



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA



**MAESTRÍA EN ARQUITECTURA Y HÁBITAT SUSTENTABLE**

**INTRODUCCIÓN A LA ARQUITECTURA Y EL HÁBITAT SUSTENTABLE**

**DOCENTE: CZAJKOWSKI JORGE DANIEL**

**ESTUDIANTES: MORA JHON - MACIAS ENRIQUE**

**TEMA:**

**EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL CONTENIDO ENERGÉTICO Y EMISIONES GEI DE UNA VIVIENDA EN DUPLEX DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL Y UNA VERSIÓN MEJORADA EN SU NIVEL DE EFICIENCIA. CASO LA PLATA.**

**CONTENIDO:**

- **RESUMEN**
- **INTRODUCCIÓN: DESCRIPCIÓN DEL CASO EN ESTUDIO**
- **DESARROLLO: EVALUACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE LOS DIFERENTES CASOS Y SU RESPECTIVA COMPARACIÓN.**
- **CONCLUSIONES**

**LA PLATA, AGOSTO 2023**



## DESARROLLO: EVALUACIÓN DEL CONTENIDO ENERGÉTICO Y EMISIONES DE CO2 DE LOS DIFERENTES CASOS Y SU RESPECTIVA COMPARACIÓN

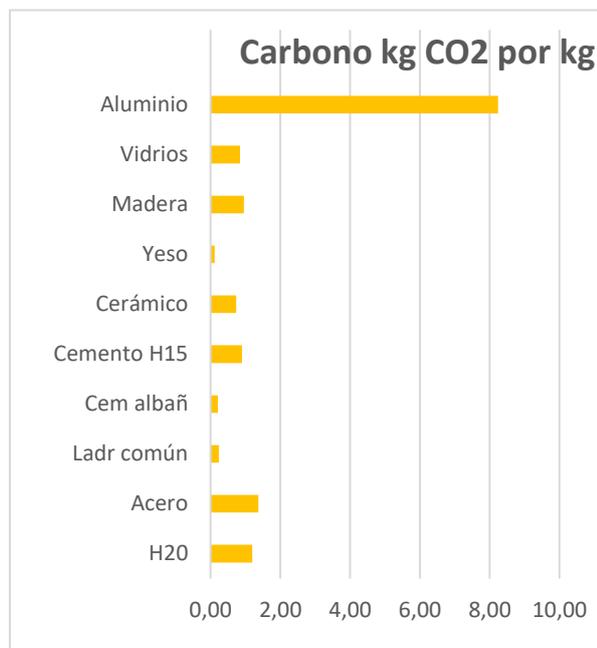
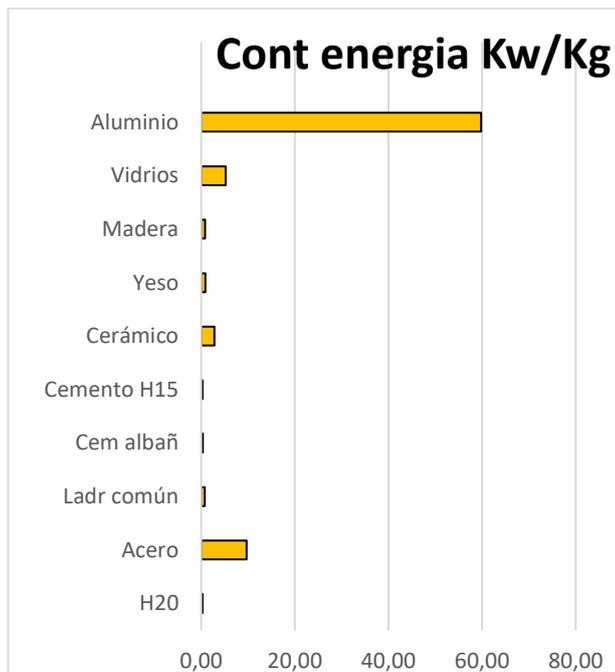
### MODELO 1

Los materiales utilizados para la construcción de este modelo de vivienda, son de uso tradicional, como la mampostería de ladrillo común, losas y estructuras de hormigón y revoques de cemento. La elección de estos materiales se basa en que son de fácil acceso y de bajo costo. El sistema constructivo es totalmente in situ, lo que puede conllevar a un mayor consumo de agua durante la construcción.

- **Tabla con los valores de contenido energético, emisiones de CO2 y densidad de los materiales utilizados para este modelo.**

| Material            | Cont energia Kw/Kg | Carbono kg CO <sub>2</sub> por kg | Densidad kg /m <sup>3</sup> |
|---------------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| H2O                 | 0,31               | 1,20                              | 2000                        |
| Acero               | 9,71               | 1,37                              | 7800                        |
| Ladrillo común      | 0,79               | 0,24                              | 1700                        |
| Cemento albañilería | 0,36               | 0,21                              | 2000                        |
| Cemento H15         | 0,28               | 0,90                              | 1500                        |
| Cerámico            | 2,79               | 0,74                              | 2000                        |
| Yeso                | 0,93               | 0,12                              | 1120                        |
| Madera              | 0,81               | 0,96                              | 500                         |
| Vidrios             | 5,23               | 0,85                              | 2500                        |
| Aluminio            | 59,78              | 8,24                              | 2700                        |

- **Tabla comparativa de los materiales con mayor contenido energético y emisiones de CO2 utilizados para este modelo**

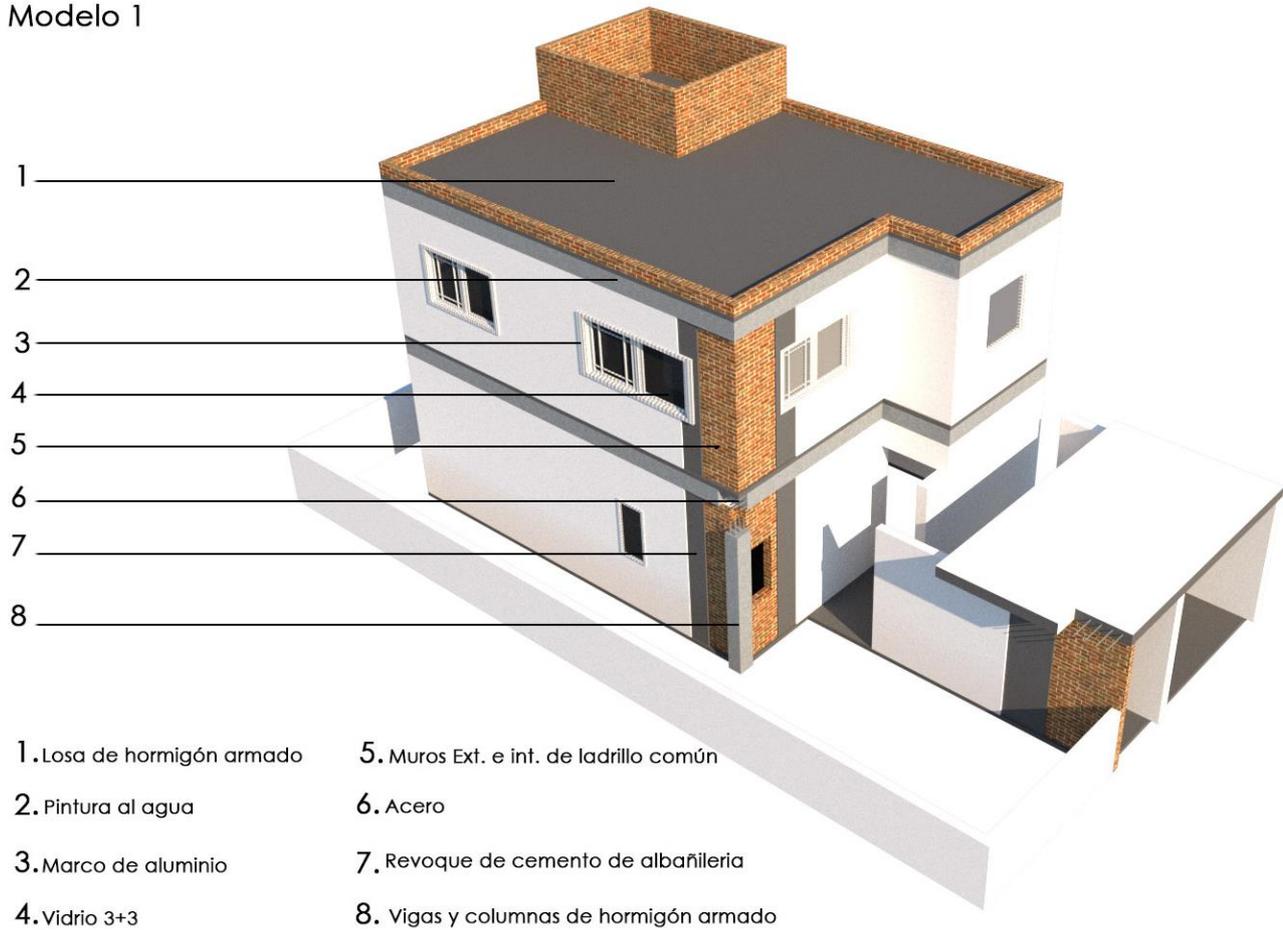


- **Calculo del contenido energético, emisiones de CO2 y peso del total de materiales utilizados para este modelo, según cada componente.**

Departamento de 54 m2

| Componente       | material   | a   | b    | c     | volumen | densidad | peso     | Con Energ | GEI       | Con Energ | GEI      |
|------------------|------------|-----|------|-------|---------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|
|                  |            | m   | m    | m     | m3      | kg/m3    | kg       | kW/kg     | kg CO2/kg | kW        | kg CO2   |
| Losa             | H20        | 6   | 9    | 0,3   | 16,2    | 2000     | 32400    | 0,31      | 1,20      | 10173,9   | 38880,0  |
| Vigas            | H20        | 0,2 | 72   | 0,3   | 4,32    | 2000     | 8640     | 0,31      | 1,20      | 2713,0    | 10368,0  |
| Columnas         | H20        | 0,2 | 0,3  | 45    | 2,7     | 2000     | 5400     | 0,31      | 1,20      | 1695,7    | 6480,0   |
| Circul común     | H20        | 0   | 0    | 0     | 0       | 2000     | 0        | 0,31      | 1,20      | 0,0       | 0,0      |
| 5% H°A°          | Acero      | -   | -    | -     | 1,134   | 7800     | 8845,2   | 9,71      | 1,37      | 85896,2   | 12117,9  |
| Muros ext        | Ladr común | 72  | 5    | 0,18  | 64,8    | 1700     | 110160   | 0,79      | 0,24      | 87118,9   | 26438,4  |
| Muros int        | Ladr Común | 15  | 5    | 0,12  | 9       | 1700     | 15300    | 0,79      | 0,24      | 12087,0   | 3672,0   |
| Revoques         | Cem albañ  | 154 | 5    | 0,02  | 15,4    | 2000     | 30800    | 0,36      | 0,21      | 11088,0   | 6468,0   |
| Contrapiso       | H15        | 7   | 9    | 0,09  | 5,67    | 1500     | 8505     | 0,28      | 0,90      | 2373,9    | 7654,5   |
| Piso             | Cerámico   | 7   | 9    | 0,04  | 2,52    | 2000     | 5040     | 2,79      | 0,74      | 14067,6   | 3729,6   |
| Cielorraso aplic | Yeso       | 6   | 9    | 0,02  | 1,08    | 1120     | 1209,6   | 0,93      | 0,12      | 1125,4    | 145,2    |
| Puerta           | Madera     | 0,9 | 2,05 | 0,04  | 0,0738  | 500      | 36,9     | 0,81      | 0,96      | 30,0      | 35,4     |
| Vidrios          | Vidrios    | 12  | 1    | 0,006 | 0,072   | 2500     | 180      | 5,23      | 0,85      | 942,0     | 153,0    |
| Marcos           | Aluminio   |     |      |       | 0,025   | 2700     | 67,5     | 59,78     | 8,24      | 4035,0    | 556,2    |
|                  |            |     |      |       |         |          | 226584,2 |           |           | 233346,8  | 116698,2 |

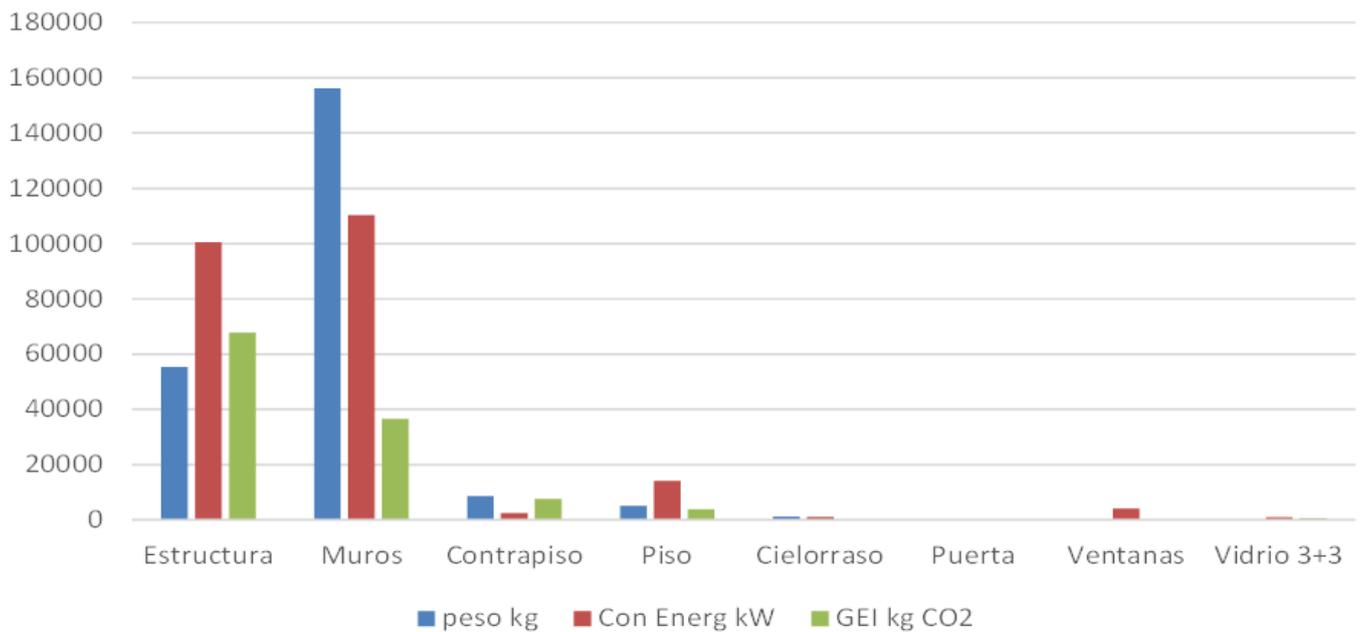
## Modelo 1



### - Síntesis contenido energético, emisiones de CO2 y peso, de cada componente del modelo

| Componente | material     | peso<br>kg | Con Energía<br>kW | GEI<br>kg CO2 |
|------------|--------------|------------|-------------------|---------------|
| Estructura | HA           | 55285,2    | 100478,8          | 67845,9       |
| Muros      | Ladr Hueco   | 156260     | 110293,9          | 36578,4       |
| Contrapiso | HP           | 8505       | 2373,9            | 7654,5        |
| Piso       | Cerámica esm | 5040       | 14067,6           | 3729,6        |
| Cielorraso | Yeso aplic   | 1209,6     | 1125,4            | 145,2         |
| Puerta     | Madera Std   | 36,9       | 30,0              | 35,4          |
| Ventanas   | Aluminio     | 67,5       | 4035,03           | 153,0         |
| Vidrio 3+3 | Vidrio       | 180        | 942,0             | 556,2         |
|            |              | 226584,2   | 233346,8          | 116698,2      |

### - Comparación entre contenido energético, emisiones de CO2 y peso, entre componentes del modelo.



A través de los datos obtenidos podemos observar que los componentes con mayor contenido energético y emisiones de CO2 son la estructura y los muros.

Podemos observar que a pesar que la estructura es tres veces más liviana que los muros, su contenido energético es similar e incluso las emisiones de CO2 son mayores que estos. Esto se da porque los materiales que componen la estructura son el cemento y el acero, los cuales tienen un contenido energético y emisiones de CO2 mucho mayores que el de los ladrillos comunes que componen el muro.

Esto quiere decir que el peso no tiene ninguna relación directa con el contenido energético de cada material, por ejemplo el EPS es mucho más liviano que el ladrillo común, pero su contenido energético y emisiones de CO2 son más altas.

## MODELO 2

Considerando los análisis del modelo 1, concluimos que los componentes de mayor incidencia sobre la obra, son la estructura y los muros, por consiguiente, nos enfocaremos principalmente en disminuir el contenido energético y emisiones de CO2 de estos componentes en nuestra propuesta.

Para este modelo se propone utilizar materiales de menor contenido energético y emisiones de CO2 posible, dentro de los que estén a nuestro alcance, se propone un sistema de mampostería con bloques de concreto (densidad media) y también para el sistema estructural, reforzado con acero.

Se sustituye la cubierta de hormigón armado, por una estructura de madera y tejas de arcilla cocida, como primera opción habíamos optado por utilizar chapa de zinc pero por tener un contenido energético y emisiones de CO2 mayores sustancialmente a las de la teja de arcilla, la descartamos.

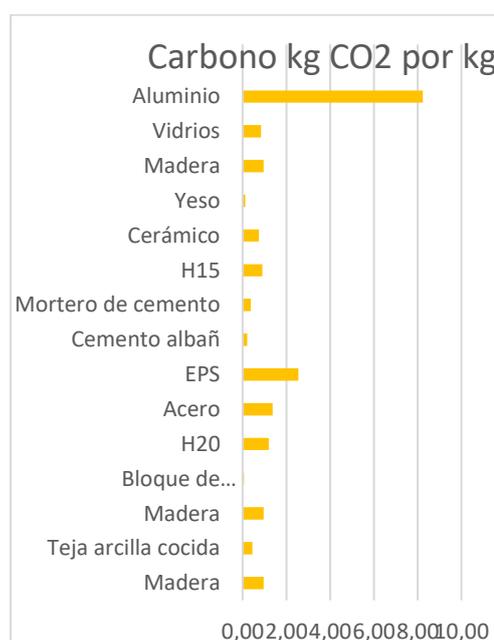
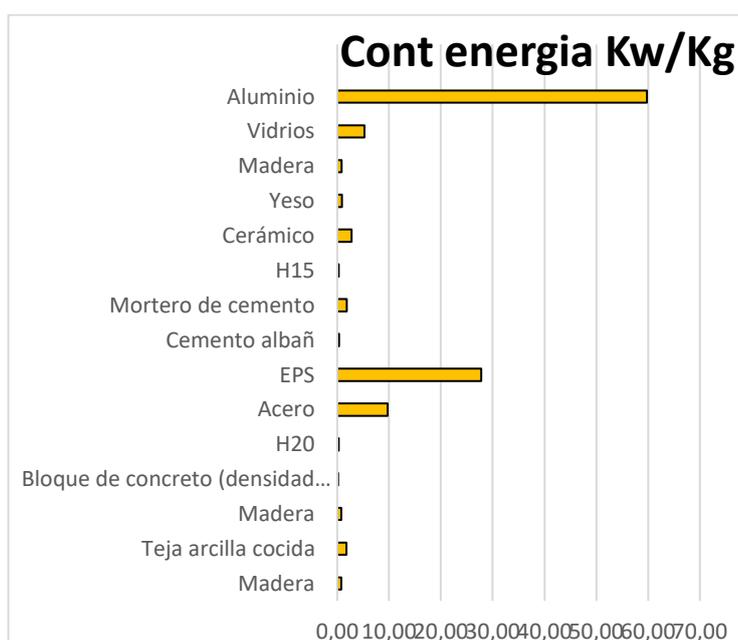
Para el entrepiso se opta por una estructura y entablado de madera, reemplazando el entrepiso de hormigón armado. Al utilizar un sistema liviano tanto para la cubierta como para el entrepiso, se puede optar por un sistema estructural diferente al de vigas y columnas de hormigón armado. En este modelo optamos por utilizar los bloques de cemento que llevan refuerzo de acero en menor cantidad en comparación al sistema tradicional.

Si bien el sistema de fundaciones es in situ, el resto de componentes de este modelo tanto la cubierta, el entrepiso y envolvente vertical pueden considerarse pre fabricados, lo que puede implicar un menor consumo de agua en la obra y también disminuir los desperdicios.

- **Tabla con los valores de contenido energético, emisiones de CO2 y densidad de los materiales utilizados para este modelo.**

| Material                            | Cont. energía Kw/Kg | Carbono kg CO <sub>2</sub> por kg | Densidad kg /m <sup>3</sup> |
|-------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Madera                              | 0,81                | 0,96                              | 500                         |
| Teja arcilla cocida                 | 1,76                | 0,45                              | 1900                        |
| Madera                              | 0,81                | 0,96                              | 500                         |
| Bloque de concreto (densidad media) | 0,18                | 0,07                              | 1450                        |
| H2O                                 | 0,31                | 1,20                              | 2000                        |
| Acero                               | 9,71                | 1,37                              | 7800                        |
| EPS                                 | 27,80               | 2,55                              | 20                          |
| Cemento albañería                   | 0,36                | 0,21                              | 2000                        |
| Mortero de cemento                  | 1,85                | 0,38                              | 800                         |
| H15                                 | 0,28                | 0,90                              | 1500                        |
| Cerámico                            | 2,79                | 0,74                              | 2000                        |
| Yeso                                | 0,93                | 0,12                              | 1120                        |
| Madera                              | 0,81                | 0,96                              | 500                         |
| Vidrios                             | 5,23                | 0,85                              | 2500                        |
| Aluminio                            | 59,78               | 8,24                              | 2700                        |

- **Tabla comparativa de los materiales con mayor contenido energético y emisiones de CO2 utilizados para este modelo**

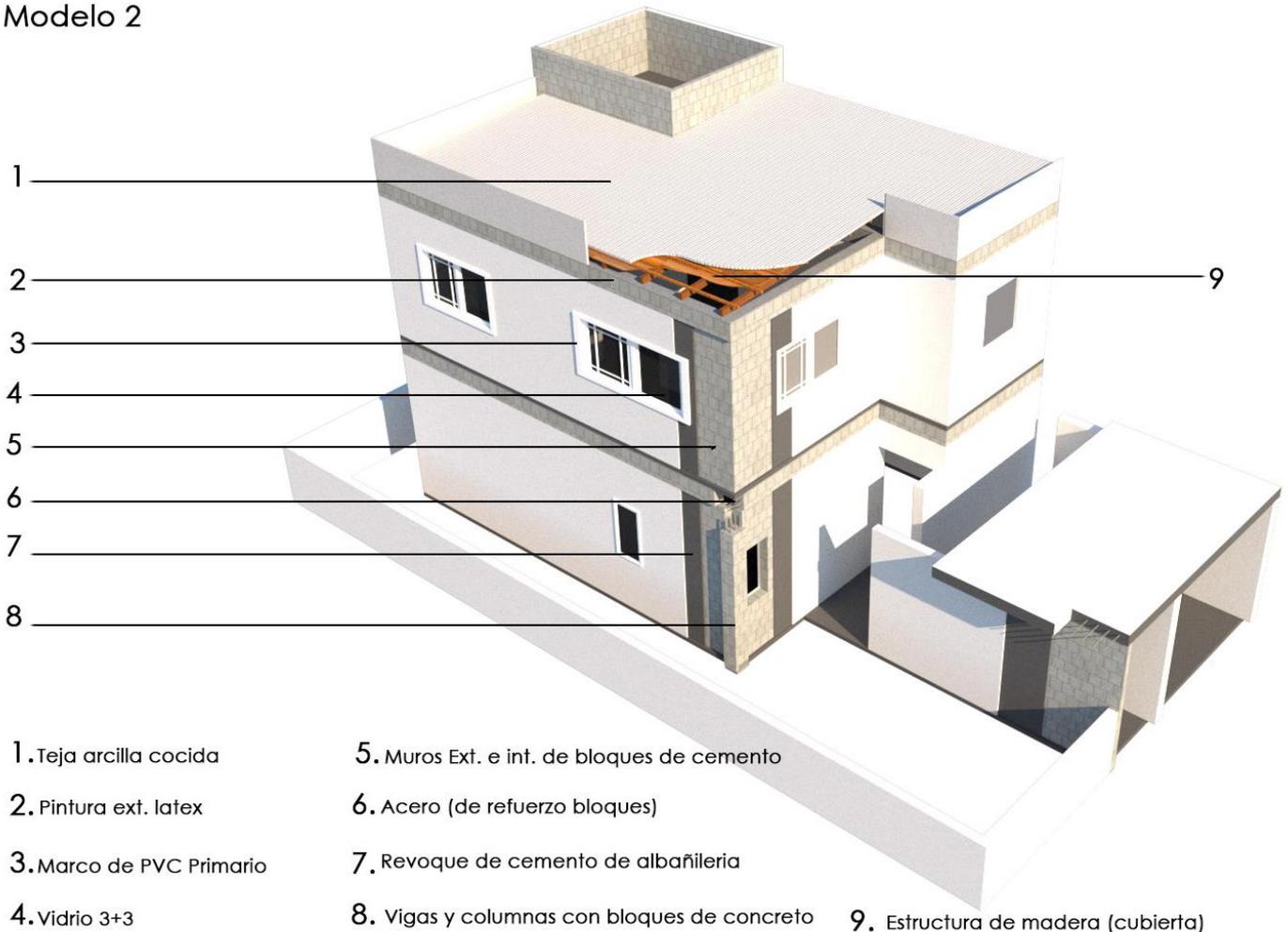


- **Calculo del contenido energético, emisiones de CO2 y peso del total de materiales utilizados para este modelo, según cada componente.**

Departamento de 54 m2

| Componente       | material              | a    | b    | c     | volumen | densidad | peso   | Con Energ | GEI       | Con Energ | GEI     |
|------------------|-----------------------|------|------|-------|---------|----------|--------|-----------|-----------|-----------|---------|
|                  |                       | m    | m    | m     | m3      | kg/m3    | kg     | kW/kg     | kg CO2/kg | kW        | kg CO2  |
| Tirantes         | Madera                | 0,05 | 0,15 | 60    | 0,45    | 500      | 225    | 0,81      | 0,96      | 182,3     | 216,0   |
| Entablonado      | Madera                | 6    | 9    | 0,01  | 0,54    | 500      | 270    | 0,81      | 0,96      | 218,7     | 259,2   |
| Cubierta         | Teja arcilla cocida   | 6    | 9    | 0,005 | 0,27    | 1900     | 513    | 1,76      | 0,45      | 900,3     | 230,9   |
| Entrepiso        | Madera                | 6    | 9    | 0,05  | 2,7     | 500      | 1350   | 0,81      | 0,96      | 1093,5    | 1296,0  |
| Vigas            | Bloque de concreto (d | 0,2  | 72   | 0,2   | 2,88    | 1450     | 4176   | 0,18      | 0,07      | 751,7     | 292,3   |
| Columnas         | Bloque de concreto (d | 0,2  | 0,2  | 45    | 1,8     | 1450     | 2610   | 0,18      | 0,07      | 469,8     | 182,7   |
| Circul común     | H20                   | 0    | 0    | 0     | 0       | 2000     | 0      | 0,31      | 1,20      | 0,0       | 0,0     |
| 5% H°A°          | Acero                 | -    | -    | -     | 0,5     | 7800     | 3900   | 9,71      | 1,37      | 37873,1   | 5343,0  |
| Muros ext        | Bloque de concreto (d | 72   | 5    | 0,12  | 43,2    | 1450     | 62640  | 0,18      | 0,07      | 11275,2   | 4384,8  |
| Ais. Termico     | EPS                   | 30   | 5    | 0,05  | 7,5     | 20       | 150    | 27,80     | 2,55      | 4170,0    | 382,5   |
| Muros int        | Bloque de concreto (d | 15   | 5    | 0,12  | 9       | 1450     | 13050  | 0,18      | 0,07      | 2349,0    | 913,5   |
| Revoque ext      | Cem albañ             | 77   | 5    | 0,02  | 7,7     | 2000     | 15400  | 0,36      | 0,21      | 5544,0    | 3234,0  |
| Revoque int      | Cemento de mortero    | 30   | 5    | 0,01  | 1,5     | 800      | 1200   | 1,85      | 0,38      | 2220,0    | 456,0   |
| Contrapiso       | H15                   | 7    | 9    | 0,09  | 5,67    | 1500     | 8505   | 0,28      | 0,90      | 2373,9    | 7654,5  |
| Piso             | Cerámico              | 7    | 9    | 0,04  | 2,52    | 2000     | 5040   | 2,79      | 0,74      | 14067,6   | 3729,6  |
| Cielorraso aplic | Yeso                  | 6    | 9    | 0,02  | 1,08    | 1120     | 1209,6 | 0,93      | 0,12      | 1125,4    | 145,2   |
| Puerta           | Madera                | 0,9  | 2,05 | 0,04  | 0,0738  | 500      | 36,9   | 0,81      | 0,96      | 30,0      | 35,4    |
| Vidrios          | Vidrios               | 12   | 1    | 0,006 | 0,072   | 2500     | 180    | 5,23      | 0,85      | 942,0     | 153,0   |
| Marcos           | Aluminio              |      |      |       | 0,025   | 2700     | 67,5   | 59,78     | 8,24      | 4035,0    | 556,2   |
|                  |                       |      |      |       |         |          | 120523 |           |           | 89621,6   | 29464,7 |

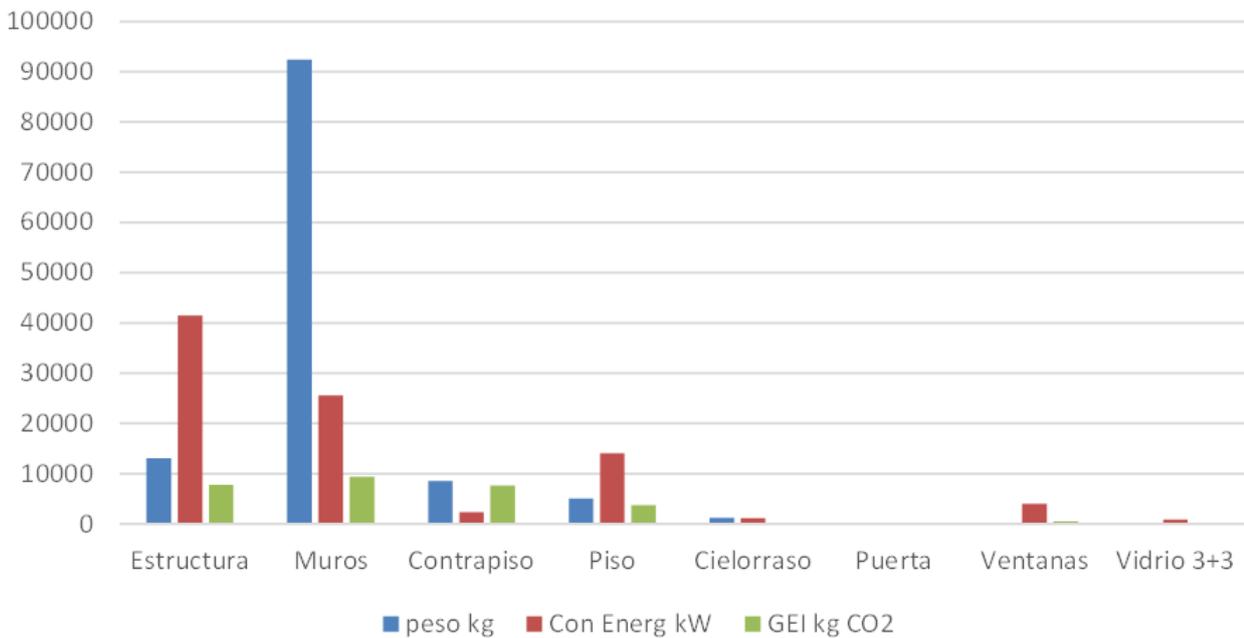
## Modelo 2



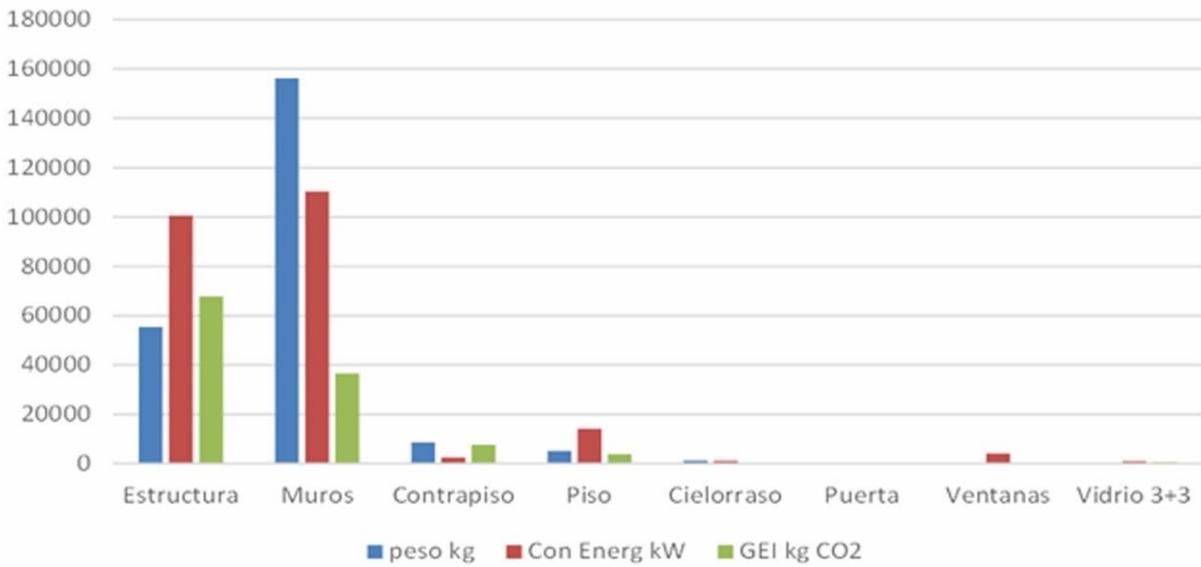
- **Síntesis contenido energético, emisiones de CO2 y peso de cada componente del modelo 2**

| Componente | material       | peso<br>kg | Con Energ<br>kW | GEI<br>kg CO2 |
|------------|----------------|------------|-----------------|---------------|
| Estructura | HA             | 13044      | 41489,3         | 7820,1        |
| Muros      | Ladrillo Hueco | 92440      | 25558,2         | 9370,8        |
| Contrapiso | HP             | 8505       | 2373,9          | 7654,5        |
| Piso       | Cerámica       | 5040       | 14067,6         | 3729,6        |
| Cielorraso | Yeso aplicado  | 1209,6     | 1125,4          | 145,2         |
| Puerta     | Madera Std     | 36,9       | 30,0            | 35,4          |
| Ventanas   | Aluminio       | 67,5       | 4035,03         | 556,2         |
| Vidrio 3+3 | Vidrio         | 180        | 942,0           | 153,0         |
|            |                | 120523     | 89621,6         | 29464,7       |

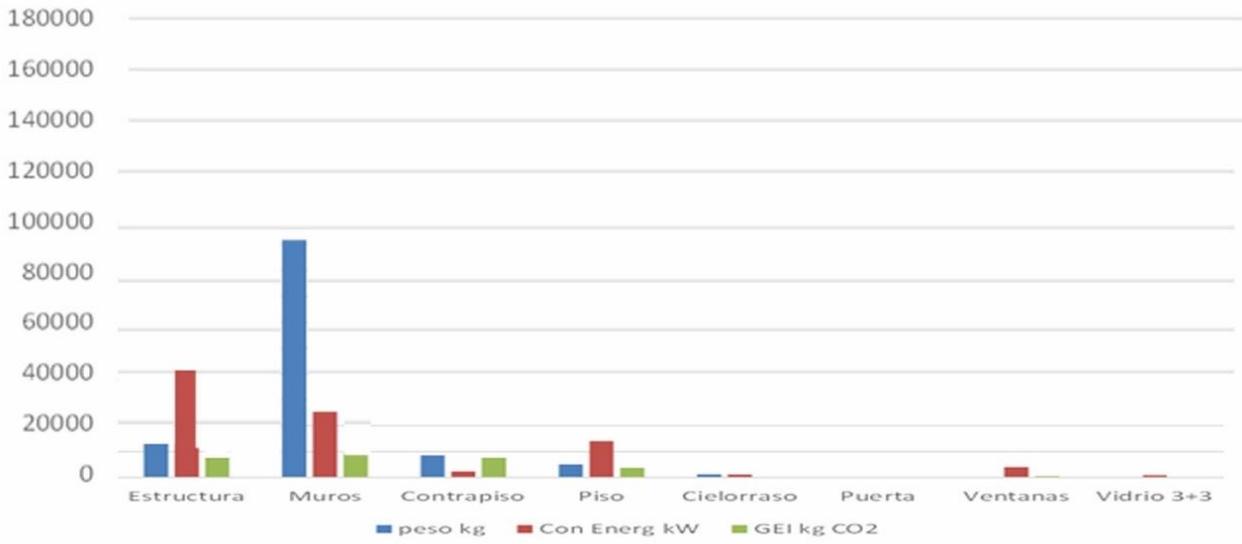
- **Comparación entre contenido energético, emisiones de CO2 y peso, entre componentes del modelo.**



- **Contenido energético, emisiones de CO2 y peso general del modelo 1**



- **Contenido energético, emisiones de CO2 y peso general del modelo 2**



- **Valores totales y porcentuales de contenido energético, emisiones de CO2 y peso de cada modelo.**

|                      | Peso<br>kg | Cont. Energía<br>kW | GEI<br>kg CO2 |
|----------------------|------------|---------------------|---------------|
| Modelo 1             | 226584,2   | 233346,8            | 116698,2      |
| Modelo2              | 120523,0   | 89621,6             | 29464,7       |
| Reducción absoluta   | 106061,2   | 143725,2            | 87233,5       |
| Reducción porcentual | 47         | 62                  | 75            |

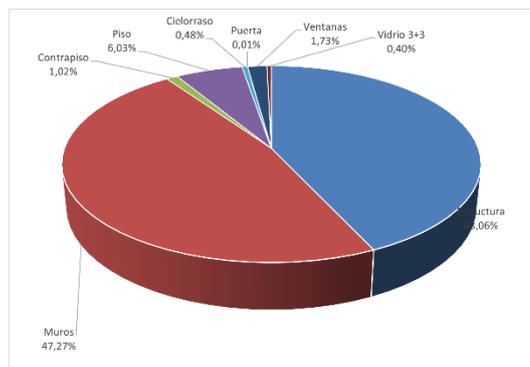
Según lo observado en los graficos, podemos ver que el contenido energético disminuyó en un 62% respecto del modelo 1 al modelo 2, teniendo para el modelo 1 un valor total de 233.346 KW y para el modelo 2 un valor total de 89.621,6 Kw.

Para las emisiones de CO2 tenemos para el modelo 1, un valor de 116.698 Kg CO2 y para el modelo 2, un valor de 29.464Kg CO2 teniendo un reducción de un 75%

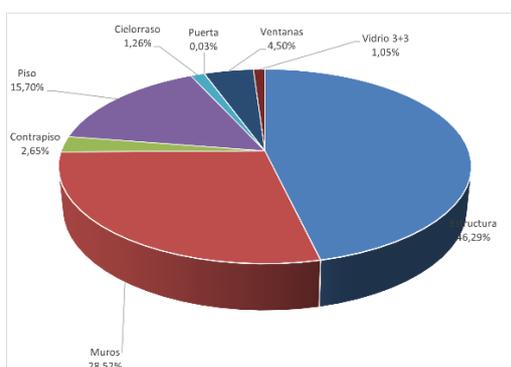
En cuanto al peso tambien hubo una reducción considerable, ya que en el modelo 1 se tiene un peso total de 226.584Kg y para el modelo 2 un peso total de 120.523 Kg teniendo un 47% menos.

**- Contenido energético según componentes de cada modelo**

Modelo 1



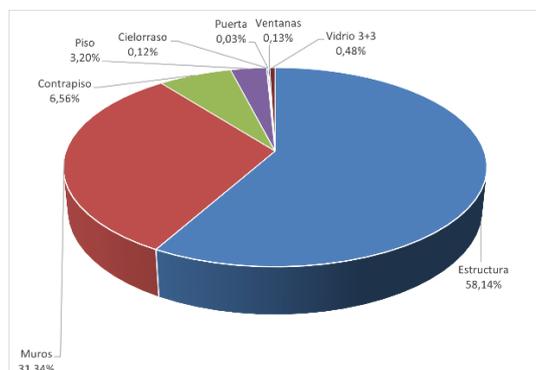
Modelo 2



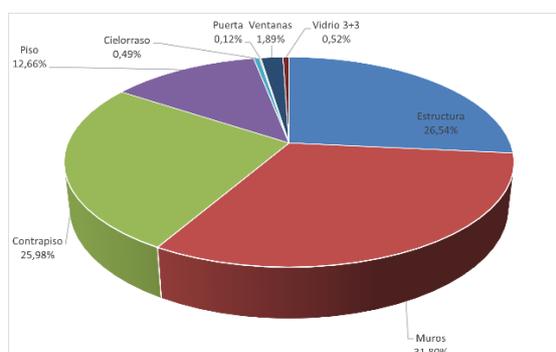
En el modelo 1 podemos observar que el mayor porcentaje de contenido energético lo aportan la estructura y los muros del edificio, para el modelo 2 buscamos disminuir estos valores, logrando reducir porcentualmente la incidencia que aportan los muros, en el caso de de la estructura los valores no varían considerablemente y toma relevancia la incidencia de contenido energético que aporta el piso.

**- Emisiones de CO2 según componentes de cada modelo**

Modelo 1



Modelo 2



Al igual que en el contenido energético observamos que en el modelo uno, los componentes como la estructura y los muros son los que mas aportan porcentualmente con las emisiones de CO2, teniendo en cuenta estos valores, buscamos reducirlos para el modelo dos. Como resultado obtuvimos que disminuyó porcentualmente el impacto de emisiones de CO2 tanto para la estructura como para los muros, tomando relevancia el contrapiso ya que el material del que esta compuesto es el hormigón, el cual tiene un valor alto en emisioens de CO2 en relacion a su valor de contenido energético, este dato es importante para trabajar en disminuirlo si es necesario.

## CONCLUSIONES

Del presente trabajo despues de haber realizado los calculos y los diferentes analisis podemos concluir lo siguiente:

- Si bien pareciera que en la mayoría de los materiales hay una relacion proporcional entre el contenido energético y las emisiones de CO<sub>2</sub>, es decir a mayor contenido energético, mayor emisiones de CO<sub>2</sub>, en algunos materiales como el hormigón no aplica esta relacion, ya que el contenido energético por kg del hormigón es de 0.28kw/kg y las emisiones de CO<sub>2</sub> es de 0.90 Co<sub>2</sub>/ Kg, es decir que las emisiones de CO<sub>2</sub> tienen un valor tres veces mas alto que el contenido energético por cada kilo de este.
- 
- Según los datos analizados en este trabajo, el peso no esta relacionado directamente con el contenido energético; por ejemplo 1 M3 de EPS tiene un peso total de 20kg y un contenido energético de 556KW y 1 M3 de ladrillo común tiene un peso de 1700kg y un contenido energético de 1.343 Kw, quiere decir que cada kilo de EPS tiene un contenido energético de 27.8 KW y el ladrillo comun tiene un contenido energético de 0.79Kw por cada kilo.
- Respecto al peso tambien nos parece importante aclarar que para el modelo 2, al reducir el peso de los componentes como la cubierta y el entepiso, se opto por un sistema estructural diferente al de vigas y columnas de hormigón armado, reduciendo considerablemente los valores del contenido energético, ya que los materiales que componen la nueva estructura son bloques de concreto los cuales tiene un contenido energético mucho menor que el del hormigón armado.

Podemos concluir entonces que el proceso es un continuo ida y vuelta en la búsqueda de los materiales que mejor combinen sus variables; peso, contenido energético y emisiones de CO<sub>2</sub>; para lograr el equilibrio que mejor se adapte a las necesidades y posibilidades en cada proyecto. Nos estaríamos equivocando si considerásemos solo alguna de dichas variables.

Nos parece importante entender y conocer a profundidad la procedencia, el uso y la vida util de cada material, evaluar su consumo, su disponibilidad, su transporte y demas variables que pueden hacer que estos tengan o no un alto contenido energético y emisiones de CO<sub>2</sub>.

### Bibliografía

1. Behling, Stefan y Sophia. 1996. Sol power. La evolución de la arquitectura sostenible. Edit GG. ISBN 968-887-396-9
2. Jourda, Francoise-Hélène. 2012. Pequeño manual del proyecto sostenible. GG. ISBN 978-84-252-2449-2
3. Edwards Brian. 2005. *Guía básica de la sostenibilidad*. Ed. G.Gili. ISBN 84-252-1951-5
4. Izard, Jean Louis & Guyot, Alan. 1980. *Arquitectura Bioclimática*. Ed. Gili, Barcelona. ISBN 968-6085-69-6
5. Cornoldi, Adriano & Los, Sergio. 1982. *Hábitat y Energía*. Serie Tecnología y Arquitectura. Ed. Gili. ISBN 84-252-1106-9
6. [Czajkowski, Jorge](#) y [Gómez, Analía](#). 2009. *Arquitectura sustentable*. Ed. Clarín. Buenos Aires, Argentina. ISBN 978-987-07-0603-8
7. Yañez, Guillermo. 2008. *Arquitectura solar e iluminación natural. Conceptos, métodos y ejemplos*. Ed. Munilla-Lería, Madrid. ISBN 978-84-89150-81-2
8. Roaf, Sue; Crichton, David y Nicol, Fergus. 2005. *Adapting Buildings and Cities for Climate Change: A 21st Century Survival Guide*. ISBN-13: 978-0750659116
9. Denzer, A. 2013. *The solar house. Pioneering sustainable design*. ISBN: 9780847840052
10. Wright, D.. 2008. *The Passive Solar Primer: Sustainable Architecture*. ISBN 0764330705