|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Elemento/** | **Autores** | **Densidad** | **Conductividad** | **Espesor** | **Transmitancia** |
| **material** | **ρ** | **térmica ** |  | **térmica K** |
|  | [kg/m3] | [W/mK] | [m] | [W/m2K] |
| **Adobe** | Evans, Schiller & Garzón, 2012, p. 93 | 1500 | 0,58 | 0,35 |  |
| Evans, 2007, p. 10 |  |  | 0,15 | 2,89 |
| Espinoza et al, 2009, p.208 |  | 0,85 | 0,38 | 2,23 |
| Bestraten, Hormias, Altemir, 2011, p. 7 | 1200 | 0,46 | 0,3 | 1,43 |
| Heathcote, 2011, p. 119 | 1650 | 0,82 |  | 2,73 |
| Arancibia, 2013, p. 223 | 1600 | 0,95 |  |  |
| Daudon, Sieffert, Albarracín, Libardi & Navarta, 2014, p. 250 | 1600 | 0,81 |  |  |
| Moevus, Anger & Fontaine, 2016, p. 7 | 1200-1700 | 0,46-0,81 |  |  |
| **Barro**  **alivianado** | Hays, Matuk, 2003, p. 245 | 1600 | 0,73 |  |  |
| 1400 | 0,59 |  |  |
| Minke, 2005, p. 57 | 1350 | 0,53 | 0,14 (tierra aligerada) | 2,1 |
| 1100 | 0,3 |  |  |
| 1000 | 0,4 |  |  |
| 800 | 0,3 |  |  |
| 750 | 0,2 |  |  |
| Yuste, 2014, p. 36 | 750 | 0,2 |  |  |
| **Barro**  **macizo** | Minke, 2005, p. 71 | 2000 | 1,2 |  |  |
| 1800 | 0,95 |  |  |
| 1600 | 0,8 |  |  |
| 1400 | 0,6 |  |  |
| 1200 | 0,5 |  |  |
| Bestraten et al, 2011, p. 10 | 1400-2000 | 0,60 a 1,60 |  |  |
| **BTC** | Blasco et al, 2002, p. 5 | 1625 | 0,79 | 0,14 | 2,84 |
| 0,29 | 1,84 |
| Arias et al, 2007, p. 5 | 1700 |  | 0,14 | 1,53 |
| Mas, Kirschbaum, 2011, p. 77 |  |  | 0,15 | 2,77 |
| Heathcote, 2011, p. 120 | 1750 | 0,93 |  |  |
| Bestraten et al, 2011, p. 7 | 1700 | 0,81 |  |  |
| Moevus et al, 2016, p. 7 | 1700/ 2200 | 0,81/0,93 |  |  |
| **QUINCHA** | Hays et al, 2003, p. 315 | 1289 | 0,17 |  |  |
| Evans, 2012, p. 95 | 1900 |  | 0,15 | 1,69 |
| Fernandez & Esteves, 2004, p. 122 | 600 |  | 0,074 | 2,32 |
| Arias et al, 2007 |  |  | 0,3 | 1,9 |
| Heathcote, 2011, p. 120 | 2000 | 1,2 |  |  |
| Cuitiño et al, 2015, p. 8 | 400 |  | 0,094 | 2,64 |
| Moevus et al, 2012, p. 7 | 600-800 |  |  | 0,10-0.45 |

**Tabla 1:** Propiedades térmicas de algunos materiales y elementos de construcción con tierra según distintos autores y espesores. Fuente: Elaboración propia (2019)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Elemento/** | **Autores** | **Densidad** | **Conductividad** | **Espesor** | **Transmitancia** |
| **material** | **ρ** | **térmica** |  | **térmica K** |
|  | **[kg/m3]** | **[W/mK]** | **[m]** | **[W/m2K]** |
| **Pared de ladrillo cocido macizo** | Blasco et al, 2002, p. 5 | 1305 | 2,32 | 0,18 | 2,7 |
| 0,85 | 0,30 | 1,93 |
| Arancibia, 2013, p. 70 | 1800 | 0,87 | 0,12 |  |
| IRAM 11601, p. 16 | 1800 | 0,91 |  |  |
| Evans, 2007, p. 11 |  |  | 0,15 | 2,77 |
| **Pared de ladrillo cerámico hueco** | Evans, 2007, p. 11 |  |  | 0,10 | 2,36 |
| Muñoz, 2015, p. 34 |  | 0,29 | 0,12 |  |
| **Hormigón en masa in situ** | Arancibia, 2013, p. 70 | 2400 | 1,63 |  |  |
| Muñoz, 2015, p. 34 |  | 1,4 | 0,10 |  |

**Tabla 2:** Propiedades térmicas de algunos materiales y elementos de construcción tradicional según distintos autores y espesores.Fuente: Elaboración propia, (2018)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Material** | **Adobe** | **Tierra compactada** |
| Espesor mínimo, Norma IRAM 11.605,C (1996) | 25 cm | 35 cm |
| Transmitancia térmica | 1.71 W/m2K | 1.79 W/m2K |
| Atraso térmico | 8.4 horas | 11.4 horas |
| Admitancia | 4,3 W/m2K | 4,9 W/m2K |
| Condensación superficial (IRAM 11.625, 2000) | No | No |
| Condensación intersticial (IRAM 11.625, 2000) | No | No |

**Tabla 3:** Retraso térmico de un muro de adobe comparado con el de un muro de tierra compactada. Fuente: Evans, (2004, p.15).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Provincia** | **Temp. ext. de diseño (invierno)** | **Zona Bioambiental** | **Valores de Kmaxadm para invierno** | **Valores de Kmaxadm para verano** |
| **Figura 4** | **Nivel mínimo(C)** | **Nivel mínimo(C)** |
| Buenos Aires | 3,10 | IIIa | 1,85 | 2.0 |
| Catamarca | 1,30 | IIa | 1,85 | 1.8 |
| Córdoba | 1,30 | IIIa | 1,85 | 2.0 |
| Corrientes | 7,60 | Ib | 1,85 | 1.8 |
| Resistencia-Chaco | 5,90 | Ia | 1,85 | 1.8 |
| Paraná-Entre Ríos | 3,50 | IIb | 1,85 | 1.8 |
| Formosa | 7,70 | Ia | 1,85 | 1.8 |
| Jujuy | 0,20 | IIb | 1,85 | 1.8 |
| La Rioja | 0,40 | Ia | 1,85 | 1.8 |
| Posadas-misiones | 6,90 | Ib | 1,85 | 1.8 |
| Stgo. del Estero | 2,10 | IIa | 1,85 | 1.8 |
| Tucumán | 2,20 | IIb | 1,85 | 1.8 |
| Oliveros-Santa Fé | 1,30 | IIb | 1,85 | 1.8 |
| Orán – Salta | 4,9 | IIb | 1,85 | 1.8 |
| Cdro Rivadavia-Chubut | -1,10 | V | 1,74 | -- |
| Santa Rosa-La Pampa | -2,70 | IIIa | 1,61 | 2.0 |
| Mendoza | -1,00 | IVa | 1,75 | 2.0 |
| San Juan | -1,50 | IIIa | 1,71 | 2.0 |
| San Luis | -0,70 | IIIa | 1,78 | 2.0 |
| Neuquén | -7,3 | IVb | 1,33 | 2.0 |
| Río Gallegos - Santa Cruz | -12,4 | VI | 1,11 | -- |
| Bariloche - Río Negro | -11,4 | VI | 1,15 | -- |
| Ushuaia - Tierra del Fuego | -8,6 | VI | 1,23 | -- |

**Tabla 4:** Valores de Kmaxadm para cada provincia de Argentina según la

Fuente: Norma IRAM 11.603, (2012)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **PARA MUROS** | | | |
| **Zona bioambiental** | **Nivel A** | **Nivel B** | **Nivel C** |
| I y II | 0,45 | 1,10 | 1,80 |
| III y IV | 0,50 | 1,25 | 2,00 |

**Tabla 5:** Valores máximos en función de la zona bioambiental y el nivel de confort higrotérmico

Fuente: IRAM 11605, (1996, p.7)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tipo de Mampuesto** | **Representación gráfica** | **Verificación** |
| Ladrillo cerámico macizo |  | No verifica en ninguna zona bioambiental |
| e= 0,20m |
| K= 2,58 W/m2K |
| Bloque cerámico 6 huecos |  | Verifica para las zonas bioambientales Ia – IIa – IIIa – Ib y IIb |
| e= 0,20m |
| P=168 kg/m2 |
| K= 1,85 W/m2K |
| Bloque cerámico 9 huecos |  | Verifica para todas las zonas bioambiental menos las IIIa - IVb y VI |
| e= 0,20m |
| P=125 kg/m2 |
| K= 1,66 W/m2K |
| Bloque cerámico 16 huecos |  | Verifica para todas las zonas bioambiental menos las IVb y VI |
| e= 0,20m |
| P=136 kg/m2 |
| K= 1,51 W/m2K |
| Bloque cerámico portante |  | No verifica en ninguna zona bioambiental |
| e= 0,20 m |
| P=151 kg/m2 |
| K= 1,88 W/m2K |
| Bloque de hormigón 3 huecos |  | No verifica en ninguna zona bioambiental |
| e= 0,20 m |
| D=1900 kg/m3 |
| K= 2,70 W/m2K |
| Bloque de hormigón 3 huecos |  | No verifica en ninguna zona bioambiental |
| e= 0,195m |
| D=1460 kg/m3 |
| K= 2,08 W/m2K |
| Bloque de hormigón con relleno de lana de vidrio |  | Verifica para todas las zonas bioambiental |
| e= 0,20 m |
| D=1770 kg/m3 |
| K= 1,12 W/m2K |
| Bloque de hormigón multicámaras |  | Verifica para todas las zonas bioambiental menos la zona VI |
| e= 0,19 m |
| D=2200 kg/m3 |
| K= 1,66 W/m2K |

**Tabla 6:** Verificación de la transmitancia térmica de diversos materiales en las zonas bioambientales. Fuente: Elaboración propia en base a IRAM 11.601, (2002, p. 14)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Técnica / tipo de muro** | | **Espesor de muro exterior** (m) | |
| **Portante** | **Autoportante** |
| Adobe (densidad entre 1500 y 1600 kg/m3) | Simple | 0,40 | 0,40 |
| Doble | 0,43 | 0,43 |
| BTC de 0,14x0,29x0,096 m  (densidad entre 1700 y 2000 kg/m3) | Simple | 0,43 | 0,35  0,43 |
| Doble | 0,35 | 0,35 |
| Tapia (densidad entre 1800 y 2000 kg/m3) | | 0,40 | 0,40 |
| Quincha (densidad entre 700/900 kg/m3) | | 0,28 | |
| Paja encofrada apisonada (densidad entre 500/700 kg/m3) | | 0,25 | |

**Tabla 7**: Estimaciones del espesor mínimo del muro exterior necesario para verificar nivel de confort higrotérmico C en zona bioclimática IIIb (área central Pcia. de Buenos Aires).

Fuente: elaboración propia, (2018)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Adobe** | | | | |
| **País** | **Autor** | **Resistencias Kgf/cm2** | |
| El Salvador | Pons; 2018, p.1 | compresión adobe (unidad) | 3 a 5 |
| USA | McHenry P.G..Jr; 1996, p. 184 | compresión adobe (unidad) (laboratorio) | 21 |
| Uruguay | Mazzeo et al; 2007, p. 71 | compresión adobe (unidad) | 11 |
| Bélgica | Houben y Guillaud, 1984, p. 148 | Compresión adobe (unidad) | 20 |
| Red PROTERRA | Rotondaro, 2011, p. 23 | compresión adobe (unidad) | 12 |
| Colombia | Rivera T., 2012, p. 176 | compresión adobe (unidad)  flexión-módulo de rotura | 30,4  4,10 |

**Tabla 8**: Valores de resistencias mecánicas del adobe

Fuente: Elaboración propia, (2018).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Bloque de Tierra Comprimido BTC** | | | |
| **País** | **Autor** | **Resistencias Kgf/cm2** | |
| Argentina | Gatani,M, 2002, p. 211 | Compresión unidad-prensa | 121,8 |
| Compresión unidad-impacto | 76,8 |
| Argentina | Arias et al, 2006, p.3 \*  \*Ponencias, Comisión 4. | Compresión unidad | f’u 50, f’um 70 |
| Compresión mortero 1:1:2 cem-arena-suelo | 50 |
| Compresión mampostería a 28 dias | 50 |
| Uruguay | Etchebarne, Piñero & Silva, | Compresión unidad | 17 / 20 |
| 2006, p. 16 | 40 |
| Argentina | Sánchez, Begliardo, Casenave & Schuck, 2008, p.194 | Compresión | 6%\*: 42,22 - 8%: 48,56 - 10%: 60,78 |
| Compresión unidad | 6%: 55,98 - 8%: 56,50 - 10%: 89,28 |
| México | Roux, Espuna & Garcia, 2008, p. 217 | Compresión unidad seco | 6%: 75,79 - 8%: 78,32 - 10%: 91,33 |
|
| Compresión unidad húmedo | 6%: 54,34 - 8%: 37,50 - 10%: 61,73 |
| Flexión 10 días | 6%: 10,30 - 8%: 11,23 - 10%: 14,05 |
| Colombia | Bedoya-Montoya,M; 2018, p. 67 | Compresión 28 días | 39,8 |
| Brasil | De Souza, Perazzo, Ghavami, Freitas & Sousa, 2008, p. 175 | Compresión suelo sólo | 2,7 |
| 6% cal: | 8,2 |
| 6% cem: | 24,7 |
| 10% cem: | 40 |
| \* Porcentaje de agregado de cemento | | | |

**Tabla 9**: Valores de resistencias mecánicas del BTC Fuente:. Elaboración propia (2018).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tapia** | | | |
| **País** | **Ejemplo/autor** | **Resistencias Kgf/cm2** | |
| Brasil | Neves, 2006, p. 4 | Compresión | adopta mín. 10 |
| Argentina | Luciano, Brade, Garay, Mercanti & Tirnerl; 2006, p. 9 | Compresión | 1-5\* 196; 1-6\*: 136; 1-8\*: 104 |
| con 8,5 % hum. | 1-10\*: 72; 1-12\*: 60; 1-15\*: 56 |
| Argentina | Arias, et al, 2006, p.10 | Compresión | 1:8\*: 65 |
| \* Suelo - cemento | | | |

**Tabla 10:** Valores de resistencias mecánicas de compresión del tapial

Fuente: Elaboración propia (2018).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **País** | **Ejemplo/autor** | **Resistencia al corte (kgf/cm2)** | |
| Colombia | Yamin, Philips, Reyes& Ruiz. 2007, p. 297 | muro adobe esp. 0,20 m | 3,16 |
| Argentina | Cuitiño, Maldonado & Esteves, 2014, p. 241 | muro quincha esp. 0,10 m | 1,33 |
| Argentina | Norma INPRES CIRSOC 103-III; 2016 | ladrillo común cocido macizo | 41,6 - 31,2 |
| **Resistencias a compresión simple (kgf/cm2)** | | | |
| Argentina | Gatani,2002, p. 211 | Ladrillo común cocido | 78 |
| Cuitiño et al; 2014, p. 244 | muro ladrillón 0,18m | 25,49 – 17,89 |
| Norma INPRES CIRSOC 103, 2007, p. 23 | ladrillo macizo portante | 50 |
| bloque de hormigón portante | 130 |
| bloque hueco cerámicos portantes | 130 |
| Reglamento CIRSOC 501, 2007, p. 27 | ladrillo macizo portante E-I-N | 25,0 /22,5 /17,5 |
| bloque hueco de hormigón portante E-I-N | 65,0 /58,5 /45,5 |
| bloque hueco cerámicos portantes E-I-N | 65,0 /58,5 /45,5 |
| Chile | Valdez & Rapimán (2007), p. 87 | Bloque de hormigón portante | 68 - 80 |
| (E) Resistencia elevada (I) Resistencia intermedia (N) Resistencia normal | | | |

**Tabla 11**: Valores de resistencias de corte y compresión simple de materiales y componentes de la de construcción con tierra e industriales. Reglamento CIRSOC 501

Fuentes: . Elaboración propia (2018).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Material** | **Densidad Kg/m3** | **Conductividad Térmica W/mK** | **Transmitancia Térmica W/m2K** |
| Adobe | 1500-1600 | 0.60-0.95 | 1.43-2.89 |
| BTC | 1700 | 0.81 |  |
| Tapia | 1400-2000 | 0.60-1.60 |  |
| Quincha | 400-600 |  | 2.32-2.64 |
| Ladrillo cocido común | 1305-1800 | 0.87-2.32 | 1.93-2.70 |
| Hormigón en masa | 2400 | 1.40-1.63 | 1.60-1.75 |
| Bloque de hormigón | 1400 | 0.56 |  |

**Tabla 12:** Rangos de valores de densidad, conductividad y transmitancia térmica de componentes y materiales de la construcción con tierra y otros industriales

Fuente: elaboración propia, (2018).