto tienen razón: gran parte de lo que producen e impactan no es para ellos sino para otros consumidores que quedan libres de culpa y cargo. Pienso que asignar los impactos al poseedor del producto beneficiaría las negociaciones.

Es fácil marcar al otro con el dedito acusador, y puede tener algún efecto inmediato, aunque efímero. Cuando el otro se da cuenta de que también es nuestra responsabilidad y lo negamos, se terminaron los acuerdos. Esto es de alguna manera lo que me parece que está ocurriendo.

De todos modos, esos porcentajes no dicen que en consumo directo los de menor ingreso gasten más energía en lo cotidiano. En valores absolutos (equivalentes de m<sup>3</sup> de gas o litros de gasolina por ejemplo) hay más gasto energético a medida que aumentan los ingresos.

Los porcentajes 70% indirecto y 30% directo en los consumidores de más altos ingresos nos dicen que este sector usa más energía y emiten más GEI en la adquisición de productos que en el uso cotidiano. En promedio, podemos pensar sin equivocarnos mucho que 50% del consumo de energía es directo y 50% es indirecto.

Volviendo a las casas, ya vimos en detalle que en su mayoría nuestras construcciones no son eficientes. Entonces, el gasto inicial de energía y los impactos ambientales que se producen en la construcción serán de menor importancia que el consumo operativo del día a día. Es decir, en pocos años (¡o meses! dependiendo del clima) el consumo indirecto inicial será superado por el directo en calefacción y/o aire acondicionado. De modo contrario, esas casas muy eficientes, por ejemplo en Suecia o Alemania, que utilizan menos de 50 kWh/m<sup>2</sup>; necesitarán varias décadas para que el consumo directo iguale al inicial indirecto. Veremos más adelante ejemplos cuantitativos que incluyen al famoso cemento, quien es otro destinatario injusto de muchos dedos acusadores.

## 7.2 Construcción convencional y construcción natural

La construcción involucra una diversidad enorme de actores sociales y económicos. Como los impactos en la sociedad son importantes, en las siguientes definiciones tendremos en cuenta si hay elaboración local o no.

Para este capítulo definimos:

- Construcción natural y local: es aquella que se realiza en el lugar elaborando los materiales con recursos locales o regionales cercanos. Incluye la madera en el caso en que ésta se obtiene y procesa localmente
- Construcción natural no local: igual que el anterior pero se distingue el caso de la elaboración de materiales en lugares distantes, desconectados de la trama social local

- Construcción convencional: es aquella que utiliza materiales que se elaboran con gran gasto de energía, en general sin participación local, y en donde la energía invertida en el procesamiento de los materiales es el impacto principal. Incluye ladrillos, cemento, cerámicos, y aislantes sintéticos.

Esta no es una clasificación rígida y excluyente, porque a veces la elección de materiales es mixta. Por ejemplo, la manufactura local de bloques de concreto con uso de cemento no local, o la estructura de madera local en una casa de ladrillos no locales.

En cada tipo definido aquí, se tienen también variantes de procesos renovables y no renovables. Es sencillo identificarlos, aunque menos sencillo es el sinceramiento, para considerar cada caso sin dejarse llevar por idealizaciones. Por ejemplo, la madera puede ser renovable si se realiza un manejo cuidadoso, de lo contrario se extinguirá el recurso y deberemos buscar madera en otro lugar.

Suele identificarse a la construcción natural como renovable, pero en la mayor parte de las construcciones no lo es. Por ejemplo, se usa mucha arcilla, este no es un material renovable. ¿Es abundante? Puede ser en algunos lugares, pero si no está próximo el transporte tiene un alto impacto, y el transporte no es renovable.

Desde ya aclaro que simpatizo mucho con la construcción natural; justamente por eso es que considero que debemos analizar los casos con la mayor objetividad posible. De esta manera los argumentos a favor serán sólidos.

Un aspecto aun más complejo de evaluar es la sustentabilidad del proceso. Por ejemplo, la madera y la paja de cereal, muy usados en la construcción natural, pueden ser renovables o no, dependiendo del manejo que se haga del proceso forestal o agropecuario. ¿Son sustentables? Si uso paja de cereal de cultivos que en su mayoría necesitan fertilizantes, diesel, herbicidas, pesticidas y semilla comprada, entonces la discusión de la sustentabilidad deberá centrarse más en el petróleo y la industria química que en el productor agropecuario.

Algo similar ocurre con la madera. Son pocos los insumos químicos en la producción forestal, pero sí es notable el uso de maquinaria. Si se extrajera con trabajo manual y carros con bueyes, lo cual es una excelente solución ambiental y al mismo tiempo solución a muchos problemas sociales, podríamos pensar que es muy probable que esa producción sea sustentable. Si entran y salen camiones, bulldozers, y grúas cortadoras, entonces habría que estudiar el caso con gran detalle; y además habría que ampliar el problema para incluir los reemplazos de materiales que esa madera hace. Con esto encontraremos que seguramente no es 100% sustentable pero algún grado de sustentabilidad relativa tendrá.

De alguna manera quiero transmitir aquí que no es fácil decidir si una producción es renovable y/o sustentable. Estas palabras se están usando en forma muy general, y en muchos casos desafortunados se confunde el significado. En el mundo moderno, con cerca de 60% de personas viviendo en ciudades y con trabajos muy alejados de la producción primaria, lo más común es disponer de productos no renovables y no sustentables, los cuales en su elaboración usan gran cantidad de insumos externos.

Por otro lado, aun en la complejidad para realizar comparaciones, pienso que debemos considerar los casos con el mayor realismo posible. Por ejemplo, en algunas evaluaciones sobre impactos y costos de la construcción natural no se tiene en cuenta la mano de obra. Se argumenta, idealizando, que estas construcciones las realiza la familia, con la ayuda de los amigos y vecinos. Este puede ser el caso feliz de contadas construcciones (ojalá nos hubiese ocurrido cuando hicimos nuestra casa), pero los resultados y recomendaciones que se desprenden de esos análisis se dan como válidas para los cientos de miles que viven en ese lugar. No es así, al presente la mayoría no construye su casa, a veces la termina de a poco en muchos años, y menos tiene la fortuna de que un grupo de personas lo asista gratuitamente todos los días durante meses. Está bien hacer un análisis puntual de un caso, y puede ser útil contar con esos datos particulares, pero debería ser mostrado simplemente como “mi caso” y no el caso de todos.

Como pueden ver, y tal vez ya lo sabían, las discusiones acerca del tipo de construcción no son sólo sobre cemento y ladrillos.

Pero, ¿por qué tanto lío, por qué no hacemos las casas con los materiales convencionales y listo, y olvidémonos de estas idas y vueltas?

No es fácil, la forma convencional no es sustentable. Más que con cemento y ladrillos construimos con petróleo y gas. Estos son “pan para hoy y hambre para mañana”, eso ya lo sabemos. Por eso tienen mucho sentido las iniciativas de construcción natural. Además están los impactos sociales, que pueden tener el mismo peso que los ambientales. Al presente, la desocupación o subocupación son el problema principal en cualquier parte del mundo moderno. Aumentar la mano de obra en reemplazo de combustibles fósiles, de procesos industriales complejos, y de transportes de una punta a la otra del mundo, parece ser una buena idea para resolver varios problemas al mismo tiempo. Sin embargo, la mayor dificultad es encontrar la forma en que la mayoría haga parte de los trabajos para reemplazar máquinas en forma voluntaria, y aun más sustentable que encuentre en el trabajo la felicidad de hacerlo.

¿Utópico? Por ahora parece que sí, pero muchas utopías se convierten en hábitos cotidianos cuando hay que adaptarse a nuevas circunstancias.

Además de la desocupación tenemos el sedentarismo, la obesidad y sobrepeso, y las enfermedades crónicas. A todo esto ayudaría preparar unos metros cuadrados de pared o ayudar al agricultor cercano a producir alimentos y materiales.

Bueno, volvamos a la Tierra. Consideremos ahora las distintas posibilidades de construcción, que incluyen las manos y la tierra.

### 7.3 Bloques de paja y arcilla

En lo que sigue veremos algunos detalles de la construcción con bloques de paja de cereal con arcilla. Los detalles de los inventarios de ciclo de vida y de las energías embebidas en estos productos están publicados en varios artículos (en la bibliografía ver González, Tognetti y Van der Heede, 2011; González, 2014a y 2014b). Ahí encontrarán también explicaciones de cómo se realiza el cálculo paso a paso. Aquí discutiremos los resultados y aspectos complementarios.

Para construir los bloques de paja y arcilla se necesita paja de cereal en abundancia. Si bien la paja es un residuo de la agricultura, es necesario dejar una parte en el campo para la conservación de la materia orgánica del suelo. Al presente se prefiere el método de siembra directa, que preserva mejor las propiedades del suelo. La recomendación general es dejar más del 50% de la paja en el suelo, de lo contrario en pocos años este se degradará por disminución de materia orgánica. De todos modos, hay investigaciones que concluyen que es óptimo dejar el 100% en el suelo, por lo cual sacar sólo el 50% del residuo del campo para construcción debe considerarse como de máxima extracción posible.

Con promedios de producción de 3000 kg por hectárea de trigo o centeno, una casa de 100 m<sup>2</sup> necesita cerca de una hectárea de cultivo para extraer los 1500 kg de paja de cereal que se usará para hacer los bloques. Se producen 3000 kg por hectárea de paja de cereal, pero como vimos, el 50% debe quedar en el campo.

Se mezcla la paja de cereal con arcilla y agua, en una mezcladora tipo trompo a motor, o a mano en un plástico grande que facilite el movimiento de la mezcla. Se moldea a mano en moldes de madera, como muestra la Figura 1, y luego se secan al

sol como muestra la Figura 2. La arcilla no daña la piel pero algunos componentes en la paja de cereal (lignina) pueden resultar agresivos.



Figura 1: el moldeo se hace a mano comprimiendo la mezcla en un molde de madera



Figura 2: los bloques se secan al sol.

Cada bloque seco pesa entre 4 kg y 7 kg, con un promedio de 6 kg. Se dejan dos espacios vacíos para alivianarlos. Noten que un bloque similar de concreto pesa 13 kg. La fabricación de bloques para una casa de 100 m<sup>2</sup> usa cerca de 3500 kg de arcilla.

Para formar la pared se asientan con una mezcla similar a la usada en los bloques pero con agregado de arena, y con la misma se realiza el revoque (estuco) grueso. Por m<sup>2</sup> de pared se usan entre 7 y 8 bloques, quedando una pared terminada de unos 25 cm de espesor. Para que los huecos no se llenen con el material pesado de la junta de asiento, a medida que se colocan se rellena el hueco con paja de cereal. De esta manera la mezcla de asiento queda horizontal. La aislación térmica resultante es muy buena, alrededor de 5 veces mejor que la de ladrillos cocidos comunes, y 4 veces mejor que la de bloques de concreto o de adobes (ladrillos no cocidos). Por esto se los llama en general bloques térmicos. En la Figura 3 se muestra una pared terminada antes de realizarle el revoque grueso.



Figura 3: pared cerrada con bloques de paja y arcilla y junta de paja, arcilla y arena.

Nótese en la Figura 2 la proporción de materiales locales, y la incidencia de la mano de obra local, que no sólo debe proveer la colocación de elementos de cerramiento sino manufacturarlos todos en obra. Los constructores a quienes consulté sobre estos temas son profesionales, y formaron una cooperativa de trabajo para realizar específicamente edificios en construcción natural. Consultados sobre el costo total de la obra, estiman que es el mismo que en la construcción convencional porque, lo que no se gasta en materiales comprados se gasta en mano de obra.

En contraste con el uso de adobes, los bloques térmicos necesitan menos arcilla y son más aptos para lugares en donde no abunde este recurso. Por el contrario, en lugares donde el cultivo de cereales sea dificultoso o inexistente, pero abunde la arcilla, la solución de adobes puede ser más conveniente. En este caso se debe procurar alivianar el adobe lo más posible, ya que a menor densidad mejor va a ser el efecto aislante.

#### **7.4 Durabilidad y resistencia**

Debido a su peso y a una débil cohesión, en lugares con riesgo sísmico el adobe (entendido aquí como el ladrillo crudo sin cocción) no es recomendable. No hay registros de comportamiento de los bloques de paja y arcilla a eventos sísmicos, aunque su bajo peso y la adhesión a través de la junta con paja, arena y arcilla parecería indicar un buen comportamiento. En los sismos registrados en Irán, donde existen muchas construcciones en adobe, se ha observado la desintegración del adobe por su falta de cohesión. El resultado es que una pared, aun con estructura independiente que podría resistir el sismo, queda reducida a trozos pequeños y polvo de tierra. En principio esto no ocurriría con los bloques de paja de cereal por su adhesión y elasticidad, aunque no hay registros de su comportamiento en sismos.

No hay tampoco registros de durabilidad de este tipo de paredes. La paja de cereal es muy absorbente de agua. Con temperaturas muy bajas y alta humedad en la casa puede ocurrir condensación dentro del material si se permite al vapor difundir dentro de la pared. Esto puede prevenirse con barreras de vapor en las superficies de pared interior de la vivienda. Por fuera, en toda construcción con arcilla es recomendable usar aleros amplios que eviten que la lluvia moje la pared. Las pinturas comerciales para exterior, con látex, adhieren muy bien a los revoques con arcilla y pueden resultar en muy buena protección. Estas consideraciones son también válidas para paredes de fardo de paja entero.

En algunos diseños se prefiere no sellar la superficie de la pared, suponiendo que la pared “respira”. Se argumenta que si se humedece en un momento en otro se secará. Es posible que esto ocurra en algunas condiciones particulares, pero en la generalidad de los casos y para la zona sur de Argentina y Chile tal vez lo más recomendable es sellar la pared lo mejor posible, sobre todo del lado interno que es el que contiene mayor humedad absoluta.

También se argumenta que las paredes absorbentes de humedad ayudan a secar el ambiente de la casa y que esto es bueno para la salud de sus habitantes. Es

posible, aunque la mejor forma de secar la casa es a través de las ventanas y en la forma que se detalló en capítulos anteriores aprovechando la diferencia en humedad absoluta entre el interior y el exterior. Si la pared más fría que el ambiente absorbe la humedad de la casa es muy probable que condense en algún lugar interior de los bloques o en su revoque exterior. Esta situación no es buena para la durabilidad, por el contrario, es uno de los puntos débiles de toda construcción y merecen ser cuidadosamente estudiados. A mi entender, es mucho más seguro sellar la pared por dentro y ventilar la casa a través de las ventanas y/o con sistemas de ventilación forzada, los cuales son muy efectivos.

La calidad térmica de la pared depende de la humedad, y esto ocurre también con los materiales convencionales. Una pared sin protección y que puede mojarse con la lluvia o absorber vapor interior, tendrá mayor conductividad térmica. El agua condensada ocupará el lugar de las celdas de aire del material, disminuyendo su resistencia térmica. Entonces, aun con más razón es mejor sellar la pared desde las dos superficies para que permanezca seca y con su mejor valor de coeficiente térmico posible.

En contraste, una ventaja indiscutible de la construcción convencional con cemento y ladrillos es su durabilidad. El cemento me parece un material maravilloso, que nos permite fabricar una piedra de la forma que queramos.

El hormigón estructural, que combina el concreto (arena, piedra pequeña y cemento) con el hierro permite formar estructuras muy sólidas y durables. La contraparte es que necesita mucha energía para su fabricación, tanto del cemento como del hierro. Aunque, veremos más adelante que esta energía es menor a la que se gasta en calefacción en medio año en una casa ineficiente.

Una combinación de estructura de hormigón con cerramientos de bloques térmicos de paja y arcilla, o cerramiento de fardos enteros puede cumplir muy bien las funciones estructurales y de eficiencia energética. El hormigón es muy buen conductor del calor, y entonces debe cuidarse mucho el aislamiento térmico de las superficies para que no incida demasiado en la eficiencia global de los muros.

Una construcción muy interesante se desarrolló en 2011 en El Bolsón para un edificio de 600 m<sup>2</sup> dedicado a un centro de salud privado. Se construyó la estructura con caños de hierro reciclados de la industria petrolera. Las paredes se realizaron en bloques térmicos, para lo cual se fabricaron a mano más de 5.000 bloques como los mostrados en la Figura 2. El edificio incluye también techos vivos, tiene un diseño hermoso y es un buen ejemplo de combinación de técnicas convencionales y naturales.

El uso de reciclados es muy beneficioso, aunque debemos sincerarnos en su aplicabilidad general, ¿existiría para todos los edificios la cantidad de caños de hierro que desecha la industria petrolera? Está claro que no.

Una situación similar ocurre con la paja de cereal, que es un residuo de la producción de trigo, centeno, avena, y cebada, ¿existiría la cantidad para construir todas las casas con este material? En general es probable que no, y en el caso de la Patagonia Andina donde se está construyendo bastante en estas técnicas la respuesta es definitivamente no. No alcanzaría la producción actual local o regional (200 km a la redonda) para cubrir la demanda de materia prima. Si los fardos se deben transportar desde más lejos veremos enseguida que suman costos e impactos significativos.

Esto es en parte solucionable si se dedica mayor área de cultivo a estos productos, lo cual es posible.

Hay que recordar que en las décadas de 1930 y 1940, en la Patagonia Andina desde Bariloche en Río Negro hasta Trevelin en Chubut se producían excelentes cereales y en grandes cantidades. El clima templado frío de los valles cordilleranos, y el régimen de lluvias son ideales para trigo, centeno, cebada y avena, y la calidad es muy alta con mínimo o nulo aporte de pesticidas. En la década de 1940 el trigo Andino Patagónico obtuvo premios internacionales, y por la creciente producción se establecieron nuevos molinos harineros e industrias fideeras. En 1949, una decisión del gobierno nacional dispuso no entregar promociones y subsidios a los cereales producidos al sur del Río Colorado (límite geográfico norte de la Patagonia). Esta asimetría en ayuda gubernamental originó dificultades insalvables a las producciones de harina y pastas de la Patagonia Andina, las cuales fueron forzadas a tener precios relativos no competitivos con sectores subsidiados de la zona central del país.

## 7.5 Comparación de coeficientes térmicos

La conductividad térmica es una propiedad del material. La capacidad aislante depende además del espesor de la pared. Un material puede ser de baja conductividad, muy buen aislante, pero si el espesor es mínimo el aislamiento no será bueno.

La magnitud que da cuenta del mejor o peor aislamiento es la transmitancia, que se obtiene dividiendo el valor de conductividad del material dividido por el espesor de la pared.

La Tabla 1 muestra la conductividad térmica para distintos materiales, y la transmitancia para un espesor de 20 cm.

Las unidades físicas de transmitancia ( $W / ^\circ C m^2$ ) ya nos dicen su significado: es la potencia calórica (W) que fluye por  $1 m^2$  de pared cuando tenemos  $1^\circ C$  de

diferencia de temperatura. Para calcular la pérdida en toda la pared ( $x \text{ m}^2$ ) y para una diferencia de temperaturas cualquiera, se multiplica la transmitancia por estos valores. Por ejemplo, en invierno,  $0^\circ\text{C}$  en exterior y  $20^\circ\text{C}$  dentro, diferencia =  $20^\circ\text{C}$ ; y si tenemos  $100 \text{ m}^2$  de pared, por ejemplo para ladrillos comunes (primera fila de la tabla) habrá una pérdida de

$$4,5 \text{ W}/^\circ\text{Cm}^2 * 20^\circ\text{C} * 100 \text{ m}^2 = 9000 \text{ W}$$

Noten que, al igual que en el capítulo 3, siempre hago las cuentas escribiendo los números junto con sus unidades. Los valores numéricos de las magnitudes físicas no tienen sentido sin sus unidades.

Tabla 1: Características físicas de elementos para realizar paredes

	Conductividad del material ( $\text{W}/^\circ\text{C m}$ )	Transmitancia térmica para $0,20 \text{ m}$ de espesor <sup>3)</sup> $\text{W} / ^\circ\text{C m}^2$
Ladrillo cocido común macizo	0,90	4,50
Ladrillo cerámico hueco	0,49	2,45
Adobe	0,66	3,30
Bloques concreto	0,64	3,20
Bloque de hormigón celular curado en autoclave	0,32	1,60
2 Placas OSB con agregado de EPS (telgopor)	Placa: 0,12 EPS: 0,04	0,22
Fardo paja de cereal	0,085	0,42
Bloque de paja y arcilla	0,18	0,90

Datos tomados de CRICyT, <http://www.cricyt.edu.ar/lahv/pruebas/conductancia/principal.htm> ; y de González, Tognetti y Van den Heede, 2011

¿Qué les parecen los 9000 W de potencia de pérdida en los muros de una casa?  
¿Será mucho, poquito, nada?

Si tuviésemos estufas a gas de tiro balanceado, esto sería la potencia al máximo de dos estufas: una grande (aprox. 6000 W) y una mediana (aprox. 3000 W), y por cada 15 horas de funcionamiento de esas estufas gastaríamos 10 kg de gas.

Si usamos leña, la pérdida en esa pared de ladrillos es la potencia de una estufa de las más grandes tipo Amesti o Bosca al máximo (9000 W), quemando cerca de 3 kg de leña por hora.

¿Bastante pérdida de calor, cierto?

Pueden hacer las cuentas para los demás elementos. Por ejemplo si uso los bloques de paja y arcilla la pérdida resulta  $0,90 \text{ W/}^\circ\text{Cm}^2 * 20^\circ\text{C} * 100 \text{ m}^2 = 1800 \text{ W}$ . ¡La diferencia es enorme! Estos 1800 W se satisfacen con una estufa a gas pequeña, o quemando solamente  $\frac{1}{2}$  kg de leña por hora.

La diferencia es aún mayor si considero la pared con dos placas de OSB y 17,6 cm de telgopor (plumavit), en este caso la pérdida de calor es de sólo 440 W, la cual se satisface con una muy pequeña estufa eléctrica o con el calor de 6 personas conversando tranquilas en el living (70 W por persona más o menos).

Por esto es que la eficiencia térmica es tan importante, y es lo que nos diferencia de los países que ya han resuelto estos temas entre 1950 y 1990.

Los 17 cm de telgopor (plumavit) para nosotros puede parecer una exageración, pero no lo es en absoluto. Todo ello podemos comprenderlo cuando hacemos cálculos y vemos la gran diferencia de pérdida de calor, vemos las estufas de más que hemos comprado y los bosques que se han quemado. Es posible que todo eso hubiera sido evitable, además del gas importado licuado a  $-160^\circ\text{C}$  (bajo cero) que compramos y hemos pagado como si fuese oro, etcétera.

Pienso que la eficiencia hace al desarrollo, me parece esencial, y un punto de partida imprescindible.

La observación directa de los efectos de los aislantes térmicos en las facturas de energía coincide plenamente con las comparaciones realizadas, además de hacer los cálculos. No resulta fácil reconocer la gravedad para quien tiene combustibles subsidiados. La cantidad real de energía no se traduce en los pocos \$\$ que paga, pero puesto en unidades físicas los verdaderos consumos son increíbles.

## **7.6 Gasto indirecto en cemento vs. gasto energético cotidiano**

Hay varias investigaciones sobre la energía usada en producir cemento, ladrillos y otros materiales de construcción, y más o menos todas coinciden dentro de un 30% de variación. Estas diferencias pueden adjudicarse a métodos de producción, a modalidades de uso y generación de energía en distintos países. Con los GEI la diferencia es mayor, porque no es lo mismo el calentamiento industrial con carbón, con gas, o con electricidad.

Para el cemento –que me parece el caso más emblemático, tenemos datos de Argentina, evaluados por investigadores del Centro Científico Mendoza del CONICET.

El trabajo muy detallado de Arena et al. (2002), concluye que fabricar en Argentina 1 kg de cemento portland común necesita de un aporte energético de 3,5 MJ por kg listo para embolsar.

A esta cantidad de energía por kg podemos sumarle un transporte típico a la Patagonia, por ejemplo 1000 km hasta Bariloche. Para evaluar el transporte se hacen encuestas con las compañías de transporte y se obtienen datos de consumo de combustible promedio. Un camión semirremolque de 5 ejes que carga 30 toneladas consume entre 45 y 55 litros de diesel cada 100 km. Esto resulta en aproximadamente 0,65 MJ/ton.km, considerando 36 MJ por litro de diesel y 10% más para tener en cuenta la producción y el transporte del combustible hasta boca de expendio. Es decir, cada tonelada transportada y cada km recorrido en camión requieren de 0,65 MJ de diesel.

Aclaro que no se considera el impacto de la fabricación del vehículo o de la carretera porque en el largo plazo (muchos miles de toneladas transportadas), este impacto resulta mínimo con respecto al consumo de combustible.

Para 1200 km, entonces, tenemos  $0,65 \text{ MJ/ton km} * 1200 \text{ km} = 780 \text{ MJ/ton}$ , lo cual por kg sumará 0,78 MJ/kg al valor de 3,5 MJ/kg del cemento en puerta de entrega.

Nos queda entonces que un kg de cemento puesto en Bariloche tiene embebida una energía de 4,3 MJ/kg.

¿Cuánto cemento demanda una casa promedio?

¿Cuál será nuestra casa promedio para la comparación?

En las encuestas energéticas (102 casas que mostraron facturas de gas), tuvimos una casa promedio de 105 m<sup>2</sup>, para la cual sabemos el consumo de gas, de 5000 m<sup>3</sup>/año, o su equivalente de 180.000 MJ de energía anual de consumo cotidiano proveniente del gas.

Pregunta, ¿cuánto tiempo de ese consumo cotidiano iguala a la energía que se usó para todo el cemento de la casa?, ¿son años o meses?

Para contestar consulté a un arquitecto cuánto cemento hay en una casa de 105 m<sup>2</sup>. La respuesta: “muy cerca de 200 bolsas”. En kilogramos de cemento esto es,

$50 \text{ kg/bolsa} * 200 \text{ bolsa} = 10.000 \text{ kg de cemento en total,}$

y usando el resultado anterior de 4,3 MJ/kg de cemento, resulta que en cemento esa casa tiene incluida una energía de

$4,3 \text{ MJ/kg} * 10.000 \text{ kg} = 43.000 \text{ MJ.}$

Como por año esa misma casa consume 180.000 MJ de gas, quiere decir que la energía en producir y transportar todo el cemento de la casa es igual al gasto cotidiano de energía de tres (3) meses.

Como vemos en este capítulo, hay muchos argumentos favorables a la construcción natural, pero la energía usada en cemento es un mito. Con los ladrillos ocurre algo similar: la energía que demandan en la fabricación y transporte se iguala con pocos meses de uso de energía directa en una casa ineficiente.

Si comparamos con el consumo cotidiano en una casa moderadamente eficiente (consumo anual 1200 m<sup>3</sup> de gas = 43.000 MJ), para igualar la energía en el cemento se necesita un año en lugar de tres meses. Es de todos modos muy poco comparado con el tiempo de duración de la casa, que en las evaluaciones de este tipo se estima entre 50 y 75 años.

Entonces, si queremos disminuir el impacto ambiental de los edificios tenemos que preocuparnos seriamente por aumentar la eficiencia térmica.

En un segundo plano también se puede mejorar reemplazando algunos materiales convencionales por materiales naturales o de autoconstrucción, pero los beneficios que estas alternativas pudiesen darnos son pequeños comparados con el gasto energético del día a día.

## 7.7 Comparando energía y GEI embebidos en los materiales

En las publicaciones citadas más arriba (González, Tognetti, Van der Heede, 2011, y González, 2014a y 2014b), se mostró que la fabricación de bloques de paja y arcilla resulta en cerca de 40 MJ por cada m<sup>2</sup> de pared, incluyendo la producción local de paja de trigo y la elaboración local de todo el proceso.

Es interesante notar la incidencia de mano de obra en la producción. Se puede asignar un valor de energía consumida y de GEI emitidos a cada hora de trabajo (ver las publicaciones por detalles). En la producción de la paja de cereal la mano de obra contribuye con 4% del impacto en energía y GEI; en contraste, en la fabricación manual de los bloques la mano de obra representa el 45% del impacto total. Este resultado era realmente esperable porque la actividad agrícola se desarrolla con diesel (maquinaria) y agroquímicos, pero la manufactura de bloques es un trabajo esencialmente humano.

La energía y GEI para un cubrir 1 m<sup>2</sup> de pared con ladrillos comunes cocidos resulta de 480 MJ y 30 kgCO<sub>2</sub> eq., respectivamente; los cuales son mucho mayores que los 40 MJ y 3,4 kg CO<sub>2</sub>eq. Obtenidos para bloques de paja y arcilla.

Es decir, hay una gran diferencia en los impactos indirectos al construir, pero en el total en la casa la diferencia es mínima comparada con el consumo cotidiano anual de gas o leña.

La opción con fardos tiene mejor coeficiente térmico que la de bloques (Tabla 1), y además vemos en las publicaciones que el impacto por  $m^2$  de pared resulta en 28 MJ y 2,5 kgCO<sub>2</sub>eq., lo cual es más bajo aun que para los bloques. Entonces, ¿por qué no usamos fardos enteros en lugar de tanto trabajo con la arcilla y los bloques?

Cubrir cerca de 120  $m^2$  de pared con fardos demandaría 2,8 hectáreas de cultivo, mientras que con bloques 1,2 hectáreas, que ya de por sí es bastante área de cultivo para una casa promedio. La presión sobre la agricultura y la calidad del suelo sería muy grande construyendo todo en fardos. En particular, en ciertas zonas no existiría la oferta suficiente.

Es interesante considerar la posibilidad de que los fardos no provengan de la producción local sino que se requiera el transporte en largas distancias. El hecho de que los fardos son livianos y ocupan mucho volumen ya es una desventaja inicial. Un camión semirremolque como el que consideramos más arriba podría transportar alrededor de 600 fardos.

Supongamos que se producen en el sur de la Provincia de Buenos Aires y viajan 1000 km hasta Bariloche. Ese transporte insumiría cerca de 20.000 MJ de combustible, con lo cual sumaría 33 MJ por fardo y los situaría en impacto energético mayor al del bloque local, y similar al de un bloque de manufactura local pero que utiliza paja de cereal transportada desde larga distancia.

De todos modos, en un futuro con menores recursos en energías fósiles no renovables, las producciones locales de alimentos deberán intensificarse y abastecer aquellos lugares donde no resultará económico (o posible) transportarlos desde grandes distancias. En esa situación la producción local de cereales debe intensificarse, y proporcionalmente se obtendrán más residuos para otros usos.

Otra opción válida que ha comenzado a experimentarse es la del uso de medio fardo. Esto es muy interesante porque lleva a una pared de 20 cm de espesor terminado y una transmitancia térmica que es la mitad de la obtenida con el bloque de paja y arcilla  $^{\circ}Cm^2/W$ . La demanda del área cultivada se reduce a 1,4 hectáreas por casa para esta opción, lo cual es una opción intermedia interesante entre eficiencia, impacto ambiental, y disponibilidad.

## 7.8 Algunas reflexiones sobre el trabajo manual

En esta sección me permitiré hacer algunas reflexiones que surgen de la observación y la lectura de otros temas, pero que están íntimamente ligados a la construcción y la sustentabilidad.

Una de las conclusiones que sacamos de lo que vimos hasta aquí es que, si queremos disminuir el consumo indirecto de energía en los materiales reemplazando los convencionales “listos para colocar” por aquellos fabricados en obra, queda claro que el trabajo es muy intenso. En lo que sigue veremos que esta posible desventaja en realidad se acompaña con muchas ventajas, algunas con posibilidades de mejorar varios aspectos sociales y no solo los impactos ambientales.

***En la salud pública actual, uno de los problemas más acuciantes es el sobrepeso, porque deriva en una diversidad enorme de distorsiones metabólicas, y ha sido identificado como factor de riesgo en las principales enfermedades crónicas. En gran parte, el sobrepeso se debe a la falta de actividad física. Surgen entonces las recomendaciones de los médicos: “camine vigorosamente 3 a 4 veces por semana durante una hora”, “haga trabajo muscular”, “los ejercicios aeróbicos ayudan al corazón”, etc.***

***Esto está muy bien, y habría que agregarle una acción reparadora que en la filosofía oriental estaría inspirada en la ley de los contrarios:***

- ***Si estoy tantas horas sentado debería compensar con movimiento***
- ***Si estoy en un ambiente cerrado debería compensar con espacio abierto***
- ***Si paso x horas respirando aire enrarecido debería buscar el aire libre***

***El trabajo manual diario ofrece todos esos contrarios, y cumple con las recomendaciones de la salud pública.***

***Además sirve para usar la fuerza humana en detrimento de la máquina, y esto es justamente lo que disminuye impactos ambientales.***

Hay, por ejemplo, iniciativas de producir electricidad en los gimnasios a través de las bicicletas estacionarias. Está bien también, pero noten que siguen en un ambiente cerrado y con aire enrarecido. No resuelven todos los contrarios.

Imagino que salgo de la fábrica o de la oficina y me meto otra vez en un lugar cerrado a hacer ejercicio; y después salgo de ahí y llego a casa. En el medio los transportes también fueron en lugares cerrados y en muchos casos más enrarecidos aun que los lugares de trabajo. En casa cocino una papa que se produjo con gran uso de agroquímicos y a gran distancia de donde me encuentro, cuando podría haber usado la energía que dejé en el gimnasio para cultivar la papa y evitar esos impactos.

¿No tengo terreno? Puede encontrarse un lugar para hacer trabajo voluntario, tal vez un amigo/vecino/familiar que tiene terreno pero no tiene fuerza ni ganas para trabajarlo.

Por otro lado, no todas son actividades que necesitan lugar, por ejemplo, una pared de mi casa necesita pintura y sé que no es difícil pintarla; el trabajo de pintarla me hará caminar, usar musculatura, respirar distinto, poner la vista y el pensamiento en cosas distintas a las habituales en el trabajo. El mismo ejemplo vale para construirse uno mismo algún mueble o artefacto para la casa.

¿Pero qué debería hacer entonces el albañil cuando llega a casa? Sentarse a conversar, o a leer, o mirar TV, o sentarse con su notebook o tirarse a no hacer nada. Esto es lo contrario de su día de trabajo. ¿Y la papa para la cocina? deberá buscarla en la verdulería o recibirla de un vecino que la cultive, ya hizo demasiado trabajo físico y al aire libre durante su día laboral.

Esto no trata de ser una recomendación para nadie, sino una propuesta para discutir. Cada uno encontrará lo que más le agrada y cómo realizarlo. Ahora bien, si estamos interesados por el medio ambiente (salud del planeta), por nuestra salud (medio ambiente interior), y nos preocupamos por saber qué puede pasar en el futuro (sustentabilidad), es bueno saber que en concreto podemos hacer muchísimo en el día a día. Hay que buscar las oportunidades.

Por ejemplo, cosas que parecen mínimas como caminar 2 km evitando tomar un transporte, o dejar el auto en un solo punto y caminar 2 o 3 km recorriendo los distintos trámites y compras que debo hacer, ayudan mucho más de lo que pensamos: descongestiona tránsito, se contamina menos el aire, se quita presión al transporte público, se dejan espacios libres en la ciudad útiles a otras actividades. De paso, cumplimos con compensar por los contrarios, y en muchos casos hasta ahorraremos tiempo cambiando minutos de espera en atascamientos por minutos para caminar.

Sigo invitando a la reflexión, no a que hagan lo que digo (y lo que hago) sino a que cada uno desarrolle la propia idea. De todas maneras, es obligación de quien cobra un sueldo público por estudiar e investigar, dar a conocer las conclusiones que saca de esos estudios, sobre todo si pueden ayudar a mejorar la calidad de vida de quienes le están pagando el sueldo.

Mis conclusiones de más de 20 años de observación y estudio en energía y medio ambiente, huerta, cocina, nutrición, casas, prácticas cotidianas, y trabajo manual, es que necesitamos reflexionar porque vamos en la dirección incorrecta. Si seguimos en esta dirección los sufrimientos irán en aumento, a pesar de que estamos

muy distraídos con espejitos y pantallitas de colores que nos hacen sentir temporariamente bien.

Creo que aquí resulta natural la pregunta:

¿y las ciudades, no nos estamos metiendo en un callejón sin salida?

Tal vez, pero depende en qué ciudades estemos pensando. No es lo mismo una ciudad caótica, en la cual todo está trabado a las horas en que se mueve la gente, sin amplios espacios verdes y sin espacios comunitarios para trabajarlos, y con alta polución de todo tipo, que ciudades maravillosas como las escandinavas, por ejemplo Estocolmo en Suecia y Aarhus en Dinamarca.

Doy estos dos ejemplos porque tuve la suerte de vivir en cada una de ellas unos dos años, y las conozco bastante bien, desde la bicicleta, la caminata y el transporte público. Se pueden ver en GoogleEarth, donde se aprecia un diseño de ciudad en donde hay oportunidad para todo tipo de actividad física productiva.

Esto no quiere decir que se lleve a la práctica por la mayoría, ni que se haya resuelto el sedentarismo ni el sobrepeso. Las cito sólo a título de que es posible tener una ciudad en donde un espacio verde esté a la mano y sea accesible a todos. Por otro lado, es cierto que estas no son ciudades gigantes como Buenos Aires, Santiago de Chile o Río de Janeiro. Tal vez sería imposible convertir a estas en un espacio amigable sin realizar grandes cambios, ni sin chocar con la oposición de muchos intereses.

Pienso, de todos modos, que hay esperanza de organizarse mejor y llegar a tener la oportunidad masiva de hacerse una buena parte de la casa, tener un espacio para producir algunos alimentos, y a la vez tener un trabajo corriente remunerado sin pasársela viajando 2 o 3 horas por día. Subrayo la palabra masiva porque es esencial. Desde el punto de vista ambiental, las soluciones de elite no aportan nada significativo, son cantidades mínimas; no sirven tampoco en lo social porque el éxito de una elite es una experiencia sectaria que genera más rechazo que simpatía.

Pienso que una propuesta con posibilidad de éxito sería promover la oferta de lugares amigables para vivir, y que de a poco el gusto y la voluntad de la gente los vaya llevando a ocupar esos espacios. Para que esto funcione debe haber mucha transparencia, mucha honestidad, mucho desinterés personal y de sectores, mucho respeto, todas virtudes que en general no son moneda corriente, y menos en quienes están en los puestos de poder.

Yo estoy muy lejos de tener propuestas efectivas para resolver la sustentabilidad y la baja calidad de vida actual, aunque me resisto a pensar que no sean posibles.

Me pregunto,

¿qué llevó a los suecos o a los daneses a dejar tanto espacio público abierto al uso común?,

¿cómo ocurrió que en esas sociedades predominaron los honestos sobre los corruptos, y que el porcentaje de estos últimos no influya en el total?

Esto no es física ni arquitectura ni agricultura, pero creo que resolverlo tiene una importancia mucho mayor para la sustentabilidad.

Hoy día, tanto en Argentina como en Chile, ¿qué sentido tiene trabajar en una parcela cercana a una ciudad si en cualquier momento a uno lo asaltan o le toman la tierra?, ¿cómo proponerle a alguien que haga un cambio a una vida más rural y más sustentable si de la noche a la mañana puede tener enfrente de su casa una serie de peligros?

Nuevamente, el fenómeno es muy complejo pero no pierdo las esperanzas, sobre todo porque sé por la historia que esos países escandinavos que admiro y envidio fueron en el pasado tan problemáticos e injustos como los nuestros.

## Bibliografía

AIE 2007. Agencia Internacional de Energía. Manual de Estadísticas Energéticas. Libre acceso [www.iea.org](http://www.iea.org)

AIE 2009. International Energy Agency. Energy Balance for Chile, year 2009. <http://www.iea.org/stats/index.asp>

Arena P.A., Correa E., de Rosa C. 2002. "Perfil ambiental del cemento portland producido en la región oeste Argentina, según la metodología del IPCC". Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 6(1): 1.47-1

Auto 2007. Product Sustainability Index. Ford of Europe. Véase Figura 3-5. <http://corporate.ford.com/doc/sr12-ford-psi.pdf>

Bobadilla, A., 2009. Permeabilidad al Aire de Viviendas. Laboratorio de Física de la Construcción, Universidad del Biobío.

Bustamante, W., Cepeda, R., Martínez, P., Santa María, H., 2009. Eficiencia energética en la vivienda social, un desafío posible, en: Camino al Bicentenario, Propuestas para Chile, Santiago, pp. 253-282. [http://politicaspUBLICAS.uc.cl/cpp/static/uploads/adjuntos\\_publicaciones/adjuntos\\_publicacion.archivo\\_adjunto.a4363393f53cc273.436170c3ad74756c6f20395f3039202d204566696369656e63696120656e657267c3a97469636120656e2076697669656e646120736f6369616c2e706466.pdf](http://politicaspUBLICAS.uc.cl/cpp/static/uploads/adjuntos_publicaciones/adjuntos_publicacion.archivo_adjunto.a4363393f53cc273.436170c3ad74756c6f20395f3039202d204566696369656e63696120656e657267c3a97469636120656e2076697669656e646120736f6369616c2e706466.pdf)

Camuzzi 2013. Camuzzi Gas del Sur. Tarifas vigentes en San Carlos de Bariloche <http://www.camuzzigas.com/>

CDT (2007). Corporación de Desarrollo Tecnológico, Cámara Chilena de la Construcción (CChC). 2007. Sistemas Solares Térmicos. Manual de Diseño Para el Calentamiento de Agua. Santiago, Chile. 141p.

CERECEDA-BALIC, F. *et al.* Obtaining PAHs Concentration Ratios and Molecular Markers for Residential Wood Combustion: Temuco, a Case Study. Journal of the Air & Waste Management Association, v. 62, pp.44-51, 2012.

Chile, 2011.DS N°39. Establece Norma de Emisión de Material Particulado, para los Artefactos que Combustionen o puedan Combustionar Leña y Derivados de la Madera.

[http://www.leychile.cl/Consulta/listado\\_n\\_sel?\\_grupo\\_aporte=&sub=512&agr=1020&comp=](http://www.leychile.cl/Consulta/listado_n_sel?_grupo_aporte=&sub=512&agr=1020&comp=)

CIVA-UACH (2010). Evaluación de la Demanda de Calefacción y Propuestas de Mejoras en la Envolvente Térmica en Viviendas de la Ciudad de Valdivia. Centro de Investigación de la Vivienda Austral, Universidad Austral de Chile, Valdivia.

<http://www.combustiblesolidosag.cl/index.php/descarga-documentos>

CNE 2009. Comisión Nacional de Energía. Certificación de artefactos a leña. Lic. 610-7-LE09. Informe final, Ambiente Consultores.

CNE, 2013. Balances de Energía Primaria 2004-2008. Comisión Nacional de Energía de Chile. <http://www.cne.cl/estadisticas/balances-energeticos>

CONAMA 2008. Actualización del inventario de emisiones en las comunas de Temuco y Padre las Casas. Dictuc Ingeniería para Comisión Nacional del Medio Ambiente [http://www.sinia.cl/1292/articles-46042\\_recurso\\_1.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-46042_recurso_1.pdf)

CONAMA 2009, “Elaboración de una estrategia para el control de la contaminación por leña en ciudades del centro-sur de Chile”. Comisión Nacional del Medio Ambiente.

Cricyt 2013. Cálculo de transmitancia térmica de sistemas constructivos. Libre acceso herramienta online, en

<http://www.cricyt.edu.ar/lahv/pruebas/conductancia/principal.htm>

Czajkowski J. et al. (2003). Comportamiento energético ambiental en viviendas del Gran La Plata. AVERMA 7, 07.43-07.47

Díaz C., Czajkowski J. (2006). Auditorías energéticas en viviendas de interés social en Río Grande, Tierra del fuego. AVERMA 10, 07.33-07.38

ENARSA (2013). Energía Argentina S.A. Gas de Bolivia.

<http://www.enarsa.com.ar/index.php/es/gasnatural>

England, J.L., et al., 2013. Cradle-to-gate inventory of wood production from Australian softwood plantations and native hardwood forests: Carbon sequestration and greenhouse gas emissions. Forest and Ecology Management, 302, 295-307.

EPA, 2013. The National Air Quality Standards for Particle Pollution. Environmental Protection Agency, USA. <http://www.epa.gov/pm/2012/decfsstandards.pdf>

Filippín C., Flores Larsen S., López Gay E. (2008). Energy improvement of a conventional dwelling in Argentina through thermal simulation. *Renewable Energy* 33, 2246-2257

Filippín C. (2005). Energy use of buildings in Argentina. *Jou. Building Phys.* 29, 69-89.

FT (2009). Ley 20.365. Franquicia Tributaria para Sistemas Solares Térmicos. 2009. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago. Agosto 19: 4-5

Ganem C., Esteves A., Coch H. (2001). El rol de la envolvente en la rehabilitación ambiental. *AVERMA* 9, 05.49-05.54

Gómez-Lobo, A., et al. 2006. Diagnóstico del Mercado de la Leña en Chile. Informe Final preparado para la Comisión Nacional de Energía de Chile. Centro Micro Datos, Departamento de Economía, Universidad de Chile.

González A.D. 2003. "Comparación de artefactos domésticos, formas de energía y costo relativo, para el calentamiento de agua destinado a cocción de alimentos". *Energías Renovables y Medio Ambiente* 16, 27-36

González A.D. 2004. "Relación de funcionamiento en heladeras domiciliarias: medida de la eficiencia energética y oportunidad de educación en ahorro". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 8, comunicación 10.05-10.06

González, A.D, 2005. Crisis energética de 2004 y 2005. *Medios de comunicación y física de la energía. Ciencia Hoy*, vol. 16, n°92, 10-16 (2006)

González A.D. et al. 2006. Eficiencia en el uso del gas en viviendas unifamiliares de Bariloche. *AVERMA* 10, 7.01-7.08

González, A.D, et al., 2007. Residential energy use in one-family households with natural gas provision in a city of the Patagonian Andean region. *Energy Policy*, 35, 2141-2150.

González A.D. (2008). Aumento de eficiencia térmica en la ciudad de Bariloche: propuesta de plan de mejoras con dirección de subsidios a la inversión, y no al consumo. *AVERMA* 12, 7.57-7.64

González, A.D, 2009. Energy subsidies in Argentina lead to inequalities and low thermal efficiency. *Energies*, 2, 769-788.

González A.D. 2009. Consumo de gas en viviendas unifamiliares de Bariloche: análisis de criterios para fijar aumento de tarifas. *AVERMA* 13, 7.17-7.23

González A.D., Tognetti C. 2009. “Conservadora de alimentos incorporada a la vivienda: una experiencia en clima frío”. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 13, C5.37-5.39

González, A.D, 2010. “Comparación de energías y gases de efecto invernadero en calentamiento de agua para cocción de alimentos con electricidad y gas natural”. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 14, 7.25-7.32 (2010)

González A.D., Tognetti C., Van den Heede S, 2011. “Beneficios ambientales del uso de paja de cereal para muros en edificios de la Patagonia Andina”. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 15, 07.55-07.63

González, A.D, 2011. “Energía y gases de efecto invernadero en el consumo de alimentos en los hogares: incidencia de la cocción”. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 15, 01.01-01.08

González, A.D, 2013 . *Management of Disaster Risks Derived from Large Fuel Subsidies of Natural Gas in Argentina*. *Climate Change and Disaster Risk Management*, Walter Leal Ed., Springer Books.

González A.D., 2013. “Implementación de cámara de aire en vidriados existentes para el aumento de la eficiencia térmica con bajo costo”. *Actas de la XXXVI Reunión de trabajo de la Asociación de Energías Renovables y Medio Ambiente* vol. 1, 0.8-177-0.8-182

González, A.D, 2014a. “Importancia de la construcción eficiente en la Patagonia”. *Revista Desde La Patagonia Difundiendo Saberes*, en prensa

González, A.D, 2014b. “Energy and carbon embodied in straw and clay wall blocks produced locally in the Andean Patagonia”. *Energy and Buildings* vol. 70, pág. 15-22

Gutiérrez J.A., González A.D. 2012. “Determinación experimental de conductividad térmica de materiales naturales y de reciclado”. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* vol. 16, 8.41-8.48

INE, 2012. *Resultados Preliminares XVIII Censo de Población 2012, Región de Los Ríos*. Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. <http://www.ine.cl/>

INFOR, 2012. Estudio de Consumo Domiciliario Urbano de Material Leñoso en Valdivia. Instituto Forestal, Valdivia.

<http://www.combustiblesolidosag.cl/index.php/descarga-documentos>

Jordan, T.B.; Seen A.J., 2005. "Effect of Airflow Setting on the Organic Composition of Wood heater Emissions". Environmental Science and Technology v.10, pp.3601-3610,. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15952364>

Juanicó L. et al. (2006a). Eficiencia térmica de calefactores a gas de tiro balanceado. AVERMA 10, 7.25-7.32

Juanicó L. et al. (2006b). Mejora en la eficiencia de calefactores a gas de tiro balanceado. AVERMA 10, 7.17-7.23

Kelly, C., *et al.* 2007. "Warm Homes Technical Report.Real Life Emissions Testing of Wood Burners in Tokoroa". Ministry for the Environment, New Zealand. <http://www.mfe.govt.nz/publications/energy/emissions-testing-wood-burners-tokoroa-jun07/emissions-testing-wood-burners-tokoroa-jun07.pdf>

Lavia M., Shiratori J. (2012). Aspectos Técnicos, económicos y legales del Gas Plus en la Cuenca Neuquina. Jornadas de producción, transporte y tratamiento de gas. <http://apca.noblogs.org/files/2012/11/documento-Apache.pdf>

Lindén A-L. et al. (2006). Efficient and inefficient aspects of residential energy behaviour: What are the policy instruments for change? Energy Policy 34, 1918-1927

Mercado V., Esteves A., Filippín C. (2008). Estrategias bioclimáticas en viviendas de índole social en Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina. AVERMA 12, 05.129-05.136

Meteo Chile, 2014. Dirección Meteorológica de Chile. Climatología. <http://164.77.222.61/climatologia/>

MINE, 2012. Balance Nacional de Energía 2011. Ministerio de Energía de Chile. [http://antiguo.minenergia.cl/minwww/opencms/14\\_portal\\_informacion/06\\_Estadisticas/Balances\\_Energ.html](http://antiguo.minenergia.cl/minwww/opencms/14_portal_informacion/06_Estadisticas/Balances_Energ.html)

MINVU 2013. Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile, y Ministerio de Energía. Evaluación Independiente del Programa de Reacondicionamiento Térmico.Informe Final. ARQ Energía / ENER Solutions. [http://www.bcn.cl/obtienearchivo?id=documentos/10221.1/37394/1/24\\_Evaluaci%C3%B3n%20Independiente%20del%20Prog%20de%20Reacondicionamiento%20T%C3%A9rmico\\_Soluciones%20Energ%C3%A9ticas\\_584105-18\\_LP11.pdf](http://www.bcn.cl/obtienearchivo?id=documentos/10221.1/37394/1/24_Evaluaci%C3%B3n%20Independiente%20del%20Prog%20de%20Reacondicionamiento%20T%C3%A9rmico_Soluciones%20Energ%C3%A9ticas_584105-18_LP11.pdf)

MMA 2012. Ministerio de Medio Ambiente. Evaluación Técnica y Económica de Viviendas más Incidentes en Demanda Térmica en el Radio Urbano de la Ciudad de Valdivia.

MMA, 2013. Contaminación del Aire. Ministerio del Medio Ambiente de Chile.

[http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016\\_Capitulo\\_1.pdf](http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016_Capitulo_1.pdf)

Mundaca, T. L. (2013). Climate change and energy policy in Chile: Up in smoke? *Energy Policy* 52, 235-248.

Río Negro (2013). Diario Río Negro 26/7/2013. “Ratifican la inversión para el gasoducto cordillerano” [http://www.rionegro.com.ar/diario/ratifican-la-inversion-para-el-gasoducto-cordillerano-1216428-53285-nota\\_cordillera.aspx](http://www.rionegro.com.ar/diario/ratifican-la-inversion-para-el-gasoducto-cordillerano-1216428-53285-nota_cordillera.aspx)

Rosenfeld E. et al., (2003). El consumo de energía en el área metropolitana de Buenos Aires en la década del '90: una trayectoria de desarrollo insustentable. *AVERMA* 7, 07.01-07.05

Sanhueza P.A. et al. 2009. Particulate Air Pollution and Health Effects for Cardiovascular and Respiratory Causes in Temuco, Chile: A Wood-Smoke Polluted Urban Area. *Journal of the Air and Waste Management Association*, v. 59, pp. 1481-1488

Scott, A.J., 2005. Real-life emissions from residential wood burning appliances in New Zealand. Ministry for the Environment New Zealand. <http://ecan.govt.nz/publications/Reports/air-report-emissions-residential-wood-burning-appliances-nz-000805.pdf>

Schueftan, A., 2012. Evaluación de Estrategias de Eficiencia Energética y Energía Renovable para las Viviendas Sociales en Valdivia. Tesis de Magister, Universidad Austral de Chile, Valdivia.

Schueftan A., González A.D., 2013. “Comparación de recursos energéticos residenciales en las ciudades de Valdivia (Chile) y Bariloche (Argentina): precios y consumos”. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* vol. 17, 7.09-7.17

Schueftan A., A.D. González, 2013. “Reduction of firewood consumption by households in south-central Chile associated with energy efficiency programs”, *Energy Policy* 63, 823-832 (2013)

Schueftan A., A.D. González, 2014. “Calefacción en el sector residencial de Valdivia (Chile): análisis de una encuesta en 2025 hogares”. *Actas Asades 2014*, tema 7

SINCA (2013). Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire. Ministerio del Medio Ambiente de Chile. <http://sinca.mma.gob.cl/>

SNCL (2010). Sistema Nacional de Certificación de Leña, Indicadores Nueva Región. <http://www.losrioscomovamos.cl/2012/medioambiente/consumo-de-lena-certificada>

Tognetti Conrado, González A.D., 2014. “Capacitación en diseño y construcción de estufas a leña tipo rocket en la Patagonia Andina”. Actas Asades 2014, tema 10

Vagge C., Czajkowski J., Filippín C. (2008a). Análisis del consumo de gas natural en una vivienda de la ciudad de La Plata. AVERMA 12, 05.81-05.87

Vagge C., Filippín C., Czajkowski J. (2008b). Auditorías energéticas en Santa Rosa, La Pampa. Análisis del comportamiento energético y consumo de gas natural en edificio de vivienda multifamiliar. AVERMA 12, 05.57-05.64

OMS, 2005. Organización Mundial de la Salud. Air Quality Guidelines, [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/78638/E90038.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf) Accessed 28 June 2013

## Resumen de la Contratapa

Este libro trata sobre el uso de la energía y la eficiencia energética en edificios de dos países del Cono Sur, Argentina y Chile. Se explica cómo, en forma simple y económica, se puede bajar a la mitad el consumo energético de los edificios, aumentando al mismo tiempo el confort interior.

El libro está escrito para quienes no tienen formación en física o ingeniería. En diversas ramas de ciencias sociales y política, y en funcionarios ligados a energía y medio ambiente puede ser útil incorporar elementos técnicos básicos para cuantificar el problema energético. Uno de los objetivos de este libro es complementar un vacío educativo en información interdisciplinaria.

Los principales problemas energéticos actuales ya no pertenecen a la física, la química o la ingeniería, sino a la administración, a la política y a las ciencias sociales. Pienso que estas profesiones pueden desarrollar mejor su potencial si cuentan con conocimientos técnicos sobre los recursos y cómo cuantificarlos. Por ejemplo, el precio internacional del gas natural se da en dólares por cada millón de BTU; quien quiera conectar esto con aspectos sociales y económicos del uso de energía, ¿sabe que un millón de BTU es igual a  $27 \text{ m}^3$  de gas natural, o a 21 kg de gas licuado de petróleo, y que esta cantidad provee cerca de 270 kWh de energía neta? En todo caso, ¿qué es BTU? Se explica en el capítulo 3.

Pienso que en la enseñanza media y en los primeros años de la universidad los conceptos y casos que aquí se detallan pueden ser un complemento interesante de la bibliografía habitual, aportando diversos elementos de discusión y de ejercitación práctica. El libro enfoca en lo práctico, y esto puede aportar ejemplos y casos a cursos de física en la enseñanza media y primeros años universitarios.

Este libro puede ser también útil a los arquitectos para actualizar su formación en física y energía. Por otro lado, provocará también sorpresas en físicos e ingenieros que no habían asociado sus conocimientos básicos a los problemas cotidianos del uso eficiente de recursos energéticos.

ISBN 978-987-33-6408-2

