

# FICHA TÉCNICA BLOQUE BTC BIOTERRE

Dirrec. Can Plana 17172 Les Planes d'Hostoles ( Girona-España)  
 BLOQUE Btéxico macizo comp

## CARACTERÍSTICAS GENERALES.

100Kp/cm2.  
 análogo al PiedraBlock de Ital  
 Curado Hidráulico-Solar.  
 Resistencia final máxima a los 7

## COMPOSICIÓN BASE.

Tierras con granulometría y cemento, cal y adiciones pu  
 Parámetros de control estable  
 la ASTM de 4619-94 "guía estándar  
 para la estabilización de suelos  
 el INSA (Instituto Nacional de  
 la Asociación Brasileña de Cere  
 Univ. Grenoble 1981", el estado 1

CODIGO MUESTRA: COV14P FECHA DE:

CARACTERÍSTICAS BLOQUE: DIMENSIONES: 20 x 24,5

APM 1633-98 BLOQUE-CUERPO: RESISTENCIA COMPRESIÓN

## MODULO DE ELASTICIDAD

RESISTENCIA A TRACCIÓN:  $\sigma = 14.35$  Kp/cm2 RESISTEN

RESISTENCIA A FLEXIÓN:  $\sigma = 10.06$  Kp/cm2 CONTRACCI

AISLAMIENTO TÉRMICO:  $\alpha=30$ mm según de las Normas UNE-92-001-99/91 UNI

$\lambda = 0.415$  W/m °C a 0°C  
 $\lambda = 0.546$  W/m °C a 35°C

$\mu$  factor de amortiguamiento:  $\exp(-\nu/\sigma_{max})$  0.92 0 Dado de

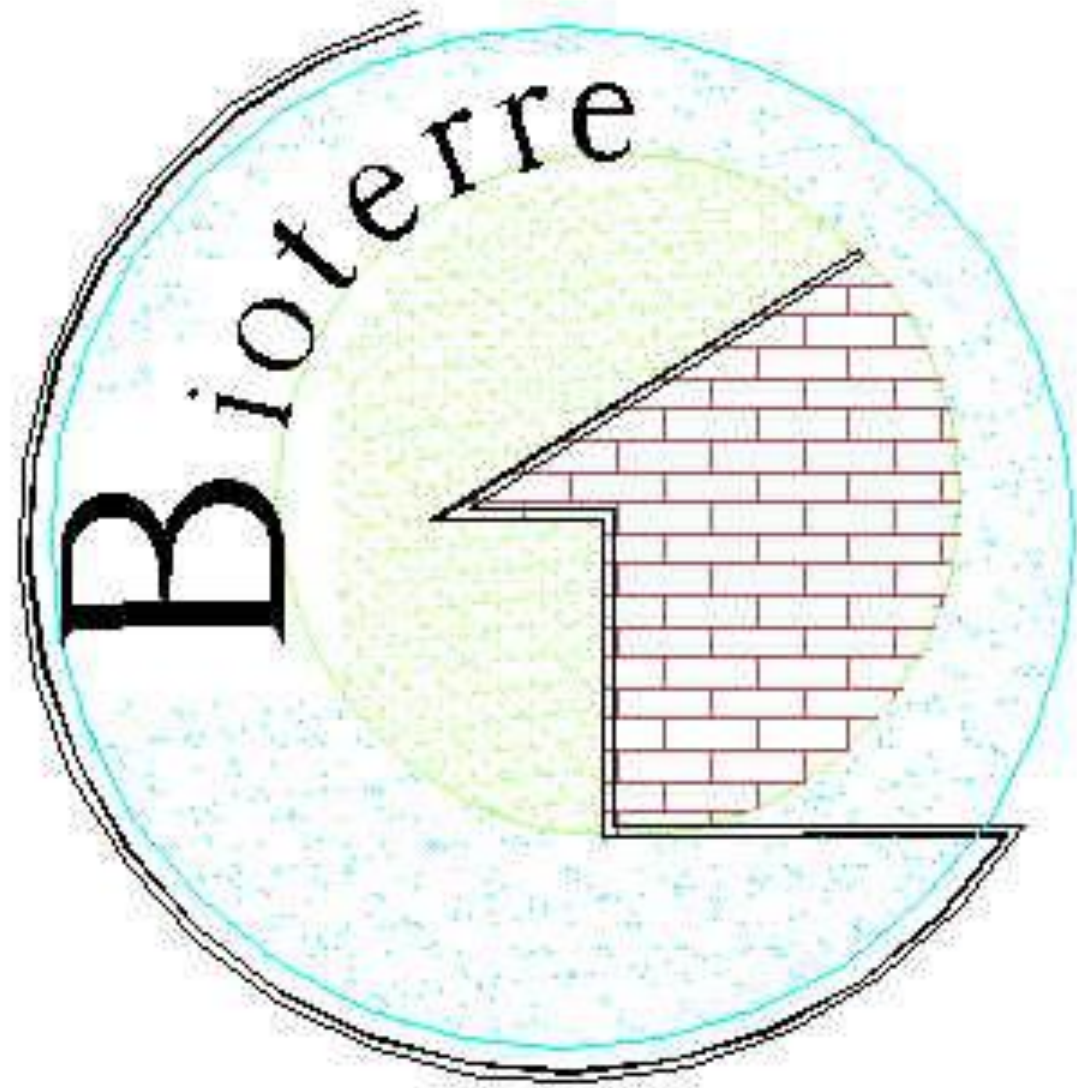
AISLAMIENTO ACÚSTICO:  $\alpha=90$  cm  $R_{p,dB}(A)=$  549 RESISTEN

PARÁMETROS DE EJECUCIÓN: REFERENCIA NORMATIVA CUMPLIMIENTO RES-

MORTEROS: Mortero M-110 con adición de un 50% de tierra prepa

APAREJO: Validos los propios del ladrillo perforado y macizo

JUNTAS DILATACIÓN:  $<40\mu$  y  $<20\mu$  en morfología L o HUECOS



## ANÁLISIS QUÍMICO Y FÍSICO



| COMPONENTES POR 100g | PORCENTAJE |
|----------------------|------------|
| CAOLINITA            | 17.04      |
| MONTMORILLONITA      | 19.24      |
| CARBONATO CÁLCICO    | 20.04      |
| SAFIRITAS +SEPIOLITA | 10%        |
| SAPONITA             | 0.54       |




La analítica por Análisis térmico Diferencial del 5 fracción fina inalterada, obtenida a partir de un proceso de mecanización y secado a 60°C por 24h, muestra

| ANÁLISIS QUÍMICO   | ANÁLISIS FÍSICO |               |          |        |        |        |   |                       |    |          |        |      |      |       |    |
|--|-----------------|---------------|----------|--------|--------|--------|---|-----------------------|----|----------|--------|------|------|-------|----|
| <table border="1"> <tr> <th>Moisture</th> <th>Moisture loss</th> <th>Moisture</th> </tr> <tr> <td>22.75%</td> <td>45.87%</td> <td>22.57%</td> </tr> </table> | Moisture        | Moisture loss | Moisture | 22.75% | 45.87% | 22.57% | <table border="1"> <tr> <th>Compressión index I/2</th> <th>pH</th> <th>Porosity</th> <th>COV14P</th> </tr> <tr> <td>1.07</td> <td>9.00</td> <td>0.144</td> <td>95</td> </tr> </table> | Compressión index I/2 | pH | Porosity | COV14P | 1.07 | 9.00 | 0.144 | 95 |
| Moisture   | Moisture loss   | Moisture      |          |        |        |        |   |                       |    |          |        |      |      |       |    |
| 22.75%   | 45.87%          | 22.57%        |          |        |        |        |   |                       |    |          |        |      |      |       |    |
| Compressión index I/2  | pH              | Porosity      | COV14P   |        |        |        |   |                       |    |          |        |      |      |       |    |
| 1.07   | 9.00            | 0.144         | 95       |        |        |        |   |                       |    |          |        |      |      |       |    |



| ANÁLISIS ATÓMICO Y MÉTODOS FRACCIONES SOLUBLES |        |         |        |
|--|--------|---------|--------|
| Mg++   | 0.15%  | 197.528 | 0.09%  |
| Na+  | 0.15%  | 1472.70 | 0.08%  |
| K+   | 0.23%  | 2103    | 0.26%  |
| Ca++   | 21.74% | 1333.00 | 10.47% |
| Ce++   | 0.00%  | 0.00    | 0.00%  |



**Aïllament tèrmic i  
acústic: 58 dB F.500Hz en  
una paret de 50 cm. La  
conductivitat tèrmica  
(Portland cement  
association) en sols  
sorrenços es de 45,4 w/m<sup>2</sup>,  
en llimosos de 22,7 w/m<sup>2</sup> i  
en argilosos de 21 w/m<sup>2</sup>**



*eficient material*

*58 dB F.500Hz  
10 cm de terra equivalent a  
1 metre de formigó*


*“sord com una tàpia”*



*màterial ecològic*

*No necessita transport o  
explotació en canteres.  
Minimes emissions: CO2.*

*Cicle de vida tancat:  
reciclable i biodegradable*



*No radioactivu o amb  
emissions tòxiques, sense  
COV.*

*Absorbent-regulador iònic*

*La argila és un material  
termostàtic*



## ***Uso del Bioterre.***

***BTC .Bloque tierra  
estabilizada  
hipercomprimida a  
140Kp/cm<sup>2</sup>***

***Resistencia a  
compresión***

***70-100Kp/cm<sup>2</sup>***

***Dimensiones  
29.5x14.5x9.5 cms.***

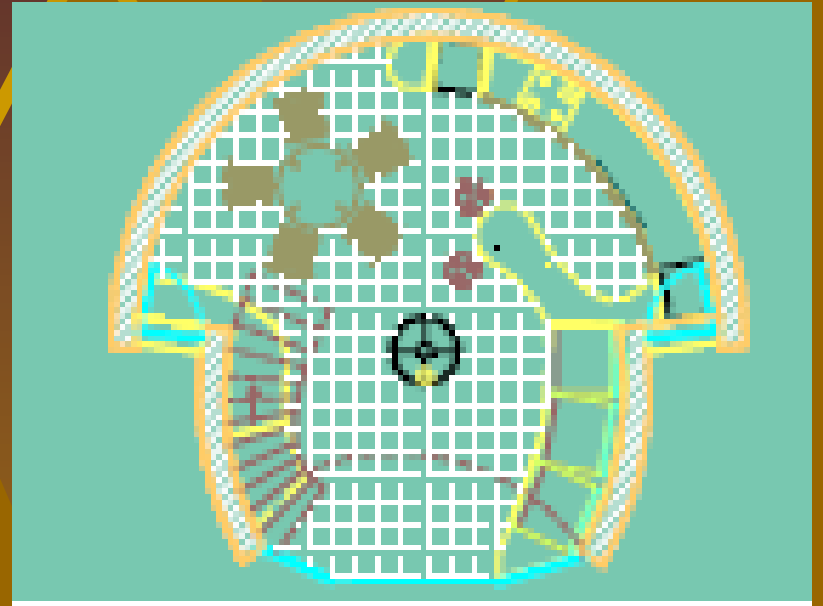
***Distancia del centro  
de fabricación 70 Km.***

4. La fabricación en planta soluciona la ejecución de muchos proyectos que no cuentan con tierra adecuada, espacio, y personal suficiente, que además tuviera energía para hacer miles de piezas estirando el brazo de palanca de la prensa manual, compactar la tierra del tapial o agacharse con para dejar adobes en el suelo .

5. El BTC permite utilizar maquinaria hidráulica de compresión, que da mejor compacidad y resistencia.









*Vivienda de BTC-madera en Sta. Cristina d'Aro*



*Vivienda en Rajadell. Manresa*





# NORMA UNE 41410

## SOBRE BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA

5 diciembre 2007



60

**TÍTULO** Bloques de Tierra Comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.

**OBSERVACIONES** El presente documento define las características de los bloques de tierra comprimida (BTC), para la construcción de muros y tabiques. Precisa la terminología, fija las dimensiones y describe los métodos de ensayo.

**ANTECEDENTES** Esta norma ha sido elaborada por el subcomité técnico AEN/CTN 41 SC10, *Edificación con Tierra Cruda*, cuya Secretaría desempeña el Departamento de Construcción y Vías Rurales de la ETSI Agrónomos de Madrid.

**DESCRIPTORES** Elemento de construcción, muro, tabique, bloque, tierra, definición, clasificación, designación, característica, constituyente, dimensión, tolerancia de dimensión, característica física, aspecto, característica mecánica, resistencia a compresión, ensayo, medición, capilaridad, estabilidad dimensional, marcado, entrega, recepción.

les por la práctica.  
abricación del BTC,  
nalizar el contenido  
estras de esta según

en MPa, (véase la  
e corresponder a la  
ministro, y debe ser

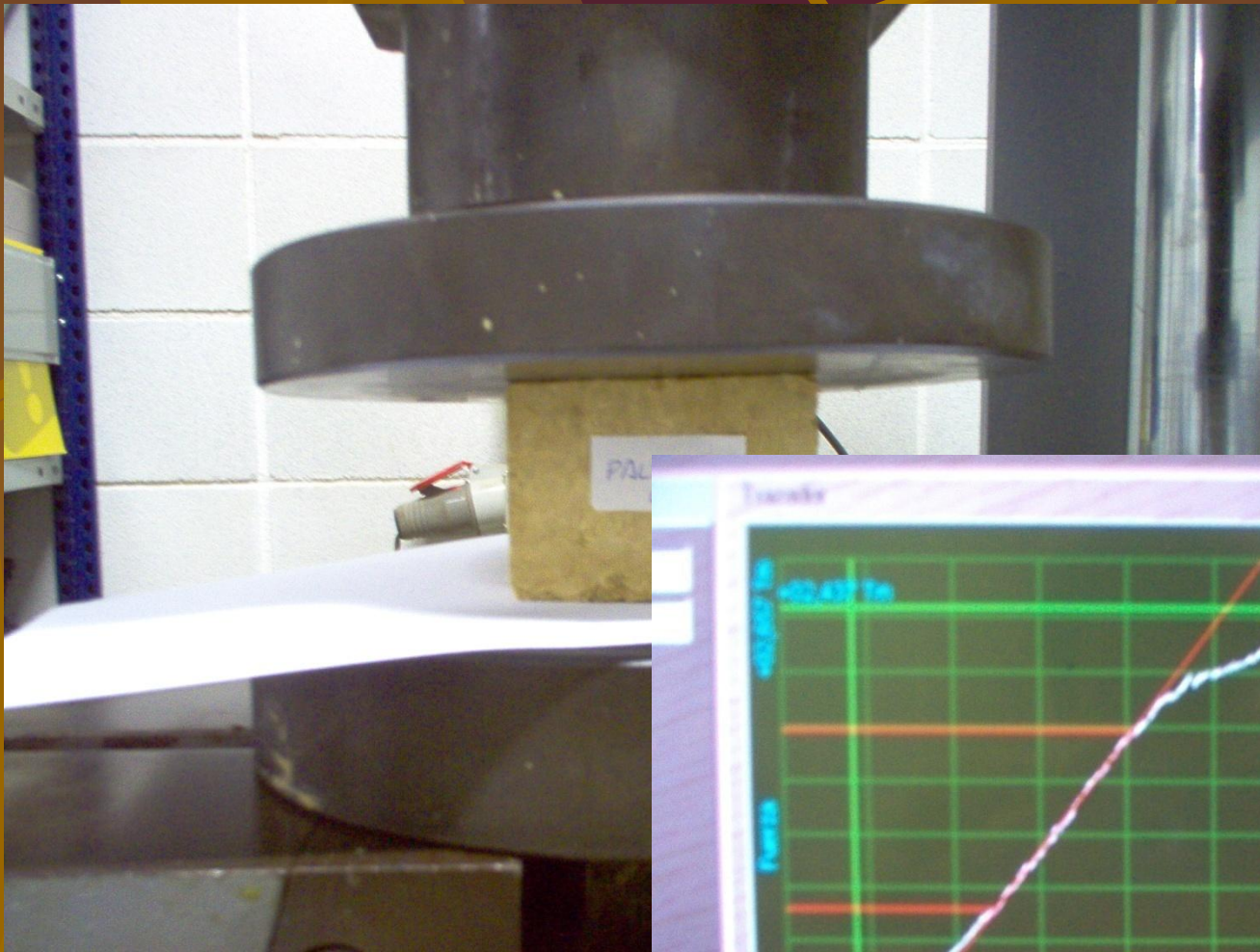
s debe demostrar que el  
respondiente de la tabla.

cia.

n

| C 4 | BTC 6 |
|-----|-------|
| 4   | 6     |

res accesorios, véase el



## LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN EL MARCO DEL CODIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

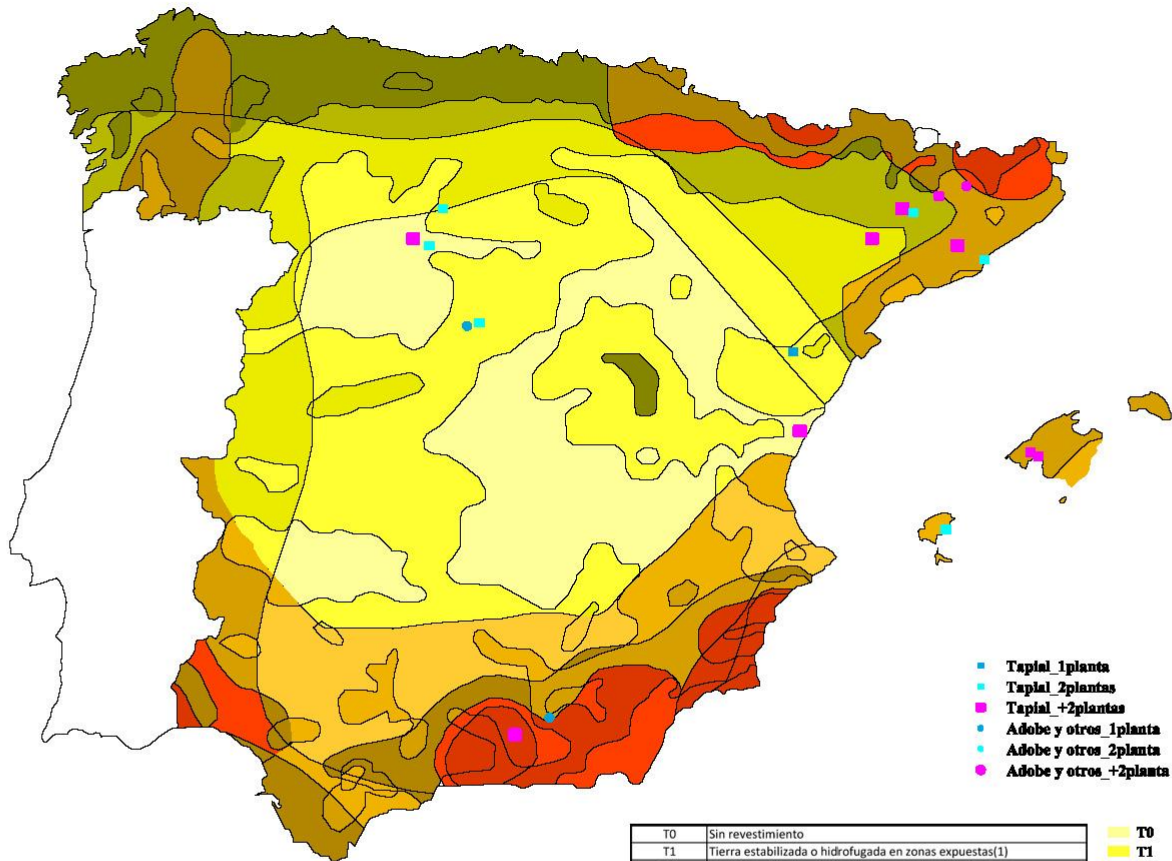
TÍTULO DEL DOCUMENTO

CTE.CAPÍTULO ESTABILIZACIÓN I CARACTERIZACIÓN DE  
LOS TIPOS EDIFICATORIOS

AUTOR GABRIEL BARBETA SOLÀ. DOCTOR ARQUITECTO PROFESOR I  
CODIRECTOR DELCATS. DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA E  
INGENIERIA DE LA EDIFICACIÓ D ELA UNIVERSIDAD DE GIRONA

AGRADECIMIENTOS

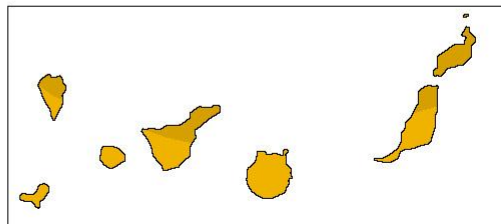




- Tapial\_1planta
- Tapial\_2plantas
- Tapial\_+2plantas
- Adobe y otros\_1planta
- Adobe y otros\_2planta
- Adobe y otros\_+2planta

|      |   |      |
|------|---|------|
| T0   | Sin revestimiento   | T0   |
| T1   | Tierra estabilizada o hidrofugada en zonas expuestas(1)           | T1   |
| T1'  | Idem T1 en Planta, limitación altura en función Cortante          | T2   |
| T2   | Tierra estabilizada o hidrofugada en zonas expuestas(2)           | T3   |
| T2'  | Idem T2 en Planta, limitación altura en función Cortante          | T4   |
| T3   | Estabilización o hidrofugación en la totalidad superficies ext(3) | T1'  |
| T3'  | Idem T3 en Planta, limitación altura en función Cortante          | T2'  |
| T3'' | Limitaciones sísmicas .Tabla I                                    | T3'  |
| T4   | Superficies de tierra exteriores totalmente revestidas            | T4'  |
| T4'  | Idem T3 en Planta, limitación altura en función Cortante          | T3'' |
|      | A partir de P1. Revestimiento armado                              | T4'' |
| T4'' | Limitaciones sísmicas .Tabla II                                   |      |

(1) Exposición conjunta a viento y lluvia  
 (2) Exposición alta. Ensayo abrasión. Revestimiento zócalos. Estudio aleros  
 (3) Exposición extrema. Ensayo durabilidad



**Se acepta el cambio de zona por justificación de condiciones microclimáticas**

### 3.1.1.1. Dimensionamiento muros por zonas

En la siguiente tabla se establecen las restricciones adoptadas para las diversas dimensiones de los elementos constructivos. Entre estas se determinan las anchuras mínimas, alturas máximas y la relación de esbeltez. Asimismo se dan los valores de mayoración por pandeo de los esfuerzos axiales que actúan sobre muros y pilares. Hay que tener en cuenta que para el correcto diseño de los arriostres se tienen en cuenta tres factores correctores en función de donde se encuentren situados los huecos, sobre los cuales también se establecen medidas máximas.

En referencia a la anchura, se especifica el concepto de anchura equivalente para el estudio de esquinas reforzadas y con forma compleja, o para muros con arriostres. En la ilustración se especifica gráficamente como obtenerla.

| ZONAS | Característica tipológica  | Ancho muro (5) | Altura  | Esbeltez máxima | Coefficiente mayoración cargas vert. por pandeo max. | Distancia mínima entre muros arriostre (6) | Vanos      | Vano a esquina |
|-------|--|----------------|---------|-----------------|--|--|------------|----------------|
|       |  | A              | H       | E = h/a         |  |  | v          | vl             |
| T0    | Sin revestimiento  | 0,05 H>0,15    | 7       | 10              | 1,4  | 8,5  | 1/3L       | 0,6            |
| T1    | Tierra estabilizada o hidrofugada en zonas expuestas(1)                                    | 0,05 H>0,15    | 7       | 12              | 1,4  | 7  | 1/3L       | 0,6            |
| T1'   | Idem T1 en PB, limitación altura en función Cortante                                       | 0,10 H>0,25    | 3/4,5   | 10/16*          | 1,4/3*   | 8,5/6                                      | 1/3L       | 0,9            |
| T2    | Tierra estabilizada o hidrofugada en zonas expuestas(2)                                    | 0,05 H>0,15    | 7       | 10              | 1,4  | 8,5  | 1/3L       | 0,75           |
| T2'   | Idem T2 en PB, limitación altura en función Cortante                                       | 0,10H >0,25    | 2,7/3,5 | 8/16*           | 1,2/3*   | 10/6                                       | 1/3L       | 0,9            |
| T3    | Estabilización o hidrofugación en la totalidad superficies ext(3)                          | 0,05 H>0,15    | 6,5     | 10              | 1,4  | 8  | 1/3L       | 0,9            |
| T3'   | Idem T3 en PB, limitación altura en función Cortante                                       | 0,12H >0,30    | 2,5/3,5 | 6/16*           | 1/3*   | 10/6                                       | 1/3L       | 0,9            |
| T3"   | Limitaciones sísmicas .Tabla I   | 0,12H >0,30    | 2,5/3,5 | 6/12*           | 1/1,7*   | 10/7                                       | 1,2 o 1/3L | 1 o 1/3H       |
| T4    | Estabilización o hidrofugación en la totalidad superficies ext(3)                          | 0,05 H>0,15    | 6,5     | 16              | 3/4*   | 6  | 1/3L       | 0,9            |
| T4'   | Idem T3 en PB, limitación altura en función Cortante. A partir de P1. Revestimiento armado | 0,12H >0,30    | 3,5     | 10*/16*(btc)    | 1,4/4*   | 8,5/6                                      | 1,2 o 1/3L | 1 o 1/3H       |
| T4"   | Limitaciones sísmicas .Tabla II  | 0,12H >0,30    | 3,3     | 10*/16*(btc)    | 1,4/4*   | 8,5/4                                      | 1,2        | 1 o 3A<vl<5A   |

(1) Exposición conjunta a viento y lluvia

(2) Exposición alta. Ensayo abrasión. Revestimiento zócalos. Estudio aérés

(3) Exposición extrema. Ensayo durabilidad

(5) Equivalente al espesor virtual. Distancia del centro de gravedad del muro a sus esquinas. Esquema adjunto

(6) Factores correctores: 0.6 si hay >0,9H huecos; 0.7 si hay hueco en el tercio lateral; 0.85 hueco en el tercio central.

Don't F. A.Haga, H.Huerta, Construc. con tierra.1.30

Don't F. A.Haga, H.Huerta, Construc. con tierra.1.30

Los muros sin arriostre de más de 3,3 metros y menos de 6 metros se dimensionarán bajo un ángulo de esbeltez

\* Referencia a sus autores: KATZMAN, D.S. y SHAPIRO, A.M. CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE TIERRA Y REVESTIMIENTO. Tomo 1. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 2. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 3. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 4. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 5. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 6. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 7. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 8. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 9. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 10. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 11. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 12. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 13. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 14. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 15. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 16. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 17. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 18. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 19. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 20. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 21. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 22. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 23. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 24. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 25. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 26. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 27. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 28. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 29. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 30. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 31. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 32. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 33. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 34. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 35. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 36. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 37. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 38. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 39. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 40. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 41. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 42. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 43. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 44. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 45. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 46. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 47. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 48. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 49. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 50. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 51. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 52. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 53. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 54. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 55. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 56. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 57. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 58. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 59. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 60. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 61. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 62. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 63. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 64. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 65. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 66. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 67. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 68. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 69. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 70. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 71. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 72. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 73. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 74. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 75. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 76. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 77. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 78. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 79. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 80. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 81. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 82. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 83. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 84. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 85. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 86. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 87. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 88. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 89. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 90. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 91. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 92. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 93. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 94. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 95. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 96. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 97. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 98. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 99. Muros de tierra y revestimiento. Tomo 100. Muros de tierra y revestimiento.

Tabla 3 Dimensionamiento de los muros, vanos y arriostres.







*Construcción de la torre y cúpula  
parabólica*



*Cúpula de la sala de meditación en  
paraboloide*



































*No filtra ni descarga iones de oxígeno tan necesarios para la vida. Sus pequeños iones enriquecen el aire limpiándolo de partículas de polvo y de bacterias.*

*No se cargan electrostáticamente. No contiene productos tóxicos naturales.*

*Versatil estructuralmente*





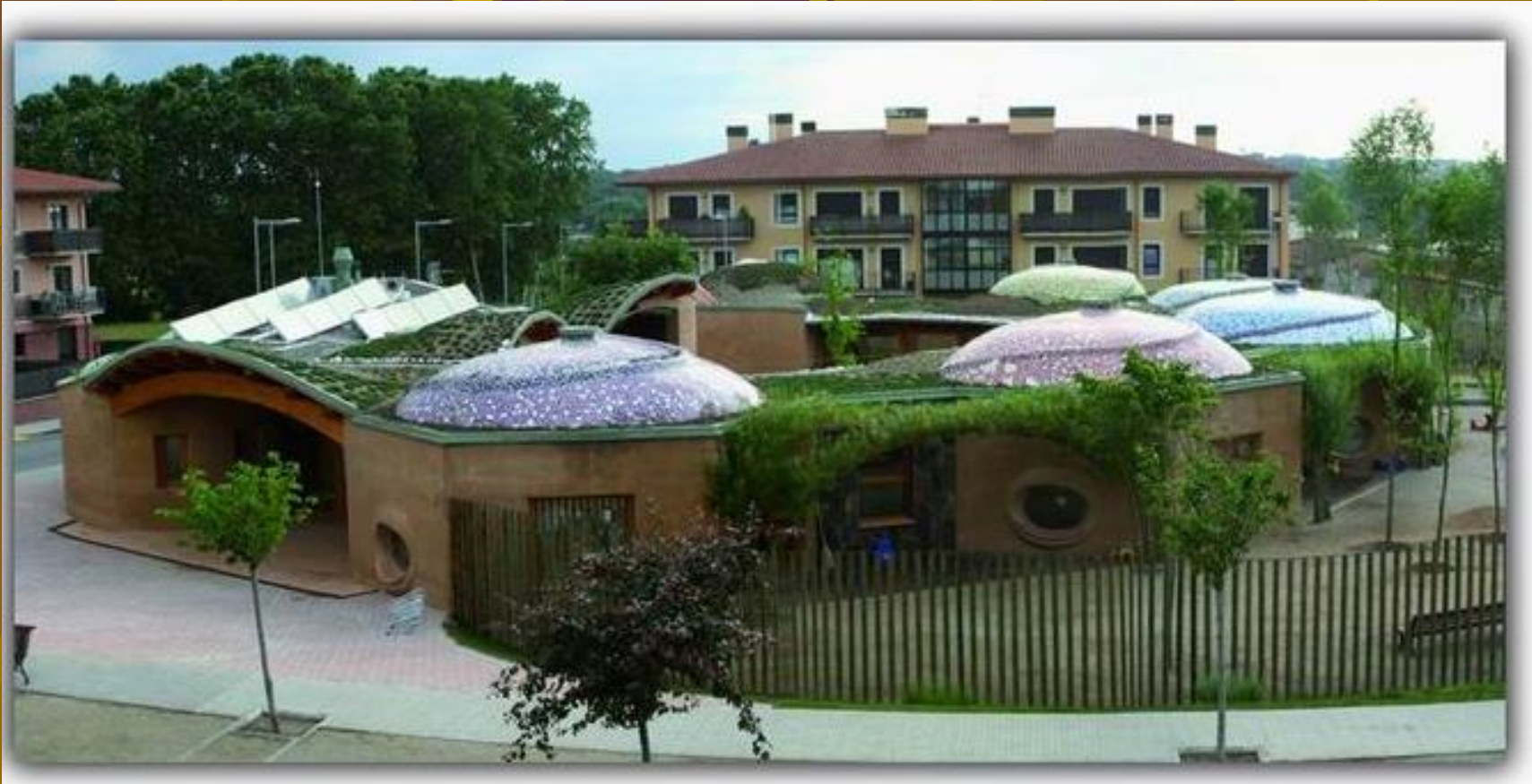












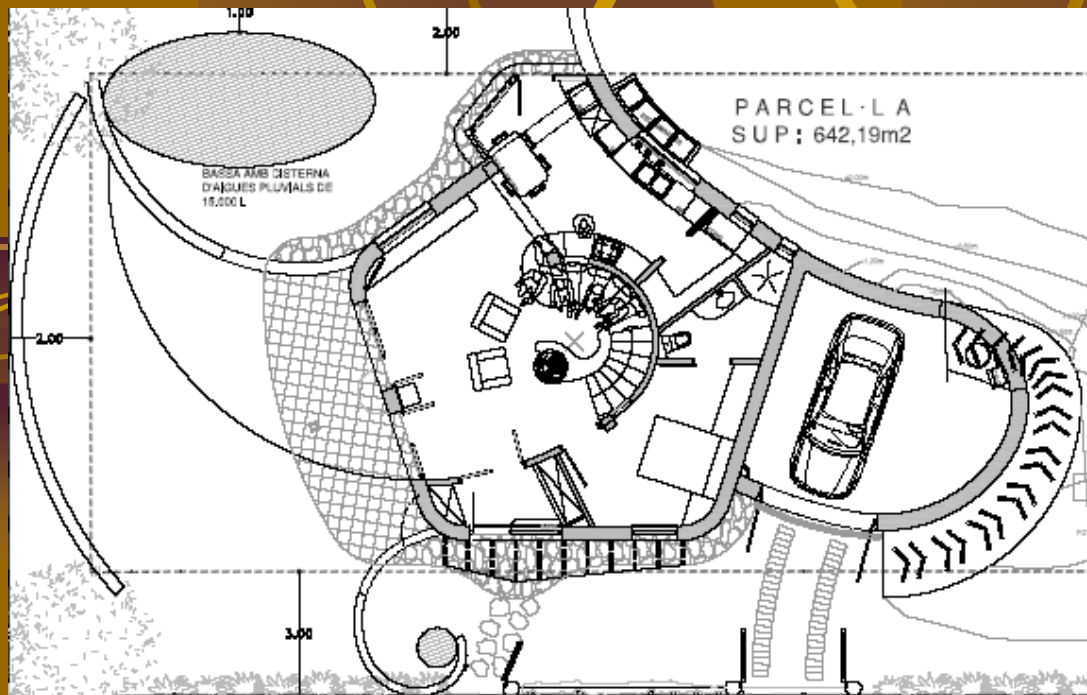
## *Developing the clay scale model together with the family*



*Starting out as clay and ending up as clay  
Principles of bioconstruction -conceived as a living organism capable  
of collecting its own rainwater, obtaining its energy from the sun  
and being rooted to the earth*

*With such an organic design the walls had to be built in this pentagonal layout, while at the same time curling into corners and extending along buttresses.*

*The half-buried garage is attached to the northeast façade and forms a ramp leading from the kitchen garden to the rooms on the first floor.*



*Compressed earth block (CEB) was chosen as the core material due to the ease it offers in terms of achieving the forms of the design and in order to integrate very thick insulation to increase energy efficiency*

*Reused stone from the excavation works to protect basement walls*



**NORMA UNE 41410  
SOBRE BLOQUE DE TIERRA  
COMPRIMIDA**

5 diciembre 2007

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>TÍTULO</b>        | Bloques de Tierra Comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.   |
| <b>OBSERVACIONES</b> | El presente documento define las características de los bloques de tierra comprimida (BTC), para la construcción de muros y tabiques. Precisa la terminología, fija las dimensiones y describe los métodos de ensayo.   |
| <b>ANTECEDENTES</b>  | Esta norma ha sido elaborada por el subcomité técnico AEN/CTN 41 SC10, <i>Edificación con Tierra Cruda</i> , cuya Secretaría desempeña el Departamento de Construcción y Vías Rurales de la ETSI Agrónomos de Madrid.   |
| <b>DESCRIPTORES</b>  | Elemento de construcción, muro, tabique, bloque, tierra, definición, clasificación, designación, característica, constituyente, dimensión, tolerancia de dimensión, característica física, aspecto, característica mecánica, resistencia a compresión, ensayo, medición, capilaridad, estabilidad dimensional, marcado, entrega, recepción. |

- CEB-bioterre  $\sigma_c = 7-10 \text{ N/mm}^2$*
- technologically comparable with ceramic brick*
  - any builder can easily work*
  - manufactured standardized and controllable on industrial scale*
  - small size, drying shrinkage or expansion of clays are overcome*
  - acceptable transport radius of 85 km, energy impact increase of just 10%*
  - hydraulic compression machinery, ensuring better compaction and resistance >BTC 5*

**Tabla 2 – Clases de resistencia normalizada a compresión**

| <b>Bloques</b>  | <b>BTC 1</b> | <b>BTC 3</b> | <b>BTC 5</b> |
|---|--------------|--------------|--------------|
| Resistencia normalizada, $f_c$ , (fractil 5%), en $\text{N/mm}^2$ | 1,3          | 3            | 5            |

NOTA Respecto a los bloques accesorios, véase el apartado 5.3.4.

Para la determinación de la resistencia normalizada a compresión se debe seguir el procedimiento descrito en el

*The structural walls of the south sides 30 cm solid CEBs in order to maximise thermal inertia and the sun exposure  
In north side-concepts of inertia and insulation*

*15-cm-CEB, 3-cm-thick cavity, a 10-cm-thick layer of wood fibre (Pavatex) and a 9.5-cm-thick outer layer CEB*





*For the laying of the CEBs, non-hydraulic lime mortar and Portland cement (1/1/7) was used with 1.5 cm struck mortar joints, ready to be coated. Only the CEBs of the interior garage walls were left visible, which is why the mortar incorporates an earth fraction.*



*Radiant wall technology is used to heat the rooms on the first floor by means of embedding polyethylene tubes in the inner earth cladding.*



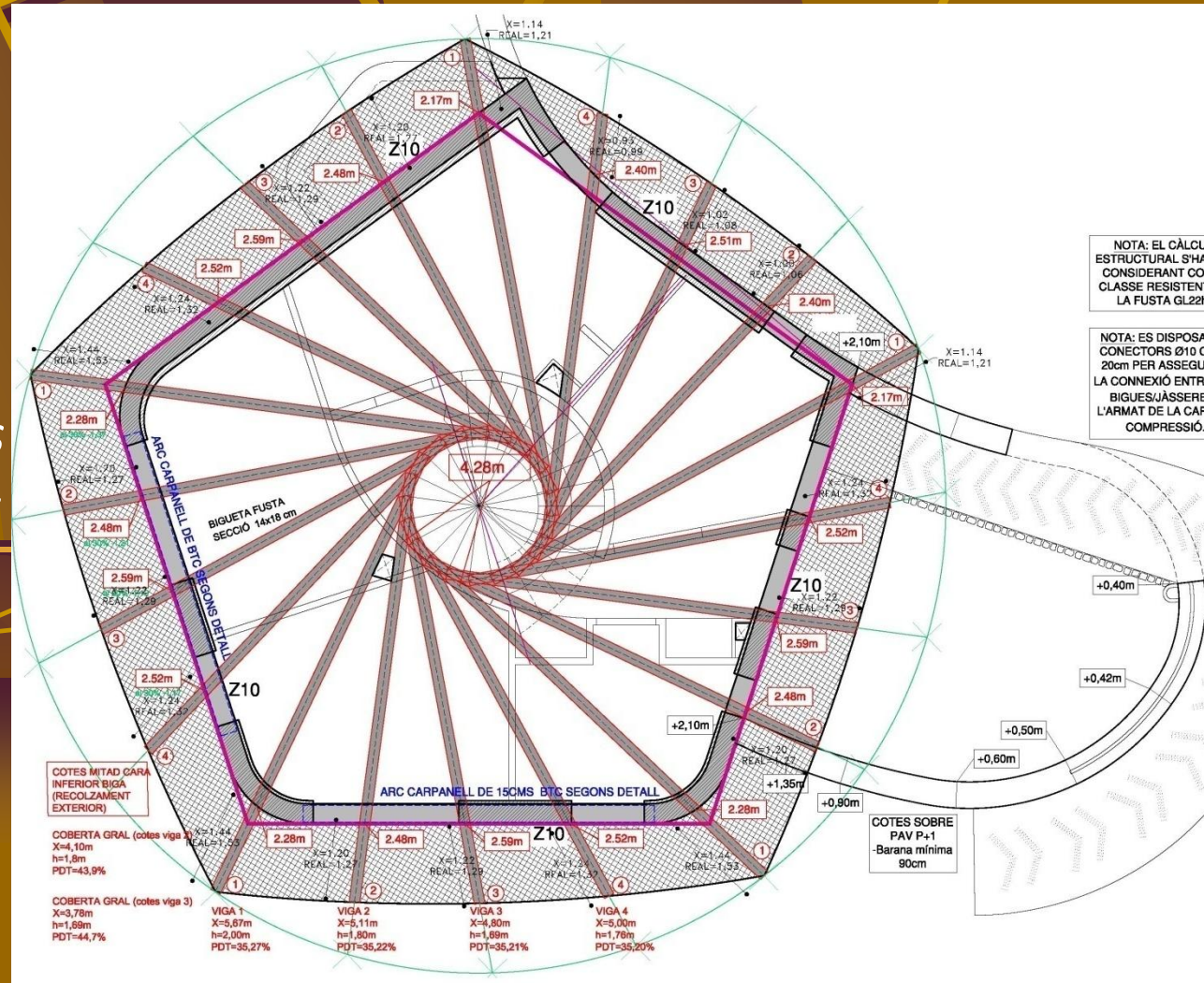
*The floor slab consists of chestnut beams with a 14x20 cm cross-section, and Catalan ceramic vaults*



*The support system of the wooden beams at the head of the wall consists of installing perimeter tie beams in two phases, thus becomes embedded*



Reciprocal roof frame.  
 This structural method, typical of ancient Hopi buildings and Japanese temples enables large spans to be covered with small elements



*Inside view*

*Vault  
Staircase*

*Bamboo net  
floor  
reinforcement*



*Earth renders were executed inside the dwelling in natural tones. These coatings increase internal inertia, help to regulate atmospheric humidity due to the hygroscopic properties of clays, not to mention the therapeutic properties of mud.*



*The render was executed in two layers working with local clay, supplied by the Argiles Colades company. The first layer contains a percentage of crushed straw to minimise retraction, while the second finishing layer offers different colour options.*

*This first layer was executed with a wet spraying machine to speed up the work.*





*The exterior rendering consists of three layers of non-hydraulic lime mortar (Mortedec brand): a 2-cm-thick render; a 1.5-cm-thick plaster coat and a 3-mm-thick finish coat.*



*A reinforcement treatment is applied to the exterior in the form of a dilution of potassium silicate and siloxane-based water repellent protection*



*other concepts of  
bioclimatic and  
bioconstructive  
architecture:  
trombe walls  
green pergolas  
roof garden with  
native recovery  
systems for rain and  
waist waters  
cross ventilation  
systems  
biomass boiler  
solar panels for  
heating sanitary water  
underfloor heating*



