

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PUNO PERU

2015

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

"TABIQUERÍA ECOLÓGICA, EMPLEANDO TOTORA CON REVESTIMIENTO DE YESO O MORTERO COMO TÉCNICA DE BIOCONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DE PUNO"

TESIS PRESENTADA POR:

BACH. CLAUDIA LIZBET EDUARDO PALOMINO

BACH. LUISA ELÍ ZEGARRA LAZO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO CIVIL
NACIONAL DEL**

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE


ING. ZENÓN MELLADO VARGAS

PRIMER MIEMBRO


ING. RAÚL F. ECHEGARAY CHAMBI

SEGUNDO MIEMBRO

ING. GINO F. LAQUE CÓRDOVA

DIRECTOR DE TESIS

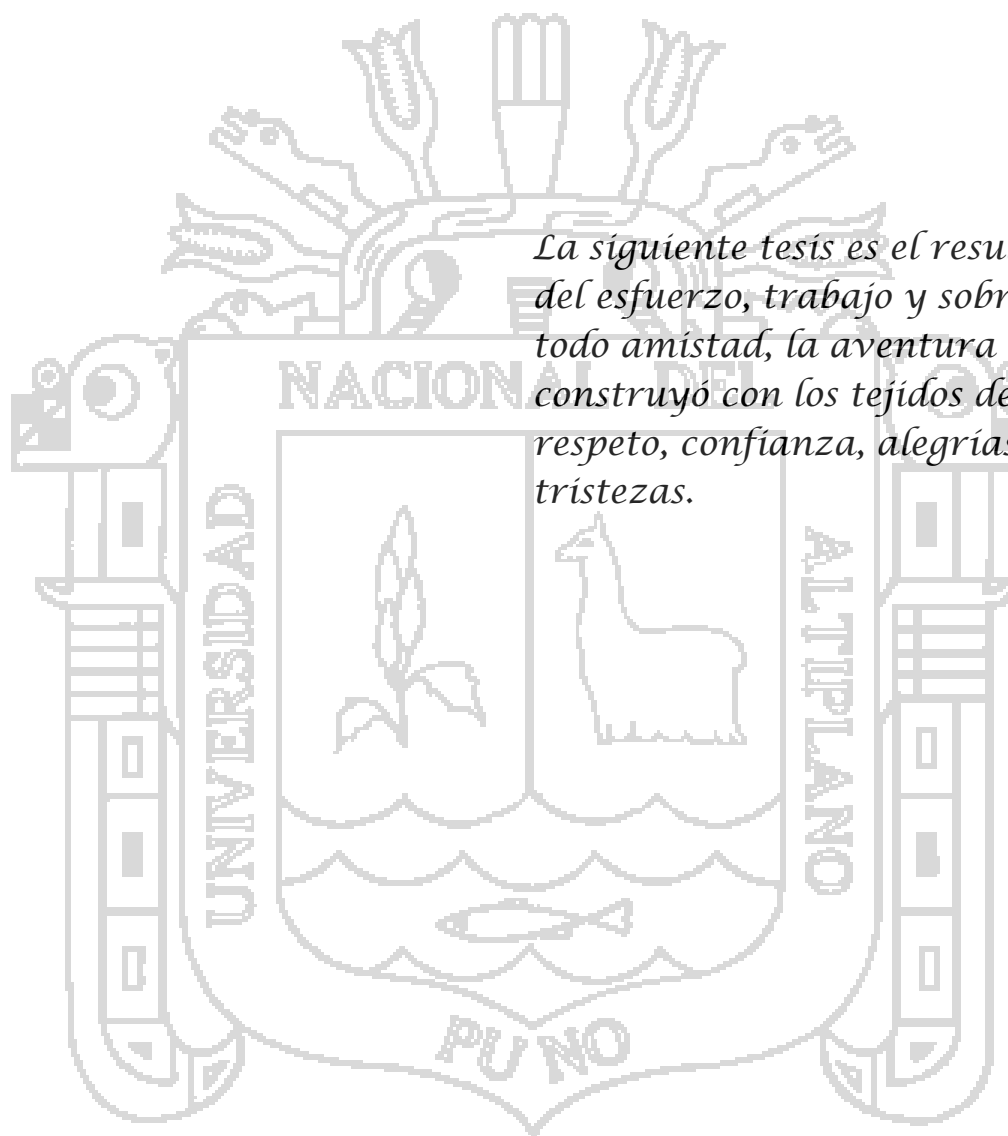

ING. EDGAR V. HURTADO CHAVEZ

PUNO PERÚ

2015

TEMA: MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ÁREA: CONSTRUCCIONES



La siguiente tesis es el resultado del esfuerzo, trabajo y sobre todo amistad, la aventura que se construyó con los tejidos del respeto, confianza, alegrías y tristezas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, que entrelaza la vida de las personas de modo extraordinario creando con ellas lo imposible.

A nuestras familias, Madre, Padre, hermanos; que son el cimiento de nuestras vidas.

A nuestro director de tesis Ingeniero Edgar Hurtado Chávez, gran maestro y padre en la ejecución de esta Tesis.

A nuestra asesora de tesis Ingeniera Tania Zapata, que nos guió durante la ejecución de la presente.

A la Escuela Profesional de Ingeniería civil de la Universidad Nacional del Altiplano por la acogida en sus instalaciones para el trabajo experimental.

A nuestros compañeros que se hicieron amigos y ahora colegas, por su apoyo incondicional.

De Claudia Eduardo:

A Dios Creador de todo lo existente, por alumbrar mi camino y darme el aliento cada amanecer y me da una oportunidad para ser mejor; a cada una de los Maestros espirituales que conocí durante mi vida universitaria que me dieron las herramientas para cumplir mis objetivos.

De Luisa Zegarra:

A mi familia, Tamara Lazo (tía), quien impulso y apoyo mi vida académica con su comprensión y amor de madre; Reynaldo Lazo (tío), quien creyó en mí, más que nadie; Nancy Alarcón (tía), quien en sus oraciones me tiene presente.

DEDICATORIA

A mis padres, Iris "RÍPSHIS" y Edgar "GUÁRIMASH", por todo el amor, el entusiasmo, el apoyo, la comprensión, el sacrificio que me dan.

A mis hermanas Fiorella "SHÚPSIL", Karina "LLASHKIA", Mífuska "SIKÁMASH" y Jennifer "JÚEIMACH", por todas las travesuras y los logros vividos hasta el momento a pesar de la distancia.

A Erick, quien dibuja en mí una sonrisa cada día asimismo por la comprensión y el apoyo que encuentro en él.

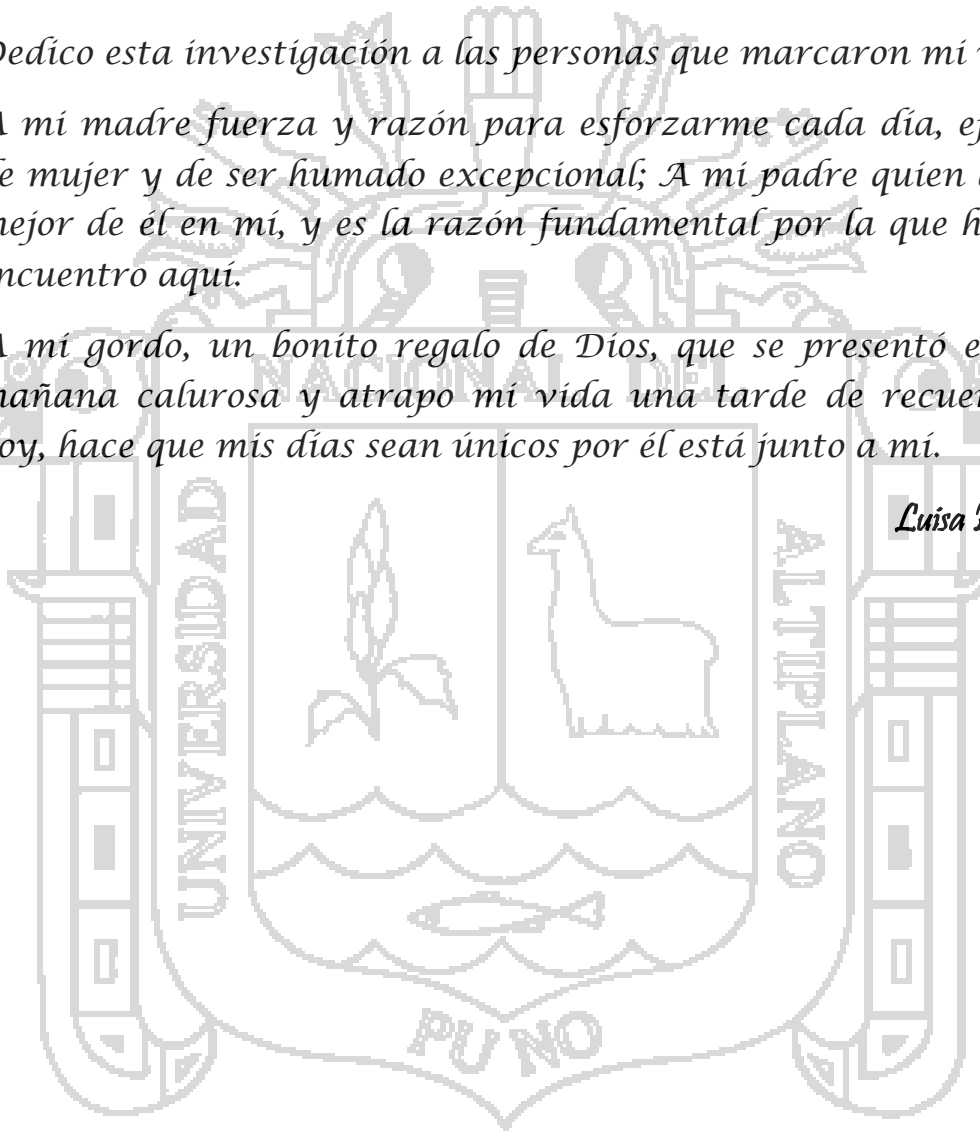
Claudia Eduardo.

Dedico esta investigación a las personas que marcaron mi vida:

A mi madre fuerza y razón para esforzarme cada día, ejemplo de mujer y de ser humano excepcional; A mi padre quien dejó lo mejor de él en mí, y es la razón fundamental por la que hoy me encuentro aquí.

A mi gordo, un bonito regalo de Dios, que se presentó en una mañana calurosa y atrapo mi vida una tarde de recuerdos y hoy, hace que mis días sean únicos por él está junto a mí.

Luisa Zegarra.



ÍNDICE

| | |
|--|------------------|
| ÍNDICE DE FOTOS | 10 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 12 |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | 14 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 14 |
| RESUMEN | 15 |
| <i>INTRODUCCIÓN</i> | <i>16</i> |
| <i>CAPÍTULO I: GENERALIDADES</i> | <i>17</i> |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 18 |
| 1.2. OBJETIVOS | 19 |
| 1.2.1. OBJETIVO GENERAL | 19 |
| 1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 19 |
| 1.3. HIPÓTESIS | 20 |
| 1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL | 20 |
| 1.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS | 20 |
| <i>CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</i> | <i>21</i> |
| 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN | 22 |
| 2.2. MARCO TEÓRICO | 23 |
| 2.2.1. TOTORA | 23 |
| D.1. Características morfológicas | 25 |
| A.1. Características fenológicas | 28 |
| B. Clasificación o variedad: | 28 |
| B.1. Totora verde o tierna: | 29 |
| B.2. Totora amarilla o madura: | 30 |
| C. Hábitat: | 31 |
| D. Propagación y reproducción: | 32 |
| D.1. Propagación natural | 32 |
| D.2. Propagación artificial o inducida | 32 |
| E. Técnicas de plantación: | 32 |
| F. Producción de la totora: | 33 |
| F.1. Densidad: | 33 |
| F.2. Biomasa vegetal: | 33 |
| G. Inundación y sequía: | 34 |
| H. Utilidad: | 35 |
| I. Causales de la destrucción de los totorales: | 36 |
| 2.2.2. REVESTIMIENTOS | 37 |
| A. Definición: | 37 |
| B. Mortero | 37 |
| C. Origen y Usos: | 38 |
| D. Componentes: | 39 |
| D.1. Aglomerantes | 39 |
| D.2. Áridos | 46 |
| D.3. Agua | 47 |
| E. Propiedades del mortero cemento- arena: | 48 |

| | | |
|---|---|-----------|
| E.1. | Consistencia: | 48 |
| E.2. | Adherencia | 49 |
| E.3. | Resistencia | 49 |
| E.4. | Resistencia a la compresión | 49 |
| E.5. | Durabilidad..... | 49 |
| F. | Dosificación: | 50 |
| 2.2.3. | TABIQUERÍA | 50 |
| A. | Definición | 50 |
| B. | Exigencias que han de cumplir: | 51 |
| B.1. | Resistencia mecánica | 51 |
| B.2. | Estabilidad | 51 |
| B.3. | Resistencia al fuego | 52 |
| B.4. | Protección acústica (aislamiento o absorción) | 52 |
| B.5. | Aislamiento térmico | 52 |
| B.6. | Estanqueidad en zonas húmedas..... | 52 |
| B.7. | Montaje y adaptabilidad | 53 |
| B.8. | Posibilidad de colocar instalaciones | 53 |
| C. | Evolución del tabique tradicional..... | 53 |
| D. | El tabique contemporáneo..... | 54 |
| E. | Sistemas constructivos: | 54 |
| E.1. | Muro de albañilería simple con adobe | 54 |
| E.2. | Muro de albañilería confinada con ladrillos de arcilla King Kong (24x14x10) | 57 |
| E.3. | Muro entramado de maderas con quincha tradicional: | 59 |
| E.4. | Muro entramado de madera con quincha prefabricada: | 61 |
| E.5. | Tabique con planchas de fibrocemento y estructura metálica:..... | 64 |
| 2.2.4. | BIOCONSTRUCCIÓN | 67 |
| A. | Definición: | 67 |
| B. | Antecedentes: | 68 |
| C. | Principios de la bioconstrucción:..... | 69 |
| D. | Disciplinas de la bioconstrucción: | 70 |
| D.1. | Geobiología | 70 |
| D.2. | Bioclimática | 71 |
| D.3. | La Biodomótica: | 73 |
| D.4. | Sistemas de ahorro de energía | 73 |
| E. | Biomateriales: | 73 |
| E.1. | Características de los materiales..... | 75 |
| E.2. | Cualidades de los materiales | 76 |
| E.3. | Ciclo de vida de los materiales bioconstructivos | 77 |
| CAPÍTULO III: MARCO EXPERIMENTAL | | 78 |
| 3.1. | MATERIALES | 80 |
| 3.1.1. | TOTORA | 81 |
| 3.1.2. | MADERA | 81 |
| 3.1.3. | HILOS TENSORES..... | 82 |
| 3.1.4. | YESO..... | 83 |
| 3.1.5. | CEMENTO | 84 |
| 3.1.6. | ARENA..... | 85 |
| 3.2. | MÉTODOS | 86 |
| 3.2.1. | K'ESANA | 86 |
| A. | Materiales: | 87 |
| B. | Procedimiento:..... | 87 |
| 3.2.2. | ESTRUCTURA DE MADERA..... | 90 |

| | |
|---|------------|
| A. Componentes:..... | 90 |
| 3.2.3. REVESTIMIENTO | 91 |
| A. REVESTIMIENTO 1: Yeso..... | 92 |
| B. REVESTIMIENTO 2: Mortero de cemento-arena 1:5 | 92 |
| 3.2.4. ENSAYOS EXPERIMENTALES | 93 |
| A. ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA TOTORA | 93 |
| A.1. Densidad: | 93 |
| A.2. Porosidad: | 96 |
| A.3. Contenido de Humedad:..... | 100 |
| B.1. Impacto duro..... | 102 |
| B.2. Impacto blando | 109 |
| B.3. Aislamiento acústico | 120 |
| B.4. Aislamiento térmico..... | 128 |
| B.5. Resistencia al fuego | 134 |
| 3.2.5. PROCESO CONSTRUCTIVO | 137 |
| A. Armado de la estructura de madera:..... | 138 |
| B. Relleno la estructura con piezas de k'esana..... | 138 |
| C. Tensado de los hilos | 139 |
| D. Aplicar el revestimiento..... | 140 |
| 3.2.6. ANÁLISIS DE COSTOS | 141 |
| A. Tabiquería de adobe: | 141 |
| B. Tabiquería de ladrillo:..... | 141 |
| C. Tabiquería de drywall- yeso:..... | 142 |
| D. Tabiquería ecológica: | 142 |
| CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 143 |
| 4.1. ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA TOTORA | 144 |
| 4.1.1. DENSIDAD | 144 |
| 4.1.2. POROSIDAD | 144 |
| 4.1.3. CONTENIDO DE HUMEDAD:..... | 145 |
| 4.2. ENSAYOS A LA TABIQUERÍA ECOLÓGICA | 147 |
| 4.2.1. IMPACTO DURO | 147 |
| 4.2.2. IMPACTO BLANDO | 151 |
| 4.2.3. AISLAMIENTO ACÚSTICO | 156 |
| 4.2.4. AISLAMIENTO TÉRMICO | 160 |
| 4.2.5. RESISTENCIA AL FUEGO | 164 |
| 4.2.6. ANÁLISIS DE COSTOS | 171 |
| 4.3. VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS | 172 |
| CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 176 |
| 5.1. CONCLUSIONES DE LA TABIQUERÍA ECOLÓGICA CON REVESTIMIENTO DE YESO 177 | |
| 5.2. CONCLUSIONES DE LA TABIQUERÍA ECOLÓGICA CON REVESTIMIENTO DE MORTERO..... | 177 |
| 5.3. CONCLUSIONES FINALES..... | 177 |
| 5.4. RECOMENDACIONES | 178 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 180 |
| ANEXOS | 184 |

| | |
|------------------------------------|-----|
| | 231 |
| ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS | 232 |
| A. TABIQUERÍA DE ADOBE:..... | 232 |

ÍNDICE DE FOTOS

| | |
|---|-----|
| <i>Foto 1 TOTORA AMARILLA</i> | 81 |
| <i>Foto 2 MARCO DE MADERA</i> | 82 |
| <i>Foto 3 CORDEL DE ALGODÓN TRENZADO</i> | 83 |
| <i>Foto 4 MEZCLA DE YESO</i> | 83 |
| <i>Foto 5 CEMENTO PORTLAND IP</i> | 84 |
| <i>Foto 6 K'ESANA CON CUATRO HILADAS</i> | 86 |
| <i>Foto 7 TOTORA EXTENDIDA PARA ELABORAR LA K'ESANA</i> | 87 |
| <i>Foto 8 TEJIDO DE LA K'ESANA</i> | 88 |
| <i>Foto 9 K'ESANAS UTILIZADAS PARA LA INVESTIGACIÓN</i> | 89 |
| <i>Foto 10 UNIÓN DE LAS PIEZAS DE MADERA</i> | 91 |
| <i>Foto 11 APLICACIÓN DEL REVESTIMIENTO 1: YESO</i> | 92 |
| <i>Foto 12 APLICACIÓN DEL REVESTIMIENTO 2: MORTERO</i> | 93 |
| <i>Foto 13 PREPARACION DE LA MUESTRA</i> | 94 |
| <i>Foto 14 PESO DE LA MUESTRA SECA</i> | 95 |
| <i>Foto 15 MEDIDA INICIAL DE AGUA EN LA PROBETA GRADUADA</i> | 95 |
| <i>Foto 16 MEDIDA DEL AGUA DESPLAZADA EN LA PROBETA</i> | 95 |
| <i>Foto 17 SATURACIÓN DE LA MUESTRA DE TOTORA</i> | 98 |
| <i>Foto 18 MUESTRA DE TOTORA SATURADA</i> | 98 |
| <i>Foto 19 MUESTRA EN EL INTERIOR DEL HORNO</i> | 99 |
| <i>Foto 20 PESO DE LA MUESTRA</i> | 100 |
| <i>Foto 21 MUESTRA DE TOTORA SECA</i> | 101 |
| <i>Foto 22 MUESTRA SIN REVESTIMIENTO SUSPENDIDA EN DOS APOYOS</i> | 107 |
| <i>Foto 23 ALTURAS DE IMPACTO A LA QUE SE SOMETIO LA MUESTRA</i> | 107 |
| <i>Foto 24 MEDIDA DE LA DEFLEXION DE LA K'ESANA DESPUES DEL IMPACTO</i> | 108 |
| <i>Foto 25 MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN DEL PANEL</i> | 108 |
| <i>Foto 26 CAÍDA DE LA BILLA DE 0.5 KG.</i> | 109 |
| <i>Foto 27 ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA ENSAYO</i> | 118 |
| <i>Foto 28 VISTA ANTES DEL IMPACTO</i> | 118 |
| <i>Foto 29 VISTA DURANTE DEL IMPACTO</i> | 119 |
| <i>Foto 30 CÁMARA INSONORIZANTE</i> | 123 |
| <i>Foto 31 VISTA DEL DECIBELÍMETRO</i> | 124 |
| <i>Foto 32 AJUSTE DE MUESTRA EN LA CAMARA INSONORIZANTE</i> | 125 |
| <i>Foto 33 DISTANCIA REQUERIDA DEL DECIBELÍMETRO</i> | 125 |
| <i>Foto 34 EMISIÓN DE SONIDOS DESDE EL COMPUTADOR PORTATIL</i> | 126 |
| <i>Foto 35 CALENTAMIENTO DEL AGUA EN EL GENERADOR DE VAPOR</i> | 130 |

| | |
|--|-----|
| <i>Foto 36</i> INSTALACIÓN DE LA MUESTRA SOBRE EL GENERADOR DE VAPOR..... | 130 |
| <i>Foto 37</i> PESO DEL HIELO ANTES DEL INICIO DE PRUEBA | 131 |
| <i>Foto 38</i> TEMPERATURA AMBIENTAL Y TEMPERATURA DE LA MUESTRA..... | 131 |
| <i>Foto 39</i> INICIO DEL ENSAYO..... | 131 |
| <i>Foto 40</i> INICIO DE LA PRUEBA..... | 136 |
| <i>Foto 41</i> VISTA DE LA PRUEBA A LOS DIEZ MINUTOS..... | 136 |
| <i>Foto 42</i> FISURAS PRODUCIDAS POR EL FUEGO EN LA MUESTRA DE YESO | 137 |
| <i>Foto 43</i> MUESTRA CON REVESTIMIENTO DE YESO AL FINALIZAR EL ENSAYO..... | 137 |
| <i>Foto 44</i> CORTE DE LA K'ESANA | 138 |
| <i>Foto 45</i> TENSADO DEL PANEL..... | 139 |
| <i>Foto 46</i> MEZCLA DE MORTERO..... | 140 |
| <i>Foto 47</i> MUESTRA TERMINADA..... | 140 |
| <i>Foto 48</i> VISTA MICROSCOPICA DE LA TOTORA..... | 145 |
| <i>Foto 49</i> VISTA DE FRENTE DE LA PRIMERA DISTRIBUCIÓN DE HILOS TENSORES..... | 148 |
| <i>Foto 50</i> VISTA DE PLANTA DE LA SEGUNDA DISTRIBUCIÓN DE HILOS TENSORES..... | 148 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1 PROPIEDADES DEL YESO..... | 44 |
| Tabla 2 GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA..... | 47 |
| Tabla 3: COMPONENTES DE LA MEZCLA SEGÚN EL TIPO DE MORTERO..... | 50 |
| Tabla 4 PROCESO CONSTRUCTIVO: MURO DE ADOBE..... | 55 |
| Tabla 5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MURO DE ADOBE..... | 56 |
| Tabla 6 PROCESO CONSTRUCTIVO - MURO DE LADRILLO..... | 58 |
| Tabla 7 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MURO DE LADRILLO..... | 59 |
| Tabla 8 PROCESO CONSTRUCTIVO - MURO DE QUINCHA TRADICIONAL..... | 60 |
| Tabla 9 VENTAJAS Y DESVENTAJAS: MURO DE QUINCHA TRADICIONAL..... | 61 |
| Tabla 10 PROCESO CONSTRUCTIVO - MURO DE QUINCHA PREFABRICADA..... | 63 |
| Tabla 11 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MURO CON QUINCHA PREFABRICADA..... | 64 |
| Tabla 12 PROCESO CONSTRUCTIVO - MURO CON ESTRUCTURA METÁLICA Y FIBROCEMENTO..... | 65 |
| Tabla 13 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MURO CON ESTRUCTURA METÁLICA Y FIBROCEMENTO..... | 66 |
| Tabla 14 PROPIEDADES DE LA MADERA..... | 82 |
| Tabla 15 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CEMENTO PORTLAND IP..... | 84 |
| Tabla 16 GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA..... | 85 |
| Tabla 17 POROSIDAD TÍPICA DE ALGUNOS MATERIALES..... | 97 |
| Tabla 18 PARÁMETROS DE ANÁLISIS PARA EL ENSAYO DE IMPACTO DURO..... | 103 |
| Tabla 19 CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE TABIQUERÍA..... | 104 |
| Tabla 20 ENERGÍA A UTILIZAR POR EL TIPO DE CHOQUE..... | 105 |
| Tabla 21 ENERGÍA A UTILIZAR POR EL TIPO DE CHOQUE..... | 105 |
| Tabla 22 PARÁMETROS DE ANÁLISIS DE IMPACTO BLANDO..... | 112 |
| Tabla 23- CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE TABIQUERÍA..... | 113 |
| Tabla 24 ENERGÍA A UTILIZAR POR EL TIPO DE CHOQUE..... | 114 |
| Tabla 25 ENERGÍA A UTILIZAR POR EL TIPO DE CHOQUE..... | 114 |
| Tabla 26 ENERGÍA A UTILIZAR POR EL TIPO DE CHOQUE..... | 116 |
| Tabla 27 NIVELES RECOMENDADOS DE RUIDO INTERIOR..... | 122 |
| Tabla 28 COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE RUIDO DE OTROS MATERIALES..... | 123 |
| Tabla 29: NIVELES TÍPICOS DE SONIDO DE VARIOS ORÍGENES DE RUIDO Y AMBIENTES..... | 128 |
| Tabla 30 CONDUCTIVIDAD TERMICA DE ALGUNOS MATERIALES..... | 129 |
| Tabla 31 ENSAYO DE DENSIDAD DE LA TOTORA..... | 144 |
| Tabla 32 ENSAYO DE POROSIDAD DE LA TOTORA..... | 145 |
| Tabla 33 ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA TOTORA..... | 145 |
| Tabla 34 PRIMER ENSAYO IMPACTO DURO: PRIMERA DISTRIBUCIÓN DE HILOS TENSORES..... | 149 |
| Tabla 35 SEGUNDO ENSAYO IMPACTO DURO, SEGUNDA DISTRIBUCION DE HILOS TENSORES..... | 149 |
| Tabla 36 ENSAYO IMPACTO DURO: K'ESANA 4 HILADAS..... | 150 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 37 ENSAYO IMPACTO DURO, K'ESANA CINCO HILADAS..... | 150 |
| Tabla 38 ENSAYO IMPACTO DURO, K'ESANA SEIS HILADAS..... | 151 |
| Tabla 39 ENSAYO IMPACTO BLANDO - K'ESANA..... | 151 |
| Tabla 40 ENSAYO IMPACTO BLANDO - REVESTIMIENTO DE YESO..... | 152 |
| Tabla 41 ENSAYO IMPACTO BLANDO - REVESTIMIENTO DE MORTERO..... | 153 |
| Tabla 42 CLASE DE TRANSMISIÓN DE SONIDO SEGÚN REVESTIMIENTO..... | 157 |
| Tabla 43 NIVEL MÁXIMO DE RUIDO VS ESPESOR DE REVESTIMIENTO..... | 158 |
| Tabla 44 COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE SONIDO (NRC)..... | 158 |
| Tabla 45 COMPARACIÓN DEL NRC CON MATERIALES CONOCIDOS..... | 159 |
| Tabla 46 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LA K'ESANA (e= 5 CM)..... | 160 |
| Tabla 47 COMPARACIÓN DE COEFICIENTES DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA..... | 160 |
| Tabla 48 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA TÉRMICA..... | 161 |
| Tabla 49 CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA..... | 162 |
| Tabla 50: ENSAYO DE RESISTENCIA AL FUEGO, K'ESANA..... | 164 |
| Tabla 51 CARA EXPUESTA AL FUEGO, REVESTIMIENTO DE YESO..... | 165 |
| Tabla 52 CARA EXPUESTA AL FUEGO, REVESTIMIENTO DE MORTERO..... | 166 |
| Tabla 53 CARA NO EXPUESTA AL FUEGO, SEGÚN ESPESOR DE REVESTIMIENTO DE YESO..... | 167 |
| Tabla 54 CARA NO EXPUESTA, REVESTIMIENTO DE MORTERO..... | 168 |
| Tabla 55 TIEMPOS RESALTANTES, REVESTIMIENTO DE YESO..... | 169 |
| Tabla 56 TIEMPOS RESALTANTES - REVESTIMIENTO DE MORTERO..... | 170 |
| Tabla 57 RESUMEN COSTOS UNITARIOS DE TABIQUERÍAS..... | 171 |
| Tabla 58 RESUMEN DE RESULTADOS..... | 172 |
| Tabla 59 MATRIZ DE CONSISTENCIA..... | 174 |
| Tabla 60 DENSIDAD BÁSICA DE MADERAS..... | 187 |
| Tabla 61 MÓDULO DE ELASTICIDAD DE MADERAS..... | 187 |
| Tabla 62 ESFUERZOS ADMISIBLES SEGÚN EL GRUPO DE MADERAS..... | 187 |
| Tabla 63 LONGITUD EFECTIVA..... | 189 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|-----|
| GRÁFICO 1: METODOLOGÍA UTILIZADA EN LA INVESTIGACIÓN..... | 80 |
| GRÁFICO 2: METODOLOGÍA PARA OBTENER LA DENSIDAD..... | 96 |
| GRÁFICO 3: ETAPAS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL ENSAYO..... | 104 |
| GRÁFICO 4: ETAPAS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA PRUEBA..... | 112 |
| GRÁFICO 5: PROCESO PARA EL CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE AISLAMIENTO ACÚSTICO..... | 121 |
| GRÁFICO 6 DEFLEXIÓN PRESENTADA CON ENERGÍAS DE 6N Y 10N..... | 147 |
| GRÁFICO 7 CLASE DE TRANSMISIÓN DE SONIDO VS ESPESOR DE REVESTIMIENTO..... | 157 |
| GRÁFICO 8 RESISTENCIA TÉRMICA EN FUNCIÓN DEL ESPESOR DE REVESTIMIENTO..... | 162 |
| GRÁFICO 9 TRANSMITANCIA TÉRMICA SEGÚN EL ESPESOR DE REVESTIMIENTO..... | 163 |
| GRÁFICO 10: ENSAYO AISLAMIENTO AL FUEGO, K'ESANA (e=5cm)..... | 164 |
| GRÁFICO 11 CARA EXPUESTA AL FUEGO SEGUN ESPESOR DE REVESTIMIENTO DE YESO..... | 165 |
| GRÁFICO 12 CARA EXPUESTA AL FUEGO SEGUN ESPESOR DE REVESTIMIENTO DE MORTERO..... | 166 |
| GRÁFICO 13 CARA NO EXPUESTA AL FUEGO, SEGÚN ESPESOR DE REVESTIMIENTO DE YESO..... | 167 |
| GRÁFICO 14 CARA NO EXPUESTA AL FUEGO, SEGUN ESPESOR DE REVESTIMIENTO DE MORTERO..... | 168 |
| GRÁFICO 15 REVESTIMIENTO DE YESO VS. REVESTIMIENTO DE MORTERO, EN CARA EXPUESTA AL FUEGO..... | 169 |
| GRÁFICO 16 COSTO POR m ² DE TABIQUERÍAS UTILIZADAS EN LA CIUDAD DE PUNO..... | 171 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-------|
| Figura N° 1 DISTRIBUCIÓN DE SOGAS PARA EL TEJIDO DE LA K'ESANA..... | 88 |
| Figura N° 2 COMPOSICIÓN DE LA ESTRUCTURA DE MADERA..... | 90 |
| Figura N° 3 ESQUEMA DE IMPACTO BLANDO..... | 103 |
| Figura N° 4 ESQUEMA DE IMPACTO BLANDO..... | 110 |
| Figura N° 5 CÁLCULO DE LA ENERGÍA PARA IMPACTO BLANDO..... | |
| Figura N° 6 LEY DE FOURIER..... | 132 |
| Figura N° 7: CURVA DE REFERENCIA DE LA RESISTENCIA AL FUEGO..... | |
| Figura N° 8 PUNTOS DE PERFORACIÓN EN LA ESTRUCTURA DE MADERA..... | 138 |
| Figura N° 9 VISTA DE PERFIL DEL TABIQUE ECOLÓGICO..... | 139 |
| Figura N° 10 CARGAS EN EL ENTRAMADO VERTICAL..... | 186 |
| Figura N° 11 ESBELTEZ FUERA DEL PLANO..... | 190 |
| Figura N° 12 ESBELTEZ EN EL PLANO..... | 190 |

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo proponer una tabiquería ecológica con criterios de bioconstrucción para la ciudad de Puno; buscando aprovechar los recursos naturales de la zona, de tal modo minimizar el impacto ambiental y el costo de las construcciones.

Para llegar a la premisa indicada, se aplicó la siguiente metodología: la primera etapa consistió en someter la totora a ensayos de caracterización física: densidad, contenido de humedad y porosidad. Como segunda etapa se ensayaron muestras de tabiquería sin revestimiento utilizando la técnica de la k'esana (tejido de totora) para identificar el número de hiladas apropiado (4, 5 ó 6 hiladas), así mismo se aplicó un revestimiento de yeso y otro de mortero de cemento, con espesores de 0.5cm, 1.0cm y 1.5cm y se obtuvo el comportamiento ante agentes externos: impactos, ruidos molestos, cambios de temperatura y fuego.

Se analizaron los resultados y se concluye que: la totora posee propiedades físicas apropiadas para utilizarla como material principal en la ejecución de la tabiquería ecológica. Se debe emplear k'esanas con cinco ó seis hiladas ya que presentaron buen comportamiento ante los impactos. El revestimiento de yeso de 1.0 cm de espesor presentó mejor comportamiento ante los agentes externos analizados, destacando en las propiedades térmicas y acústicas, sin embargo el revestimiento de mortero presentó muy buen comportamiento ante los impactos y resistencia al fuego. El costo por metro cuadrado con los revestimientos estudiados, arrojaron valores inferiores a las tabiquerías tradicionales utilizadas en la ciudad de Puno. Por lo tanto la tabiquería ecológica propuesta con criterios de bioconstrucción es accesible para la población puneña, generando un desarrollo sostenible a la Región de Puno.

INTRODUCCIÓN

Se denominan muros de tabiquería aquellos muros que no soportan carga estructural, existen diversos tipos de tabiquerías empleadas en la actualidad tales como: albañilería, drywall, madera, quincha y otros.

El crecimiento de la industria de la fabricación de materiales para la construcción de tabiquerías resulta altamente contaminante, es por ello que con el empleo de técnicas bioconstructivas se garantiza el ahorro energético, se mejora la salud ambiental y se revaloran los conocimientos de nuestros antepasados.

Se tiene entre los objetivos de la presente investigación la determinación de las propiedades físicas de la totora como son la densidad, porosidad y contenido de humedad; también evaluar el comportamiento de la tabiquería de totora revestida de yeso o mortero de cemento, frente a los agentes externos como los ruidos molestos, impactos y cambios de temperatura.

Para la evaluación de la tabiquería propuesta, se realizaron las pruebas de impacto blando y duro, resistencia al fuego, aislamiento acústico y aislamiento térmico, además se realizó el análisis de costos unitarios de acuerdo a precios y cotizaciones de la ciudad de Puno.

La importancia de la investigación reside en que se propone una alternativa de construcción correspondiente a tabiquerías, siendo ésta versátil, amigable con el medio ambiente, económica y al mismo tiempo revalora los conocimientos ancestrales, destacando su importancia como medio para el desarrollo sostenible.

La presente investigación está estructurada de la siguiente manera:


Capítulo I: Generalidades: Presenta el problema de investigación, los objetivos y las hipótesis

Capítulo II: Fundamentación Teórica: Comprende los antecedentes, y el marco teórico.

Capítulo III: Marco experimental: El cual comprende la metodología, los ensayos y los materiales que se usaron para la tesis.

Capítulo IV: Análisis de resultados.

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones.



CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día la contaminación dejó de ser un tema ajeno en nuestro entorno; la ciudad de Puno se ve afectada por la contaminación del medio ambiente y tiene como principal fuente las áreas industriales, como los procesos para la fabricación de materiales empleados para la construcción y los residuos que generan luego de su vida útil, a medida que pasan los años, aumenta la población, existe mayor demanda y se intensifica la contaminación. Debido a ello es que en los años ochenta se comienza a introducir al ámbito de la construcción conceptos referentes a técnicas bioconstructivas, tratando de esta manera revalorar los conocimientos de nuestros antepasados, para generar innovadoras técnicas y promover novedosos materiales bioconstructivos. En el Perú se tiene como material bioconstructivo al adobe, material amigable con el medio ambiente y de bajo costo, éste es utilizado como material ecológico principal en la construcción de muros desde la antigüedad, y que en los últimos años se ha ido dejando su utilización, debido a que es un material de baja resistencia a las inclemencias climatológicas, en el caso de muros exteriores y con lo que respecta a tabiques, el ancho del adobe ocupa un área considerable en comparación a la tabiquería de ladrillo.

La ciudad de Puno presenta un clima híbrido, es decir durante las mañanas presenciamos temperaturas cálidas de 21°C aproximadamente, según el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) y durante la noche la temperatura ambiental desciende hasta -4°C (según SENAMHI), teniendo una temperatura media anual entre 14.4°C y 2.7°C, por estos cambios extremos de temperatura, la población tiene la necesidad de usar materiales que presenten propiedades térmicas. Otro aspecto importante a considerar son las constantes lluvias durante el año y que se ven intensificadas en los meses de enero, febrero y marzo; las heladas en las temporadas los meses de junio y julio, por estos aspectos mencionados, la erosión de los materiales, es un tema palpable, y el adobe no es la excepción, como

alternativa de solución a este fenómeno se enmallan los muros y posteriormente proporcionar una capa de revestimiento que puede ser de yeso como de cemento, lo cual proporciona una mayor vida útil al adobe, aunque su costo monetario aumenta.

Por lo expuesto en los párrafos anteriores es responsabilidad de los profesionales de la construcción investigar, proponer y utilizar materiales y procesos constructivos alternativos que generen menor impacto ambiental.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer una tabiquería ecológica utilizando totora con revestimiento de yeso o mortero, con criterios de bioconstrucción.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar las propiedades físicas de la totora para su empleo como material básico de la tabiquería ecológica.
- ✓ Evaluar el comportamiento de la tabiquería ecológica de totora con revestimiento de yeso, ante agentes externos como: cambios de temperatura, ruidos molestos e impactos.
- ✓ Evaluar el comportamiento de la tabiquería ecológica de totora con revestimiento de mortero, ante agentes externos como: cambios de temperatura, ruidos molestos e impactos.
- ✓ Sustentar y comparar el costo de construcción de la tabiquería ecológica propuesta con tabiquerías tradicionales.

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

La tabiquería ecológica propuesta, elaborada con totora revestida de yeso y mortero es una técnica bioconstructiva además es económica en comparación a las tabiquerías tradicionales.

1.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- ✓ La totora como material de construcción presenta propiedades físicas óptimas para usarla en la construcción de la tabiquería ecológica.
- ✓ La tabiquería ecológica revestida de yeso presenta buen comportamiento ante los agentes externos como cambios de temperatura, ruidos molestos e impactos.
- ✓ La tabiquería ecológica revestida con mortero presenta buen comportamiento ante los agentes externos como cambios de temperatura, ruidos molestos e impactos.
- ✓ El costo de la tabiquería ecológica es inferior en comparación a las tabiquerías de albañilería, drywall y adobe.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA



2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La utilización de la totora en el área de la construcción como elemento de vida, protección y vivienda, figura desde tiempos pre incaicos, resultado de ello tenemos las islas flotantes de los Urus (también conocida como las islas flotantes de los Uros); el principio de esta obra ingeniosa tiene como origen el miedo al sometimiento y la muerte; según los escritos existentes narran sobre una etnia pobre dedicada a la recolección y pesca: los Urus, etnia ubicada a las orillas del Lago Titicaca, al ver éstos el sometimiento de los Collas por el Inca Pachacutec, y con el miedo de correr la misma suerte, imploraron a sus dioses (los Apus) que los liberó del sometimiento Inca, y como respuesta a su petición se les dio la habilidad de trabajar con la totora y hacer regiones de islas flotantes a base de este material (PERU, SUMAQ, 2014; SAENZ, 2014).

Otro dato histórico del origen de la isla de los Urus corresponde a la época de la conquista, donde los españoles impusieron altas sumas monetarias a las que llamaban impuestos a los pobladores Aymaras, en la región Altiplánica los pobladores Urus quienes no podían cubrir con esta imposición monetaria fueron sometidos a pagar este impuesto con trabajos forzados, siendo secuestrados los varones fuertes de la etnia para esclavizarlos en las minas de Potosí, y éstos no regresaban, al ver este suceso las madres, hermanas e hijos y el resto de pobladores Urus se refugiaron en lo que hoy conocemos como las islas flotantes y de esta manera se protegieron del sometimiento y esclavitud, generando un archipiélago artificial. (MORGANA)

Otro ejemplo de la versatilidad de esta planta es la fabricación de la k'esana que es una especie de plancha conformada por la unión de tallos de dimensiones iguales o semejantes los cuales son cosidos verticalmente uno junto al otro por varios hilos que se van equidistando según se vea conveniente (SAENZ, 2014), la k'esana es utilizada en la construcción de viviendas que vemos en las islas de flotantes y algunas áreas circunlacustre, las que protegen a sus habitantes del frío y de los cambios climáticos propios de la región de Puno.

En la actualidad se realizaron dos estudios resalantes de la construcción con totora, el primero en el año 2009 por el arquitecto alemán George Tedorescu (DAPUETTO, 2009), que investigó la posibilidad de aplicar la totora en construcciones contemporáneas; cuyo interés radica en que treinta años antes el explorador Noruego Thor Heyerdahl publicó su experiencia al construir una nave marítima con totora: el Kon-tiki -nombre con la que se le bautizó en el año de 1948- nave que dio un recorrido de 4300 millas partiendo de Perú (océano Pacífico), hasta las islas Tuamotu.

Otro estudio resalante es el de la Arquitecta Chilena Susana Aranguíz, quien planteó un método constructivo de techumbres a base de totora, realizando una verdadera evolución de las ancestrales técnicas constructivas, y mejorando la calidad de vida de las cientos de familias en el norte de Chile. (INAPIPROYECTA, 2009)

En la actualidad la corriente bioconstructiva es un paso fundamental para una construcción sostenible, demanda la renovación de las técnicas ancestrales a base de materiales naturales, así como la aplicación de la ingeniería de dichos materiales renovando su uso y aplicación.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. TOTORA

A. Definición:

La totora o tutura de origen etimológico quechua y aymara, y de nombre científico *Schoenoplectus tatora*, es una planta acuática emergente que vive en lugares húmedos, áreas de inundación y aguas poco profundas. Según la RAE (Real Academia de la lengua Española) tenemos la siguiente definición:

TOTORA: (*Del quechua tutura.*) f. Amér. Merid. Especie de anea o espadaña que se cría en terrenos pantanosos o húmedos.

B. Origen de los totorales:

Uno de los orígenes que se le da a la totora es el Altiplano de Atacama y el Titicaca. Y no solo tiene distribución y abundancia en el lago Titicaca, sino también en el lago Poopó o Aullagas en el departamento de Oruro Bolivia, que tiene su lecho de origen en las cercanías de la extensa región, hoy como el desierto de Atacama. (GOYZUETA, ALFARO, & APARICIO, 2009).

C. Antecedentes:

La existencia de la totora en nuestro país se remonta a la época Pre-incaica, con la construcción de los caballitos de totora con la cultura Mochica – Chimú, las construcciones de los Urus, etnia que se alojó en la riberas del lago Titicaca, como en la época Inca, como data a continuación, *“Pasado algún tiempo, Manco Cápac los autorizó también a llevar la oreja horadada en el sitio que se lo agujerean las mujeres para colgarse sus zarcillos, siempre que el agujero no fuera tan grande como el suyo. Así por ejemplo los de Mayu y Cancu usaban como divisa un palillo del grueso del dedo meñique, los Poques llevaban una vedijita de lana blanca; los de Muyna, Huarac, Chilliqui, tenían como orejera un trozo de junco común, que los indios llaman tutura”* (VEGA, 1609).

Otro dato histórico de la Totorá es la construcción de una especie de puente sobre el río Desaguadero, que se realizó en la época del Inca Cápac Yupanqui, con la finalidad de cruzar su ejército, la elaboración de la tiana, especie de bastón, empleado por los jefes de tributos.

Ubicación sistemática: El nombre científico de la totora ha estado sujeto a varios cambios, considerándose la denominación de *Schoenoplectus tatora* (GOYZUETA, ALFARO, & APARICIO, 2009).

Reino: Vegetal

División: Phanerogamae

Sub división: Angiospermae

Clase: Monocotyledonae

Orden: Cyperales

Familia: Cyperaceae

Género: Schoenoplectus

Especie: Schoenoplectus tatora

N.C: "Tatora"

Sinonimias:

| | |
|---------------------|-----------------|
| Scirpus tatora, | kunth |
| | Acosta 1979 |
| | Astorga 1974 |
| | Soukup J. 1959 |
| | Monroy 1941 |
| | Parodi T. 1940 |
| Scirpus californius | Briton 1982 |
| | Zvictovich 1971 |
| Scirpus riparius | Clarke 1901 |
| | Monroy 1944 |

D. Características:

D.1. Características morfológicas

Es una planta herbácea emergente que tiene una altura aproximadamente de 3,20 a 4,20m de longitud, de un espesor de 0.5 a 5,0 cm y una densidad de tallos promedio de doscientos ochenta tallos por metro cuadrado en un total.

a) Raíz:

Las raíces de la totora por su origen son adventicias, de forma fibrosa y no desarrollan pelos reticulares se originan a partir de un rizoma maduro y conformada principalmente por raíces secundarias, las que forman penachos delgados que dan anclaje a la planta en el substrato de fondo, su desarrollo es horizontal, creciendo de manera paralela a la superficie del suelo (fondo). Su diámetro varía en torno a 1 mm de grosor de acuerdo a la edad de la planta, alcanzando un máximo de 3 mm (PELT-ADESU, 2000).

b) Rizoma:

Tallo grueso con hojas escamosas que crece debajo de la tierra, de una corteza blanca sin clorofila y un cilindro central con muchos haces libero leñosos. Su crecimiento es horizontal y paralelo al substrato, distinguiéndose por presentar nudos (yemas) a cada 2 a 6 cm, de donde brotan los tallos, las yemas están protegidas por hojas transformadas como pequeñas escamas de incoloras a color amarillo llamadas catáfilas, en la parte inferior se desarrollan las raíces adventicias, que llegan a entrecruzarse, conformando una masa radicular, que cuando crece mucho, forma el llamado “quille” de un espesor que puede variar de 0.5 a 40 cm (GOYZUETA, ALFARO, & APARICIO, 2009)

Se ha determinado la presencia de diferentes tipos de rizomas o tallos subterráneos, de acuerdo a su edad y forma, cuyas características son:

- **Rizoma Maduro.**- Presenta una coloración café marrón brillante denominado comúnmente como “Saphi” o “sippi”, acumulando gran cantidad de sustancias de reserva.
- **Rizoma Joven o tierno.**- Presenta coloración blanca, llamado “Sacka” o “sacca”, tiene los tejidos vegetales de un rizoma adulto, pero no presenta coloración, además que no acumula sustancias de reserva. Este tipo de rizoma es utilizado como alimento humano, contiene yodo.
- **Rizoma del ápice.**- Es la parte de desarrollo del tallo subterráneo que no tiene raíces adventicias, siendo su tejido meristemático, presenta una coloración mayormente blanquecina. (PELT-ADESU, 2000).

c) Tallo:

El tallo nace en los nudos del rizoma, en forma de un cilindro cortical de poco espesor, sin ramificaciones, denominado propiamente “tatora”. Los cuales pueden crecer de 30 cm a 100 cm ó más, de

altura, cada 4 meses, y llegando a una altura de 5 m. de longitud desde el fondo (la parte emergida se eleva de 1 a 2 m encima del agua).

- **Tallo aéreo:** Es la parte del tallo que sobresale del agua, es de color verde intenso por la clorofila que contiene. La forma de su sección va de triangular a circular, dependiendo de la edad de la planta, situación climática, nutrientes del sustrato de fondo, etc. En esta parte del tallo se contiene aire, el cual favorece la circulación del aire en el tejido esponjoso, así como le permite flotar en el agua.
- **Tallo sumergido.-** Es la parte que comienza en el rizoma maduro, con una parte blanquecina (por falta de clorofila) denominada “chullo” que almacena disacáridos y se usa como alimento humano, y alcanza hasta el pelo de agua (nivel). (PELT-ADESU, 2000)

d) Hojas:

Las hojas se forman a nivel del nacimiento de los tallos, es decir a nivel donde se desprende el tallo aéreo del rizoma. Se caracterizan por ser verticiladas de vaina entera y larga, con bordes enteros y retinervios. (GOYZUETA, ALFARO, & APARICIO, 2009)

e) Inflorescencia:

La totora tiene la inflorescencia tipo umbela, llamada comúnmente “Pancara” o “Panqára”, caracterizada porque las primeras ramificaciones dan lugar a su vez a otras umbelas pequeñas y la umbelilla dispuesta en sus ejes terminales tiene un número variable de flores, en el que cada eje terminal está cubierto de una bráctea escamosa de color café oscuro de 3 a 5 mm, de longitud.

Una vez madura la inflorescencia, forma la semilla que por acción del viento caen al agua, dando lugar posteriormente a una nueva planta de totora como acción de una regeneración natural de la totora, siempre y cuando las condiciones naturales y antrópicas lo permitan. (PELT-ADESU, 2000)

f) Flores:

Presenta flores completas.

A.1. Características fenológicas

La floración de la totora inicia a mediados de la época lluviosa y seca y su periodo de fructificación es cada seis meses, periodo en el cual se realiza el corte, (dos cosechas al año), en esta actividad participa la mayoría de los miembros familiares, elaboran pequeños atados “guangos” para ser trasladados a su lugar de secado, de mayor aireación, bien soleado y plano.

El tiempo de secado transcurre entre ocho a quince días hasta que la fibra haya transpirado su humedad hasta un 90%, característica fundamental para que las mujeres (trabajo de equidad) elaboren las diferentes artesanías: esteras, aventadores, carteras, etc. debido a la resistencia de su fibra natural, sirve para la construcción de botes rudimentarios para la pesca y cosecha de totora. Además se la puede utilizar como material aislante. (GOYZUETA, ALFARO, & APARICIO, 2009)

B. Clasificación o variedad:

De acuerdo a la percepción de los usuarios de los comités de conservación hace que su experiencia nos demuestren la existencia de algunas variedades de *Schoenoplectus Tatora*, encontrando diferencias en sus aspectos externos, tales como la sección (cilíndrica o triangular), su relleno poroso, fibroso, variando así la utilización de la totora según estas características. (PELT-ADESU, 2000).

Por ese motivo, se decidió realizar una serie de investigaciones destinadas a estudiar esas posibilidades, obteniendo los siguientes resultados: Estos resultados muestran que se trata de la misma especie, pero un análisis a los medios empleados se llegó a la conclusión de que el Herbario Nacional no tenía los recursos necesarios para una determinación completa, motivo por el cual, en consulta con el Dr. Beck, Director de la Institución, se

acordó enviarlas al Japón para su estudio por el Dr. Koyama, un experto en el tema, pero muy posteriormente se informó que él había dejado esa actividad y estaba muy dedicado a otras investigaciones, motivo por el cual, en noviembre del dos mil dos se acordó enviar las muestras a la Dra. Fátima Mereles H., especialista en totoras, del Departamento de Botánica de la Facultad de Ciencias Químicas de la UNA en Paraguay, donde fueron enviadas y hasta la fecha no se tiene respuesta. (PELT-ADESU, 2000).

Existe una clasificación por características de crecimiento:

B.1. Totora verde o tierna:

La totora verde crece normalmente entre 2.5 y 4.5 m de profundidad aunque también se puede encontrar a profundidades mayores de hasta 5.5 m. Y también se puede encontrar a profundidades menores de 0.7 m² cuando el lago llega a su mínimo nivel estacional.

La totora tierna alcanza su máximo crecimiento en épocas de lluvias (enero, febrero y marzo), época donde la floración es mayor, la totora llega a su edad madura a los cuatro años, según sea la profundidad de su habitación, en aguas superficiales a los dos a tres años, pero en aguas profundas tarda de cuatro a cinco años tal como sucede en la regiones Ramis y Desaguadero.

La totora se caracteriza por ser una planta herbácea perenne, sujeto al nivel de profundidad el agua, se considera además que no se puede precisar el número de años que tiene que pasar para considerarla vieja o senil a la totora. (GOYZUETA, ALFARO, & APARICIO, 2009)

La totora tierna es explotada de manera similar al llachu, con la excepción de que nunca se permite la entrada del ganado a los campos de totora. Una persona puede cortar cierto número de pichus (cantidad de totora que puede ser cargada entre los brazos y el pecho), que luego son llevados a los animales. Los tallos no deben ser cortados a más de cincuenta centímetros bajo la superficie y nunca durante la época de lluvias cuando las aguas se vuelven muy turbias, pese a que el crecimiento de las totoras sea continuo durante todo el año, posiblemente con un desarrollo menos rápido durante la época lluviosa.

El tallo necesita un poco más de un año para alcanzar un tamaño medio de 3,8 m el corte aumenta la producción de la planta e induce un aumento de la densidad de los totorales.

A la diferencia del llachu, la explotación de la totora verde está muy reglamentada. La mayoría de los campos de totora son privados. Cada parcela pertenece a un propietario que la vigila como a una zona de pastoreo permanente. Siempre se impide al ganado entrar libremente en los campos de totora ya que no están cerrados. Las parcelas de totora pueden venderse o intercambiarse entre ribereños, así como repartirse entre los herederos de cada sexo. En mucho de los casos esto ocasiona una parcelación de los campos de totora en micro-parcelas. Asimismo, la totora puede trocarse o venderse por pichu una vez cortada. (LEVIELI)

B.2. Totora amarilla o madura:

La totora crece todo el año, más rápido aún en temporadas de lluvias; se ha observado que requiere de un año o un poco más para alcanzar el tamaño promedio de 3.8 m, las partes emergidas de la totora expuestas a la acción desecante del sol y del viento hace cambiar el color de esta de un verde a amarillo en un proceso denominado maduración. La totora cambia de color a un gris en temporadas de heladas. (GOYZUETA, ALFARO, & APARICIO, 2009).

Antiguamente, la buena totora amarilla se encontraba en numerosos lugares, pero desde los últimos decenios, tal vez con motivo del aumento de la demanda de totora verde, los fabricantes de balsas y de k'esanas deben ir cada vez más lejos para aprovisionarse. Los pescadores se quejan igualmente de la ausencia de totora amarilla de buena calidad, el tiempo de vida de sus embarcaciones de totora habiendo pasado de aproximadamente un año a menos de seis meses. (LEVIELI).

C. Hábitat:

La totora no solo vive en abundancia en el lago Titicaca peruano- boliviano, sino también en el lago Poopó en Bolivia. Como especie nativa y rústica soporta bien las heladas, granizadas y crece en lugares con bastante materia orgánica; La capacidad de desplazamiento alcanza incluso en otras altitudes, tal es el caso de encontrar la *Schoenoplectus tatora* en zonas hasta de la costa peruana como la laguna del Paraíso ubicado al norte de Lima. (GOYZUETA, ALFARO, & APARICIO, 2009)

El hábitat de la totora se circunscribe a todos los cuerpos de agua lénticos y lóticos (humedales) en los Andes. Se encuentra principalmente en el lago Titicaca, los salares de Poopó y Coipasa y lagunas menores.

Las condiciones ideales para el desarrollo de la totora son:

- ✓ Agua permanente y a niveles constantes.
- ✓ Suelos limosos, arcillosos o limo-arcillosos con materia orgánica como los existentes en la zona de Vituncani en la laguna de Aguallamaya o los de Guaqui y Corpa, que facilitan el desarrollo de su sistema radicular. Suelos de tipo areno-arcillosos también permiten su crecimiento, en cambio los arenosos o pedregosos son negativos, por cuanto no contienen nutrientes ni permiten el enraizamiento, y las plantas de totoras son arrastradas por el oleaje.

La totora se desarrolla en un ambiente de condiciones muy duras, con grandes fluctuaciones periódicas del nivel de agua, con una variación de más de seis metros como las que ocurrieron en el año 1943 con 3.806,14 m.s.n.m. y en el año 1986 con 3812,51m.s.n.m las que afectaron seriamente su existencia. Soporta temperaturas que varían entre los -12° C y los $+23^{\circ}$ C, con sequías que duran varios meses y rebrotan cuando retornan las condiciones de humedad, sea natural o por riego, para ser consumida in situ por el ganado como ocurre en Chuquilaca y Santo Tomás de Oruro y comunidades del Distrito de Pilcuyo, y sobrevive. (LEVIELI).

D. Propagación y reproducción:

D.1. Propagación natural

La propagación natural de la totora es sexual mediante semilla botánica, y asexual mediante el desarrollo de sus rizomas que se extienden horizontalmente bajo el suelo rebrotando cada cierta distancia y generando tallos. (PELT-ADESU, 2000).

D.2. Propagación artificial o inducida

La propagación vegetativa, es la que se realiza en toda operación que implique “plantación” de totora empleando plantines (gajos, vástagos, plantones o semillas) que se obtienen de plantas existentes y son introducidos en el suelo mediante diferentes métodos.

Esta forma de propagación es la más recomendable para acciones de repoblamiento porque se obtienen elevados porcentajes de prendimiento (sobre el 60%), además que cuando se instalan los plantones recién extraídos sin podarlos, los tallos siguen creciendo sin sufrir daño. (PELT-ADESU, 2000)

E. Técnicas de plantación:

Las técnicas de plantación conocidas, han sido aplicadas localmente, pero sin que se conozca un estudio integral, selectivo y clasificado de su aplicación, que especifique las más adecuadas para cada tipo, de suelo, necesidades del comunitario, condiciones batimétricas, etc., las recopilaciones efectuadas, describen veinticinco técnicas de plantación:

- Quilli ch'ampa
- Quilli qolli
- Quilli chacuro tubo
- Quilli ichu
- Quilli rumi
- Quilli ch'ampa qolli
- Quilli pujro
- Lloqueña

- Retoño ch'ampa
- Retoño qolli
- Retoño chacuro tubo
- Retoño ichu
- Retoño rumi
- Retoño ch'ampa qolli
- Retoño pujro
- Aydee
- Semilla sexuada
- Apisonado
- Estaca
- Piedra con bloque
- Ch'ampa
- K'ara kayu
- Piedra con planta simple
- P'alqa
- Q'munta

F. Producción de la totora:

F.1. Densidad:

En un estudio del PELT (Proyecto Especial Lago Titicaca) del año 2000, determinó una densidad promedio de treientos treinta y seis tallos aéreos por metro cuadrado y una longitud promedio de 2.08 m de tallo.

El número de tallos varía según el tipo de suelo y época del año, pudiendo variar entre los treinta y doscientos cincuenta. (PELT-ADESU, 2000).

F.2. Biomasa vegetal:

El estudio mencionado del PELT, da un rendimiento de biomasa de los totorales expresados en materia verde de 311.02 Tn. por Ha. y considerando que la totora recién extraída contiene 12% de materia seca, el rendimiento es de 37.66 Tn de materia seca por ha, la altura promedio del tallo de la totora es de 2.05 m. (PELT-ADESU, 2000)

G. Inundación y sequía:

Las fluctuaciones rápidas de los niveles del lago, su duración y el movimiento del agua (oleaje, corrientes, etc.), ocasiona desprendimientos de masas de totorales, los cuales llegan a flotar y por acción del viento son llevados a las orillas, en donde pueden ser varados o pueden establecerse en el litoral mientras el nivel del agua este alta o tengan una suficiente humedad para mantenerse latentes hasta que vuelvan las condiciones adecuadas de humedad que permita su desarrollo. En un periodo de sequía, por ausencia de lluvias baja el nivel del agua y esas masas de totorales de la orilla quedan en un medio sin agua y por consiguiente llegan a desecarse o están expuestas al deterioro por parte de los animales, lo que conduce en ambos casos, a reducir la superficie de totorales.

Un estudio del PELT, con referencia al efecto del crecimiento de las aguas en las totoras, menciona lo siguiente:

- ✓ Cuando el agua crece 50 cm, “los totorales no sufren daño alguno”.
- ✓ Cuando el nivel del lago crece de 50 a 75 cm, “tienen pocos daños”.
- ✓ Cuando el nivel del lago crece entre 75 y 100 cm, “el flotamiento de los totorales es evidente y pueden ser más graves los efectos si los totorales no logran tener sus tallos fuera del agua. Las pequeñas masas de totorales son muy susceptibles a las crecidas de niveles del agua”.

Con relación a la fluctuación del nivel de agua, se ha determinado que la totora resiste más las sequías que las inundaciones, pues en la primeras pueden mantenerse latentes los rizomas hasta el retorno de la humedad y rebrota, mientras que las segundas la destruyen por los efectos de oleaje, flotación o invasión de otras especies vegetales que compiten y ocupan su hábitat, desalojándola o destruyéndola, a veces sin posibilidad de regeneración. La experiencia enseña que la crecida de las aguas tiene un doble efecto negativo en las plantaciones nuevas de totora y son:

Primero: El aire contenido en los tallos hace que los mismos sobresalgan al nivel de las aguas. Cuando el nivel del agua sube rápidamente, el sistema regulatorio de flotación no puede actuar por no estar adecuado a esos cambios bruscos, lo que hace que en el interior de la masa vegetal tenga mayor flotamiento y abre como un balón de aire, desprendiendo a las plantas de totora de su substrato en busca de su nuevo nivel, éste efecto es mayor en plantaciones nuevas que todavía no enraizaron. Es razón por lo cual llegan a flotar algunas masas de totorales en periodos de crecidas del nivel del agua, o inundaciones.

Segundo: El oleaje tiene un efecto hidráulico enorme como acción de succión, remoción y arrastre en el lecho lacustre, por lo que las plantas recién plantadas y no bien enraizadas, son arrancadas y arrastradas por el oleaje y las corrientes.

Se observa una crecida máxima de 2,03m esperándose que las aguas suban aún más. Se puede apreciar que con esas subidas, las totoras han sufrido daños apreciables, por lo que hay que prever realizar campañas de plantaciones para su reposición. El crecimiento rápido del nivel del lago y el movimiento del agua (oleaje, corrientes, etc.), ocasiona desprendimientos de masas de totorales, los cuales llegan a flotar y por acción del viento son llevados a las orillas, en donde pueden ser varados o pueden establecerse en el litoral mientras el nivel del agua este alta o tengan una suficiente humedad para mantenerse latentes hasta que vuelvan las condiciones adecuadas de humedad que permita su desarrollo.

En un periodo de sequía, por ausencia de lluvias baja el nivel del agua y esas masas de totorales de la orilla quedan en un medio sin agua y por consiguiente llegan a desecarse o están expuestas al deterioro por parte de los animales, lo que conduce en ambos casos, a reducir la superficie de totorales. (PELT-ADESU, 2000).

H. Utilidad:

- ✓ Les provee de materia para la construcción de sus balsas.

- ✓ Provee materia prima para la producción de artesanías.
- ✓ Les sirve para construcción de sus viviendas e implementos del hogar.
- ✓ Fresco, el chullo, soca o chilpe les sirve de alimento, molido le sirve para hacer sopas.
- ✓ Como medicina: El chullo se usa como medicina para prevenir el bocio.
- ✓ El carbón de totora ayuda a la cicatrización de heridas de la cabeza y del ombligo de los niños, así como para curar disenterías
- ✓ Tiene usos en la construcción de techos y paredes para cobertizos y ranchos, y mobiliario. Es tradicional su empleo en la construcción de embarcaciones para navegar en el lago Titicaca y en algunas playas del Perú. (PELT-ADESU, 2000)

I. Causales de la destrucción de los totorales:

- ✓ Porque se deja ingresar al ganado al agua para que coma la totora: las vacas al pisar aplastan el suelo y destruyen sus raíces impidiendo que esta se propague, matándola; y los chanchos por que se comen las raíces de la totora, impidiendo su repoblamiento y la hace desaparecer.
- ✓ Porque se corta la totora más de tres veces por año, en cantidades mayores a las que puede crecer, y no se realizan nuevas plantaciones, provocando su disminución y hasta su desaparición.
- ✓ Porque se corta la totora muy cerca de la raíz (menos de 30 cm.) y tarda mucho en volver a crecer. (PELT-ADESU, 2000)

2.2.2. REVESTIMIENTOS

A. Definición:

Del latín, del prefijo “re-“, que viene a indicar lo que sería “repetición”, y del verbo “vestire”, que puede traducirse como “poner la ropa”. (SCHMIT & HEENE, 2009)

B. Mortero

La palabra “mortero” deriva del latín *mortarius*, término que utilizado para asignar el caldero que se usaba para cocer la cal. (SCHMIT & HEENE, 2009)

Material aglomerante formado por la mezcla de un conglomerante (como la cal, el cemento o el yeso), arena y agua. (CONSTRUMATICA, 2014)

“Se entiende por mortero como un material plástico apropiado para cerrar las juntas de asiento y las verticales”, “... Los morteros también sirven para alisar superficies de las paredes para proteger fachadas con poca resistencia a la intemperie.” (SCHMIT & HEENE, 2009)

Está constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se le añadirá la máxima cantidad de agua que proporciones una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. (ICG, 2008)

El mortero consiste básicamente de un aglutinante o agente adhesivo, un agregado y agua, a los que se puede añadir plastificantes, pigmentos, etc. A fin de lograr el objetivo deseado. (BAILEY H.; HANCOK, D.W., 1996)

Mezcla natural o artificial cuyas características constructivas esenciales son su plasticidad inicial, que permite trabajarla y moldearla según la necesidad, y su posterior endurecimiento y aumento de la resistencia mecánica, que lo hace útil como material de construcción. (UGR, 2014)

Estas mezclas constan de:

- ✓ Un material inerte o árido, generalmente arena de distinta composición y granulometría.

- ✓ Un material aglutinante, ligante, conglomerante o aglomerante, que imparte plasticidad a la mezcla al ser aplicada, y por tanto permite su moldeado, así como elasticidad al endurecer, lo que confiere cohesión y resistencia mecánica al conjunto.
- ✓ Materiales añadidos eventualmente o aditivos, cuyo fin es muy variado. (ALEJANDRO SANCHEZ, 2002)

C. Origen y Usos:

El comienzo de la utilización de los morteros por el hombre es un tema que demanda cierta especulación. Uno de los aspectos problemáticos que se debe tener en cuenta a la hora de establecer y datar el origen de los primeros morteros es la invalidez de concepto actual de mortero, que lo define como mezcla de uno o varios conglomerantes minerales, áridos, agua y a veces adiciones y aditivos (NORMA UNE 83-800, 1994).

De esta forma podemos suponer que en los primeros morteros, las dos funciones básicas de los materiales que los componen: conglomerante o ligante y árido, no estaban bien delimitadas, pudiendo desarrollarlas una gran variedad de materias, con un mayor o menor grado de aptitud.

El descubrimiento de sustancias con mayor capacidad conglomerante como la cal, el yeso y los betunes, muy probablemente daría lugar a su diferenciación como materiales con capacidad cementante frente a otros más inertes, que son los que van a constituir el esqueleto o armazón del mortero. (ALEJANDRO SANCHEZ, 2002).

La necesidad humana de decorar y acondicionar interiores se mantiene una vez inventada la arquitectura. Así, la práctica de pavimentar suelos y enlucir muros con morteros es común a pueblos neolíticos del Mediterráneo Oriental y Europa. Por ejemplo, en las ciudades fortificadas neolíticas más antiguas excavadas, como las de Jericó (9000 al 8000 a.C.), Nevali Çori (Turquía, 10000 al 8000 a.C.) y Çatal Hüyük (Turquía, 6000 a.C.) se han encontrado muros revestidos y suelos pavimentados con arcillas y cal, llegándose incluso a pulir las superficies. Esto indica que la piedra no fue el primer material de construcción, al menos en la arquitectura doméstica, a pesar de la escasa robustez del barro no

cocido, que no obstante cumplía la necesidad constructiva básica de conferir estabilidad estructural a las edificaciones públicas y privadas de estas culturas. Por tanto, puede decirse que, al menos en parte, el origen y desarrollo de los morteros es el resultado del sentido estético de hombre. De hecho, esta necesidad ha subsistido en todas las épocas históricas y culturas, lo que ha condicionado el desarrollo de tipos particulares de morteros adecuados a estas funciones estéticas. (SCHMIT & HEENE, 2009).

D. Componentes:

D.1. Aglomerantes

Cal, cemento y yeso se designan con el nombre de aglomerantes. Como los aglomerantes puros, se agrietan durante el endurecimiento, habrá que mezclarlos con arena o porcentajes determinados. Aparte de esta función, la arena mezclada con los aglomerantes constituye el “soporte para el mortero y le otorga su resistencia a la compresión. (SCHMIT & HEENE, 2009).

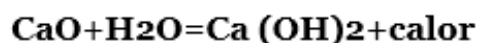
a) Cal: Se denomina cal a todo producto procedente de la calcinación de piedras calizas (CO_3Ca). A temperaturas entre 900 y 1000°C , se verifica la siguiente relación:

Ecuación 1:



Al CaO resultante de la calcinación se le denomina “cal viva”. La obtención del hidróxido cálcico o cal apagada, se verifica mediante la reacción:

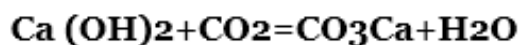
Ecuación 2



El apagado de la cal se realiza añadiéndola agua. Al producirse esta relación aumenta el volumen aparente en relación al de la cal viva.

Al ser puesta en obra se recarbonata, absorbiendo dióxido de carbono de la atmosfera, según la siguiente reacción:

Ecuación 3



Si la piedra caliza contiene impurezas arcillosas (sílice y alúmina) al calcinarla se forma la cal hidráulica fraguando en ambiente húmedo e incluso bajo el agua. (LOPEZ GALLARDE, LOPEZ, & PEREZ, 2006).

Resumiendo lo anterior, la cal pura (óxido de calcio) se obtiene por la calcinación de greda o caliza puras (carbonato de calcio) (BAILEY H.; HANCOCK, D.W., 1996), En ese estado se denomina cal viva, y si se apaga sometiéndola al tratamiento de agua, se llama cal apagada. (SCHMIT & HEENE, 2009).

Según cuales sean su composición química y sus propiedades se distinguen entre:

- **Cales aéreas**: Contienen menos del 10% de elementos ácidos solubles. Que endurecen gracias a la combinación con el anhídrido carbónico del aire y cediendo el agua que liberan (SCHMIT & HEENE, 2009).

Se obtiene a partir de calizas puras. A través de la calcinación se obtiene la cal viva (CaO) presentándose en forma de terrones. Al añadirla agua obtenemos la cal apagada que se presenta en aspecto pulverulento. (LOPEZ GALLARDE, LOPEZ, & PEREZ, 2006).

- **Cales hidráulicas**: Se obtiene al calcinar calizas que contienen sílice y alúmina que le confieren propiedades hidráulicas. El material obtenido se presenta en forma pulverulenta (LOPEZ GALLARDE, LOPEZ, & PEREZ, 2006).

Contienen las del 10% de elementos ácidos solubles. Se endurecen tanto al aire como bajo la acción del agua o de la

humedad, alcanzan más rápidamente resistencias superiores a las de las cales aéreas. (SCHMIT & HEENE, 2009).

b) Yeso: Es un mineral de origen natural, el sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$). El yeso, que aparece en los filones hidrotermales metalíferos como ganga, se forma inicialmente como anhidrita a temperaturas superiores a los 42°C ; posteriormente pasa a yeso, hidratándose a menor temperatura. El yeso puede formarse de distintos modos, y sea por precipitación directa, por floculación, por cristalización en filones o por el paso de anhidrita ($\text{CaSO}_4 + 0.5\text{H}_2\text{O}$) a yeso ($\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$) con ganancia de agua. En su origen sedimentario, está formado en ambiente evaporítico por precipitación directa de soluciones en conexión con rocas calcáreas y arcillas en depósitos evaporíticos asociados a antiguos mares o lados salados. (SCHMIT & HEENE, 2009).

b.1. Características del yeso

- ✓ **Natural:** Es obtenido del mineral sulfato cálcico dihidratado ($\text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$) que se encuentra en plena naturaleza. Es transparente, incoloro, blanco o gris, de brillo vítreo. Posee escasa dureza, por lo que se puede rayar fácilmente con una uña, ocupa el segundo lugar en la escala de Mohs, con una densidad de 2.32.
- ✓ **Ecológico:** El yeso es uno de los materiales más respetuosos con el medio ambiente pues, al ser un producto natural, sus residuos se eliminan con facilidad y se integran totalmente en el entorno, no incidiendo de esta manera negativamente en el entorno ecológico cuando regresa a este.
- ✓ **Regulador higrométrico:** Dispone de una gran capacidad para absorber y expeler vapor de agua. Esto hace que se comporte como regulador de la humedad ambiental en espacios cerrados, establecidos de una forma natural.

- ✓ **Aislamiento térmico:** El yeso aplicado en tabiques les confiere una mayor capacidad de aislamiento térmico. Actúa también como atenuante, en gran medida, de los efectos de eco y reverberación para una mejor audición, con ciertas limitaciones. El yeso a su vez, se complementa con otros materiales para conseguir que este aspecto sea accesorio y realice esta función más apropiadamente. En productos ligeros, como el yeso celular, se alcanzan valores que suponen un alto poder de aislamiento térmico. Los yesos con mayor densidad son los que tienen menor poder de aislamiento térmico, aunque presentan valores aceptables con respecto a otros materiales.
- ✓ **Protección contra el fuego:** El yeso ejerce como un gran elemento protector contra fuego, debido, principalmente a su composición química. Tiene una baja conductividad térmica, lo que evita la propagación del calor producido en los incendios. Además, gracias a su contenido de agua combinada, en mayor o menor proporción, del yeso hidratado, le confiere excelentes propiedades como material de protección pasiva ante el fuego. Un elemento de yeso fraguado está sometido a una temperatura que se mantiene inalterable durante un determinado periodo, debido a que el agua de cristalización del yeso se elimina absorbiendo calor. Esta deshidratación del yeso se elimina absorbiendo calor. Esta deshidratación del yeso comienza en la superficie expuesta al aire libre y continúa gradualmente hacia el interior. (RIVAS, 2005).
- ✓ **Blancura:** Al ser de color blanco natural, el yeso es el material más adecuado para aplicar cualquier otro color, ya que es el más receptivo. Dependiendo del tipo de yeso que se emplee, el color blanco puede variar ligeramente, siendo la escayola la que tiene un blanco más puro. (RIVAS, 2005).

- ✓ **Fraguado:** El yeso al mezclarse con agua endurece en un periodo de tiempo muy breve, conocido como *fraguado* del yeso. Se trata de un proceso fisicoquímico.

- ✓ **Resistencia:** La resistencia a la tracción y compresión de los yesos dependerá de su naturaleza, de su composición, de su finura, de la cantidad de agua en su amasado y del contenido de humedad de su rotura. La parte de agua que hay que añadir al yeso para que pueda ser trabajado y aplicado, y que no tiene intervención en el proceso de hidratación, permanece en el material hasta que se producen las condiciones de su evaporación. Al secarse la pasta, el espacio en que ocupaba el agua queda vacío, quedando el yeso más o menos poroso, lógicamente, cuanto más poroso sea el yeso menos resistencia mecánica tendrá. (RIVAS, 2005).

- ✓ **Adherencia:** El yeso tiene una gran adherencia a cualquier soporte y es aún mayor si las superficies sobre las que se aplica, cuando permanece en estado fluido, presentan rugosidades y oquedades, penetrando en éstas y ligándose íntimamente con ellas. Cuanto más rugosa es la superficie, el yeso se ancla más a ella y presenta más estabilidad y resistencia. Siempre hay que considerar que, cuando se aplican varias capas de yeso, la anterior debe presentar cierta rugosidad para que la mencionada adherencia tenga el efecto deseado, puesto que si se aplica sobre superficies muy lisas, o si se someten a vibraciones o golpes de distinta naturaleza, éstas pueden, en un corto tiempo, desprenderse por exfoliación. (RIVAS, 2005).

- ✓ **Comportamiento acústico:** El yeso presenta cierta capacidad de aislante acústico, pero no la suficiente y necesaria. Incluso aportándole mayor densidad, no reúne las características apropiadas para incomunicar acústicamente. Por ello, es necesario recurrir a prefabricados y materiales combinados para

paliar esta necesidad técnica, como pueden ser las placas de yeso celulares con cámara de aire y otros materiales aislantes de baja densidad para que le confieran esta propiedad. (RIVAS, 2005).

- ✓ **Cristalización:** La piedra del yeso contiene dos moléculas de agua de cristalización que corresponden a una proporción de una cuarta parte de su peso. Una vez extraída el agua de cristalización, mediante calor, y restituyéndose otra vez al amasado, la toma rápidamente y cristaliza de nuevo, endureciéndose con cierta rapidez. Esta propiedad puede aplicarse o eliminarse del yeso dependiendo de que se le extraiga más o menos agua de cristalización. De esta forma, se pueden obtener diversas clases de yeso.

Las tocas de yeso se encuentran en plena naturaleza y se presentan en ciertas variedades y diferentes formas; la anhidrita o karstenita, la piedra de yeso (selenita, espejuelo, alabastro y otras) y el sulfato de calcio semihidratado (RIVAS, 2005).

Tabla 1 PROPIEDADES DEL YESO

| | | | |
|----------------------------|-----------------------|---|------------|
| PROPIEDADES FÍSICAS | Brillo | Vítreo y sedoso en los cristales, nacarado o perlado en las superficies de exfoliación | |
| | Color | Incoloro, blanco, gris; diversas tonalidades de amarillo a rojo castaño a causa de impurezas | |
| | Densidad | 2.32 g/cm ³ | |
| | Transparencia | Desde transparente a translúcido | |
| | Dureza | 2 (puede ser rayado con la uña) | |
| | Fractura | Fibrosa o en finas láminas coincidiendo con los planos de exfoliación y las formas de cristal | |
| | Exfoliación | Perfecta en una dirección y regular en las otras dos. | |
| | Luminiscencia | No presenta (aunque raramente algunas muestras pueden ser fluorescentes) | |
| | Raya | Blanca | |
| | Otras | Tiene una baja conductividad térmica. | |
| ANÁLISIS QUÍMICO | Peso molecular | 172.17 gr. | |
| | Calcio (Ca) | 23.28% | 32.57% CaO |

| | | |
|----------------------|--------|------------------------|
| Hidrogeno (H) | 2.34% | 0.93% H ₂ O |
| Azufre (S) | 18.62% | 46.50% SO ₃ |
| Oxigeno (O) | 55.76% | |
| Total de óxidos | | 100.00% |

Fuente: Rivas Fidel Martin, Escayolas y tabiquerías en seco

Al someter la piedra del mineral de yeso a elevadas temperaturas, a través de sistemas de hornos, se consigue el *yeso cocido* o yeso comercial, en forma de polvo, con un aspecto más o menos blanco y más o menos fino. Este material es un conglomerante aéreo, es decir, fragua y se endurece solamente en un medio seco, adquiriendo cohesión y dureza sólo en este tipo de ambientes. Con este polvo, y mezclado con agua en la proporción adecuada, se obtiene una masa pastosa, aglomerante, que se utiliza en albañilería para uniones entre sí distintos materiales, aplicándose también en revoques y enlucido, y para la fabricación de distintos elementos prefabricados y decorativos, entre otros. (RIVAS, 2005)

c) Cemento: Se utiliza básicamente el cemento portland tipo I y excepcionalmente, el cemento portland tipo HS (resistente a los sulfatos). Cuando se emplee cemento puzolánico IP, se recomienda preparar una mezcla más rica (bajando medio volumen a la arena) para lograr la misma resistencia que con un cemento tipo 1. El peso volumétrico del cemento es 1500 kg/m³, y se vende en bolsas de un pie cúbico con 42.5 kg de peso.

En el Perú hubo dos intentos para introducir el Cemento de Albañilería (mezcla de cemento portland, puzolana, escorias, cal hidráulica con piedra caliza, tiza, talco, arcilla, conchas marinas, etc.) por parte de las compañías Cementos Lima y Cementos Yura, sin ningún éxito; observándose que mezclas 1:4 proporcionaban resistencias a compresión diez veces menores que las obtenidas con cemento portland tipo 1. (SAN BARTOLOME, 1994)

Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. (RNE, 2014)

Es un aglomerante hidráulico que se obtiene moliendo finalmente el producto de la cocción, llevada por lo menos hasta principio de aglutinación (clinkerización), de mezclas de primeras materias debidamente dosificadas que contengan cal, sílice, alúmina y óxido férrico, procediendo después, si es preciso, a oportunas adiciones cuando se realiza el molido final. Alcanza resistencias elevadas y es estable en el agua. (SCHMIT & HEENE, 2009)

Las categorías de los cementos se establecen en función de sus resistencias mecánicas y se fijan según la resistencia mínima a compresión exigida en mortero normal a la edad de veintiocho días.

D.2. Áridos

Como áridos para los morteros de albañilería y de enlucir sólo son apropiadas las arenas procedentes de piedras compactas, limpias y resistentes a las heladas.

- **Arena para morteros:**

Se agrega a los aglomerantes para atenuarlos y reducir así la contracción de la masa que experimentaría el aglomerante puro.

Hay que distinguir entre: arenas naturales (arenas de minas, cantera o yacimientos, arenas de río, de mar y de dunas); arenas de triturada (piedras trituradas artificialmente). Cuando su granulometría esta entre 0.2 y 1.0 mm, se denomina arena media o fina, y puede ser natural o de trituradora. Si su granulometría está entre 1 y 3 mm, se considera arena gruesa, y también puede ser natural o de trituradora. (SCHMIT & HEENE, 2009).

La composición granulométrica y la forma de los granos influyen esencialmente en las propiedades del mortero.

Las arenas de grano mezclado son las más favorables. La pasta del aglomerante, que incluye los granos finos de arena, actúa como una

cola para la unión de los granos más gruesos. Por lo tanto, se necesita menor cantidad de aglomerante. En cambio si falta la fracción fina de la arena, se necesita mayor cantidad de aglomerante para rellenar los huecos que en tal caso se producen. El grano más favorable es el que tiene todas sus dimensiones parecidas y a ser posible, de forma cúbica (SCHMIT & HEENE, 2009).

El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con características indicadas en la tabla 2 (ICG, 2008). No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas y el módulo de fineza estará comprendido entre 1.6 y 2.5 (RNE, 2014).

Tabla 2 GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA

| MALLA ASTM | % QUE PASA |
|------------------|------------|
| N° 4 (4.75mm) | 100 |
| N° 8 (2.36mm) | 95 a 100 |
| N° 16 (1.18mm) | 70 a 100 |
| N° 30 (0.60 mm) | 40 a 75 |
| N° 50 (0.30 mm) | 10 a 35 |
| N° 100 (0.15 mm) | 2 a 15 |
| N° 200 (0.075mm) | Menos de 2 |

Fuente: (RNE, 2014)

D.3. Agua

Es un elemento indispensable para los procesos de fraguado y endurecimiento del aglomerante. (SCHMIT & HEENE, 2009).

El agua utilizada, tanto en el amasado como durante el curado en obra, debe ser de naturaleza inocua, y de preferencia potable.

No contendrá ningún agente en cantidades que alteren las propiedades del mortero, tales como sulfatos, cloruros, aceites, álcalis, sales materia orgánica u otras sustancias que puedan dañar al concreto. (AFAM).

a) Agua de amasado:

Participa en las raciones de hidratación del cemento, confiere al mortero la trabajabilidad necesaria, la cantidad de agua de amasado debe limitarse al mínimo estrictamente necesario. Pues si existe un exceso de agua esta se evapora y crea una serie de huecos en el mortero, disminuyendo la resistencia, y si existe un déficit de agua en el amasado origina masas poco trabajables.

b) Agua de curado:

Durante el proceso de fraguado y primer endurecimiento de la mezcla, tiene el objetivo de evitar la desecación, mejorar la hidratación del cemento e impedir una retracción prematura.

E. Propiedades del mortero cemento- arena:

Dentro de las prestaciones que ofrece un mortero debemos distinguir dos etapas diferenciadas por su estado físico, que se denominan **estado fresco** y **estado endurecido**. La primera responde a la fase del mortero una vez mezclado y amasado. Su duración varía de acuerdo con el tiempo de fraguado requerido por la proporción que integra la mezcla, así como por la temperatura, humedad, etc. En esta etapa el mortero es plástico y trabajable, lo que permite su puesta en obra. Superada esta fase el mortero endurece hasta consolidarse. Por ello, es preciso diferenciar diversas propiedades y exigencias en función del estado en que se encuentre el mortero. (CONSTRUMATICA, 2014).

E.1. Consistencia:

Define la manejabilidad o trabajabilidad del mismo. En algunos manuales se denomina *plasticidad* pero ésta es un grado de consistencia como veremos. La consistencia adecuada se consigue en obra mediante la adición de cierta cantidad de agua que varía en función de la granulometría del mortero, cantidad de finos, empleo de aditivos, absorción de agua de la base sobre la que se aplica, así como adición de cal, plastificantes o aireantes. (CONSTRUMATICA, 2014).

E.2. Adherencia

La adherencia (adhesión si atendemos a su fundamento físico) se considera tanto en el mortero fresco como en el endurecido, aunque por distintas causas.

La adherencia, antes de que el mortero endurezca, se incrementa cuanto mayor es la proporción del conglomerante o la cantidad de finos arcillosos. Sin embargo, el exceso de estos componentes puede perjudicar otras propiedades. (CONSTRUMATICA, 2014)

E.3. Resistencia

El mortero en la mayor parte de sus aplicaciones debe actuar como elemento de unión resistente compartiendo las sollicitaciones del sistema constructivo del que forma parte. (CONSTRUMATICA, 2014).

E.4. Resistencia a la compresión

Es la medida para observar la capacidad que tiene el mortero de soportar esfuerzos.

Como la resistencia a la compresión está influenciada por la hidratación del cemento y esta a su vez determina las propiedades físicas del mortero endurecido, es posible que mediante los resultados de resistencia inferir otras propiedades. (CONSTRUMATICA, 2014).

E.5. Durabilidad

Es la habilidad para resistir las condiciones de exposición a las cuales es sometido el mortero. Los ciclos de congelamiento y deshielo son considerados el principal efecto de deterioro en los países de estaciones, mientras que las sustancias agresivas tales como sulfato y ácidos son los factores que afectan la durabilidad. (CONSTRUMATICA, 2014)

La durabilidad es una característica de combinación particular de materiales que incluye, además de los constituyentes del mortero, la calidad de las unidades de mampostería empleada.

F. Dosificación:

Los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas (en estado suelto) indicadas en la tabla 3.

Tabla 3: COMPONENTES DE LA MEZCLA SEGÚN EL TIPO DE MORTERO

| COMPONENTES | | | | USOS |
|-------------|---------|---------|-----------|--------------------|
| TIPO | CEMENTO | CAL | ARENA | |
| P1 | 1 | 0 a 1/2 | 3 a 3 1/2 | Muros Portantes |
| P2 | 1 | 0 a ½ | 4 a 5 | Muros Portantes |
| NP | 1 | - | Hasta 6 | Muros no Portantes |

Fuente: (RNE, 2014)

2.2.3. TABIQUERÍA

A. Definición

En obras de albañilería, es un muro, generalmente de poco espesor, que no cumple una función estructural. (RNE, 2014)

Los tabiques son muros delgados sin cargas que se utilizan como paredes o divisiones internas. (FERNADEZ PEREZ, COSTAL BLANCO, & DEL CAMPO DOMINGUEZ, 2004)

Los tabiques son elementos verticales que forman el subsistema de compartimentación de los espacios interiores, separando los distintos locales o estancias entre sí. Por lo general no tienen una función estructural y por tanto, actúan como simple partición de espacios interiores, aunque se pueden presentar como elementos estructurales entrando a formar parte de lo que se consideraríamos muros de carga y, por tanto ya no serían simples tabiques. (COLLADO TRABANCO, 2006).

El muro en la construcción actual ha perdido protagonismo estructural, asumiendo el tabique un papel importante como encargado de definir los espacios internos de la edificación. El tabique no tiene un papel estructural, pero se adapta a los cambios de uso que se puedan presentar en los edificios, aprovechando más el área útil de la planta, conseguida con la distribución. (FERNADEZ PEREZ, COSTAL BLANCO, & DEL CAMPO DOMINGUEZ, 2004).

El tabique puede ir apoyado, empotrado o colgado de los elementos estructurales, directamente o indirectamente, de otros elementos.

B. Exigencias que han de cumplir:

La función genérica de los tabiques o de las divisiones verticales es la compartimentación del espacio, pero también puede cumplir otras:

B.1. Resistencia mecánica

Es la propiedad de resistir a los impactos casuales y a los malos tratos. Los movimientos del conjunto del edificio no le deben afectar. Debe de permitir también la fijación de objetos y, en particular, los conductos de las instalaciones. (Hidalgo & Bayon, 1982).

B.2. Estabilidad

Aunque consideramos que los tabiques son elementos de partición interior sin función estructural, presentan una cierta capacidad portante que utilizamos para colaborar en la estabilidad del conjunto.

Podemos entonces hablar de 3 tipos de estabilidad.

- a) Estabilidad vertical:** Cuando la estabilidad del conjunto frente a cualquier esfuerzo se garantiza con la unión con el suelo y el techo. Por lo tanto la altura del tabique queda limitada, siendo su longitud ilimitada.
- b) Estabilidad Horizontal:** En este caso serán las uniones laterales las que garanticen la estabilidad del conjunto, ya sean pilares, muros u otro tabique. La longitud del tabique queda limitada, mientras que la altura será ilimitada.
- c) Estabilidad mixta:** Es una combinación de las dos anteriores. Es la que se da en la mayoría de los tabiques. Este tipo de estabilidad limita el tabique en ambas direcciones, longitud y altura.

B.3. Resistencia al fuego

En caso de producirse un incendio los tabiques cumplirán la función de aislar fuego impidiendo la propagación de las llamas, del humo y de los gases, así como la excesiva transmisión del calor de un local a otro.

Por tanto deberán tener una cierta resistencia al fuego –RF- en función de los valores que fija la normativa, para permitir la evacuación y que mantengan sus propiedades durante un cierto tiempo. (COLLADO TRABANCO, 2006).

B.4. Protección acústica (aislamiento o absorción)

Los tabiques separan zonas interiores que pueden tener usos diferentes, por lo que tendrá un papel determinante su capacidad aislante en función de los espacios que divide. Esta capacidad aislante deberá cumplir las prescripciones que nos impone la normativa. (COLLADO TRABANCO, 2006).

B.5. Aislamiento térmico

Cuando un tabique interior separe dos zonas de ocupación diferente y calefactados por separado deberá tener unas características aislantes. (COLLADO TRABANCO, 2006).

Un tabique con buen aislamiento térmico entre habitaciones caldeadas y no caldeadas, siempre constituye una ventaja. Habrá que tener en cuenta que cuando los tabiques tienen una sola hoja, los materiales porosos proporcionan un buen aislamiento térmico, y que en el caso de tabiques de varias hojas, el valor total del aislamiento térmico depende del número de hojas y sus coeficientes respectivos. (SCHMIT & HEENE, 2009)

B.6. Estanqueidad en zonas húmedas

Eso va a suponer que tendremos que prestar especial importancia a la ejecución de juntas en estos locales (cocinas y baños), ya que serán los puntos débiles. Fundamentalmente en la unión Tabique suelo. (COLLADO TRABANCO, 2006).

“El tabique debe ser, en lo posible, insensible a las variaciones normales de temperatura y humedad.” (Hidalgo & Bayon, 1982).

B.7. Montaje y adaptabilidad

La elección de un determinado tipo de tabique depende principalmente de las condiciones de montaje y adaptabilidad, así como del precio. Muchas veces el coste de un tabique se reduce al simplificar el montaje. Pero, en todos los casos, siempre se debe examinar cuidadosamente cuál de los distintos tipos de tabique es el más apropiado y económico. (SCHMIT & HEENE, 2009).

B.8. Posibilidad de colocar instalaciones

Casi todas las paredes son portadoras de algún elemento de las instalaciones, que pueden ser tanto los cables de corriente eléctrica a baja tensión como las tuberías de desagüe que van unidas a las paredes de instalaciones. En los tabiques macizos, la colocación de conductos solo puede realizarse abriendo rozas y agujeros que hay que tapar después, lo que requiere tiempo y cuesta dinero. (SCHMIT & HEENE, 2009)

C. Evolución del tabique tradicional

Aunque la difusión del tabique es de época reciente, las construcciones antiguas ya tenían muros de menor espesor cuya única función era la de dividir espacios.

Uno de los tabiques que aparecen en tratados antiguos es del tipo entramados de carpintería, que funcionan como celosía.

Las placas de yeso también fueron utilizadas para tabiques desde el S. XIX, con la ventaja adicional de que sirven como elemento protector ante el fuego, por ser un material incombustible.

Algunos textos describen el denominado “tabique colgado”; sin embargo, el tabique como tal no tuvo una importancia tan notable como en la actualidad, por ser el muro (exterior o interior) un elemento constructivo de doble finalidad, estructural y de cerramiento, que requiere grandes

espesores. (FERNANDEZ PEREZ, COSTAL BLANCO, & DEL CAMPO DOMINGUEZ, 2004)

D. El tabique contemporáneo

Además de compartimentar el espacio interno, cumple con diversas funciones, como son la de aislante acústico, protección, movilidad, etc.

La estructura aporcionada, predominante actualmente, permite el uso de los cerramientos internos con una gran libertad.

A lo largo del tiempo se han ido desarrollando los diversos sistemas de tabiquerías con varios cambios, plantas flexibles y la tendencia de la construcción a un mayor grado de prefabricación de los elementos. Todo ello permite un mayor rendimiento en la obra, con menos desperfectos, menos desperdicios de material y con la posibilidad de reciclar y disminuir los pesos. Estas características se logran en construcciones no tradicionales como el cartón, el yeso, los tableros aglomerados y metálicos, los acabados plásticos, los perfiles metálicos y los vidrios.

En España, el tabique más utilizado hasta ahora es el que se realiza con ladrillo hueco. Sin embargo, en Europa y EEUU predominan otros sistemas como los tabiques de yeso, placas o láminas, por lo que se espera una paulatina transformación del tabique tradicional de cerámica a los nuevos sistemas, con mayores rendimientos en obra y con posibilidades de aceptar futuras transformaciones. (FERNANDEZ PEREZ, COSTAL BLANCO, & DEL CAMPO DOMINGUEZ, 2004)

E. Sistemas constructivos:

A continuación describiremos los sistemas más utilizados en el Perú.

E.1. Muro de albañilería simple con adobe

Este sistema constructivo permite la construcción de muros portantes. Tienen como componente principal el adobe tradicional de 0.40x0.20x0.10m. Los adobes son moldeados a partir de una mezcla de barro y fibras vegetales (ichu, paja de trigo, cebada o arroz). La albañilería con estos bloques se realiza uniéndolos con un mortero de

tierra (arenas, limos y arcillas) con agua, los cuales se asientan sobre una cimentación corrida. Para formar las puertas y ventanas se emplean dinteles de madera como amarre superior sobre los muros que conforman los vanos, apoyándolos por lo menos 0.4m a cada lado. (DE OLARTE TRISTAN, LINARES ZAFERSON, RODRIGUEZ BARBOZA, & JIMENEZ DEL RIO, 2003)

a) Unidad básica

- Largo: 0.40 m
- Ancho: 0.20 m
- Altura: 0.10 m
- Peso: 14 kg

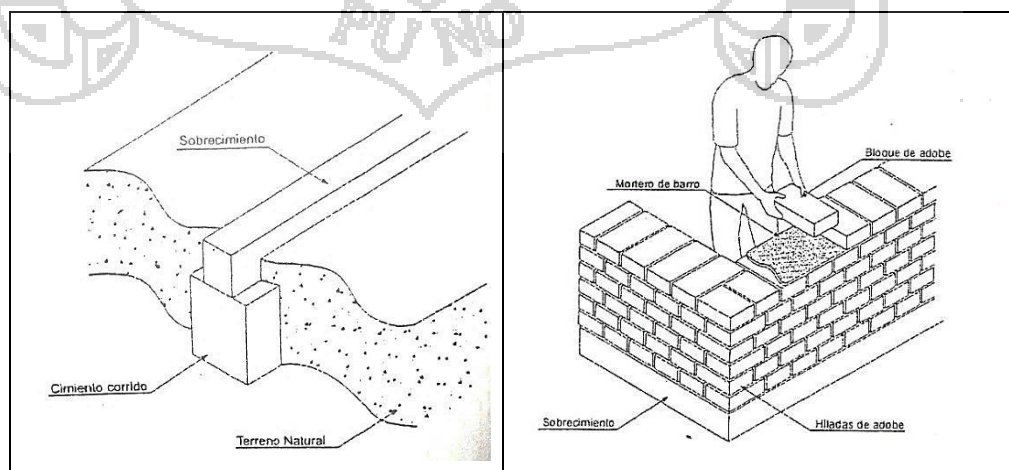
b) Propiedades

- Resistencia térmica: 1.103-1.157 m²h°C/Kcal
- Resistencia al fuego: 240 min.
- Aislamiento acústico: 53-58 dB(A)

c) Proceso Constructivo:

El proceso constructivo se detalla en la tabla 4.

Tabla 4 PROCESO CONSTRUCTIVO: MURO DE ADOBE



| | |
|--|--|
| <p><u>Primer Paso:</u> Este sistema constructivo requiere una cimentación corrida de concreto ciclópeo, con una mezcla de cemento y hormigón 1:10 + 30% de piedra grande. El sobre cimiento se realiza con una mezcla de cemento y hormigón 1:8 + 25% de piedra mediana. La profundidad de la excavación es por lo general de 1.00 m, dependiendo del tipo de terreno.</p> | <p><u>Segundo Paso:</u> Encima del cimiento corrido se asientan de cabeza los adobes de 0.40 x 0.20 x 0.10 m el mortero de unión de los adobes es el barro que debe estar libre de piedras para facilitar el trabajo. Es aconsejable tamizar previamente la tierra para obtener un mortero de consistencia homogénea. El espesor del mortero de junta varía entre 1.5 y 2.0 cm.</p> |
| | |
| <p><u>Tercer Paso:</u> La colocación de los adobes debe ser realizada asegurando un adecuado traslape entre hiladas. Se debe evitar que coincidan las juntas verticales especialmente en las esquinas o encuentros perpendiculares entre muros. Los dinteles de puertas y ventanas deberán tener un apoyo sobre los muros de mínimo 0.40 m cada lado.</p> | <p><u>Cuarto Paso:</u> En la parte superior de los muros se colocan las vigas collar fabricadas con madera rolliza de 4" a 6" de diámetro. Sobre estas vigas se apoya la estructura de la cubierta. El acabado final del muro se realiza primero con un tarrajeo primario de tierra tamizada y arena gruesa (3:1) y luego con un tarrajeo de tierra tamizada y arena fina (3:1.5).</p> |

d) Ventajas y desventajas

Tabla 5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MURO DE ADOBE

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo de producción y edificación. • Para su manufactura no requiere energía (electricidad, combustibles, etc.) • No requiere mano de obra calificada. • Gran capacidad de aislante térmico | <ul style="list-style-type: none"> • Poca resistencia a cargas laterales por sismo. • Los muros se degradan rápidamente al contacto con el agua. • El proceso de construcción es lento • Requiere mantenimiento |

| | |
|--|--|
| y acústico. • La mayoría de procesos de obra se puede realizar en el lugar. | constante. • Es susceptible al deterioro mecánico por efecto de agentes biológicos. |
|--|--|

E.2. Muro de albañilería confinada con ladrillos de arcilla King Kong (24x14x10)

Este sistema constructivo tiene como unidad básica el ladrillo cerámico tipo King Kong de 24 x 14 x 10 cm, cuya forma de prisma rectangular cuenta con perforaciones verticales (dieciocho huecos) hasta un máximo del 25% del área bruta de la cara de asiento. Su manufactura es realizada con arcilla cocida. Los muros con este tipo de albañilería son portantes siempre y cuando los ladrillos sean asentados de cabeza sobre un sobrecimiento corrido de concreto ciclópeo. El mortero de unión, de 1.5 cm de espesor, se obtiene de la mezcla de cemento y arena en una proporción de 1:5. (DE OLARTE TRISTAN, LINARES ZAFERSON, RODRIGUEZ BARBOZA, & JIMENEZ DEL RIO, 2003)

a) Unidad básica

- Largo: 0.24m
- Ancho: 0.14m
- Altura: 0.10m
- Peso: 3.40 kg

b) Propiedades

- Resistencia térmica: 1.830-2.200 m²h°C/Kcal
- Resistencia al fuego: 180 min.
- Aislamiento acústico: 52-59 dB(A)

c) Proceso Constructivo:

El proceso constructivo se detalla en la tabla 6.

Tabla 6 PROCESO CONSTRUCTIVO - MURO DE LADRILLO

| | |
|---|--|
| | |
| <p><u>Primer Paso:</u> Este sistema constructivo requiere una cimentación corrida de concreto ciclópeo, con una mezcla de cemento y hormigón 1:10 + 30% de piedra grande. El sobre cimiento se realiza con una mezcla de cemento y hormigón 1:8 + 25% de piedra mediana. Previo al vaciado del cimiento se ubican en el lugar preciso las armaduras de acero de las columnas de amarre.</p> | <p><u>Segundo Paso:</u> Los muros portantes son construidos de cabeza. Los ladrillos King Kong a utilizar deberán ser regulares y resistentes. El mortero de unión de cemento-arena 1:5 deberá tener una consistencia intermedia, de manera que permita una adecuada trabajabilidad. El espesor del mortero puede variar de 1 a 1.5 cm no debe asentarse más de 1.50 m de altura en una jornada.</p> |
| | |
| <p><u>Tercer Paso:</u> Cada paño de muro se fabrica con los lados dentados de manera que se asegure el confinamiento total del muro con las columnas de amarre de concreto estructural de 175 a 210 kg/cm². En caso de que la parte superior de los vanos de puertas y ventanas no coincidan con el entrepiso, se podrá utilizar dinteles de concreto apoyadas mínimo 20 cm.</p> | <p><u>Cuarto Paso:</u> Sobre los muros de ladrillo confinados con las columnas de amarre se coloca la armadura de acero de las vigas, procediéndose al vaciado del concreto estructural de 175 a 210 kg/cm². El acabado de los muros se realiza con un mortero de cemento-arena fina 1:5. El espesor del tarrajeo frotachado es de 1.5 cm.</p> |

d) Ventajas y desventajas

Tabla 7 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MURO DE LADRILLO

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Alta resistencia al fuego debido a que utiliza materiales incombustibles. • Es la técnica más difundida en nuestro medio tanto en el ámbito formal como informal. • Es fácil conseguir mano de obra que conozca el sistema constructivo. • Buenas propiedades térmicas y acústicas. • Es sismo-resistente y se puede construir hasta cinco pisos en zonas de alto riesgo sísmico. | <ul style="list-style-type: none"> • Debido a que los muros son de carga, existen restricciones para la distribución de los espacios. • Son limitadas las posibilidades de realizar modificaciones futuras (apertura de nuevos vanos). • No se puede construir más de 1.20 m de altura de muro por jornada. • Todos los materiales son producidos industrialmente, y son poco accesible en zonas alejadas. |

E.3. Muro entramado de maderas con quincha tradicional:

La quincha tradicional es un sistema constructivo conformado por un entramado de madera como estructura o armazón, una membrana o tejido realizado con carrizo o caña brava y un revoque interior y exterior. Es usado comúnmente para reducir el peso del segundo piso en construcciones con un primer piso de adobe. La membrana se arma mediante el tejido o colocación de cañas a uno o ambos lados del armazón, según sea el caso. El revestimiento final se hace con tres partes de barro y una parte de arena fina para reducir el agrietamiento del tarrajeo. Para la estructura principal se utilizan piezas de madera aserrada en las soleras, pies derechos, arriostres diagonales y vigas. La mayor resistencia ante las fuerzas horizontales por sismo está dada por el armazón de madera cuya considerable resistencia a la flexión garantiza la estabilidad del muro. El relleno de adobes en la parte inferior del armazón además de dar rigidez a la base del muro, reduce la altura del centro de gravedad de la estructura dándole mayor equilibrio a la edificación. (DE OLARTE TRISTAN, LINARES ZAFERSON, RODRIGUEZ BARBOZA, & JIMENEZ DEL RIO, 2003)

a) Unidad básica

- Largo: 2.40 m.
- Ancho: 0.80 m.

- Espesor: 0.10 m.
- Peso: 268 kg.

b) Propiedades

- Resistencia térmica: 0.869 – 0.976 m²h°C/Kcal
- Resistencia al fuego: 30 – 45 min.
- Aislamiento acústico: 39 - 44 dB (A)

c) Proceso constructivo

El proceso constructivo se detalla en la tabla 8.

Tabla 8 PROCESO CONSTRUCTIVO - MURO DE QUINCHA TRADICIONAL

| | |
|--|--|
| | |
| <p><i>Primer Paso:</i> Este sistema constructivo se utiliza para edificaciones de una planta con una cimentación corrida de concreto ciclópeo o como la segunda planta de una edificación de adobe. En este último caso, se coloca una solera o durmiente sobre las vigas del entrepiso para fijar los pies derechos de la quincha y transmitir uniformemente sobre el muro de adobe las cargas de la planta alta.</p> | <p><i>Segundo Paso:</i> La parte inferior de los muros de quincha tradicional se refuerza diagonalmente con los “tornapuntas”, así como con los “puentes” que se ubican a la altura del alféizar de las ventanas. Los espacios resultantes de esta armazón se rellenan con adobes de 0.10 x 0.10 x0.25 m., unidad con mortero de barro, logrando dar rigidez y mayor estabilidad al muro de quincha.</p> |

| | |
|---|--|
| | |
| <p><u>Tercer Paso:</u> La colaboración de la membrana de cañas se realiza a ambos lados del entramado aunque también se puede utilizar el sistema de trenzado en la parte media del muro para las divisiones interiores. Para el primer caso, la colocación de las cañas puede ser de forma horizontal o vertical ya sean clavadas y/o amarradas a la estructura de madera.</p> | <p><u>Cuarto Paso:</u> El revestimiento de los muros, se realiza con un mortero de barro con paja picada o adicionando una pequeña cantidad de arena (3 de y tierra y 1 de arena fina) cuando se trata de suelos extremadamente plásticos.</p> |

d) Ventajas y desventajas

Tabla 9 VENTAJAS Y DESVENTAJAS: MURO DE QUINCHA TRADICIONAL

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • El grosor de los muros reducido por lo que se ahorra espacio útil. • Para su manufactura se requiere herramientas simples. • Las estructuras son ligeras y flexibles. • Tiene buen comportamiento estructural ante cargas laterales por sismo. | <ul style="list-style-type: none"> • No permite la construcción de más de tres pisos en zonas sísmicas. • Los muros se degradan rápidamente al contacto con el agua. • Es poco resistente al fuego por lo que se deberá tratar la madera y caña previamente. • Requiere mantenimiento constante. • Es poco resistente al impacto. |

E.4. Muro entramado de madera con quincha prefabricada:

Este sistema constructivo está conformado por bastidores de madera aserrada, una membrana realizada con caña brava, carrizo o tiras de

bambú y un tarrajeo. El tejido, generalmente de carrizo se realiza de forma trenzada para su auto fijación y sin utilizar clavos. Las paredes se revocan por ambos lados con un mortero de barro y paja en una primera capa y un tarrajeo final de tierra con arena fina en una proporción de 3 a 1. También los muros pueden ser revestidos con morteros de cemento-arena, yeso, cemento, cemento-yeso u otro tipo, dependiendo de las condiciones a las que serán expuestos los muros (interiores, exteriores, ambientes húmedos, etc.)

El sistema se estructura sobre una cimentación corrida mediante el montaje de los paneles prefabricados, columnas y vigas soleras de madera. Los paneles se fijan a la cimentación a través de anclajes de alambre n°8. Las columnas se ubican en las esquinas y en los encuentros de los muros, con una separación no mayor de 3.60 m.

En la parte superior de los muros se arriostra horizontalmente la edificación con una viga solera de madera de 3"x3". (DE OLARTE TRISTAN, LINARES ZAFERSON, RODRIGUEZ BARBOZA, & JIMENEZ DEL RIO, 2003)

a) Unidad básica

- Largo: 2.40 m
- Ancho: 1.20 m
- Espesor: 0.10 m
- Peso: 355 kg

b) Propiedades

- Resistencia térmica: 0.576 – 0.581 m²h°C/Kcal
- Resistencia al fuego: 30 - 45 min.
- Aislamiento acústico: 43-48 dB (A)

c) Proceso Constructivo:

El proceso constructivo se detalla en la tabla 10.

Tabla 10 PROCESO CONSTRUCTIVO - MURO DE QUINCHA PREFABRICADA

| | |
|---|---|
| | |
| <p>Primer Paso: Antes de realizar el vaciado del cimiento se preparan las columnas de madera impermeabilizándolas, en su base, con dos capas de pintura asfáltica y clavando 12 clavos de 4" para lograr empotrarlas adecuadamente al concreto. El cimiento y sobrecimiento se realizan con concreto ciclópeo, debiéndose dejar, por lo menos dos "mechas" de alambre por panel para fijarlas al cimiento.</p> | <p>Segundo Paso: La fabricación de los paneles se realiza con madera seca, sin alabeos y preferentemente cepilladas. Todas las uniones son simples y clavadas. En el armado de los paneles, se deberá tener cuidado de que sus dimensiones modulares sean lo más exactas posibles. El trenzado de las cañas enteras se realiza lo más tupido posible para lograr que el panel tenga mayor rigidez.</p> |
| | |
| <p>Tercer Paso: Antes de iniciar el montaje de los paneles se deberá colocar una lámina asfáltica o aplicar una capa de pintura asfáltica sobre el sobrecimiento para evitar que la madera se deteriore por la humedad. La fijación de los paneles al cimiento se</p> | <p>Cuarto Paso: El revestimiento de los muros se realiza una vez montados los paneles. Este proceso se realiza con un tarrajeo primario de barro con paja picada y, luego que éste haya secado completamente con un mortero de barro</p> |

realiza a través de los alambres galvanizados dejados previamente. Estos paneles se fijan también a las columnas de madera utilizando 4 clavos de 3".

(con tierra tamizado) y arena (3 de tierra y 1 de arena fina) si se trata de suelos extremadamente plásticos.

d) Ventajas y desventajas

Tabla 11 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MURO CON QUINCHA PREFABRICADA

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • El proceso de montaje en obra de los paneles es muy rápido. • Producción en serie de muros, que puede ser industrializada. • No requiere mano de obra calificada. • Las estructuras son ligeras y flexibles lo que le permite un buen comportamiento sísmico. • Pesa poco, por lo que se puede edificar en terrenos con baja capacidad portante. | <ul style="list-style-type: none"> • No permite la construcción de más de dos pisos en zonas sísmicas. • La madera aserrada eleva el costo de construcción, más aún si ésta es preservada. • Es poco resistente al fuego por lo que se deberá tratar la madera y caña previamente. • Requiere mantenimiento constante. • Es poco resistente al impacto. |

E.5. Tabique con planchas de fibrocemento y estructura metálica:

Es un sistema de tabiquería compuesto por paneles de fibrocemento estructurados a través de perfiles metálicos. Los paneles están fabricados con fibras de madera mineralizadas, aglomeradas con cemento, y prensados en moldes modulares. Las dimensiones de las planchas son de 2.40 x 0.6 x 0.05 m y de 2.0 x 0.5 x 0.05 m los muros se levantan sobre una cimentación corrida o losa de concreto simple. La estructura metálica está compuesta por elementos verticales de 2"x 2" espaciadas modularmente en función de los paneles y de los canales horizontales de amarre de 2"x 1" y se asientan con un mortero de cemento y arena. El muro es acabado con tarrajeo frotachado, que es un complemento importante en el

trabajo estructural del sistema. (DE OLARTE TRISTAN, LINARES ZAFERSON, RODRIGUEZ BARBOZA, & JIMENEZ DEL RIO, 2003)

a) Unidad básica

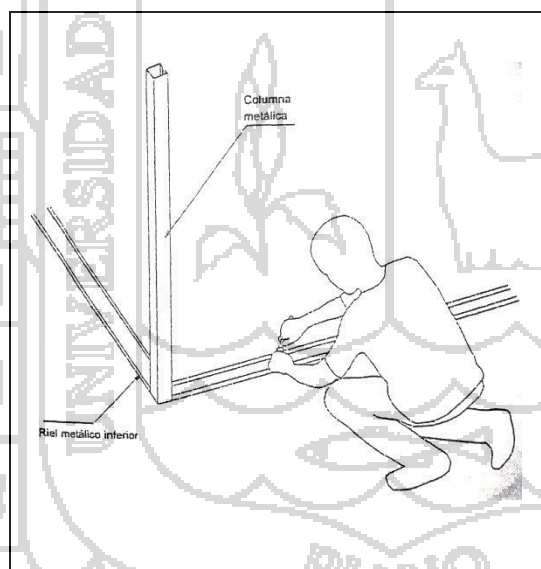
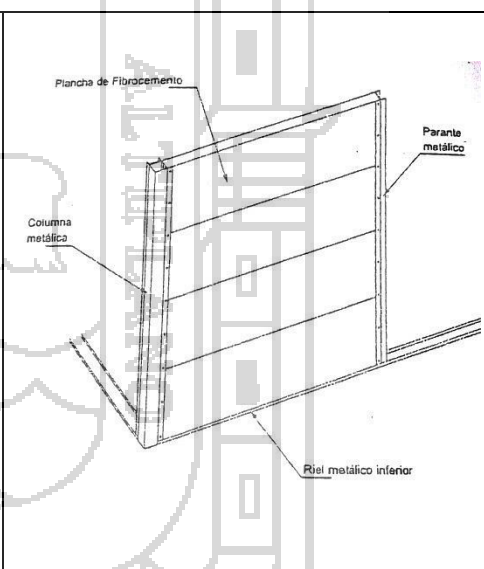
- Largo: 2.40 m
- Ancho: 0.60 m
- Altura: 0.05 m
- Peso: 30 kg

b) Propiedades

- Resistencia térmica: 1.231-1.257 m²h°C/Kcal
- Resistencia al fuego: 45 -60 min.
- Aislamiento acústico: 38-44 dB(A).

c) Proceso Constructivo:

Tabla 12 PROCESO CONSTRUCTIVO - MURO CON ESTRUCTURA METÁLICA Y FIBROCEMENTO

| | |
|--|--|
|  |  |
| <p><u>Primer Paso:</u> En la losa de cimentación se empotran las columnas metálicas con una profundidad mínima de 0.03 m la base de cada columna metálica deberá estar protegida con zincromato y pintura anticorrosivo y deberá tener un doblé o bastón de acero para asegurar su anclaje. La separación máxima entre columnas es de 4.80 m y entre columna y platina vertical de 2.40 m.</p> | <p><u>Segundo Paso:</u> A los lados de la cimentación y a las columnas se fijan los rieles y parantes metálicos respectivamente. También se coloca un parante intermedio. Los parantes tienen función de sujetar los lados de cada y están atornillados, tanto como al carril inferior como al superior. Las planchas de fibrocemento, se asientan una sobre otra.</p> |

| | |
|---|--|
| | |
| <p>Tercer Paso: Las planchas de fibrocemento se colocan entre los perfiles metálicos de 2"x1" y el mortero de unión tiene un espesor de 1.5 cm los encuentros entre planchas deben ser amarrados con alambre negro o galvanizado n°16, de modo que, una vez tarrajeados ambos lado del muro, este tenga un comportamiento estructural homogéneo.</p> | <p>Cuarto Paso: Todos los perfiles metálicos deberán ser cubiertos con malla metálica para evitar que el mortero se fisure y desprenda por falta de adherencia. La superficie rugosa de las planchas de fibrocemento permite una adecuada adherencia con el tarrajeo de cemento-arena 1:4 o 1:5. En la parte inferior del muro se deberá practicar una bruña.</p> |

d) Ventajas y desventajas:

Tabla 13 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MURO CON ESTRUCTURA METÁLICA Y FIBROCEMENTO

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Edificación liviana, lo que logra un buen comportamiento frente a cargas laterales por sismo. • Es un sistema de fácil montaje y desmontaje. • Las planchas de fibras vegetales mineralizadas, no son afectadas por hongos o insectos y ante el fuego no mantiene la combustión. • Tabique delgado que permite un mayor aprovechamiento del espacio útil. • Buen nivel de aislamiento térmico y acústico. | <ul style="list-style-type: none"> • El sistema tiene poca resistencia estructural. • Para ser estructural estable requiere tarrajeo de cemento y arena. • Limitada resistencia al fuego. • Dificultad en el aprovisionamiento de los materiales (planchas y estructuras) en condiciones de cantidad y calidad. |

2.2.4. BIOCONSTRUCCIÓN

A. Definición:

La bioconstrucción también es denominada como: construcción climática, construcción ecológica, construcción responsable, ecobuilding, eco materiales, responde a una gama de definiciones que a continuación se nombrara las más resaltantes:

El término de bioconstrucción proviene de etimológicamente de la palabra "bios" significa vida, es decir construir biológicamente, construir en forma apta para la vida y en consecuencia, economizando energía manera natural, ha sido la característica esencial de toda arquitectura de viviendas de la historia. (OSORNO BAUTISTA, 2010)

Son las técnicas constructivas que garantizan un ahorro energético y una mejora en la salud ambiental y de los propios usuarios, utilizando materiales no contaminantes ni tóxicos, que sean en la medida de lo posible renovables, reutilizables y reciclables, así como económicos, ecológicos y ergonómicos. Aplicando el conocimiento científico y los avances tecnológicos en términos de ahorro energético, reciclaje y disminución de residuos, optimiza el rendimiento de sistemas constructivos tradicionales, e incluye el aspecto, tanto exterior como interior, entre los factores determinantes de la habitabilidad de una casa. Por tanto se entiende por Bioconstrucción como la forma de construir que nos mantiene los más apegado posible en armonía con el medio ambiente (BRITO, 2013).

Es la construcción de sistemas de edificación o establecimiento de viviendas, refugios o aperos, mediante materiales de bajo impacto ambiental o ecológico, reciclados o altamente reciclables, o extraíbles mediante procesos sencillos y de bajo coste como, por ejemplo, materiales de origen vegetal. Se presentan estos sistemas como alternativas a las industrias contaminantes y para crear edificios de bajo impacto ambiental, y generalmente de menor coste de fabricación (OSORIO, 2012).

Es la construcción respetuosa con todos los seres vivos, favoreciendo sus procesos evolutivos, así como la biodiversidad, garantizando el equilibrio y la sostenibilidad de las generaciones futuras (YESTE, 2013)

Otra definición más sencilla es la manera de construir preservando la vida de los que habitan en lo que se construye y la vida del entorno que lo soporta, los ecosistemas, la tierra, etc. (OJEDA)

La Bioconstrucción define un modo de vida y de relación con el medio para aproximarse a la sostenibilidad. Se materializa con la utilización de materiales naturales y técnicas constructivas tradicionales, recuperando y modernizando las sabidurías antiguas de nuestros antepasados que ya vivían en casas sanas y ecológicas (HAMMERSTEIN), con el objetivo de generar un menor impacto medioambiental y un hábitat más sano para sus moradores (GÁLVEZ).

B. Antecedentes:

El origen de la Bioconstrucción nace en Alemania en los años setenta, debido a la preocupación de la contaminación química de los materiales sintéticos empleados, donde nace el tópico del síndrome del edificio enfermo; para tener claro el concepto síndrome del edificio enfermo según OMS (Organización Mundial de la Salud) la define como conjunto de enfermedades originadas o estimuladas por la contaminación del aire en espacios cerrados.

Los principios fueron elaborados por el profesor Antón Schneider, pionero de la Bioconstrucción, que aportó una importante labor investigadora y divulgadora. En España ha sido dada a conocer desde hace veinte años por la asociación de estudios geobiológicos GEA (sociedad argentina de geólogos).

El término "Baubiologie" es de origen alemán; fue introducido en Alemania en el año 1969 por el Profesor Anton Schneider, fundador del Institut für Baubiologie y Oekologie Neubeuern - IBN. Responde a un concepto global de biología del hábitat, de la edificación, que en España fue adoptado bajo el nombre de Bioconstrucción.

Por tanto el concepto Bioconstrucción proviene de Alemania, del termino Baubiologie que significa biología de la construcción y es como consecuencia de las post guerra y de una conciencia ecológica, debido a la contaminación química derivada de los materiales sintéticos empleados en la construcción y del tópicó síndrome del edificio enfermo. (OSORIO, 2012).

Actualmente existen diversas construcciones ecológicas como las eco aldeas en Alicante España, la construcción de domos geodésicos, los ecocamping en Arbizu España y diferentes casas bioconstructivas en diversas partes del mundo.

C. Principios de la bioconstrucción:

- Las casas han de construirse lejos de los polígonos industriales y de las principales rutas de tráfico.
- Las casas han de construirse en lugares espaciosos con amplias zonas verdes.
- Los materiales de construcción han de ser naturales y no tóxicos.
- Las casas han de construirse con materiales que no contribuyen a la degradación medioambiental en ningún momento de su ciclo vital: extracción, manufactura, instalación y uso, ni suponen la explotación de recursos limitados o en peligro.
- Los materiales que se utilicen en muros, suelos y techos han de permitir la difusión del aire.
- Los materiales de construcción han de ser higroscópicos, esto es, pueden absorber y liberar el vapor de agua, para que puedan moderar la humedad interior.
- Los materiales de las superficies interiores han de ser capaces de filtrar el aire y neutralizar las sustancias contaminantes que lo acompañan.
- Se ha de buscar un equilibrio entre la capacidad de almacenar calor (masa térmica) y los niveles de aislamiento térmico, con el fin de proporcionar una temperatura interior agradable.

- Siempre que sea posible se recomienda utilizar calefacción radiante y energía solar.
- Las casas deben estar protegidas contra los ruidos externos y las vibraciones infrasónicas.
- Se ha de hacer un uso máximo de la luz natural y de los colores en el interior.
- Se han de minimizar los campos electromagnéticos, a la vez que se mantienen los campos magnéticos y eléctricos naturales.

D. Disciplinas de la bioconstrucción:

Para la proyección y ejecución de un proyecto de Bioconstrucción, es necesaria la incorporación de disciplinas técnicas coherentes como son: Geobiología, Bioclimatismo, Biodomótica, tratamiento y reciclaje de residuos, sistemas de energía alternativa, etc.

De manera de dar a conocer las disciplinas de mayor importancia de la Bioconstrucción se describirán de manera resumidas.

D.1. Geobiología

La Geobiología es un trabajo que estudia la influencia de los rayos cósmicos y de la Tierra, de las formas arquitectónicas, de los materiales, de los colores, o de los productos tecnológicos sobre los seres vivos.

La Geobiología estudia la contaminación eléctrica o electromagnética, los materiales tóxicos empleados en la construcción y los efectos de las radiaciones y la radiactividad terrestres en nuestra vivienda, a las que deberemos sumar las generadas por el ser humano. (OSORIO, 2012).

a) Orígenes de la Geobiología

El nombre de la Geobiología es reciente, las experiencias científicas dentro de su campo datan de principios de siglo, pero tomó su forma actual en Francia, Alemania y Suiza hacia los años 1950.

La República Federal Alemana es hoy el país donde más se han desarrollado los estudios de Geobiología y donde se da mayor consideración a nivel popular. (OSORIO, 2012).

D.2. Bioclimática

La arquitectura bioclimática consiste en el diseño de edificaciones teniendo en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles (sol, vegetación, lluvia, vientos) para disminuir los impactos ambientales, intentando reducir los consumos de energía (Wikipedia, 2009).

La arquitectura bioclimática es una arquitectura saludable, adecuada al entorno y al clima, proviene de la composición de dos palabras, bio que es respeto por la vida: hacia las personas que habitan en su interior (protege su salud) y hacia el medio ambiente (no contaminante) y climática es que se adapta a las condiciones ambientales de cada lugar, respeta los recursos naturales y se aprovecha de ellos.

a) Características básicas de una vivienda bioclimática

- ✓ Adaptación a la temperatura: Aprovechar al máximo la energía térmica del sol cuando el clima es frío, por ejemplo para calefacción y agua caliente sanitaria. Aprovechar el efecto invernadero de los cristales. Tener las mínimas pérdidas de calor (buen aislamiento térmico) si hay algún elemento calefactor. Cuando el clima es cálido lo tradicional es hacer muros más anchos, y tener el tejado y la fachada de la casa con colores claros. Poner toldos y cristales especiales como doble cristal y tener buena ventilación son otras soluciones. En el caso de usar algún sistema de refrigeración, aislar la vivienda. Contar delante de una vivienda con un gran árbol de hoja caduca que tape el sol en verano y en invierno lo permita también sería una solución.

- ✓ Orientación: Con una orientación de los huecos acristalados al sur en el Hemisferio Norte, o al norte en el Hemisferio Sur, esto es, hacia el ecuador, se capta más radiación solar en invierno y menos en verano, aunque para las zonas más cálidas (con temperaturas promedio superiores a los 25°C) es sustancialmente

más conveniente colocar los acristalamientos en el sentido opuesto, esto es, dándole la espalda al ecuador; de esta forma en el Verano, la cara acristalada sólo será irradiada por el Sol en los primeros instantes del alba y en los últimos momentos del ocaso, y en el Invierno el Sol nunca bañará esta fachada, reduciendo el flujo calorífico al mínimo y permitiendo utilizar conceptos de diseño arquitectónico propios del uso del cristal.

- ✓ Efecto invernadero: Las ventanas protegidas mediante persianas, alargadas en sentidos verticales y situados en la cara interior del muro, dejan entrar menos radiación solar en verano, evitando el efecto invernadero.

Por el contrario, este efecto es beneficioso en lugares fríos o durante el invierno, por eso, tradicionalmente, en lugares fríos las ventanas son más grandes que en los cálidos, están situadas en la cara exterior del muro y suelen tener miradores acristalados, para potenciar el efecto invernadero.

- ✓ Aislamiento térmico: Los muros gruesos retardan las variaciones de temperatura, debido a su Inercia térmica.

Un buen aislamiento térmico evita, en el invierno, la pérdida de calor por su protección con el exterior, y en verano la entrada de calor.

- ✓ Ventilación cruzada: La diferencia de temperatura y presión entre dos estancias con orientaciones opuestas, genera una corriente de aire que facilita la ventilación.

- ✓ Integración de energías renovables: Energías renovables se producen de forma continua y que son inagotables a escala humana, además son fuentes de abastecimientos energéticos respetuosas del medio ambiente. Existen diferentes fuentes de energía renovables, dependiendo de los recursos naturales utilizados para la generación de energía.

Tenemos: Solar térmica y fotovoltaica, hidráulica, eólica, biomasa, geotérmica y mareomotriz.

Utilizando estas fuentes de energías puede reducirse el consumo de energía procedente de fuentes no renovables.

D.3. La Biodomótica:

Es la integración de soluciones bioclimática con sistemas tecnológicos modernos. Se caracteriza por no contaminar, no consumir combustibles fósiles y usar materiales naturales y autóctonos. Este tipo de arquitectura se aprovecha de las propiedades de los materiales, de la orientación, del diseño o de las leyes físicas.

D.4. Sistemas de ahorro de energía

a) Energías renovables

Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales (Wikipedia, 2009).

b) Sistemas de ahorro energético

Los sistemas de ahorro energético que se describirán de forma general son la energía solar fotovoltaica y la energía solar térmica y la energía eólica.

E. Biomateriales:

El término biomateriales engloba a todas aquellas materias primas que en general tienen una escasa repercusión en cuanto a coste energético, son saludables, perdurables, reciclables, y cuya producción uso y deshecho sea lo menos problemática posible.

Son, por un lado, aquellos que la naturaleza proporciona y que se han venido utilizando desde hace miles de años, como la madera, el barro, el corcho, la lana o el algodón. A ellos se les ha añadido materiales nuevos concebidos también para su utilización ecológica, como la termoarcilla, el bioblock, los geotextiles a base de tejidos de fibra de polipropileno, los

cables afumex para instalaciones eléctricas, las pinturas biofa, etc. Otro tipo de materiales ecológicos son elaborados a partir de escombros y de residuos sólidos industriales –siempre y cuando sean inertes–, resultando además más económicos que los materiales comunes de construcción.

La calidad biológica de los materiales de construcción depende en gran medida del comportamiento que tengan ante el agua, el aire y la temperatura; lo deseable es que sean capaces de absorber y volver a soltar, y para este propósito los más adecuados son madera, corcho, barro cocido, yeso o mortero de cal.

Los materiales usados en estructuras (paredes, suelos y techo) deben ser permeables al vapor de agua, transpirar y ser higroscópicos (capaces de absorber, retener y volver a emitir la humedad ambiental), evitando así condensaciones y otros problemas. Otra cualidad importante es la permeabilidad al campo de radiación natural de la tierra. Por otro lado, no deben desprender vapores ni partículas tóxicas y deben tener emisiones bajas de radioactividad. Algunos materiales como la madera y el corcho no sólo no emiten radioactividad sino que la absorben. Capacidad de aislamiento térmico e inercia térmica (capacidad de almacenar frío o calor) son otras de las cualidades deseables.

También hay que tener en cuenta los acabados, con pinturas o barnices sin toxicidad; tuberías de conducción de agua, que deberían ser de polietileno o polibutileno, así como bajantes y desagües.

Respecto al precio, según aseguran en Biohaus, empresa suministradora de biomateriales, el término barato o caro viene determinado por las prestaciones que da cada material. Así, por ejemplo, si comparamos para un aislamiento las características técnicas y el precio entre madera y lana, lo más barato es la madera. Lo importante es la relación calidad – precio. (OJEDA).

La elección de los materiales es muy importante al construir o rehabilitar una casa. los materiales utilizados en Bioconstrucción deben ser sanos, no tóxicos, si es posible naturales, que no dañen el medio ambiente, lo ideal que fuesen autóctonos, pues de este modo se minimizaría el costo ecológico del transporte, que en ocasiones es muy elevado.

La utilización de materiales de construcción que signifiquen un menor costo energético en su producción, que provengan preferiblemente de fuentes renovables, con posibilidad de reciclaje y que además no afecten a la salud son los requisitos en Bioconstrucción y hacer de las construcciones un lugar ambientalmente sensible, económicamente sustentable y humanamente habitable.

Para minimizar el impacto de la Bioconstrucción sobre el entorno es imprescindible utilizar materiales que no sean contaminantes en ningún momento de su ciclo de vida; que puedan reutilizarse, reciclarse, diseminarse en el entorno sin degradarlo; que no consuman mucha energía en su producción, y que no requieran mucha energía para ser transportado hasta la obra. (OSORIO, 2012).

E.1. Características de los materiales

Las características esenciales de los materiales bioconstructivos, y estos deben ser:

- ✓ Los materiales de construcción serán sanos y naturales (evitando los sintéticos y los muy procesados).
- ✓ Regulación natural de la humedad ambiental, empleando materiales en paredes, suelos y techos, que sean difusores e higroscópicos.
- ✓ Son materiales que tienen un equilibrio entre el aislamiento térmico, la inercia térmica, retención del calor en invierno y frescor en verano.
- ✓ Evitar consecuencias negativas de la edificación sobre el medio ambiente, de modo que la producción, instalación y disposición de los materiales de construcción serán los de menor impacto ambiental, los que generen menor contaminación ambiental y aquellos cuyos costes de energía sean mínimos.
- ✓ Usar materiales de construcción preferentemente locales y evitando la explotación de materias primas o recursos escasos o peligrosas.
- ✓ Son materiales que no interfieren con los campos magnéticos y de radiación de la tierra.
- ✓ Son materiales de construcción preferentemente locales.

E.2. Cualidades de los materiales

Las cualidades de los materiales bioconstructivos deben poseer ciertas cualidades, estas son:

- ✓ Permeables.
- ✓ Transpirables.
- ✓ Higroscópicos.
- ✓ Permeables al campo de radiación naturales.
- ✓ No tóxicos.
- ✓ Radioactividad baja.
- ✓ Aislamiento térmico.

Los materiales que usemos para construir (paredes, suelos y techo) deben ser permeables al vapor de agua (capacidad e difusión) transpirar (permeables al aire) y además ser higroscópicos (capaces de absorber, retener y volver a evaporar la humedad ambiental y se evitan condensaciones y otros problemas, resultando un clima interior más agradables y sano.

Otras cualidades importantes es que deben también cumplir estos materiales es ser permeables al campo de radiación natural de la tierra, compuesto por radiaciones de origen cósmico y terrestre, esenciales para la vida.

a) Toxicidad:

No deben desprender vapores ni partículas tóxicas, porque estas sustancias pasan a los pulmones y de ahí a la sangre. (OSORIO, 2012)

b) Radioactividad:

Su emisión de partículas α , β y γ así como de Radón debe ser lo más baja posible. Algunos materiales como la madera y el corcho, no solo no emiten, si no que absorben radiactividad. (OSORIO, 2012)

c) Aislamiento:

La cualidad de un material de ser más o menos aislante térmico viene determinada por su estructura interna (contenido de aire

incluido) y la expresa su coeficiente de conductividad λ que también nos informa sobre la capacidad de transmisión térmica por irradiación. Los materiales conductivos tienden a transmitirnos su temperatura y resultan inadecuados para los parámetros interiores. (OSORIO, 2012)

d) Inercia térmica:

Capacidad de almacenar calor o frío, para contrarrestar la temperatura entre el día y la noche, creando un clima interior estable. (OSORIO, 2012).

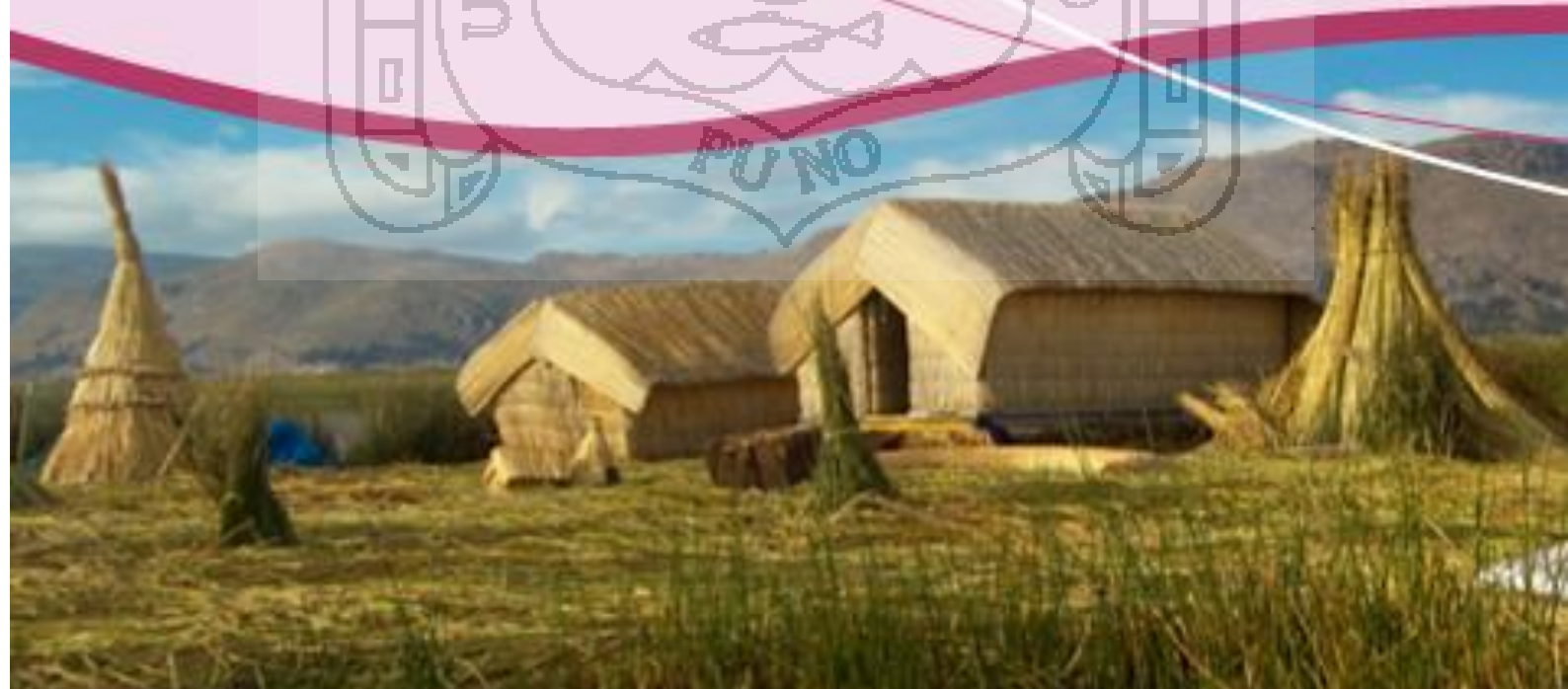
E.3. Ciclo de vida de los materiales bioconstructivos

Los materiales bioconstructivos o materiales sostenibles deben considerar estos 5 procesos.

- a) Extracción: Consideración por la transformación del medio.
- b) Producción: Emisiones generales y consumo energético.
- c) Transporte: Consumo de energía (más alto cuanto de más lejos provenga el material).
- d) Puesta en obra: Riesgos sobre la salud de la población y generación de residuos.
- e) Deconstrucción: Emisiones contaminantes y transformación del medio.



CAPÍTULO III: MARCO EXPERIMENTAL



La metodología que se empleó para la investigación parte del estudio de la totora como material de construcción, se evaluó las propiedades de caracterización física de la totora en estado seco: densidad, porosidad y contenido de humedad, y se analizó posteriormente los resultados evaluando, si es apropiado el uso en la fabricación de la tabiquerías ecológicas.

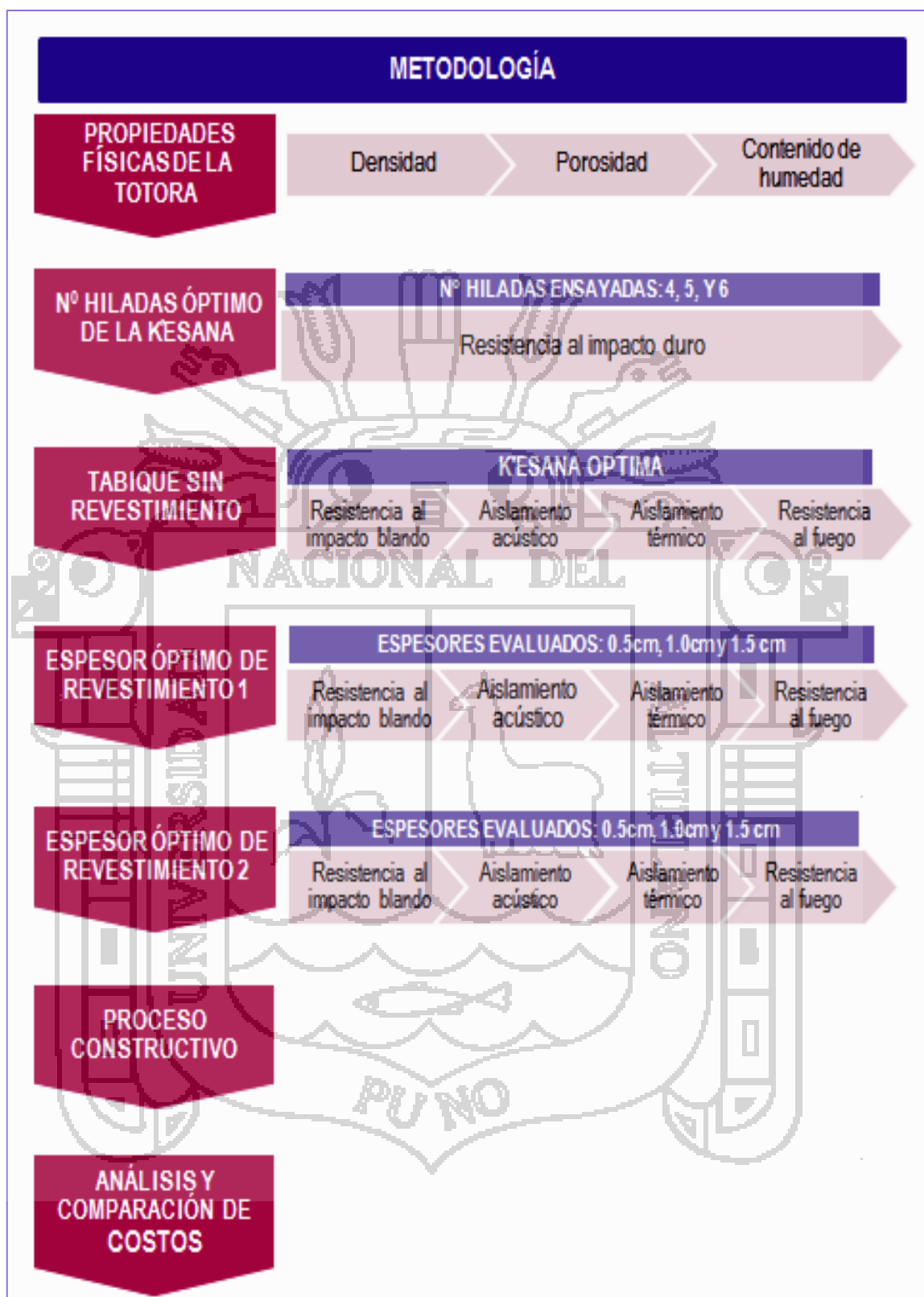
En la segunda etapa de la investigación, se definió la cantidad de hiladas horizontales que debe tener la k'esana (tejido de tallos totora en forma de alfombra) para ser usada en la tabiquería ecológica; lo que implicó un buen comportamiento a la resistencia ante el impacto (prueba de impacto duro y blando). Para la investigación se utilizaron k'esanas de cuatro, cinco y seis hiladas.

En la tercera etapa se prepararon muestras de la tabiquería ecológica con la k'esana obtenida en la etapa anterior y con dos tipos de revestimiento, el primero se hizo con **yeso**, y un segundo fue de **mortero de cemento**, se evaluó el comportamiento de los revestimientos con tres espesores: **0.5 cm, 1.0 cm y 1.5 cm**, sometiendo a estos a agentes externos como: impactos, ruido, cambios de temperatura y fuego para obtener el espesor óptimo de la tabiquería ecológica.

La siguiente etapa comprende la descripción de los materiales empleados, ensayos ejecutados, procedimiento constructivo propuesto de la tabiquería ecológica y finalmente se realizó el análisis de costos y fue comparado con el costo de las tabiquerías utilizadas en la ciudad de Puno.

A continuación se muestra un esquema de la metodología

GRÁFICO 1: METODOLOGÍA UTILIZADA EN LA INVESTIGACIÓN



3.1. MATERIALES

3.1.1. TOTORA

La totora que se utilizó es totora amarilla seca, proveniente de la comunidad de Chimu del área circunlacustre de la ciudad de Puno.

La recolección de totora se realizó del área de titoral denso o estado vegetativo maduro, con más de tres años de vida, con la finalidad de garantizar la calidad del producto, esto permitió tener un tejido con mayor resistencia en fibra.

Después del corte se dejó secar en completa exposición al sol, hasta lograr el desecamiento del tejido, permitiendo de este modo la propiedad de turgencia y dureza del tallo, que sirve para la utilidad en la confección de k'esanas. (GOYZUETA, ALFARO, & APARICIO, 2009)

Foto 1 TOTORA AMARILLA



3.1.2. MADERA

Se utilizó madera Tornillo (*Cedrelinga Catenaeformis*) más conocida en esta zona como Aguano, por ser comercial y de fácil adquisición en la Región, además de ser trabajable y no deformable.

Las características estructurales de esta madera son las siguientes:

Tabla 14 PROPIEDADES DE LA MADERA

| PROPIEDAD | MADERA Tornillo |
|-------------------------------------|--------------------------|
| FLEXIÓN | 70 Kg/cm ² |
| COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA | 70 Kg/cm ² |
| COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA | 20 Kg/cm ² |
| ESFUERZO CORTANTE | 10 Kg/cm ² |
| MODULO DE ELASTICIDAD | 85000 Kg/cm ² |

Fuente: Manual de la construcción (ICG, 2008)

Foto 2 - MARCO DE MADERA



3.1.3. HILOS TENSORES

Se utilizó como hilos tensores, cordel de algodón trenzado de 3mm, para fijar la k'esana dentro de la estructura de madera, simulando una malla, con la función de impedir que salga la k'esana, por el efecto de algún golpe.

Se usó este material por ser ecológico ya que es un material natural y no contaminante.

Foto 3 CORDEL DE ALGODÓN TRENZADO



3.1.4. YESO

Se utilizó para el **REVESTIMIENTO 1**: yeso.

El yeso empleado para la mezcla es proveniente de la zona de Samán de la Provincia de Azángaro, se optó por este material por ser abundante en la naturaleza, no tóxico y respetuoso con el medio ambiente, siendo sus residuos biodegradables.

Además el yeso presenta las siguientes propiedades:

1. Fácil manipulación en obra.
2. Habitabilidad, porque colabora eficazmente en el acondicionamiento térmico y acústico.

Presentando los siguientes coeficientes según la densidad:

- Densidad de 800kg/m^3
- Coeficiente de conductividad térmica de $0.30\text{ W/m}^\circ\text{C}$.
- Coeficiente medio de absorción acústica 0.020 .

3. Protección contra el fuego, por ser un material incombustible (RIVAS, 2005)

Foto 4 MEZCLA DE YESO



3.1.5. CEMENTO

Se utilizó cemento Portland tipo IP en la mezcla de mortero, como **REVESTIMIENTO 2**, para la tabiquería ecológica, la aplicación de este material se realizó solo por un tema comparativo.

a) Especificaciones técnicas

- Norma Técnica: NTP 334.090 y la Norma ASTM C 595.
- Marca Comercial: RUMI
- Presentación: Bolsa de 42.5 Kg.
- Cumple con las exigencias que se indican en la norma de los cementos Tipo I, II y V. Además de tener una buena performance en ataques severos. (Cemento Yura SA., 2012)

Tabla 15 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CEMENTO PORTLAND IP

| COMPOSICIÓN QUÍMICA | CEMENTO PORTLAND IP |
|--------------------------|---------------------|
| Mg O (%) | 1.85 |
| SO ₃ (%) | 1.55 |
| Pérdida por ignición (%) | 1.90 |

Fuente: Manual Digital Cemento Yura

Foto 5 CEMENTO PORTLAND IP



b) Propiedades

- Ofrece un fraguado controlado.
- Por un buen desarrollo de resistencias a la compresión a temprana edad, es usado en concretos de muchas aplicaciones.
- Es versátil para muchos usos.
- Su comportamiento es ampliamente conocido por el sector de construcción civil. (Cemento Yura SA., 2012)

3.1.6. ARENA

El agregado fino que se utilizó es arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales con las características indicadas en la tabla 16 como lo establece el Reglamento Nacional de Edificaciones:

Tabla 16 GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA

| MALLA ASTM | % QUE PASA |
|---------------|------------|
| N°4 (4.75mm) | 100 |
| N°8 (2.36mm) | 95 a 100 |
| N°16 (1.18mm) | 70 a 100 |
| N°30 (0.60mm) | 40 a 75 |
| N°50 (0.30mm) | 10 a 35 |

| | |
|-----------------|------------|
| N°100 (0.15mm) | 2 a 15 |
| N°200 (0.075mm) | Menos de 2 |

Fuente: RNE

3.2. MÉTODOS

3.2.1. K'ESANA

La K'esana, es un tejido de tallos de totora en forma de alfombra, que se elabora como un tipo de telar, envolviendo los tallos con cuerdas y uniéndolos entre sí.

Las dimensiones comerciales de la k'esana son de 1.80 m de largo x 1.20 m de altura y 5 cm de espesor.

Presenta cuatro hiladas o costuras en sentido horizontal como se muestra en la Foto 6.

Foto 6 K'ESANA CON CUATRO HILADAS



A continuación se describe los materiales y el proceso que realizan los pobladores de la zona circunlacustre para fabricar una k'esana.

A. Materiales:

- Tallos de totora amarilla seca de 1.80 m de longitud.
- Cuerda de algodón o soga de paja de 3mm de diámetro.
- 02 troncos de eucalipto de 2.0 m de longitud
- 08 clavos de 2" (dependerá del número de hiladas o costuras).
- Plástico 1.80m x 1.80m (opcional).

B. Procedimiento:

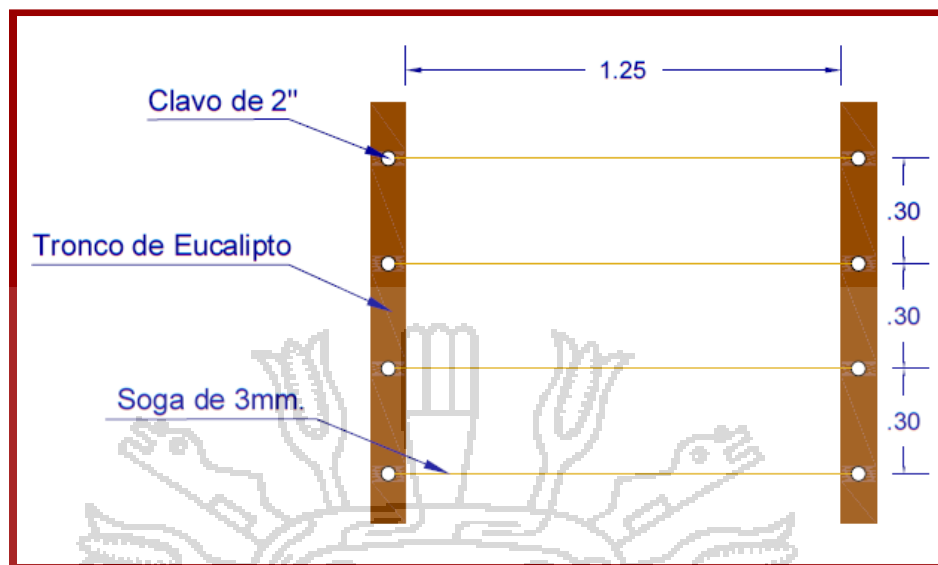
- Se extiende un plástico sobre el suelo donde se elaborará la k'esana, para evitar que la totora que exista en el piso se mezcle con los tallos, o bien se limpia la zona donde se tejerá la k'esana.
- Se extiende la totora previamente mojada, para evitar que se deteriore en el momento de tejer y permanezca firmemente atada.

Foto 7 TOTORA EXTENDIDA PARA ELABORAR LA K'ESANA



- Los troncos de eucalipto se colocan en la superficie de trabajo distanciados 1.25 m uno del otro.

Figura N° 1 DISTRIBUCIÓN DE SOGAS PARA EL TEJIDO DE LA K'ESANA



FUENTE: Elaboración propia

- Se colocan cuatro clavos en cada tronco alineados a cada 30cm uno del otro y se amarran dos sogas a cada clavo en uno de los troncos, una de estas sogas se tensa hasta llegar al clavo ubicado en el otro tronco y la otra sogas se extiende en el sentido que se va a tejer.
- Sobre las sogas tensadas se coloca en sentido perpendicular un grupo de tallos, que forman una pieza de 5cm de diámetro, quedando una sogas por debajo y la otra encima. La sogas superior se amarra a la sogas inferior sujetando los tallos, una vez terminada esta primera hilada se realiza el mismo proceso en la segunda, tercera y cuarta hilada sucesivamente.
- El tejido se realiza de tal forma que cada grupo de tallos tenga que apretarse con el siguiente y el anterior, para ir formando un solo cuerpo, hasta conseguir una longitud de 1.20 m, se concluye el tejido haciendo un nudo en cada hilada y se cortan las sogas sobrantes.

Foto 8 TEJIDO DE LA K'ESANA



Para la presente investigación se confeccionaron k'esanas con cuatro, cinco y seis hiladas elaboradas en la comunidad de Chimú.

Foto 9.

Foto 9 K'ESANAS UTILIZADAS PARA LA INVESTIGACIÓN



3.2.2. ESTRUCTURA DE MADERA

Para el diseño de la estructura se utilizó, los criterios del MANUAL DE DISEÑO PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO y la normativa del REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, el diseño se encuentra en el ANEXO – DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE MADERA.

La estructura típica de la tabiquería está conformada por dos parantes o pies derechos de 2.40 m de altura separados cada 0.60 m de eje a eje, y un travesaño a una altura de 1.12 m.

La sección de la madera que se usó en la estructura es de 2" x 2", se moduló a partir del espesor comercial de la k'esana 5 cm y la altura 1.20m.

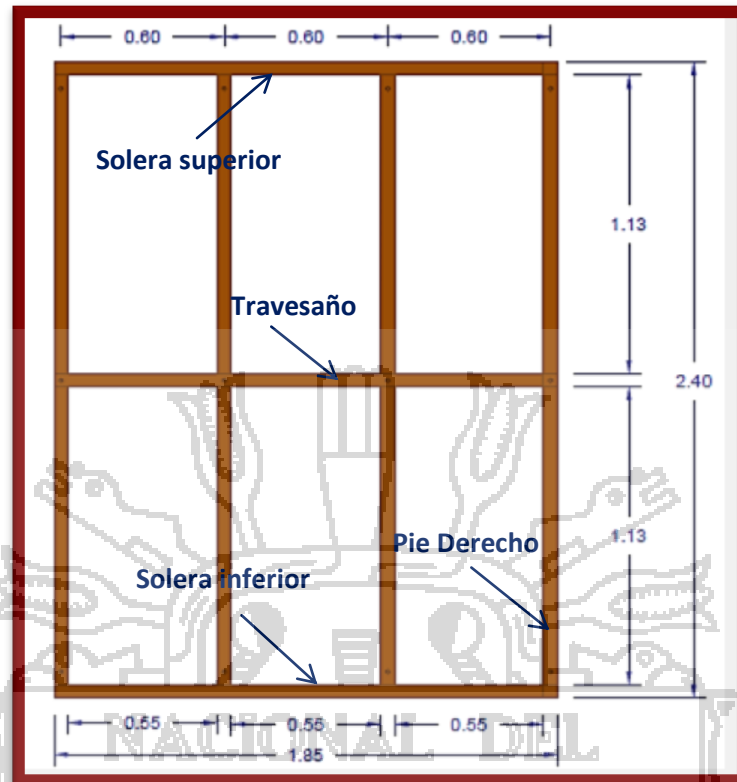
A. Componentes:

Las piezas que componen la estructura de madera se describen a continuación:

- a) **Solera inferior:** Pieza horizontal inferior que fija, por medio de uniones clavadas, las piezas verticales o pie derechos.
- b) **Pie derecho:** Pieza vertical, unida por medio de clavos con la solera superior e inferior. Sirve para dar soporte y rigidez a los entramados.
- c) **Solera superior:** Pieza horizontal superior que se une con clavos a los pies derechos.
- d) **Travesaño:** Pieza componente que separa el espacio entre dos pies derechos, ayuda a evitar el pandeo lateral de los pies derechos.

En la figura N°2 se visualiza cada uno de los componentes mencionados precedentemente.

Figura N° 2 COMPOSICIÓN DE LA ESTRUCTURA DE MADERA



Unión: Para la intersección de dos piezas de la estructura se utilizó clavos, y un ensamble a media madera, que es el más simple en carpintería.

Foto 10 UNIÓN DE LAS PIEZAS DE MADERA



3.2.3. REVESTIMIENTO

Se utilizaron 2 tipos de revestimientos, el primer revestimiento de yeso, y el segundo revestimiento mortero de cemento-arena, para mejorar las propiedades físicas, además de proporcionarle a la tabiquería

mayor densidad, absorción acústica, aislamiento térmico y protección contra el fuego.

A. REVESTIMIENTO 1: Yeso

Dosificación: Se utilizó la proporción en peso (Kg) 6 agua: 10 yeso.

Espesores: Se ensayaron muestras con espesores de 0.5 cm, 1.0 cm y 1.5 cm. para determinar cuál de estos es el más adecuado para la tabiquería ecológica.

B. REVESTIMIENTO 2: Mortero de cemento-arena 1:5

La función del cemento es proporcionar resistencia a la mezcla, la arena brinda estabilidad volumétrica y atenúa la contracción por secado; el agua da trabajabilidad a la mezcla.

Dosificación: Los componentes del mortero fueron las proporciones volumétricas (en estado suelto) 1 cemento: 5 arena.

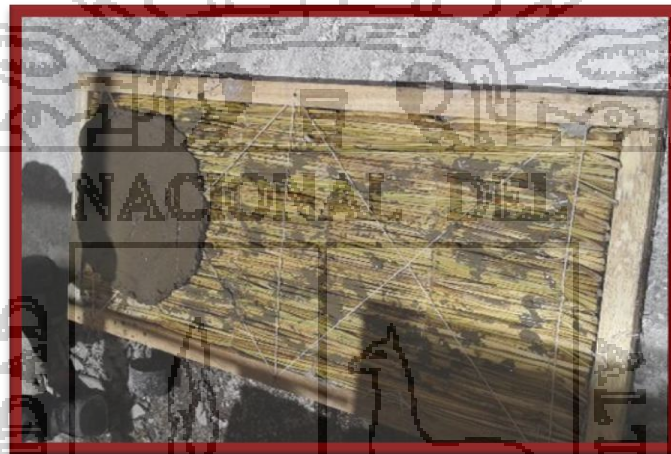
Espesor: En la presente investigación se analizaron espesores de 0.5, 1.0 cm y 1.5 cm para poder obtener el más adecuado para la tabiquería ecológica.

El procedimiento que se siguió fue: primero con una mezcla de agua – cemento, que tenga una consistencia líquida, y se aplicó en la superficie como si se estuviese pintando. A continuación se empleó la mezcla según la dosificación indicada hasta darle el espesor y acabado a la superficie. Finalmente el curado se realizó a las 12 horas después, mediante humedecimiento continuando este proceso 3 veces diarias es un periodo de 2 a 3 días.

Foto 11 APLICACIÓN DEL REVESTIMIENTO 1: YESO



Foto 12 APLICACIÓN DEL REVESTIMIENTO 2: MORTERO



3.2.4. ENSAYOS EXPERIMENTALES

Se realizaron ensayos experimentales para poder determinar las propiedades físicas de la totora así mismo de la tabiquería propuesta.

A. ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA TOTORA

A.1. Densidad:

La densidad de un material se define como la masa del mismo por unidad de volumen, se realizó el siguiente ensayo para determinar la densidad de la totora.

a) Referencias del ensayo

Se tomó como referencia los parámetros establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 5525: *Métodos de ensayo para determinar*

las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua Angustifolia Kunth*, por ser la guadua un material orgánico utilizado en la construcción.

b) Parámetros para el análisis

El aumento de la densidad de un material genera mayor fricción produciendo mayor absorción de la onda sonora incidente. Existe un límite en el aumento de la densidad del material, ya que si se sigue aumentando la densidad la onda sonora no podrá penetrar el material y, en consecuencia, existirá una mayor reflexión de la energía. Desde el punto de vista práctico, la densidad de un material absorbente debe estar comprendida entre 40 y 100 Kg/m³, mientras que los materiales aislantes acústicos se encuentran de 100kg/m³ en adelante (Castillo & Costa, 2012).

c) Equipo requerido

- ✓ Balanza, con una exactitud de 0.01 g.
- ✓ Horno eléctrico.
- ✓ Probeta graduada

d) Preparación de las muestras

Se prepararon las muestras, se cortó el tallo de totora con ayuda de un cuchillo, seccionando en forma transversal un ancho aproximado de 25mm cada trozo.

Foto 13 PREPARACION DE LA MUESTRA



e) Procedimiento del ensayo

- ✓ Se pesó la muestra troceada en la balanza.

- ✓ Se determinó el volumen de la totora, mediante inmersión, para ello se utilizó la probeta graduada, la cual llenamos con agua destilada hasta cierta medida. (Foto 15)
- ✓ Se introdujo la muestra de totora en la probeta con agua destilada durante 24 horas, y se determinó el volumen de agua desplazada. Se realizó este procedimiento 10 veces.

Foto 14 PESO DE LA MUESTRA SECA



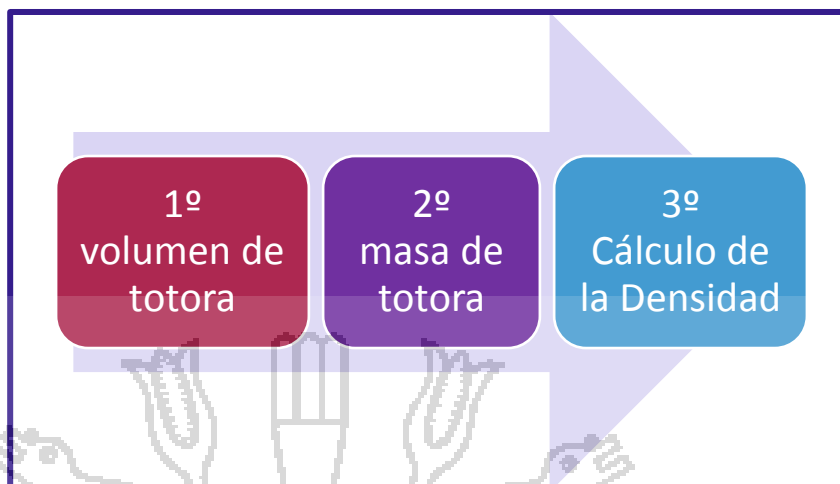
Foto 15 MEDIDA INICIAL DE AGUA EN LA PROBETA GRADUADA



Foto 16 MEDIDA DEL AGUA DESPLAZADA EN LA PROBETA

f) Cálculo y expresión para los resultados:

GRÁFICO 2: METODOLOGÍA PARA OBTENER LA DENSIDAD



Volumen de la totora

Ecuación 4

$$V_t = V_f - V_i$$

Donde:

 V_t : Volumen de totora V_f : Volumen final de agua en la probeta V_i : Volumen inicial de agua en la probeta

Densidad

Ecuación 5

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Dónde:

 ρ = Densidad (g/cm³) m = Masa de la muestra seca en horno (g) V = Volumen de la muestra (cm³)

La densidad de cada muestra es en la misma condición durante el ensayo, se promedió para obtener la densidad de la totora.

A.2. Porosidad:

Es la capacidad de absorción de agua que presenta un material.

a) Referencias

Se tomó como referencia los parámetros establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 5525: *Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth*, por ser la guadua un material orgánico utilizado en la construcción.

b) Parámetros para el análisis

Al incrementarse la porosidad del material, aumenta la absorción sonora debido a que el frente de onda incidente penetra en mayor medida dentro del material. La tabla 17 presenta la porosidad característica de los materiales aislantes acústicos, la que nos sirvió para realizar el respectivo análisis comparativo con los resultados obtenidos del ensayo.

Tabla 17. POROSIDAD TÍPICA DE ALGUNOS MATERIALES

| MATERIAL | POROSIDAD CARACTERÍSTICA |
|-----------------------------|--------------------------|
| Lana mineral | 0.92-0.99 |
| Espumas de celda abierta | 0.95-0.995 |
| Tabla de fibra de madera | 0.65-0.80 |
| Tabla de fibra de madera | 0.50-0.65 |
| Hormigón de piedra pómez | 0.25-0.50 |
| Relleno de piedras y gravas | 0.25-0.45 |
| Filtros cerámicos | 0.33-0.42 |
| Ladrillo | 0.25-0.30 |
| Ladrillo refractario | 0.15-0.35 |
| Mármol | 0.005 aprox. |

Fuente: (Castillo & Costa, 2012)

c) Equipo requerido

- ✓ Balanza de precisión (0.01g.)
- ✓ Horno de temperatura

d) Preparación de las muestras

Se prepararon las muestras, se cortó el tallo de totora con ayuda de un cuchillo, seccionando en forma transversal un ancho aproximado de 25mm cada trozo.

e) Procedimiento del ensayo

- ✓ Se sumergió la muestra en agua por 24 horas para saturarla.
(Foto 17)
- ✓ Luego se pesa la muestra húmeda y se toma registro de este
(Foto 18)

Foto 17 SATURACIÓN DE LA MUESTRA DE TOTORA

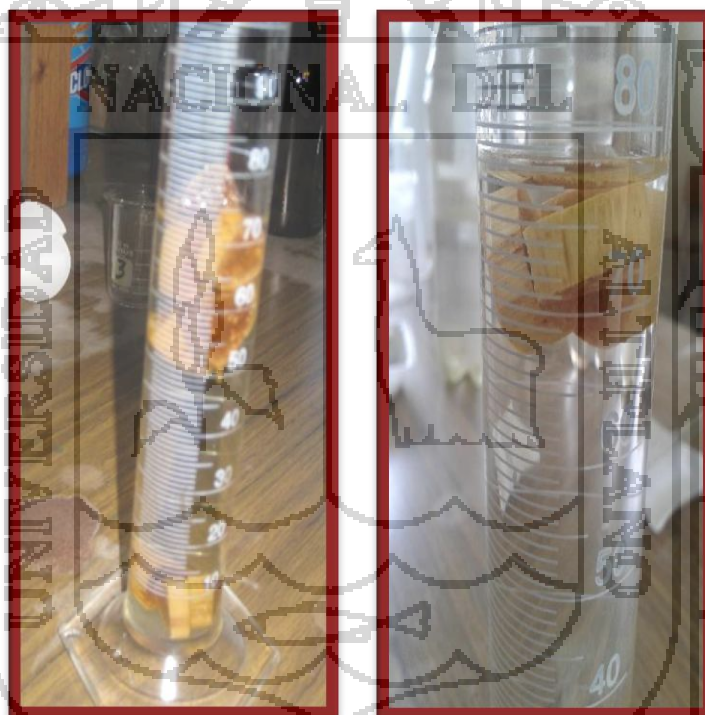
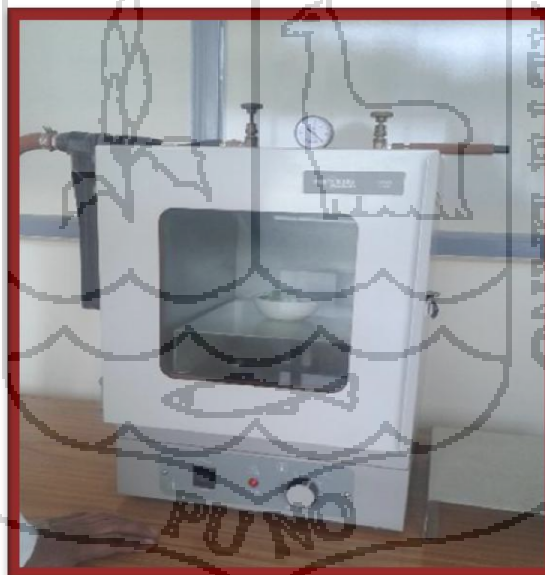


Foto 18 MUESTRA DE TOTORA SATURADA



- ✓ Posteriormente la muestra se deja en el horno siguiendo una cinética de secado, pesando la muestra cada 2 horas, hasta que el peso sea constante.

Foto 19 MUESTRA EN EL INTERIOR DEL HORNO



f) Cálculo y expresión de resultados

Se utilizó la siguiente ecuación:

Ecuación 6

$$P_m = \frac{m_s - m_o}{m_o} \times 100\%$$

Dónde:

m_o = Masa de totora en estado seco

m_s = Masa de la muestra despues de haber sido sumergidae en agua

P_m = Porosidad másica de la muestra expresado en tanto por ciento.

A.3. Contenido de Humedad:

Es la cantidad de agua contenida en un cuerpo, se expresa en forma porcentual con respecto a su masa en estado seco (anhidra).

El Contenido de humedad se debe calcular con una exactitud de un décimo de porcentaje, este contenido de humedad, se debe tomar como representativo del contenido de humedad el promedio de los resultados obtenidos a partir de las muestras individuales.

a) Referencias

Se tomó como referencia los parámetros establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 5525: *Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth.*, por ser la guadua un material orgánico utilizado en la construcción.

b) Equipo requerido

- ✓ Balanza con exactitud de 0.01 g.
- ✓ Horno de temperatura $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

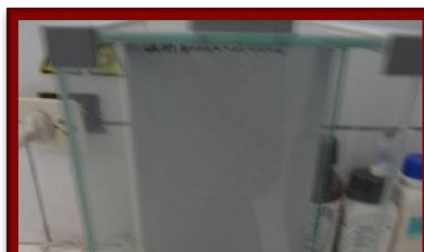
c) Preparación de las muestras

- Se prepararon las muestras, se cortó el tallo de totora con ayuda de un cuchillo, seccionando en forma transversal un ancho aproximado de 25mm cada trozo.

d) Procedimiento del ensayo

- ✓ Se pesó la muestra en la balanza y se tomó registro de este.

Foto 20 PESO DE LA MUESTRA



- ✓ Luego se dejó secar en el horno a temperatura $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. se registró la masa a intervalos regulares de 2h, hasta que sea constante.

Foto 21 MUESTRA DE TOTORA SECA



e) Cálculo y expresión para los resultados

El contenido de humedad (W) de cada muestra se calcula, como la pérdida de masa esa seca en horno utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación 7

$$W\% = \frac{m_s - m_o}{m_o} \times 100\%$$

Dónde:

m_s = Masa de lamuestra antes del secado

m_o = Masa de la muestra después del secado

$W\%$ = Contenido de humedad expresado en tanto por ciento.

B. ENSAYOS A LA TABIQUERÍA ECOLÓGICA:

B.1. Impacto duro

El ensayo de cuerpo duro es la simulación resultante de un objeto que cae accidentalmente en contra del panel, que simula a un golpe emitido por una persona como una patada o un puñete. (CONSTRUCCION, 1981)

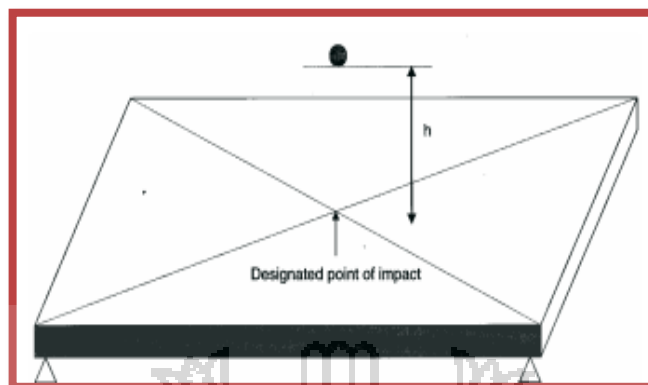
El ensayo constó en dejar caer a una altura de 0.97 m con una billa de un kilogramo y de una altura de 1.27 m con una billa de un kilogramo, creando una energía de impacto en la primera altura de diez newton y en la segunda altura de seis newton como lo muestra la figura N°3; para cada energía de impacto se utilizó un panel diferente. El cálculo de alturas se encuentra en el apartado (d) (dimensionamiento de la prueba).

Las muestras que se sometieron a este ensayo fueron la tabiquería ecológica no revestida, lo cual implica k'esanas de cuatro, cinco, seis hiladas.

La prueba se realiza con referencia a la seguridad de uso, es decir, el panel al recibir una energía de choque ha de seguir íntegro; y la capacidad de servicio, que es la verificación de si el panel aún continua en funcionamiento como se muestra en la Tabla 18

PARÁMETROS DE ANÁLISIS DE IMPACTO DURO.

Figura N° 3 ESQUEMA DE IMPACTO DURO



DONDE: h: Altura de impacto

a) Referencias del ensayo

Se tomó como principal referencia del ensayo la Guía de ensayo EOTA (European Organization for Technical Approvals) 003 ISO 7893; a continuación se nombran otras normas que también fueron de apoyo para el ensayo.

- ✓ Norma ASTM 629
- ✓ Norma ASTM E-1078

b) Aplicación del ensayo

Este ensayo se aplica para medir la resistencia al impacto de diversos materiales como el vidrio, policarbonato, baldosas, terrazos, paneles de drywall y tabiquería sin huecos.

c) Parámetros para el análisis:

Según la Guía de ensayo EOTA 003 ISO 7893 tenemos la tabla 18 con la que se realizó el respectivo análisis de los resultados obtenidos en los ensayos.

Tabla 18 PARÁMETROS DE ANÁLISIS PARA EL ENSAYO DE IMPACTO DURO

| -Seguridad de utilización | Denominación | Descripción |
|---------------------------|-----------------|---|
| | Sin colapso | El resultado de la prueba es favorable cuando, el panel mantiene su integridad mecánica y todavía es capaz de llevar su propio peso en la posición de prueba. |
| | Sin penetración | El resultado de la prueba es favorable cuando después de la prueba, la billa no atraviesa la muestra. |

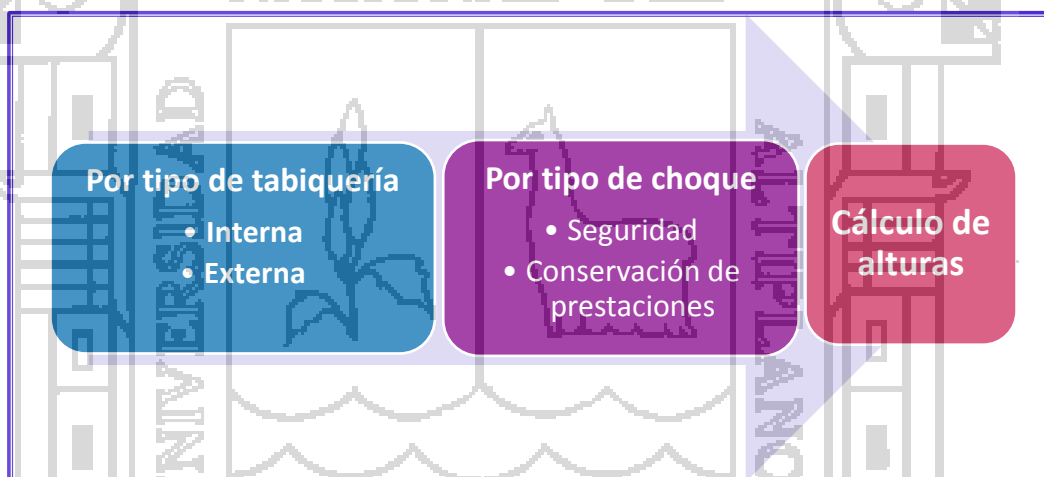
| | | |
|------------------------------|---------------------------|---|
| Facilidad de servicio | Ninguna proyección | El resultado de la prueba es favorable cuando, después de la prueba, el impactador no ha creado piezas del panel (núcleo, cara refuerzo) para proyectar desde la cara del panel impactado al otro lado del espécimen, causando cortes superficies que puedan causar heridas por contacto. |
| | Sin penetración | El resultado de la prueba es favorable cuando, después de la prueba no ha penetrado en la cara de la probeta del lado no impactado del espécimen. |
| | Sin degradación | El resultado de la prueba es favorable cuando, después de la prueba, no es visible depresiones, protuberancias o cualquier otro defecto en los materiales, que puedan influir. |

Fuente: Guía EOTA

d) Dimensionamiento de la prueba

Según la guía de ensayo EOTA 003 ISO 7893 se procedió a realizar el dimensionamiento, como se muestra en el gráfico 3.

GRÁFICO 3: ETAPAS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL ENSAYO



➤ **Por el tipo de tabiquería:**

Tabla 19 CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE TABIQUERÍA

| CLASE | DESCRIPCIÓN | EJEMPLO DE OBRA(*) |
|--------|---|---|
| I_2 | Accesible fácilmente al público o personas que no tiene que prestar atención. Riesgo de accidentes | Parámetros de edificios públicos o zonas comunes de las viviendas, accesibles a personas que llevan con frecuencia objetos voluminosos, hasta 1.5 m sobre el nivel del suelo. |
| I'_2 | Por encima de la zona normal de choque de personas, pero expuesta a choques de objetos lanzados o proyectados | Obras en situaciones parecidas a las de la clase I_2 de 1.5 a 6 m sobre el nivel del suelo |

| | | |
|----------------|--|--|
| I ₃ | Accesible principalmente a personas que tienen que prestar atención. | Parámetros de locales privados, hasta 1.5 m sobre el nivel del suelo. |
| I ₄ | Por encima de la zona normal de choque de personas y no expuesta a los choques de objetos lanzados | Obras en la misma situación que las de la I'₂ a 6 m sobre el nivel del suelo. Obras en la misma situación que las de la clase I₂ a 1.5 m sobre el nivel del suelo |

Fuente: Guía EOTA

*La altura de 1.5 corresponde al nivel límite en el que se producen, en los edificios corrientes, las acciones de choques de personas con las energías establecidas.

La tabiquería que se analizó, es una tabiquería para uso interno, entonces según la Tabla 19, corresponde la clase de tabiquería I₂.

➤ **Por el tipo de choque:**

Para choques de seguridad

Tabla 20 ENERGÍA A UTILIZAR POR EL TIPO DE CHOQUE

| CLASE | CHOQUE A CONSIDERAR |
|----------------|---------------------|
| I ₂ | DURO 1KG- 10 N |
| I'₂ | DURO 1KG- 10 N |
| I ₃ | DURO 1KG- 10 N |
| I ₄ | ----- |

Fuente: Guía EOTA

Para choques de conservación de las prestaciones

Tabla 21 ENERGÍA A UTILIZAR POR EL TIPO DE CHOQUE

| CLASE | CHOQUE A CONSIDERAR |
|----------------|---------------------|
| I ₂ | DURO 0.5KG- 6 N |
| I'₂ | DURO 0.5KG- 6 N |
| I ₃ | DURO 3KG- 10 N |
| I ₄ | DURO 0.5KG- 3 N |

Fuente: Guía EOTA

Según el tipo de choques de seguridad: De la tabla N°20, a I₂ le corresponde una energía de 10 N. con la billa de un kilogramo.

Según el tipo de choques de conservación de las prestaciones:
En la tabla N° 21 tenemos una energía de 6N con la billa de medio kilogramo.

➤ **Cálculo de las alturas según la energía utilizada :**

Para el cálculo de alturas se utilizó la siguiente ecuación:

Ecuación 8

Donde:

$$E = M \times h \times g$$

E: Energía de impacto

M: Masa de la Billa

H: altura de impacto

G: gravedad (9.81 Kg/s²)

Se obtuvo una altura de 0.97 m para la billa de un kilogramo y una altura de 1.27m para la billa de medio kilogramo, según la ecuación N°8.

e) Número de pruebas

- El ensayo consistió en dar cinco impactos aproximadamente en el mismo punto. (REPORT, 2003)
- El punto de impacto debe ser la zona más vulnerable del panel, es decir, el centro del panel en el caso de paneles que no contaban con refuerzo, para paneles con refuerzo se realizó en cualquier región del panel a una distancia de 25 mm del borde del panel.

f) Equipo requerido

- ✓ 01 billa de acero de diámetro de 63.5 mm. (±1) y masa de 1.030 g. (±40)
- ✓ 01 billa de acero de diámetro de 50 mm. (± 0.5) y masa de 514 g. (±19)
- ✓ 02 puntos de apoyo para sostener el panel.

- ✓ 01 regla metálica.
- ✓ 01 nivel de mano.

g) Procedimiento de la prueba

- ✓ Una vez concluido el armado del panel de totora (muestra a ensayar), se colocó en forma horizontal, encima de los 2 apoyos ubicados en los extremos de la muestra, como se observa en la Foto 22, manteniendo la región de relleno (totora) suspendida en el aire, con la finalidad de que la billa impactara a la k'esana y sea ésta la que soporte la energía de impacto y no los apoyos.

Foto 22 MUESTRA SIN REVESTIMIENTO SUSPENDIDA EN DOS APOYOS



- ✓ Se marcó en la pared las alturas requeridas según la energía de impacto calculada.

Foto 23 ALTURAS DE IMPACTO A LA QUE SE SOMETIO LA MUESTRA



- ✓ Para medir la deflexión de la k'esana, se utilizó una regla metálica, la cual se colocó en medio del panel (zona que sufre la mayor deflexión).

Foto 24 MEDIDA DE LA DEFLEXION DE LA K'ESANA DESPUES DEL IMPACTO



- ✓ Se dejaron caer verticalmente las billas de acero a la altura correspondiente, y con ayuda de un nivel de mano, se midió la deflexión en el medio del panel. Posteriormente se acomodó la k'esana en la posición inicial corrigiendo la deflexión generada por el impacto, para continuar con los siguientes impactos.

Foto 25 MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN DEL PANEL



Foto 26 CAÍDA DE LA BILLA DE 0.5 KG.



B.2. Impacto blando

En este ensayo se utilizó como referencia la Guía EOTA, la cual establece los métodos de ensayo para determinar el comportamiento y resistencia al impacto de paneles que constituyen segmentos de un muro en una construcción.

El ensayo es la simulación de la acción real de choque del hombro humano en movimiento, este estudio ha demostrado que, en ciertas circunstancias, el efecto de una carga estática aplicada a una obra

es la misma que la del choque blando, desde el momento que la energía de deformación bajo flexión es similar a la energía transmitida durante el choque. (REPORT, 2003)

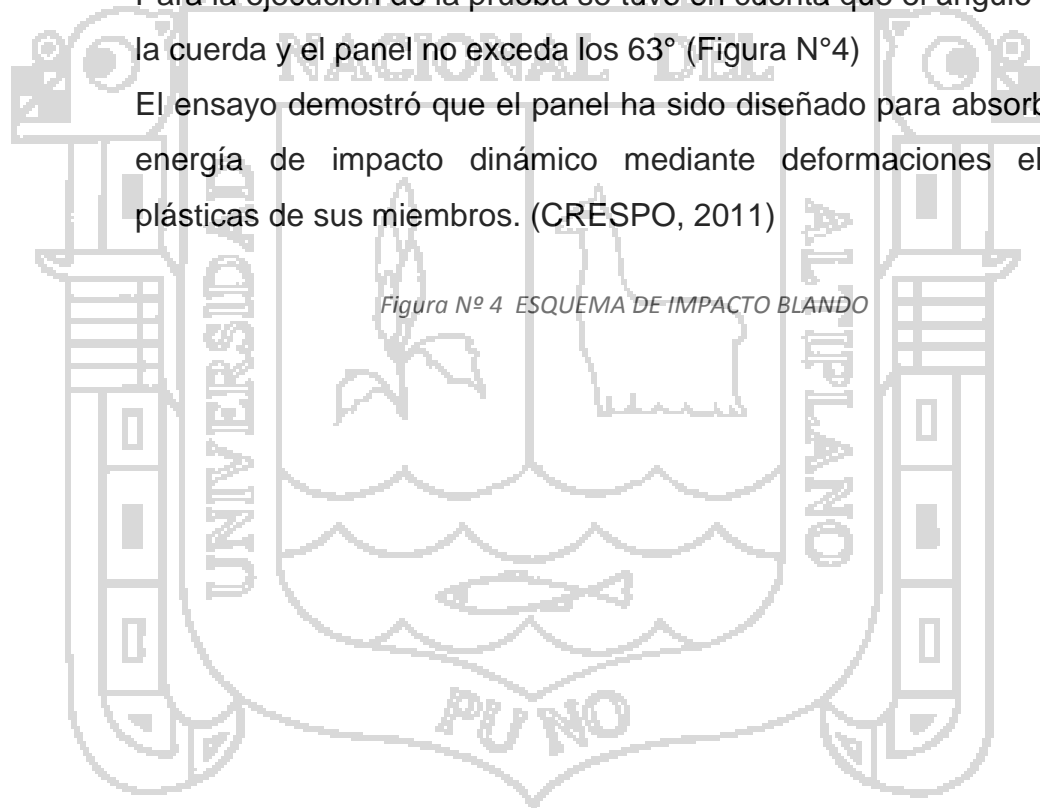
Dicho ensayo pretende reproducir condiciones de trabajo representativas de aquellas encontradas en servicio, para cuando se produce un impacto de un cuerpo pesado.

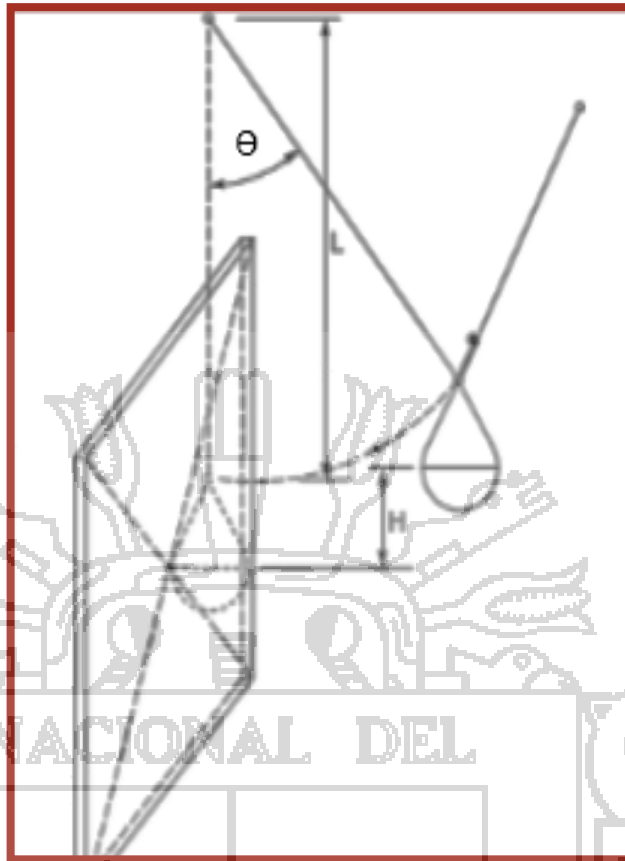
Sometiendo a los paneles de ensayo en posición vertical a los impactos con energías de 160 J, 320 J y 640 J, para las tabiquerías ecológicas no revestidas y revestidas con yeso; en el caso de las tabiquerías revestidas con mortero de cemento se utilizó las energías de 260 J, 320 J y 640 J, la verificación de este cálculo se encuentra ANEXO – RESISTENCIA AL IMPACTO BLANDO.

Para la ejecución de la prueba se tuvo en cuenta que el ángulo entre la cuerda y el panel no exceda los 63° (Figura N°4)

El ensayo demostró que el panel ha sido diseñado para absorber la energía de impacto dinámico mediante deformaciones elasto-plásticas de sus miembros. (CRESPO, 2011)

Figura N° 4 ESQUEMA DE IMPACTO BLANDO





Donde:

Θ = ángulo no mayor a 63° entre la cuerda y el panel

L= longitud de la cuerda

H= altura de impacto

a) Referencias del ensayo

Se tomó como principal referencia del ensayo la Guía de ensayo EOTA (European Organization for Technical Approvals) 003 ISO 7893 a continuación se nombran otras normas que también fueron de apoyo para el ensayo:

- ✓ Norma DIN 52337
- ✓ Norma Chilena 804.Of2003
- ✓ Norma UNI EN 13049

b) Aplicación del ensayo

Este ensayo se aplicó para medir la resistencia al impacto de diversos materiales como el vidrio, policarbonato y drywall.

c) Parámetros para el análisis

Según la Guía de ensayo EOTA 003 ISO 7893 tenemos la tabla 22, con la que se realizó el respectivo análisis de los resultados obtenidos en los ensayos.

Tabla 22 PARÁMETROS DE ANÁLISIS DE IMPACTO BLANDO

| | Denominación | Descripción |
|--------------------------|--------------------|---|
| SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN | Sin colapso | El resultado de la prueba es favorable cuando, el panel mantiene su integridad mecánica y todavía es capaz de llevar su propio peso en la posición de prueba. |
| | Sin penetración | El resultado de la prueba es favorable cuando después de la prueba, el impactador no ha atravesado el espécimen. |
| | Ninguna proyección | El resultado de la prueba es favorable cuando, después de la prueba, el impactador no ha creado piezas del panel (nucleo, cara refuerzo) para proyectar desde la cara del panel impactado al otro lado del espécimen, causando cortes superficies que puedan causar heridas por contacto. |
| FACILIDAD DE SERVICIO | Sin penetración | El resultado de la prueba es favorable cuando, después de la prueba no ha penetrado en la cara de la probeta del lado no impactado del espécimen. |
| | Sin degradación | El resultado de la prueba es favorable cuando, después de la prueba, no es visible depresiones, protuberancias o cualquier otro defecto en los materiales, que puedan influir. |

Fuente: Guía EOTA

d) Dimensionamiento de la prueba

A continuación realizaremos el dimensionamiento de energías base para el ensayo y se dará la explicación del cálculo de alturas, lo que respecta a la verificación de ángulos y detalles de la prueba está en ANEXO – IMPACTO BLANDO Según la guía de ensayo EOTA (European Organization for Technical Approvals), 003 ISO 7893 se hizo el dimensionamiento.

GRÁFICO 4: ETAPAS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA PRUEBA



➤ **Por el tipo de tabiquería:**

La tabiquería analizada es una tabiquería para uso interno, por lo cual según la Tabla 23 corresponde la tabiquería I₂.

Tabla 23- CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE TABIQUERÍA

| CLASE | DESCRIPCIÓN | EJEMPLO DE OBRA(*) |
|----------------|---|---|
| I ₂ | Accesible fácilmente al público o personas que no tiene que prestar atención. Riesgo de accidentes. | Parámetros de edificios públicos o zonas comunes de las viviendas, accesibles a personas que llevan con frecuencia objetos voluminosos, hasta 1.5 m sobre el nivel del suelo. |
| I ₂ | Por encima de la zona normal de choque de personas, pero expuesta a choques de objetos lanzados o proyectados | Obras en situaciones parecidas a las de la clase I ₂ de 1.5 a 6 m sobre el nivel del suelo. |
| I ₃ | Accesible principalmente a personas que tienen que prestar atención. | Parámetros de locales privados, hasta 1.5 m sobre el nivel del suelo. |

| | | |
|-------|--|--|
| I_4 | Por encima de la zona normal de choque de personas y no expuesta a los choques de objetos lanzados | Obras en la misma situación que las de la I'_2 a 6 m sobre el nivel del suelo. Obras en la misma situación que las de la clase I_2 a 1.5 m sobre el nivel del suelo. |
|-------|--|--|

Fuente: Guía EOTA

*La altura de 1.5 corresponde al nivel límite en el que se producen, en los edificios corrientes, las acciones de choques de personas con las energías establecidas.

➤ **Según el tipo de choques :**

Para choques de seguridad

Tabla 24 ENERGÍA A UTILIZAR POR EL TIPO DE CHOQUE

| CLASE | CHOQUE A CONSIDERAR |
|--------|---------------------|
| I_2 | BLANDO 50KG- 100 N |
| I'_2 | ----- |
| I_3 | BLANDO 50KG- 100 N |
| I_4 | ----- |

Fuente: Guía EOTA

Para choques de conservación de las prestaciones

Tabla 25 ENERGÍA A UTILIZAR POR EL TIPO DE CHOQUE

| CLASE | CHOQUE A CONSIDERAR |
|--------|---------------------|
| I_2 | ----- |
| I'_2 | BLANDO 3KG- 60N |
| I_3 | ----- |
| I_4 | BLANDO 50KG- 34N |

Fuente: Guía EOTA

Según el tipo de choques de seguridad: De la tabla 24 tenemos que a “ I_2 ” le corresponde una energía de 100 N. con una masa de 50kg.

Según el tipo de choques de conservación de las prestaciones:

De la tabla 25, "I₂", no presenta impacto alguno.

➤ Cálculo de la energía del ensayo

Para el cálculo de energía se utilizó la ecuación 9:

Ecuación 9

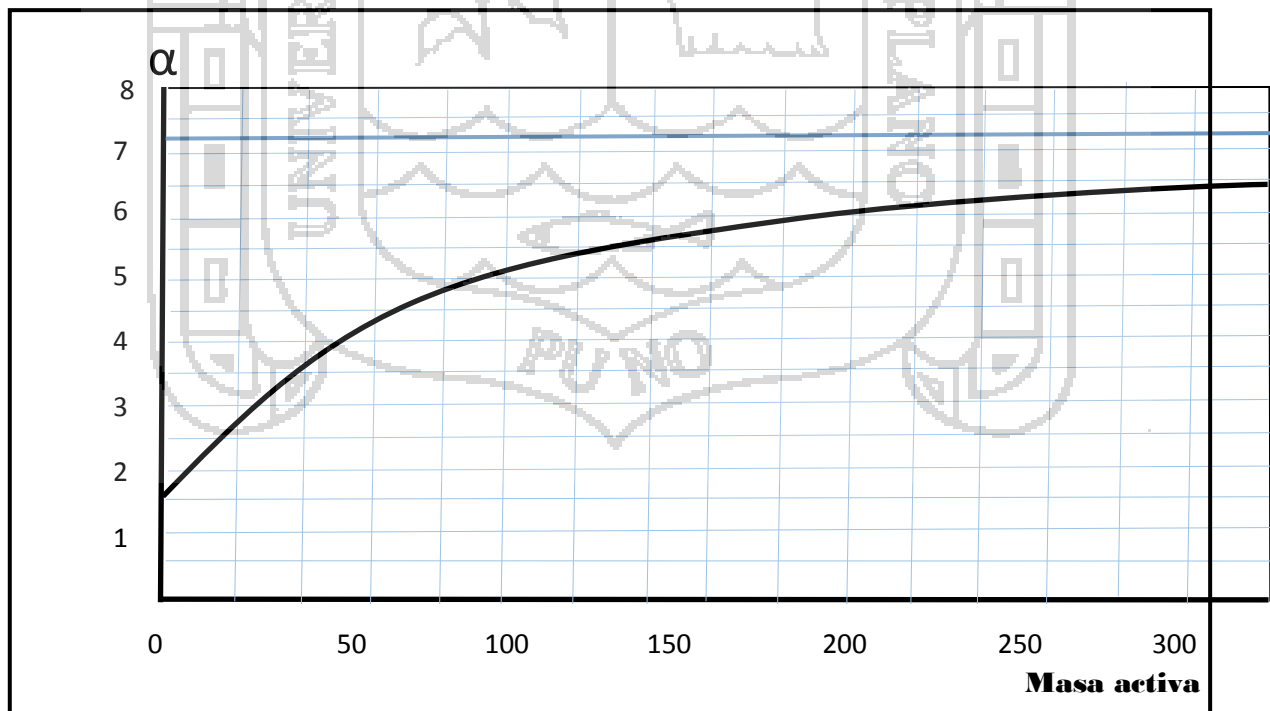
$$E_{\text{ensayo}} = E_{\text{tabla}} \times \alpha$$

La ecuación 9, nos dio la energía inicial, que es la energía que soportó la tabiquería para ser considerada apta, después del primer impacto se aumentó la energía de impacto.

Cálculo de α :

Para el cálculo de energía utilizaremos la Figura N° 5 el cual está en función de la masa activa.

Figura N° 5 CÁLCULO DE LA ENERGÍA PARA IMPACTO BLANDO



Fuente: Guía EOTA

➤ **Cálculo de α la masa activa**

Ecuación 10

$$m_a = \lambda * m_1$$

Donde:

m_a : masa activa de la probeta en kg.

m_1 : masa total de la probeta, en kg

λ : factor que toma los siguientes valores para un choque en medio del panel o de una viga.

Tabla 26 ENERGÍA A UTILIZAR POR EL TIPO DE CHOQUE

| CONDICIONES DE APOYO | λ |
|---|-----------|
| Vigas sobre dos apoyos | 0.50 |
| Panel cuadrado apoyado sobre los cuatro bordes | 0.20 |
| Panel cuadrado apoyado sobre cuatro esquinas. | 0.29 |
| Panel cuadrado en empotramiento en los cuatro bordes. | 0.12 |
| Secciones de panel apoyado sobre dos bordes expuestos*. | 0.50 |

*si el borde apoyado es más largo que el borde libre, sin embargo se deberá considerar, en lo que respecta a la masa total, al menos una sección cuadrada.

Fuente: Guía EOTA

➤ **Cálculo de las alturas según la energía utilizada :**

Para el cálculo de alturas utilizamos la ecuación 11.

Para las muestras de k'esana sin revestimiento se obtuvo una altura inicial (h) de 0.33 m; se detalla en el ANEXO- IMPACTO BLANDO.

Ecuación 11

$$E = M \times h \times g$$

Donde:

E: Energía del ensayo

M₁: masa total del impactador, en kg

g: gravedad (9.81kg/cm²)

Asimismo para las muestras con el primer revestimiento yeso, se determinó una altura de 0.33 m como altura inicial, 0.49 m como segunda altura y la tercera altura fue 0.65 m.

Para las muestras con el revestimiento de mortero, se obtuvieron las siguientes alturas: 0.53 m como altura inicial, 0.80 m. como segunda altura y la tercera altura fue 1.06m.

Para la ejecución de las alturas se tomó en cuenta que el ángulo α no exceda los 65°.

e) Número de pruebas

El ensayo consistió en dar cinco impactos aproximadamente en el mismo punto. (REPORT, 2003)

El punto de impacto debe ser la zona más vulnerable del panel, es decir, el centro del panel en el caso de paneles que no contaban con refuerzo, para paneles con refuerzo se realizó en cualquier región del panel a una distancia de 25 mm del borde del panel.

f) Equipo requerido

- ✓ Bolsa de 40 cm de diámetro rellena de arena, con un peso de 50kg.
- ✓ Estructura de soporte de perfil metálico de 3/8".
- ✓ Péndulo resistente (soporte de la bolsa).
- ✓ Flexómetro

g) Procedimiento

- ✓ Una vez concluido el armado de las muestras, se instaló la estructura de soporte fija a la superficie y se colocó una

muestra en posición vertical sobre la estructura mencionada como se muestra en la Foto 27.

- ✓ Se graduó la altura del péndulo según la altura calculada, el dimensionamiento de distancias y energías.

Foto 27 ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA ENSAYO

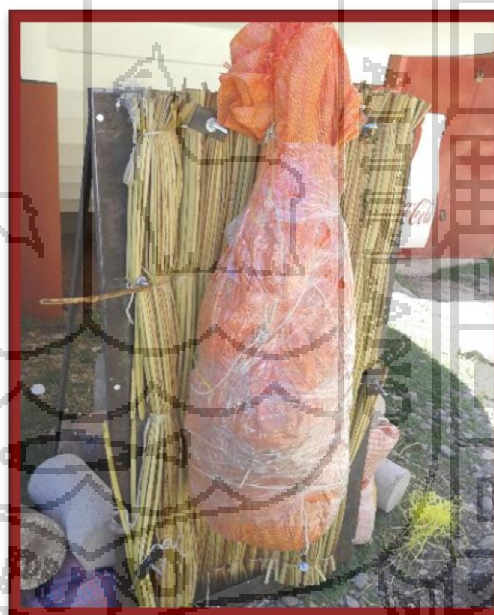


- ✓ Se soltó el saco desde la distancia establecida y se realizó una inspección ocular antes de seguir con la siguiente energía.

Foto 28 VISTA ANTES DEL IMPACTO



Foto 29 VISTA DURANTE DEL IMPACTO



Este procedimiento descrito se realizó con muestras de k'esana de 4 hiladas, 5 hiladas y 6 hiladas, con la finalidad de determinar la cantidad de hiladas horizontales que debe tener la k'esana para que la tabiquería ecológica tenga un buen comportamiento ante los impactos.

Además se ensayaron muestras con el revestimiento 1: yeso, y muestras con el revestimiento 2: mortero; y todos los ensayos se realizaron hasta que la muestra fallara.

B.3. Aislamiento acústico

El coeficiente de absorción acústica de un material depende de la naturaleza del mismo, de la frecuencia de la onda sonora y del ángulo con que incide la onda sobre la superficie. Como el coeficiente de absorción varía con la frecuencia, se suelen dar los mismos a las frecuencias de 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000Hz (según Norma UNE 74041-80 **Medida de Coeficientes de Absorción en Cámara Reverberante**, equivalente a la ISO 354-1963).

La metodología que se utilizó para obtener los coeficientes de aislamiento acústico (STC y NCR) de la tabiquería ecológica con los revestimientos estudiados, se muestra en el gráfico siguiente:

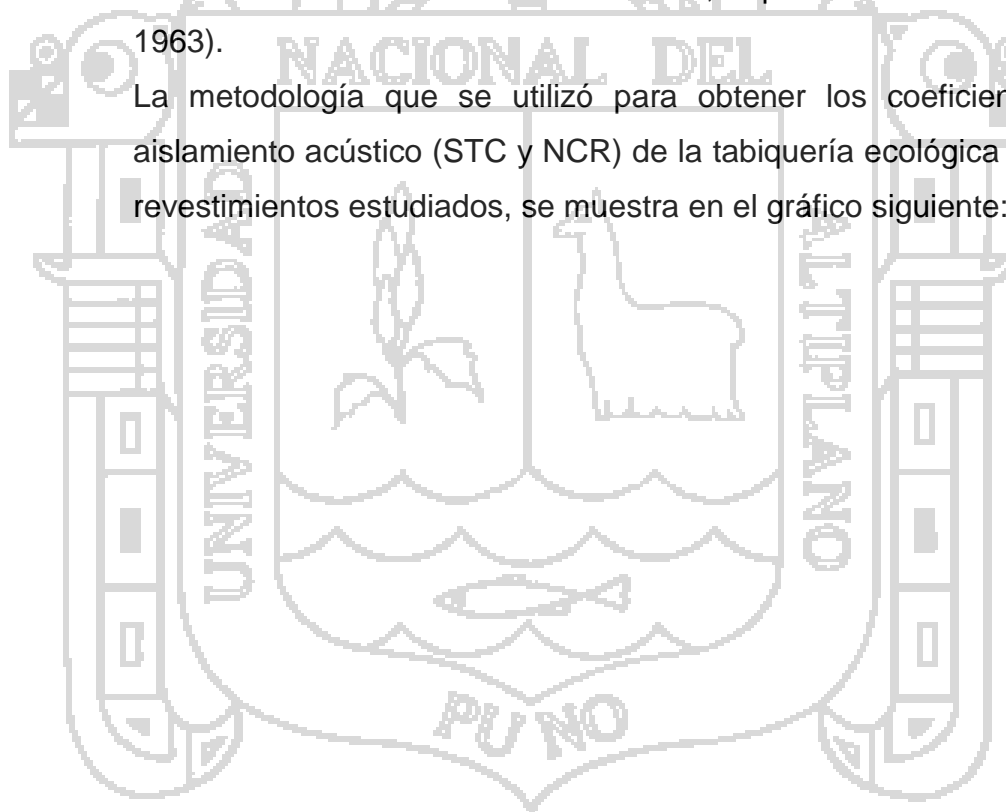
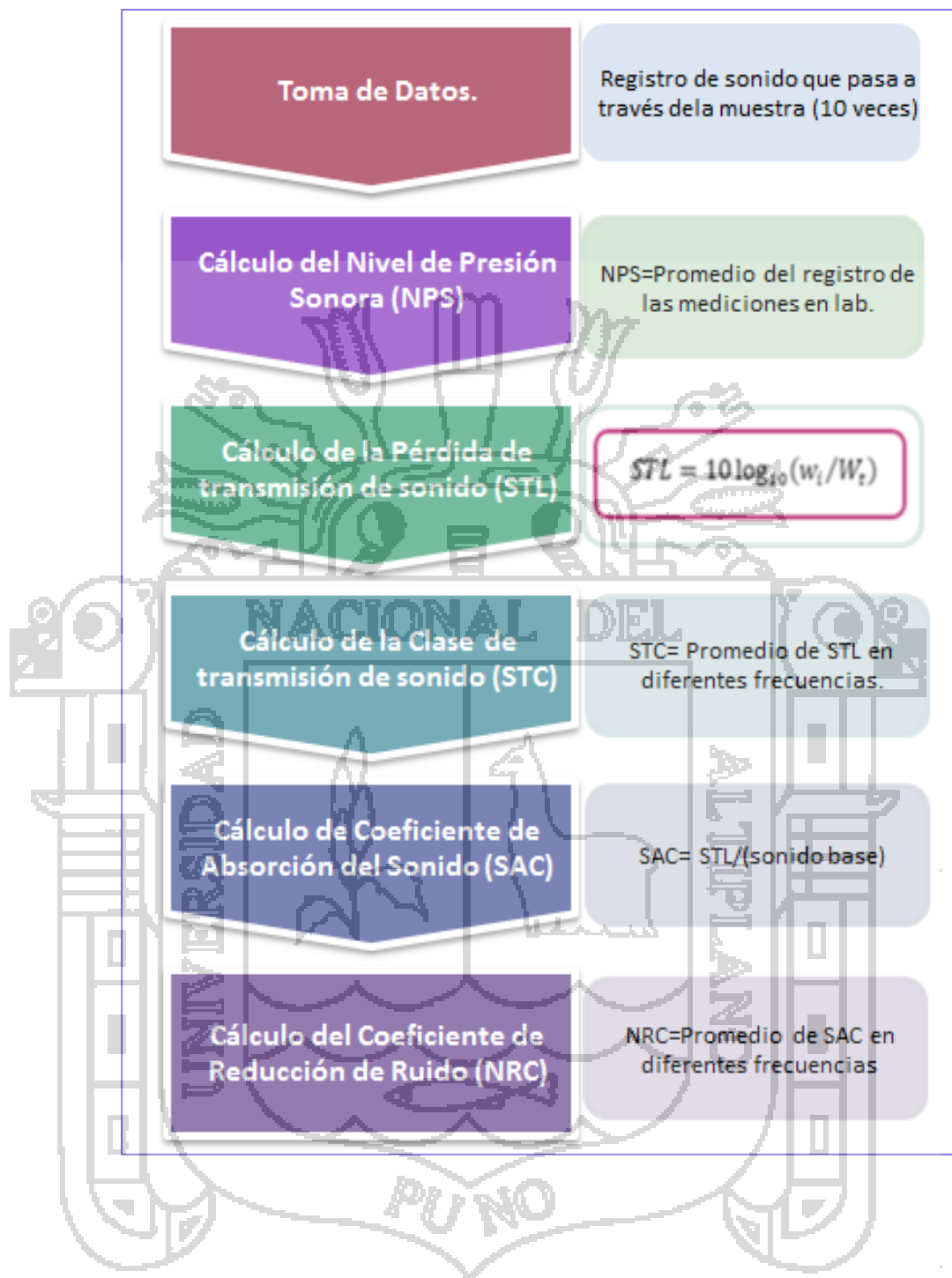


GRÁFICO 5: PROCESO PARA EL CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE AISLAMIENTO ACÚSTICO



a) Referencias del ensayo

Para realizar este ensayo se tomó como referencia el ensayo realizado por Salazar, E.; Cabrera, C.; en su investigación: “CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE RUIDO (NRC), DE MATERIALES, UTILIZANDO UNA CÁMARA DE INSONORIZACIÓN” de la Universidad Tecnológica de Pereira,

Risaralda, Colombia para realizar ensayos de muestras en laboratorio.

b) Aplicación del ensayo

Este ensayo se aplicó para determinar las propiedades de atenuación de ruido que posee cualquier tipo de material, para utilizarlo como aislante acústico.

c) Parámetros para el análisis

Los coeficientes de aislamiento acústico STC y NRC obtenidos, se analizaron utilizando los siguientes parámetros:

La Clase de Transmisión Sonora (STC), indica las pérdidas de transmisión de frecuencias de prueba determinadas, a mayor STC, se tiene un mejor aislamiento acústico. (RNE, 2014).

La Clase de transmisión sonora nos permitirá evaluar la calidad de la aislación sonora que ofrece un tabique, si STC es menor a 25, la voz normal se entiende perfectamente y si el valor es mayor a 45 la voz alta casi no se percibe (Igua Porras, 2005).

Además se utilizó la tabla 27, que muestra los niveles recomendados de ruido interior en ambientes determinados.

Tabla 27 NIVELES RECOMENDADOS DE RUIDO INTERIOR

| DESTINO / ACTIVIDAD | NIVEL MÁXIMO DE RUIDO |
|-------------------------|-----------------------|
| Dormitorios | 30 a 40 (dB) |
| Bibliotecas silenciosas | 35 a 40 (dB) |
| Sala estar | 40 a 45 (dB) |
| Oficinas privadas | 40 a 45 (dB) |
| Aula de escuela | 40 a 45 (dB) |
| Oficinas generales | 45 a 50 (dB) |

FUENTE: RNE, 2014

Con lo referente al Coeficiente de Reducción de Ruido (NRC) se hizo una comparación con materiales conocidos, como muestra la tabla 28.

Tabla 28 COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE RUIDO DE OTROS MATERIALES

| MATERIAL | ESPESOR (mm) | Frecuencias (Hz) | | | | | NRC |
|----------------|-----------------|------------------|------|------|------|------|------|
| | | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | |
| Lana de vidrio | 20 | 0.64 | 0.61 | 0.81 | 0.60 | 0.39 | 0.61 |
| Ladrillo | 160 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.07 | 0.04 |
| Placa de yeso | 0.29 | 0.10 | 0.05 | 0.04 | 0.07 | 0.09 | 0.07 |
| Madera | 10 | 0.22 | 0.17 | 0.09 | 0.10 | 0.11 | 0.14 |

d) **Equipo requerido**

- ✓ Cámara de insonorización, 0.45m x 0.45m x 1.00m.
- ✓ Decibelímetro, en rango de 30-90 dB con ponderación "A" y tiempo de respuesta lento.
- ✓ Amplificador.
- ✓ Computadora portátil.

Foto 30 CÁMARA INSONORIZANTE



Foto 31 VISTA DEL DECIBELÍMETRO



e) Número de pruebas

Se realizaron 10 mediciones en cada una de las frecuencias de 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000Hz.

f) Procedimiento

- ✓ Para la prueba se prepararon muestras pequeñas acorde al equipo de insonorización, mediante un mecanismo de sujeción

con tornillos se dio el ajuste necesario a la muestra para que quedara firmemente en la parte superior de la cámara insonorizante, y con ello se garantizase el mayor aislamiento posible entre los elementos.

Foto 32 AJUSTE DE MUESTRA EN LA CAMARA INSONORIZANTE



- ✓ Se instaló el decibelímetro a 0.30m de la tapa de la cámara de insonorización.

Foto 33 DISTANCIA REQUERIDA DEL DECIBELÍMETRO



- ✓ Se conectó el amplificador a la computadora portátil y se procedió a emitir el sonido en diferentes frecuencias, tomando un registro de datos 15 veces por frecuencia.
- ✓ Este ensayo se realizó los días feriados para obtener un registro de datos con mayor precisión.

Foto 34 EMISIÓN DE SONIDOS DESDE EL COMPUTADOR PORTATIL



g) Datos a registrar

Primeramente se recolectaron los datos del ruido de fondo de cada muestra a ensayar, para la obtención del promedio total del valor del ruido de fondo. Y luego en cada una de las frecuencias 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000Hz.

h) Cálculo y expresión de resultados

➤ Cálculo del Nivel de Presión Sonora(NPS) por material

Nivel de Presión Sonora: Se define como la media aritmética de los coeficientes de absorción, correspondientes a las bandas centradas en 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz y 2 kHz. (Carrión, 1998).

➤ Cálculo de la pérdida de transmisión de sonido STL y de la clase de transmisión de sonido STC

STL: (*Sound Transmission Loss*) es la **Perdida de Transmisión de Sonido**, viene a ser la diferencia entre la intensidad de la fuente sonora y el ruido transmitido después de la muestra, este se representa por medio de valores numéricos determinados por las diferentes materiales en cada una de las frecuencias.

La fórmula para su aplicación en la siguiente:

Ecuación 12

$$STL = 10 \log_{10}(w_i/W_t)$$

Donde:

*STL: Índice de reducción de sonido en dB(A)**W_i: Potencia del sonido incidente en la muestra**W_t: Potencia del sonido transmitido por la pared*

Clase de Transmisión de Sonido (STC, Sound Transmission Class) es la **Clase de Transmisión de Sonido**, es la clasificación numérica en decibeles basada en las medidas de pérdida de transmisión de una división entre salones encerrados adyacentes. (IGUA PORRAS, 2005)

Se obtiene del promedio de los valores STL de cada material. Indica la reducción del sonido interno.

➤ *Cálculo del coeficiente de reducción de ruido NRC (nivel de reducción de sonido)*

SAC: (Sound Absorption Coefficient), es el *Coeficiente de Absorción de Sonido*, definido como el porcentaje de energía acústica absorbida por cada material en cada una de las frecuencias.

NCR: (Noise Reduction Coefficient), es el *Coeficiente de Reducción de Sonido*, clasificación numérica individual en decibeles que se obtiene con promedio aritmético de la absorción (SAC), de cada material, medido en cada una de las frecuencias. (Igua Porras, 2005).

Los cálculos de los coeficientes de aislamiento acústico y los datos tomados del ensayo se muestran en ANEXO - AISLAMIENTO ACÚSTICO.

En la tabla 29, se muestran valores de niveles típicos de sonido de varias fuentes de ruido y ambientes.

Tabla 29: NIVELES TÍPICOS DE SONIDO DE VARIOS ORÍGENES DE RUIDO Y AMBIENTES

| ORIGEN DE MEDIO AMBIENTE | dB | PERCEPCIÓN DEL OYENTE |
|---|-----|-----------------------|
| Avión Jet al despegar | 120 | Comienzo del dolor |
| Fábrica de calderas | 110 | Ensofecedor |
| Fábrica ruidosa, ruido alto en la calle | 90 | Muy alto, ruidoso |
| Oficina ruidosa, fábrica término medio. | 70 | Alto |
| Oficina común, casa ruidosa | 50 | Moderada |
| Oficina privada, conversación libre | 30 | Tenue, débil |
| Murmullos | 10 | Muy tenue |

B.4. Aislamiento térmico

El propósito de este ensayo fue conocer el coeficiente de conductividad térmica de la totora (espesor 5cm) y las propiedades térmicas de la tabiquería propuesta con sus diferentes espesores de revestimiento.

El método de ensayo utilizado consiste básicamente en estimar la conductividad térmica la cual depende de la medición del flujo de calor que pasa a través de la muestra, la diferencia de temperatura entre las dos caras y el espesor de la muestra. La cantidad de calor que pasa a través de la muestra se determina por la cantidad de hielo derretido por el flujo de calor que logra traspasarla por unidad de tiempo.

a) Referencias del ensayo

Guía de Laboratorio de Fluidos y Calor, Conducción de calor, Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería.

b) Aplicación del ensayo

El ensayo es aplicable a cualquier tipo de material, se han realizado en materiales como vidrio, madera, yeso entre otros.

c) Parámetros para el análisis

- En el RNE Norma A.020, Capítulo III, características de las viviendas, artículo 18, indica: “De preferencia el aislamiento térmico de transmisión térmica K del cerramiento no será superior a $1.20 \text{ w/m}^2\text{°C}$ ”.
- **GRADOS DE AISLAMIENTO:** La cantidad de aislamiento térmico que requiere una edificación está dada en función de las características climáticas de su ubicación geográfica.

En climas fríos, con temperaturas diurnas que alcanzan algunos grados por encima de 18° durante varias horas del día, requieren aislamiento adicional para aumentar el grado de protección de sus componentes (pisos, muros exteriores y techos) para obtener valores “Ü” entre 2.0 y $1.0 \text{ w/m}^2\text{°C}$. (JUNTA DE ACUERDO CARTAGENA, 2000).

- El coeficiente de conductividad térmica “ λ ” de la totora, se comparará con los valores de la tabla 30.

Tabla 30 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE ALGUNOS MATERIALES

| MATERIAL | CONDUCTIVIDAD TÉRMICA $\text{W/m}^2\text{°K}$ |
|-----------------|--|
| Adobe | 1.10 |
| Ladrillo | 0.93 |
| Poliestileno | 0.03 |
| Fibra de vidrio | 0.03 |
| madera | 0.15 |
| plomo | 40.71 |
| vidrio | 0.7 |

FUENTE: Manual de Diseño para maderas del grupo Andino, PADT-REFORT

d) Equipo requerido

- ✓ Generador de vapor.
- ✓ Higrómetro -Termómetro.
- ✓ Balanza con exactitud de 0.01 g.
- ✓ Cronómetro.

e) Número de pruebas

Se realizaron tres muestras en cada una se tomaron siete mediciones para obtener el coeficiente conductividad térmica.

f) Procedimiento del Ensayo

- ✓ Se puso agua en el generador de vapor (vaporera) hasta alcanzar el 50% del volumen del recipiente, y se esperó hasta que se generase vapor.

Foto 35 CALENTAMIENTO DEL AGUA EN EL GENERADOR DE VAPOR



- ✓ Se midió el espesor de la muestra, y luego se colocó encima del generador de vapor.

Foto 36 INSTALACIÓN DE LA MUESTRA SOBRE EL GENERADOR DE VAPOR



- ✓ Se midió las dimensiones del recipiente que contiene el hielo y se calculó el área de sección transversal del hielo.

Foto 37 PESO DEL HIELO ANTES DEL INICIO DE PRUEBA



- ✓ Se ubicó el termómetro sobre la cara superior de la muestra y se esperó hasta que la temperatura se estabilice.

Foto 38 TEMPERATURA AMBIENTAL Y TEMPERATURA DE LA MUESTRA



- ✓ Se situó el hielo en la bandeja de aluminio y se colocó encima de la muestra.

Foto 39 INICIO DEL ENSAYO



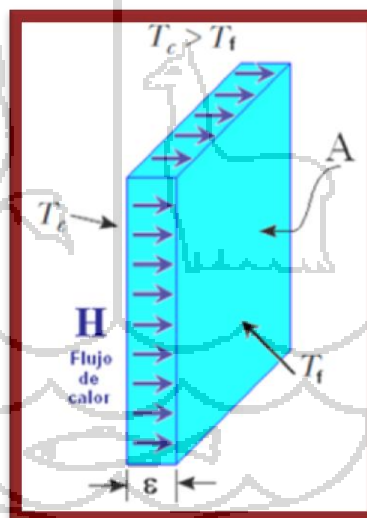
- ✓ Se registraron los datos de la masa de hielo derretido cada 5 minutos, en un periodo de veinticinco minutos, procurando que en cada recolección la masa fuese medida en la balanza, anotando el valor obtenido y el tiempo transcurrido.
- ✓ Al finalizar el ensayo, se volvió a medir el área de hielo dentro del recipiente y se tomó el área promedio para los cálculos.

g) Cálculo y expresión para los resultados

❖ Calculo del Coeficiente de conductividad térmica .

Con la ley de Fourier (ecuación 13) se calculó la conductividad térmica del material. Ver ANEXO – AISLAMIENTO TÉRMICO

Figura Nº 6 LEY DE FOURIER



Ecuación 13

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = k * A * \frac{T_c - T_f}{\epsilon}$$

Donde

ΔQ : Calor transferido en el intervalo de tiempo Δt

T_c : Temperatura del lado caliente

T_f : Temperatura del lado frío

A : Área transversal

ε : Espesor de la lámina

k : Constante de conductividad térmica

❖ **Calculo de la Resistencia térmica “R”.**

Para el cálculo se utilizó la siguiente formula:

Ecuación 14

$$R = \frac{e (m)}{\lambda \left(\frac{W}{m \cdot ^\circ K}\right)}$$

Donde:

R : Resistencia térmica

e : espesor de la capa

λ : Conductividad térmica

Resistencia térmica total de un elemento con diferentes capas:

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

❖ **Cálculo de la transmitancia térmica “U” (W/m²K)**

Se obtuvo con la siguiente formula:

Ecuación 15

$$U = \frac{1}{R_T \left(\frac{m^2 K}{W}\right)}$$

Donde:

U : Transmitancia térmica

R_T : Resistencia térmica total

Cuanto menor es su valor, mejor es el comportamiento del aislante térmico. (IVE, 2011)

B.5. Resistencia al fuego

La finalidad de este ensayo fue medir y describir la respuesta de los paneles, ante la exposición al calor y las llamas en condiciones reales controladas de incendio.

La resistencia al fuego tiene como intención registrar el rendimiento comparativo de las condiciones de la prueba de fuego específicas durante el periodo de una hora o hasta que el panel falló (presencia de quemaduras en la cara no expuesta) y no deben ser interpretados como haber determinado la idoneidad para su uso en otras condiciones. (NORMA ASTM E 119, s.f.)

a) Referencias del ensayo

Se tomó como principal referencia del ensayo la norma DIN 4102 y la norma ASTM E 119; a continuación se nombran otras normas que también fueron de apoyo para el ensayo.

- ✓ Norma ISO 11925-2
- ✓ Norma EN 13501 -1
- ✓ Norma NF P92-507
- ✓ Norma BS 476-6
- ✓ Norma NCH 935

b) Aplicación del ensayo

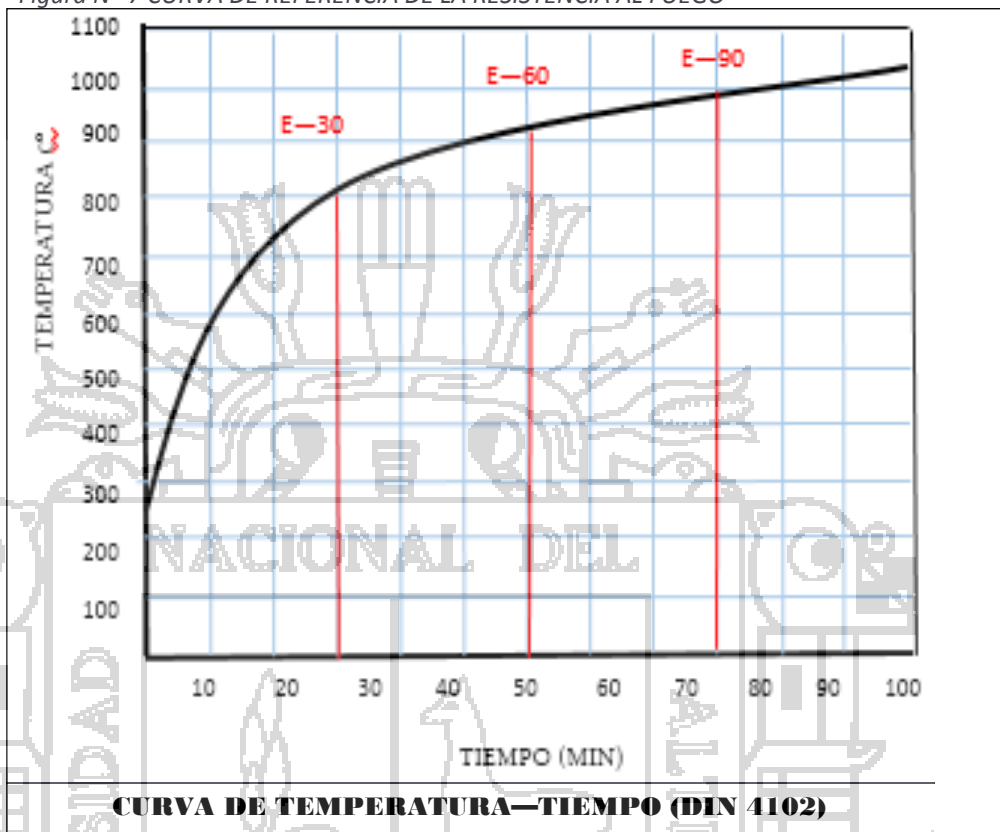
Este ensayo se ha aplicado para medir la resistencia al fuego de diversos materiales como tabiquería, paneles, estructuras y cualquier material que puede ser propenso a incendio.

c) Parámetros para el análisis

Para el ensayo se tomó como referencia la norma DIN 4102 a la que corresponde la figura N°8, que nos servirá de referencia para nuestra investigación, así mismo se consideró que el ensayo original de según la norma DIN 5102 se realiza en un horno a altas temperaturas el cual lo reemplazamos por un soplete a gas

generando temperatura puntual, por lo que se a concluir el ensayo se analizó el radio de quemadura en el panel.

Figura N° 7 CURVA DE REFERENCIA DE LA RESISTENCIA AL FUEGO



d) Equipo requerido

- ✓ Soplete a gas
- ✓ Pirómetro
- ✓ Un balón de gas
- ✓ Un flexómetro
- ✓ Cronómetro o temporizador.

e) Tiempo de la prueba

Se sometió el panel a fuego constante por un tiempo mínimo de sesenta minutos, o hasta que la cara no expuesta del panel presentó fisuras o cambio de color.

f) Procedimiento

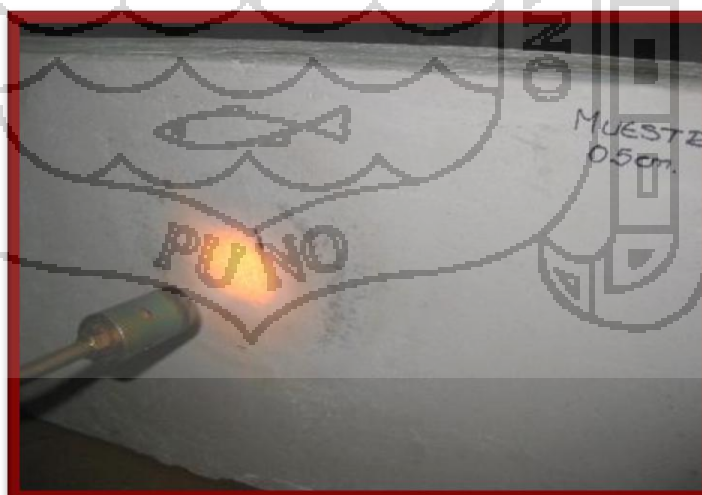
- ✓ Una vez concluido el armado del panel de totora (muestra a ensayar), se colocó verticalmente frente al soplete a una distancia de 15 centímetros, antes de encender la llama de fuego, se registraron las temperaturas iniciales de ambas caras del mismo.

Foto 40 INICIO DE LA PRUEBA



- ✓ Se sometió el panel a fuego puntual en el punto medio de este, midiendo cada 10 minutos con el pirómetro el calor que se produjo en el panel tanto en la cara expuesta como la no expuesta.

Foto 41 VISTA DE LA PRUEBA A LOS DIEZ MINUTOS



- ✓ El ensayo culminó a los sesenta minutos o de ser el caso cuando la cara no expuesta al fuego, presentó fisuras o daños por la

exposición al fuego; al concluir la prueba se verificó el radio que afectó el fuego como las capas que fueron dañadas del panel.

Foto 42 FISURAS PRODUCIDAS POR EL FUEGO EN LA MUESTRA DE YESO



Foto 43 MUESTRA CON REVESTIMIENTO DE YESO AL FINALIZAR EL ENSAYO



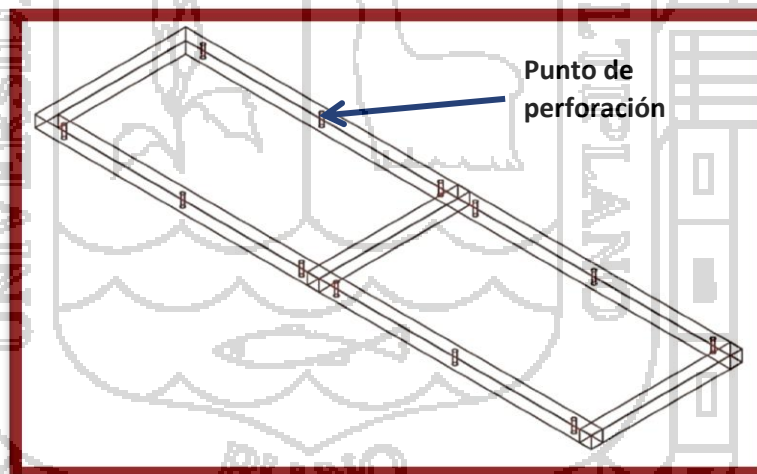
3.2.5. PROCESO CONSTRUCTIVO

El procedimiento para la construcción de la tabiquería ecológica a base de totora con revestimiento es el siguiente:

A. Armado de la estructura de madera:

- **Trazado:** se traza la posición exacta donde se fijará la viga solera superior e inferior, con nivel de mano, cordel y plomada.
- **Preparación de piezas de madera:** Se preparan las vigas, los pies derechos y travesaños, aplicar dos capas de pintura impermeabilizante o emulsión asfáltica.
- **Instalación de la viga solera:** Las piezas de la estructura en el piso y el techo y se anclan con clavos de fijación o tornillos y tarugos (3”).
- **Instalación de pies derechos:** Se ensamblan los pies derechos en la viga solera cada 60 cm. entre el eje de cada pie derecho, con tornillos o clavos de 3”.
- **Instalación de travesaños:** Con clavos o tornillos.
- **Perforación con taladro de las piezas de la estructura:** en los puntos que se muestra en la Figura N°8

Figura N° 8 PUNTOS DE PERFORACIÓN EN LA ESTRUCTURA DE MADERA



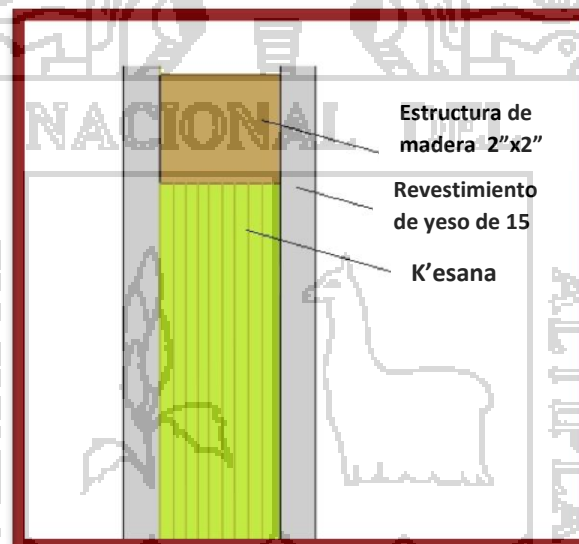
B. Relleno la estructura con piezas de k'esana

Se introduce las piezas de K'esana en el interior de la estructura de madera, de forma manual, en caso de que la K'esana tenga mayor dimensión, se debe cortar el excedente con un cuchillo, hasta que la K'esana encaje correctamente.

Foto 44 CORTE DE LA K'ESANA



Figura N° 9 VISTA DE PERFIL DEL TABIQUE ECOLÓGICO



C. Tensado de los hilos

Se sujeta la k'esana a la estructura de madera con los hilos tensores, atravesando los agujeros que se hicieron en la estructura de madera (Figura N°8) Por los 6 puntos distribuidos equidistantemente en cada pie derecho. Y debe quedar como muestra la Foto 47

Foto 45 TENSADO DEL PANEL



D. Aplicar el revestimiento

- ✓ Preparar de la mezcla de del revestimiento y aplicarla sobre la superficie de la k'esana y posterior mente dejar fraguar.

Foto 46 MEZCLA DE MORTERO



Foto 47 MUESTRA TERMINADA



3.2.6. ANÁLISIS DE COSTOS

Se realizó el análisis de costos de las diferentes tabiquerías que se utilizan actualmente en la ciudad de Puno, como son: adobe, ladrillo y drywall- yeso, con la intención de comparar los costos con la propuesta de tabiquería ecológica.

A continuación se nombran los rendimientos de mano de obra utilizados en el análisis.

A. Tabiquería de adobe:

Muro de adobe de sogá con un espesor de 40 cm. y revestimiento de yeso de 1.00 cm.

- **RENDIMIENTO M.O:**

Muro: 13 m²/día,

Revestimiento yeso: 20 m²/día. (CAPECO, 2003)

B. Tabiquería de ladrillo:

Muro de sogá con revestimiento de 1.00 cm de espesor.

- **RENDIMIENTO:**

Muro: 10.5 m²/día,

Revestimiento Yeso: 20 m²/día.

Revestimiento Mortero: 10 m²/día. (CAPECO, 2003)

C. Tabiquería de drywall- yeso:

Muro de drywall, con planchas de cartón-yeso.

- **RENDIMIENTO M.O:** 14 m²/día

D. Tabiquería ecológica:

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO M.O. PARA UN PANEL

| | | | | |
|----------------------------------|-----------|-----------------|-------------------------|---------------------|
| PANEL | 0.62X1.20 | | | |
| ÁREA DE PANEL | 0.744 M2 | | | |
| | | Personal | Tiempo Requerido | |
| 1 Armado de estructura de madera | | 2 peones | 3 min | |
| 2 Rellenado de panel con k'esana | | 2 peones | 5 min | |
| 3 Tensado de panel | | 2 peones | 20 min | |
| | | TOTAL | 28 min | = 0.47 HORAS |
| RENDIMIENTO POR DIA | 8H | | 12.75 M2/DIA | |



CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA TOTORA

4.1.1. DENSIDAD

Tabla 31 ENSAYO DE DENSIDAD DE LA TOTORA

| MUESTRA | MASA SECA (g) | VOLUMEN (cm ³) | DENSIDAD (g/cm ³) |
|-----------------|---------------|----------------------------|-------------------------------|
| 1 | 1.1854 | 0.80 | 1.482 |
| 2 | 1.0358 | 0.65 | 1.594 |
| 3 | 1.1785 | 0.75 | 1.571 |
| 4 | 1.1601 | 0.75 | 1.547 |
| 5 | 1.0169 | 0.65 | 1.564 |
| 6 | 1.3255 | 0.88 | 1.506 |
| 7 | 1.1305 | 0.75 | 1.507 |
| 8 | 1.1899 | 0.80 | 1.487 |
| 9 | 1.2089 | 0.80 | 1.511 |
| 10 | 1.2042 | 0.80 | 1.505 |
| PROMEDIO | | | 1.528 |

FUENTE: Elaboración propia

La tabla 31, muestra los resultados obtenidos en el ensayo de densidad. La densidad promedio de la totora es 1.528 g/cm³.

Según (Castillo & Costa, 2012), la densidad los materiales absorbentes acústicos varía de 40 a 100kg/m³, y la de los materiales aislantes acústicos es mayor a 100kg/m³, la densidad de la totora en estas unidades es 1528 kg/m³, se concluye que la totora es un material aislante acústico.

4.1.2. POROSIDAD

Tabla 32 ENSAYO DE POROSIDAD DE LA TOTORA

| MUESTRA | DENSIDAD SECA (Kg/m3) | DENSIDAD DEL AGUA (Kg/m3) | POROSIDAD (%) |
|-----------------|-----------------------|---------------------------|---------------|
| 1 | 1481.75 | 1000 | 99.954 |
| 2 | 1593.54 | 1000 | 99.961 |
| 3 | 1571.33 | 1000 | 99.960 |
| 4 | 1546.80 | 1000 | 99.959 |
| 5 | 1564.46 | 1000 | 99.959 |
| 6 | 1506.25 | 1000 | 99.956 |
| 7 | 1507.33 | 1000 | 99.956 |
| 8 | 1487.38 | 1000 | 99.955 |
| 9 | 1511.13 | 1000 | 99.956 |
| 10 | 1505.25 | 1000 | 99.956 |
| PROMEDIO | | | 99.957 |

FUENTE: Elaboración Propia

La tabla 32, muestra los resultados obtenidos del ensayo de porosidad, y la porosidad promedio de la totora es 99.957%.

Según la Tabla 17: POROSIDAD TÍPICA DE ALGUNOS MATERIALES, nos indica que la totora presenta una cantidad significativa de poros en su estructura interna es equivalente a la lana mineral, por lo que tiene un buen comportamiento acústico.

En la Foto 48, se puede apreciar los numerosos poros que presenta la totora en un corte transversal vista desde el microscopio.

Foto 48 VISTA MICROSCOPICA DE LA TOTORA



4.1.3. CONTENIDO DE HUMEDAD:

Tabla 33 ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA TOTORA

| MUESTRA | PESO INICIAL | PESO FINAL | CONTENIDO DE |
|---------|--------------|------------|--------------|
|---------|--------------|------------|--------------|

| | (g) | (g) | HUMEDAD (%) |
|-----------------|--------|--------|--------------|
| 1 | 1.0169 | 0.9431 | 7.825 |
| 2 | 1.0223 | 0.9502 | 7.588 |
| 3 | 1.1208 | 1.0463 | 7.120 |
| 4 | 1.0056 | 0.9375 | 7.264 |
| 5 | 1.8633 | 1.7325 | 7.550 |
| 6 | 1.0025 | 0.9326 | 7.495 |
| 7 | 1.102 | 1.0245 | 7.565 |
| 8 | 1.089 | 1.013 | 7.502 |
| 9 | 1.5668 | 1.4585 | 7.425 |
| 10 | 1.6533 | 1.5395 | 7.392 |
| PROMEDIO | | | 7.473 |

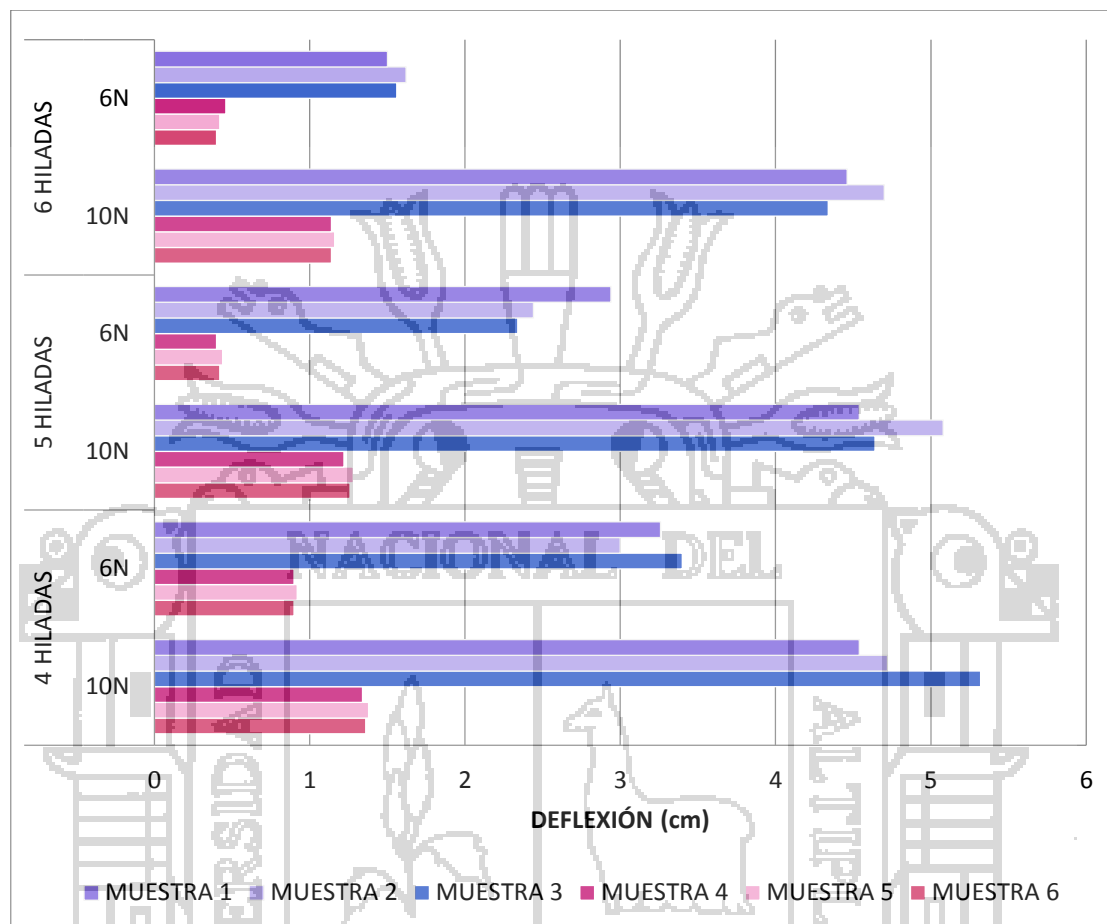
FUENTE: Elaboración propia

Los resultados del ensayo de contenido de humedad se muestran en la tabla 33. Se obtuvo que el contenido de humedad promedio de la Totora que se utiliza en la fabricación de k'esanas es: 7.47%.

4.2. ENSAYOS A LA TABIQUERÍA ECOLÓGICA

4.2.1. IMPACTO DURO

GRÁFICO 6 DEFLEXIÓN PRESENTADA CON ENERGÍAS DE 6N Y 10N



En el GRÁFICO 6, se muestran los resultados del ensayo de impacto duro que se realizó dos veces, 1^{er} ensayo (barras de color morado) y 2^{do} ensayo (barras de color fucsia), y se observa la deflexión que presentaron las muestras (muestra 1, muestra 2 y muestra 3) de k'esana con cuatro, cinco y seis hiladas, ante el ensayo de impacto duro realizado con 2 energías 6N y 10N.

En el 1^{er} ensayo se verificó que la distribución de los hilos tensores no fue muy adecuado, ya que presentó fallas por facilidad de servicio como muestra la tabla N°39, y se realizó un 2^{do} ensayo, con otras muestras (muestra 4, muestra 5, muestra 6) corrigiendo la deficiencia del primero.

Siendo la mejor distribución de hilos tensores la realizada en el segundo ensayo, la cual se detalla en el proceso constructivo de la tabiquería.

Foto 49 VISTA DE FRENTE DE LA PRIMERA DISTRIBUCIÓN DE HILOS TENSORES



Foto 50 VISTA DE PLANTA DE LA SEGUNDA DISTRIBUCIÓN DE HILOS TENSORES



La Tabla 34, muestra un resumen la deflexión promedio de 5 impactos realizados a la misma muestra con la primera distribución de hilos tensores, los datos registrados en el ensayo se encuentran en el ANEXO – RESISTENCIA AL IMPACTO DURO.

Tabla 34 PRIMER ENSAYO IMPACTO DURO: PRIMERA DISTRIBUCIÓN DE HILOS TENSORES

| HILDAS | ENERGÍA: 10N, ALTURA DE IMPACTO h=0.97 m | | ENERGÍA DE IMPACTO: 6N ALTURA DE IMPACTO h=1.27 m | |
|--------|---|--|--|--|
| | FOTO INICIAL | DEFLEXION (cm) FOTO FINAL | FOTO INICIAL | DEFLEXION (cm) FOTO FINAL |
| 4 | | $M_1=1.34$ $M_2=1.38$ $M_3=1.36$ | | $M_1=0.90$ $M_2=0.92$ $M_3=0.90$ |
| 5 | | $M_1=1.22$ $M_2=1.28$ $M_3=1.26$ | | $M_1=0.40$ $M_2=0.44$ $M_3=0.42$ |
| 6 | | $M_1=1.14$ $M_2=1.16$ $M_3=1.14$ | | $M_1=0.46$ $M_2=0.42$ $M_3=0.40$ |

Tabla 35 SEGUNDO ENSAYO IMPACTO DURO, SEGUNDA DISTRIBUCION DE HILOS TENSORES

La tabla 35 muestra un resumen de la deflexión promedio de 5 impactos realizados a la misma muestra con la primera distribución de hilos tensores, los datos registrados en el ensayo se encuentran en el ANEXO – RESISTENCIA AL IMPACTO DURO.

Si bien en este ensayo no importan valores determinados, sin embargo es necesario que se cumplan los criterios marcados en cuanto al resultado (sin roturas, sin penetración, sin degradación) con respecto a la seguridad y condiciones de uso.

En este caso se trató de determinar el comportamiento del tabique en zonas puntuales. El impacto violento puede estar provocado por ejemplo por el golpe o choque de silla de ruedas, por el desplazamiento de muebles o cargas similares.

Con respecto a estas características las muestras ensayadas con k'esanas de cuatro, cinco y seis hiladas, se tiene los siguientes resultados:

Tabla 36 ENSAYO IMPACTO DURO: K'ESANA 4 HILADAS

| CRITERIO | SEGURIDAD DE USO E=10N | FACILIDAD DE SERVICIO E=6N |
|------------------------|--|---|
| SIN ROTURA | La muestra mantuvo su integridad y continuó siendo capaz de mantener su propio peso. | - |
| SIN PENETRACIÓN | La muestra no fue atravesada por la bola de acero. | La muestra no fue atravesada por la bola de acero. |
| SIN PROYECCIÓN | La cara contraria al impacto de la bola presentó una deflexión 1.36 cm y no produjo bordes cortantes que puedan ocasionar lesiones a las personas. | La muestra presentó una deformación promedio de 0.90 cm. Y no presentó roturas ni grietas por la parte posterior. |

Por lo descrito en la Tabla 36, la k'esana con cuatro hiladas cumple todas las exigencias.

Tabla 37 ENSAYO IMPACTO DURO, K'ESANA CINCO HILADAS

| CRITERIO | SEGURIDAD DE USO E=10N | FACILIDAD DE SERVICIO E=6N |
|-------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| SIN ROTURA | La muestra mantuvo su integridad | - |

| | | |
|------------------------|--|---|
| | y continuó siendo capaz de mantener su propio peso. | |
| SIN PENETRACIÓN | La muestra no fue atravesada por la bola de acero. | La muestra no fue atravesada por la bola de acero. |
| SIN PROYECCIÓN | La cara contraria al impacto de la bola presentó una deflexión 1.26 cm y no produjo bordes cortantes que puedan ocasionar lesiones a las personas. | La muestra presentó una deformación promedio de 0.42 cm. Y no presentó roturas ni grietas por la parte posterior. |

Por lo descrito en la Tabla 37, la k'esana con cinco hiladas cumple todas las exigencias.

Tabla 38 ENSAYO IMPACTO DURO, K'ESANA SEIS HILADAS

| CRITERIO | SEGURIDAD DE USO E=10N | FACILIDAD DE SERVICIO E=6N |
|------------------------|--|---|
| SIN ROTURA | La muestra mantuvo su integridad y continuó siendo capaz de mantener su propio peso. | |
| SIN PENETRACIÓN | La muestra no fue atravesada por la bola de acero. | La muestra no fue atravesada por la bola de acero. |
| SIN PROYECCIÓN | La cara contraria al impacto de la bola presentó una deflexión 1.14 cm y no produjo bordes cortantes que puedan ocasionar lesiones a las personas. | La muestra presentó una deformación promedio de 0.40 cm. Y no presentó roturas ni grietas por la parte posterior. |

Por lo descrito en la Tabla 38, la k'esana con seis hiladas cumple todas las exigencias.

4.2.2. IMPACTO BLANDO

Tabla 39 ENSAYO IMPACTO BLANDO - K'ESANA

| MUESTRA | ENERGÍA DE IMPACTO (J) | | |
|----------------|-------------------------------|------------|------------|
| | 160 | 320 | 640 |
| | | | |





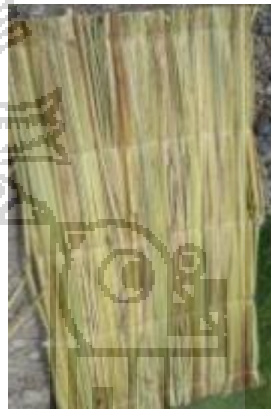
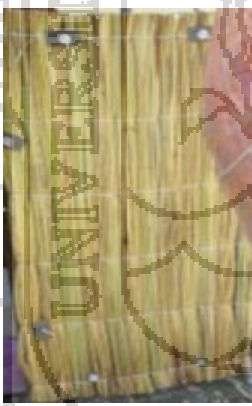


| | | | |
|--------------------------|---|--|---|
| K'esana 4 hiladas |  |  | |
| | Presenta hundimiento en la cara expuesta al impacto | Presenta ruptura del material tejido- falló la muestra. | No se realizó |
| K'esana 5 hiladas |  |  |  |
| | Presenta ligero hundimiento en la cara expuesta al impacto | Presenta hundimiento en la muestra ensayada. | Presenta pequeñas fisuras en la cara posterior – falló la muestra. |
| K'esana 6 hiladas |  |  |  |
| | Presenta ligero hundimiento en la cara expuesta al impacto | Presenta hundimiento en la muestra ensayada. | Presenta fisuras en la cara posterior- falló la muestra. |

Tabla 40 ENSAYO IMPACTO BLANDO - REVESTIMIENTO DE YESO

| ENERGÍA DE IMPACTO | | | |
|---------------------------|-------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| MUESTRA | 160J | 320J | |
| | | Vista de a cara expuesta | Vista de la cara no expuesta |




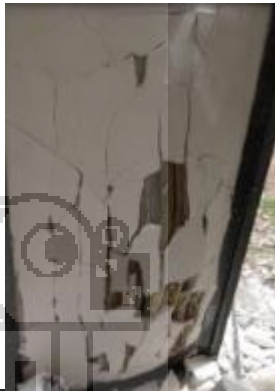



| | | | |
|--------------------|---|--|---|
| Yeso 0.5 cm |  | | |
| | Desprendimiento total del revestimiento en ambas caras - fallo la muestra | No se realizó | No se realizó |
| Yeso 1.0 cm |  |  |  |
| | Presenta leves fisuras en la cara expuesta al impacto. | Presenta fisuras en el revestimiento de yeso - falló la muestra. | Presenta desprendimiento tabiquería- falló la muestra. |
| Yeso 1.5 cm |  |  |  |
| | Presenta leves fisuras en la cara expuesta al impacto | Presenta fisuras en el revestimiento de yeso - falló la muestra | Presenta desprendimiento tabiquería- falló la muestra |

Tabla 41 ENSAYO IMPACTO BLANDO - REVESTIMIENTO DE MORTERO

| | | | |
|----------------|---------------------------|-------------|-------------|
| MUESTRA | ENERGÍA DE IMPACTO | | |
| | 260J | 390J | 520J |

| | | | |
|-----------------------|---|--|---|
| <p>Mortero 0.5 cm</p> |  |  | |
| | <p>Presenta leves fisuras solo en la cara expuesta al impacto</p> | <p>Presenta desprendimiento del revestimiento - falló la muestra</p> | <p>No se realizó</p> |
| <p>Mortero 1.0 cm</p> |  |  | |
| | <p>Presenta leves fisuras solo en la cara expuesta al impacto</p> | <p>Presenta mínimo desprendimiento del mortero</p> | <p>No se realizó</p> |
| <p>Mortero 1.5 cm</p> |  |  |  |
| | <p>Presenta leves fisuras solo en la cara expuesta al impacto</p> | <p>Presenta leves fisuras solo en la cara expuesta al impacto</p> | <p>Presenta mínimo desprendimiento del mortero.</p> |

➤ **Ensayo realizado a muestras de k'esana sin revestimiento**

La tabla 39 muestra un comparativo de imágenes del ensayo de impacto blando a muestras de k'esana sin marco ni hilos tensores, puesto que, cuando se realizó el ensayo con marco no se apreció el

comportamiento de la k'esana y de esta forma se logró verificar la resistencia al impacto.

La k'esana con cuatro hiladas soportó la energías de 160J y 320J, en esta última energía de impacto se observó fracturas de los tallos que conforman la k'esana.

Sin embargo las k'esanas con cinco y seis hiladas presentaron un buen desempeño ante los impactos con energías 160 J y 320 J y 640J, mostrando mínimas fisuras en la cara no expuesta al impacto.

Con este ensayo se logró definir el número de hiladas adecuado que debe tener la k'esana para la tabiquería ecológica, se recomienda desde 5 hiladas en adelante por presentar buenas propiedades ante el impacto y enfocándonos desde el punto de vista económico, mientras más hiladas tiene la k'esana, aumenta el valor monetario de estas.

➤ **Ensayo realizado a muestras con el revestimiento 1: yeso**

Según el dimensionamiento del ensayo, la energía mínima que debe soportar las muestras de yeso para ser funcionales es 160J.

En la tabla N°40, se puede observar las muestras ensayadas con revestimiento de yeso, con espesores de: 0.5cm, 1.0cm y 1.5cm.

Las muestras con un espesor de 0.5 cm de revestimiento, fallaron por seguridad de utilización y facilidad e servicio, ante el impacto de 160J, es decir **no presenta buen comportamiento ante los impactos.**

Sin embargo las muestras con espesores de 1.0cm y 1.5cm resistieron la primera energía de impacto y en la segunda ambas fallaron, presentando menor desprendimiento la muestra con espesor de 1.5cm.

Por lo tanto la tabiquería ecológica con revestimiento de yeso debe tener un revestimiento de 1.0 a 1.5 cm para **tener buen comportamiento para el uso en viviendas.**

➤ **Ensayo realizado a muestras con revestimiento 2: mortero**

Según el dimensionamiento del ensayo, la energía mínima que debe soportar las muestras de mortero para ser funcionales es 260J.

Las muestras ensayadas con revestimiento de mortero como se muestra en la tabla N° 41, se realizó con energías de impacto de 260J, 390J y 520J y espesores de revestimiento de: 0.5cm, 1.00cm, 1.50cm. Las muestras con 0.5 cm de espesor de revestimiento, soportaron la energía de impacto de 260J presentaron leves fisuras, y con la energía de impacto de 390J aumentaron las fisuras además desprendimiento de este, lo que nos indica que presenta un apropiado comportamiento para el uso en viviendas.

Las muestras con 1.0 cm de espesor de revestimiento, soportaron la primera y segunda energía de impacto presentando fisuras moderadas y mínimos desprendimientos; esto indica que ***tienen un buen comportamiento para el uso en viviendas.***

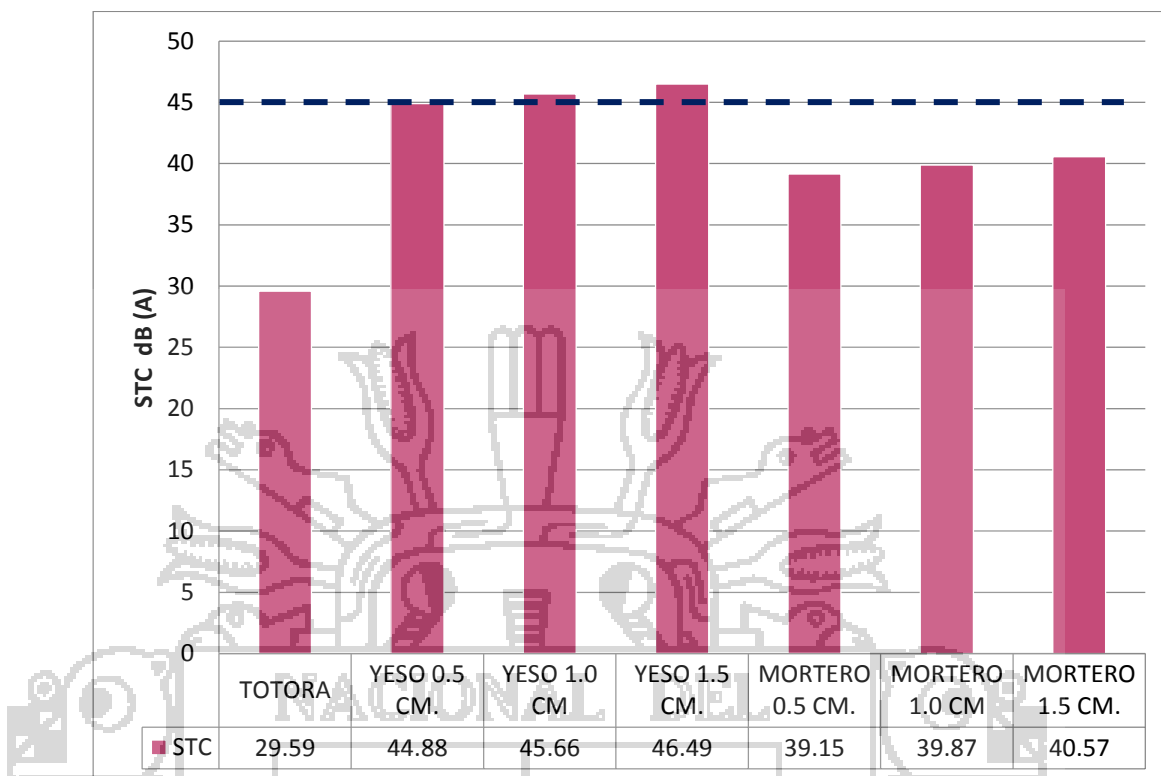
Las muestras con 1.5 cm de espesor que presentaron ligeras fisuras ante las dos primeras energías de impacto y un mínimo desprendimiento ante la energía de 520J, esto indica que tiene un ***excelente comportamiento para el uso en viviendas.***

Por lo tanto los espesores de 0.5, 1.0 y 1.5cm de revestimiento de mortero, son apropiados para la tabiquería ecológica.

4.2.3. AISLAMIENTO ACÚSTICO

- *Clase de Transmisión de Sonido STC*

GRÁFICO 7 CLASE DE TRANSMISIÓN DE SONIDO VS ESPESOR DE REVESTIMIENTO



En el GRÁFICO 7, se muestran los resultados obtenidos de la Clase de transmisión de sonido (STC), donde se puede observar que las muestras revestidas con yeso presentan un coeficiente más elevado que las muestras revestidas con mortero.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, norma A.020, en el capítulo III, Artículo 20, indica: “la capacidad de aislamiento de los tabiques divisorios entre viviendas será 45dB”.

Y se sabe también que: **si el STC es menor a 25 la voz normal se entiende perfectamente, si el valor es mayor a 45 la voz alta casi no se percibe** (Igua Porras, 2005),

Tabla 42 CLASE DE TRANSMISIÓN DE SONIDO SEGÚN REVESTIMIENTO

| MATERIAL | STC (dB) | RNE: 45 dB |
|---------------|----------|------------|
| K'ESANA 5 CM. | 29.59 | No cumple |
| YESO 0.5 CM. | 44.88 | No cumple |
| YESO 1.0 CM | 45.66 | Si cumple |
| YESO 1.5 CM. | 46.49 | Si cumple |

| | | |
|-----------------|-------|-----------|
| MORTERO 0.5 CM. | 39.15 | No cumple |
| MORTERO 1.0 CM | 39.87 | No cumple |
| MORTERO 1.5 CM. | 40.57 | No cumple |

En la tabla 42 se observa que solo las muestras con revestimiento de yeso de 1.0 cm y 1.5 cm de espesor, cumplen en forma satisfactoria la norma, esto significa que estos revestimientos pueden utilizarse en tabiques externos, y que la voz de una conversación no se percibe.

Sin embargo se tiene la tabla 43, donde se verifica que tipo de revestimiento y espesor, tiene la capacidad de aislamiento en distintos ambientes.

Tabla 43 NIVEL MÁXIMO DE RUIDO VS ESPESOR DE REVESTIMIENTO

| DESTINO / ACTIVIDAD | NIVEL MÁXIMO DE RUIDO | YESO (cm) | | | MORTERO (cm) | | |
|-------------------------|-----------------------|-----------|-----|-----|--------------|-----|-----|
| | | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 0.5 | 1.0 | 1.5 |
| Dormitorios | 30 a 40 (dB) | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| Bibliotecas silenciosas | 35 a 40 (dB) | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| Sala estar | 40 a 45 (dB) | √ | √ | √ | | | √ |
| Oficinas privadas | 40 a 45 (dB) | √ | √ | √ | | | √ |
| Aula de escuela | 40 a 45 (dB) | √ | √ | √ | | | √ |
| Oficinas generales | 45 a 50 (dB) | | | √ | | | |

La capacidad de aislamiento acústico aumenta a medida que el espesor del revestimiento aumenta.

- Coeficiente de reducción de ruido NRC (nivel de reducción de sonido)

Tabla 44 COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE SONIDO (NRC)

| MATERIAL | FRECUENCIA (Hz) | | | | | | NRC |
|----------------|-----------------|------|------|------|------|------|-------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| K'ESANA 0.5 CM | 0.26 | 0.23 | 0.26 | 0.27 | 0.3 | 0.35 | 0.28 |
| YESO 0.5 CM | 0.4 | 0.36 | 0.39 | 0.39 | 0.41 | 0.59 | 0.42 |

| | | | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| YESO 1.0 CM | 0.4 | 0.37 | 0.39 | 0.39 | 0.42 | 0.59 | 0.43 |
| YESO 1.5 CM | 0.41 | 0.38 | 0.40 | 0.41 | 0.43 | 0.60 | 0.44 |
| MORTERO 0.5 CM | 0.34 | 0.30 | 0.34 | 0.35 | 0.37 | 0.50 | 0.37 |
| MORTERO 1.0 CM | 0.35 | 0.31 | 0.35 | 0.35 | 0.38 | 0.50 | 0.37 |
| MORTERO 1.5 CM | 0.36 | 0.32 | 0.35 | 0.36 | 0.39 | 0.51 | 0.38 |

En la tabla 44 se presentan los Coeficientes de Reducción de Ruido de las muestras ensayadas y se verifica que:

La totora presenta un $NRC = 0.28$ lo que significa que absorbe el 28% del ruido y refleja el 72%. Por lo que nos indica que es buen aislante acústico, más no absorbente acústico.

El NRC de las muestras de yeso difieren en 1%, dependiendo del espesor de recubrimiento, siendo el más bajo el espesor de 0.5cm, seguido del espesor de 1.0 cm, y finalmente el de 1.5 cm de espesor. Estas muestras absorben el 44% del sonido y reflejan el 56%.

En el caso de las muestras de mortero el NCR también varía en 1%, dependiendo del espesor de revestimiento, en este caso las muestras absorben el 37% de ruido y reflejan el 63%.

Tabla 45 COMPARACIÓN DEL NRC CON MATERIALES CONOCIDOS

| MATERIAL | NRC |
|-----------------|------|
| LADRILLO | 0.04 |
| PLACA DE YESO | 0.07 |
| MADERA | 0.14 |
| K'ESANA 5 CM | 0.28 |
| MORTERO 0.5 CM. | 0.37 |
| MORTERO 1.0 CM | 0.37 |
| MORTERO 1.5 CM. | 0.38 |
| YESO 0.5 CM. | 0.42 |
| YESO 1.0 CM | 0.43 |
| YESO 1.5 CM. | 0.44 |

| | |
|----------------|------|
| LANA DE VIDRIO | 0.61 |
|----------------|------|

En la tabla 45 se pueden apreciar valores de coeficiente de reducción de ruido de los materiales ensayados además de otros materiales conocidos, donde se verifica que la k'esana es mejor absorbente que la madera, la placa de yeso y el ladrillo, pero presenta menos propiedades absorbentes que la lana de vidrio.

Así mismo a medida que el espesor del revestimiento se incrementa, las propiedades de absorción del ruido aumentan, destacando el yeso por poseer estas propiedades.

4.2.4. AISLAMIENTO TÉRMICO

Tabla 46 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LA K'ESANA ($e=5\text{ CM}$)

| MUESTRA | λ (W/m°C) | λ (W/m°K) |
|-----------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0.068 | 0.016 |
| 2 | 0.067 | 0.016 |
| 3 | 0.068 | 0.016 |
| PROMEDIO | 0.068 | 0.016 |

En la tabla 46 se muestra los valores promedio de la conductividad térmica de la k'esana en dos unidades diferentes.

Tabla 47 COMPARACIÓN DE COEFICIENTES DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

| MATERIAL | CONDUCTIVIDAD TÉRMICA W/m°K |
|----------|--------------------------------|
|----------|--------------------------------|

| | |
|-----------------|--------------|
| K'esana | 0.016 |
| Fibra de vidrio | 0.03 |
| Poliestileno | 0.03 |
| Madera | 0.15 |
| Vidrio | 0.7 |
| Ladrillo | 0.93 |
| Adobe | 1.10 |
| Plomo | 40.71 |

En la tabla 47 se observa los coeficientes de conductividad térmica de algunos materiales incluyendo la k'esana, además sabemos que: Cuanto menor es su valor, mejor comportamiento como aislante debido a que es menos conductor. (IVE, 2011). Se verifica que la k'esana presenta muy buenas propiedades como aislante acústico.

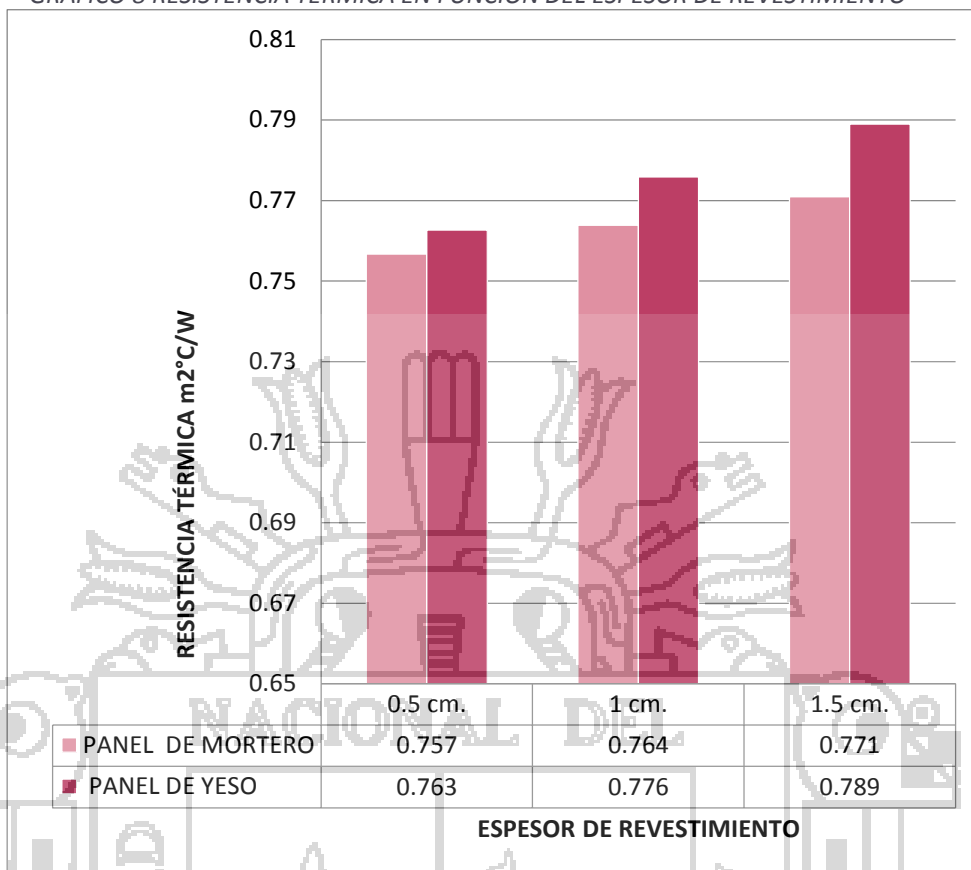
❖ **Resistencia térmica "R".**

Tabla 48 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA TÉRMICA

| RESISTENCIA TERMICA | ESPESOR | R1 | R2 | R3 | RT |
|------------------------------------|---------|-------|-------|-------|--------------|
| K'ESANA + REVESTIMIENTO DE YESO | 0.5 cm | 0.007 | 0.750 | 0.007 | 0.763 |
| K'ESANA + REVESTIMIENTO DE MORTERO | 0.5 cm | 0.004 | 0.750 | 0.004 | 0.757 |
| K'ESANA + REVESTIMIENTO DE YESO | 1.0 cm | 0.013 | 0.750 | 0.013 | 0.776 |
| K'ESANA + REVESTIMIENTO DE MORTERO | 1.0 cm | 0.007 | 0.750 | 0.007 | 0.764 |
| K'ESANA + REVESTIMIENTO DE YESO | 1.5 cm | 0.020 | 0.750 | 0.020 | 0.789 |
| K'ESANA + REVESTIMIENTO DE MORTERO | 1.5 cm | 0.011 | 0.750 | 0.011 | 0.771 |

Se calculó la resistencia térmica total con cada uno de los espesores estudiados, VER ANEXO - AISLAMIENTO TÉRMICO.

GRÁFICO 8 RESISTENCIA TÉRMICA EN FUNCIÓN DEL ESPESOR DE REVESTIMIENTO



Se sabe que: “Cuanto mayor sea el valor de la resistencia térmica, mejor es su comportamiento como aislante térmico, al ofrecer mayor resistencia al paso del calor.” (IVE, 2011)

En el grafico 8, se puede distinguir que la tabiquería con revestimiento de yeso en cada uno de los espesores tiene mejor comportamiento como aislante térmico que el recubierto de mortero, lo que significa que ofrece más resistencia al paso del calor.

❖ **Transmitancia térmica “U” (W/m²C)**

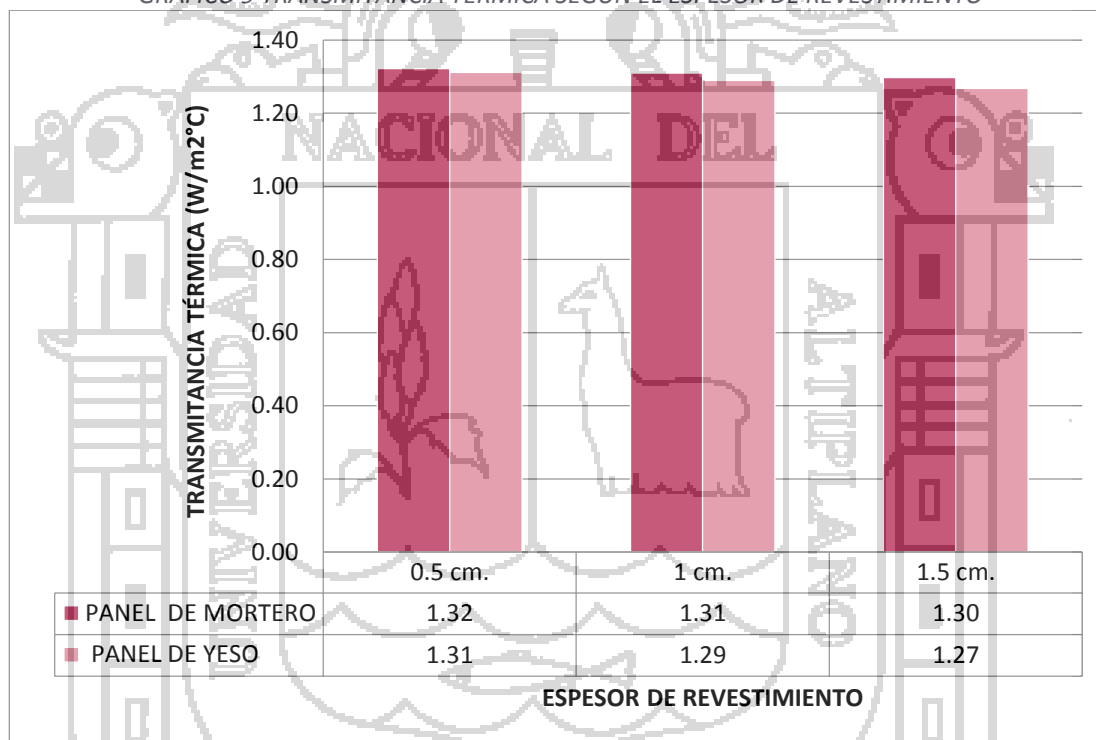
Tabla 49 CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA

| RESISTENCIA TÉRMICA | ESPESOR (cm) | RT | U (W/m²C) |
|------------------------------------|--------------|------|-----------|
| K'ESANA + REVESTIMIENTO DE MORTERO | 0.5 | 0.76 | 1.32 |
| | 1.0 | 0.76 | 1.31 |
| | 1.5 | 0.77 | 1.30 |
| K'ESANA + | 0.5 | 0.76 | 1.30 |

| | | | |
|------------------------------|-----|-------------|-------------|
| REVESTIMIENTO DE YESO | 1.0 | 0.76 | 1.29 |
| | 1.5 | 0.79 | 1.27 |

En la tabla 49, se visualiza los resultados de la transmitancia térmica obtenidos, según el tipo y espesor de revestimiento, sabemos que: la transmitancia térmica cuanto menor es su valor, mejor es el comportamiento del aislante térmico. (IVE, 2011) y se verifica que el revestimiento de yeso tiene un mejor comportamiento como aislante térmico que el revestimiento de mortero.

GRÁFICO 9 TRANSMITANCIA TÉRMICA SEGÚN EL ESPESOR DE REVESTIMIENTO



Según el RNE, especifica que la transmitancia térmica en muros externos debe ser máx. $1.2 \text{ W/m}^2\text{°C}$, y verificando el gráfico 9 tenemos que:

La tabiquería con revestimiento de yeso de 1 cm. y 1.5 cm. cumplen a norma citada, en el caso del revestimiento de mortero el espesor que se aproxima más es de 1.5 cm.

Según el grado de aislamiento:

En climas fríos, con temperaturas diurnas que alcanzan algunos grados por encima de 18° durante el día, requieren aislamiento adicional para aumentar el grado de protección de sus componentes (pisos, muros exteriores y techos) para obtener valores “Ü” entre 2.0 y 1.0 w/m²°C. (JUNTA DE ACUERDO CARTAGENA, 2000). Verificando tanto los espesores de revestimiento de yeso como los de mortero se encuentran dentro del rango especificado.

4.2.5. RESISTENCIA AL FUEGO

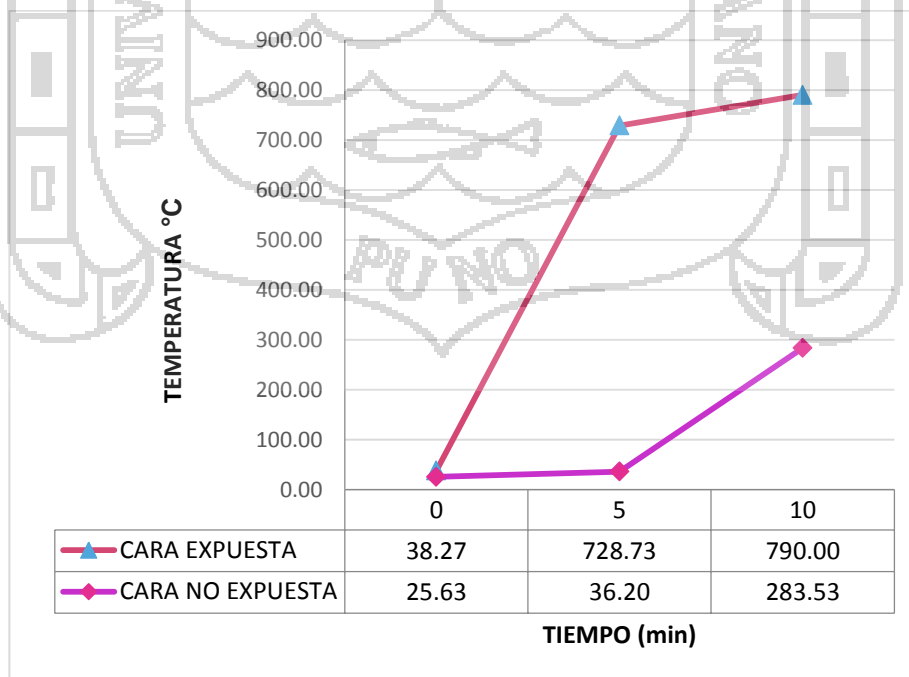
A continuación se muestran los resultados del ensayo de resistencia al fuego

➤ Ensayo a la k'esana 5 cm de espesor

Tabla 50: ENSAYO DE RESISTENCIA AL FUEGO, K'ESANA

| TIEMPO (min) | TEMPERATURA | |
|--------------|---------------|------------------|
| | CARA EXPUESTA | CARA NO EXPUESTA |
| 0 | 38.27 | 25.63 |
| 5 | 728.73 | 36.20 |
| 10 | 790.00 | 283.53 |

GRÁFICO 10: ENSAYO AISLAMIENTO AL FUEGO, K'ESANA (e=5cm)



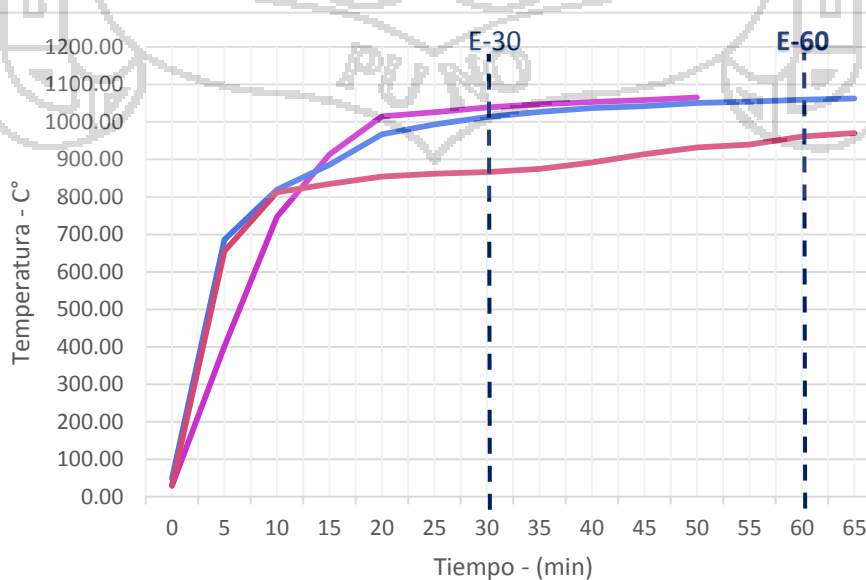
A continuación se muestra el promedio de los datos extraídos en el laboratorio los cuales se encuentran en el ANEXO – RESISTENCIA AL FUEGO. De la cara expuesta al fuego de las muestras ensayadas.

➤ Ensayo a muestras de la tabiquería con revestimiento de yeso:

Tabla 51 CARA EXPUESTA AL FUEGO, REVESTIMIENTO DE YESO

| TIEMPO (min) | TEMPERATURA (°C) | | |
|-----------------|------------------|-------------|---------------|
| | REV. 0.5 cm | REV. - 1 cm | REV. - 1.5 cm |
| 0 | 29.77 | 48.07 | 30.53 |
| 5 | 401.80 | 686.23 | 655.40 |
| 10 | 746.77 | 819.03 | 812.37 |
| 15 | 913.53 | 885.80 | 834.43 |
| 20 | 1014.73 | 966.90 | 854.10 |
| 25 | 1025.83 | 993.73 | 861.63 |
| 30 | 1038.53 | 1013.10 | 866.30 |
| 35 | 1047.60 | 1026.53 | 874.50 |
| 40 | 1053.05 | 1036.93 | 891.67 |
| 45 | 1058.00 | 1041.97 | 913.80 |
| 50 | 1064.80 | 1050.53 | 931.80 |
| 55 ^T | - | 1054.10 | 939.63 |
| 60 | - | 1059.03 | 961.00 |
| 65 | - | 1062.57 | 970.73 |

GRÁFICO 11 CARA EXPUESTA AL FUEGO SEGUN ESPESOR DE REVESTIMIENTO DE YESO

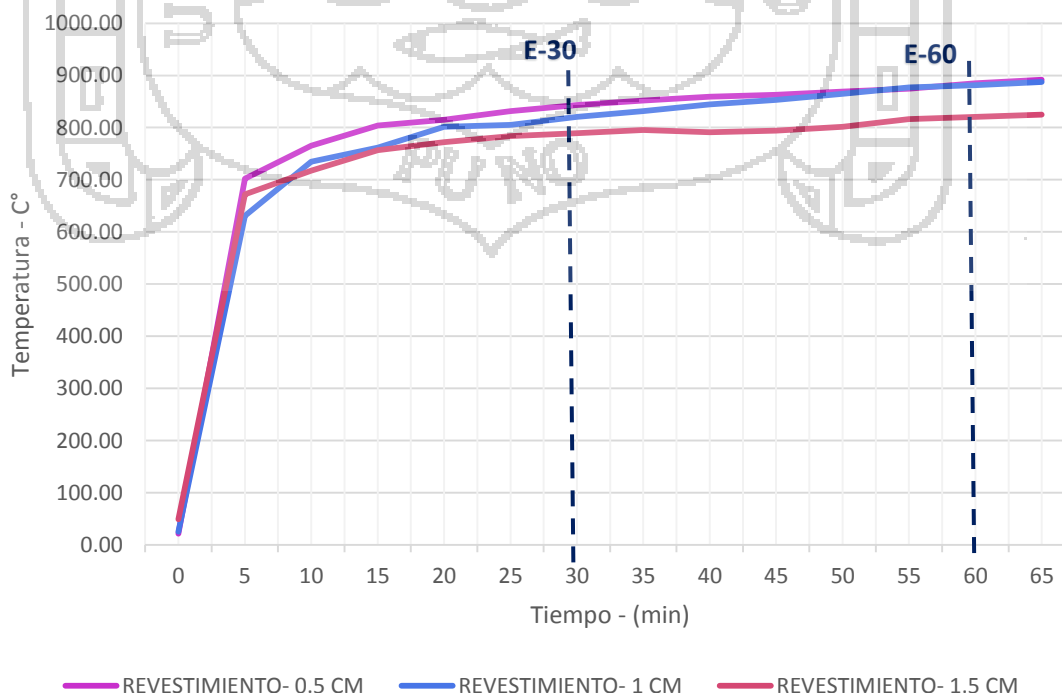


➤ Muestras de la tabiquería con revestimiento de mortero

Tabla 52 CARA EXPUESTA AL FUEGO, REVESTIMIENTO DE MORTERO

| TIEMPO (min) | TEMPERATURA (°C) | | |
|-----------------|------------------|-----------|-------------|
| | REV- 0.5 cm | REV- 1 cm | REV- 1.5 cm |
| 0 | 21.40 | 25.03 | 48.87 |
| 5 | 701.77 | 631.13 | 671.90 |
| 10 | 765.13 | 734.57 | 717.50 |
| 15 | 803.83 | 761.33 | 756.53 |
| 20 | 815.23 | 801.60 | 772.13 |
| 25 | 831.60 | 805.13 | 783.57 |
| 30 | 843.33 | 820.70 | 789.20 |
| 35 | 851.63 | 831.50 | 795.57 |
| 40 | 859.13 | 844.43 | 790.87 |
| 45 | 863.03 | 853.23 | 794.23 |
| 50 | 869.00 | 864.73 | 801.60 |
| 55 | 874.60 | 877.23 | 816.27 |
| 60 | 885.20 | 881.10 | 820.57 |
| 65 | 891.50 | 887.23 | 824.63 |

GRÁFICO 12 CARA EXPUESTA AL FUEGO SEGUN ESPESOR DE REVESTIMIENTO DE MORTERO



Cara no expuesta al fuego

Tabla 53 CARA NO EXPUESTA AL FUEGO, SEGÚN ESPESOR DE REVESTIMIENTO DE YESO

| TIEMPO (min) | TEMPERATURA (°C) | | |
|--------------|------------------|-----------|-------------|
| | REV- 0.5 CM | REV- 1 CM | REV- 1.5 CM |
| 0 | 21.77 | 18.40 | 14.90 |
| 5 | 45.50 | 19.87 | 15.63 |
| 10 | 56.00 | 27.10 | 17.57 |
| 15 | 67.90 | 35.27 | 20.80 |
| 20 | 76.23 | 40.03 | 24.43 |
| 25 | 81.53 | 55.93 | 26.37 |
| 30 | 108.53 | 74.57 | 30.10 |
| 35 | 128.67 | 88.10 | 33.20 |
| 40 | 143.60 | 92.17 | 35.70 |
| 45 | 213.10 | 99.37 | 40.07 |
| 50 | 344.67 | 104.93 | 46.27 |
| 55 | | 124.83 | 49.37 |
| 60 | | 137.53 | 51.80 |
| 65 | | 144.90 | 55.97 |

GRÁFICO 13 CARA NO EXPUESTA AL FUEGO, SEGÚN ESPESOR DE REVESTIMIENTO

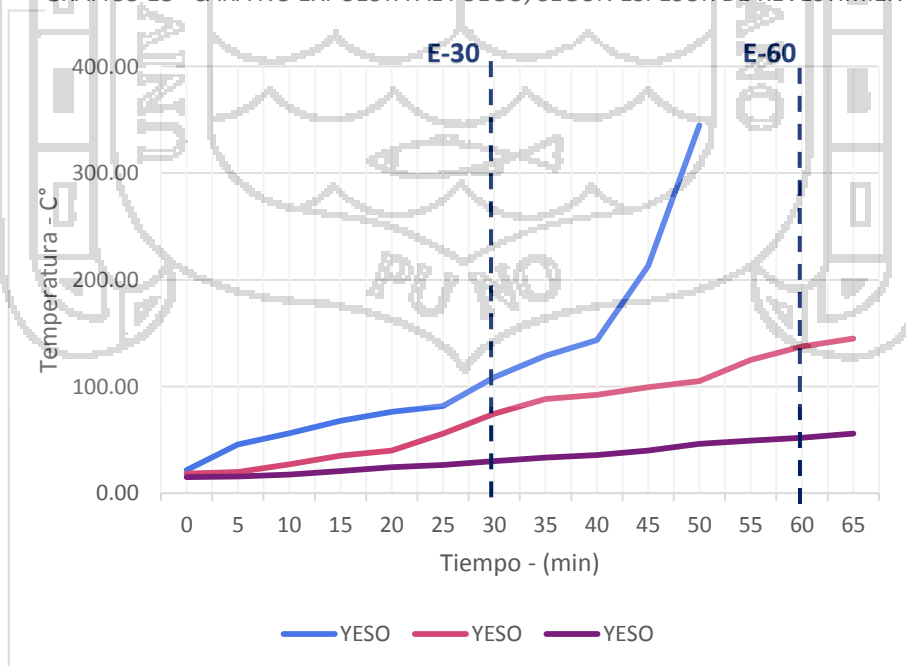


Tabla 54 CARA NO EXPUESTA, REVESTIMIENTO DE MORTERO

| TIEMPO (min) | TEMPERATURA (°C) | | |
|--------------|------------------|----------|-------------|
| | REV- 0.5 cm | REV-1 cm | REV- 1.5 cm |
| 0 | 14.00 | 19.33 | 22.50 |
| 5 | 15.33 | 19.17 | 25.30 |
| 10 | 16.63 | 22.73 | 27.90 |
| 15 | 18.90 | 25.73 | 32.40 |
| 20 | 22.23 | 28.87 | 38.80 |
| 25 | 29.53 | 33.73 | 45.90 |
| 30 | 33.57 | 44.17 | 52.27 |
| 35 | 40.63 | 53.37 | 57.03 |
| 40 | 45.97 | 58.37 | 66.40 |
| 45 | 57.17 | 62.50 | 71.33 |
| 50 | 64.77 | 66.00 | 74.57 |
| 55 | 77.97 | 72.77 | 82.97 |
| 60 | 81.00 | 77.73 | 85.67 |
| 65 | 85.33 | 79.93 | 101.13 |

GRÁFICO 14 CARA NO EXPUESTA AL FUEGO, SEGUN ESPESOR DE REVESTIMIENTO DE MORTERO

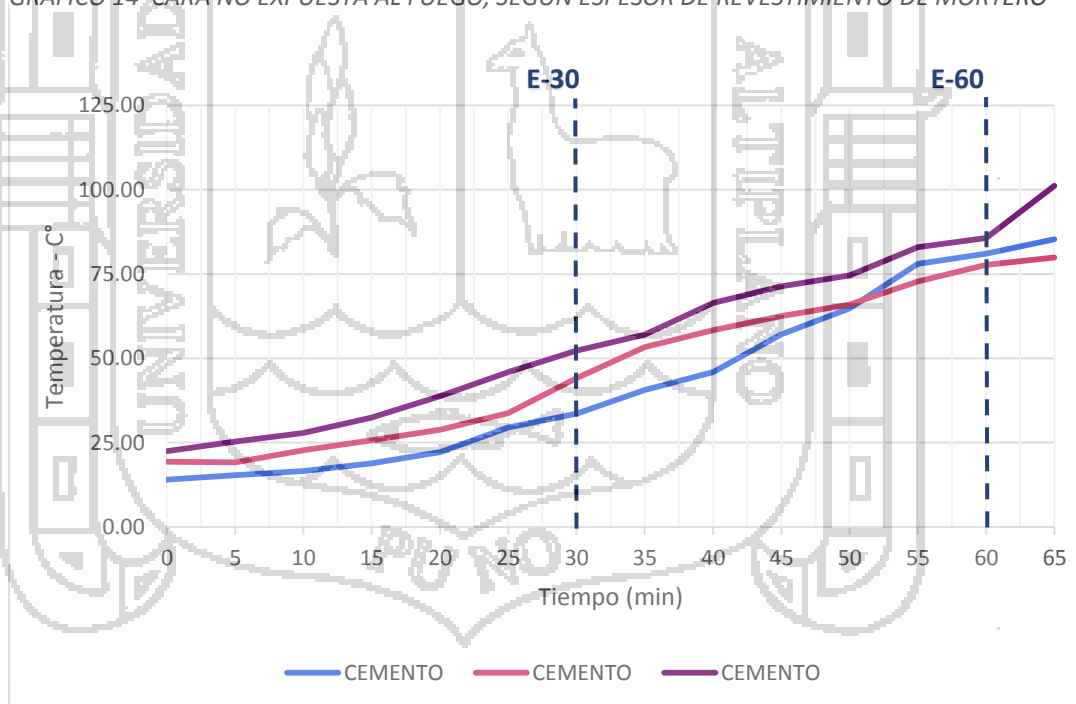
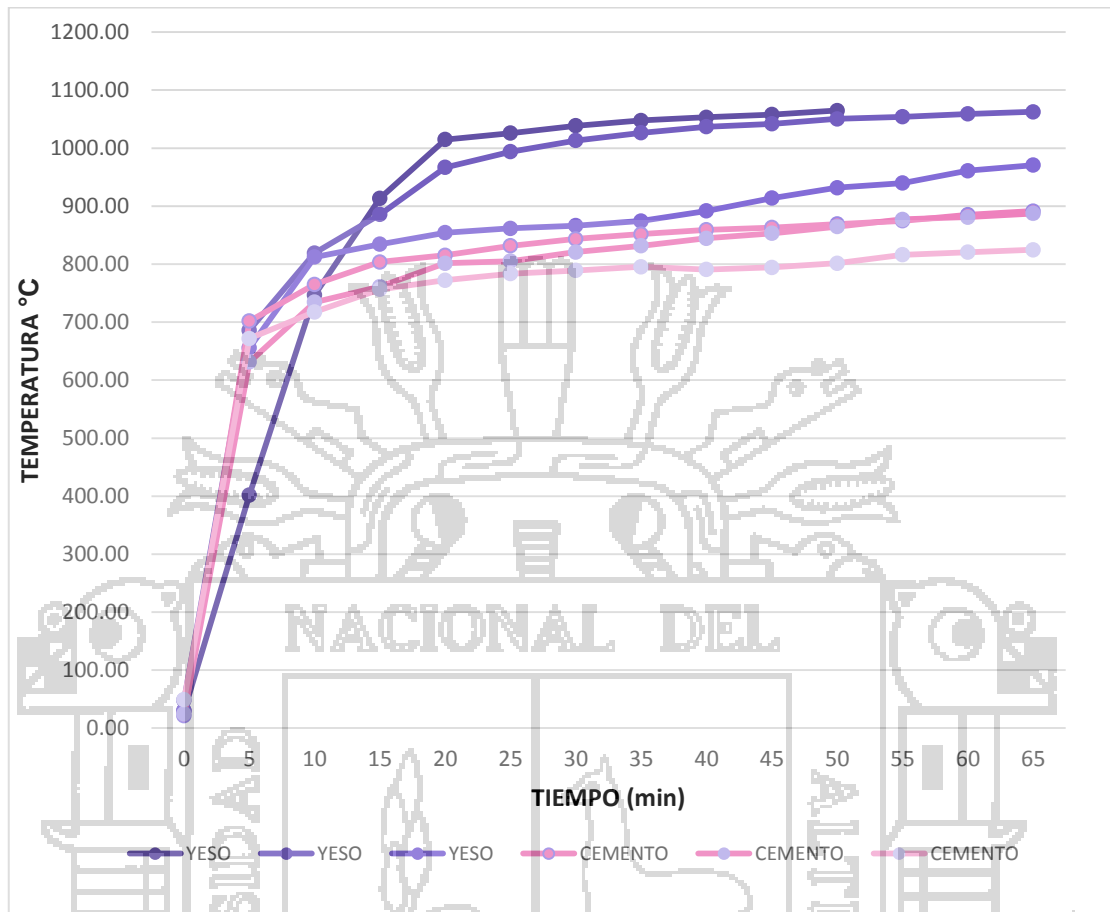


GRÁFICO 15 REVESTIMIENTO DE YESO VS. REVESTIMIENTO DE MORTERO, EN CARA EXPUESTA AL FUEGO



El comportamiento de la tabiquería propuesta con revestimiento de yeso y mortero con respecto al fuego es directamente proporcional al recubrimiento, es decir a mayor recubrimiento mayor es su resistencia al fuego.

Los espesores del revestimiento de yeso de 1.0 cm y 1.5 cm, y los espesores del revestimiento de mortero de 0.5cm, 1.0cm y 1.5 cm. presentan una resistencia al fuego de 60 minutos como mínimo, lo cual según la norma DIN 5102, estipula que el material de construcción ensayado es apto para el uso en paredes separadoras de viviendas.

Tabla 55 TIEMPOS RESALTANTES, REVESTIMIENTO DE YESO

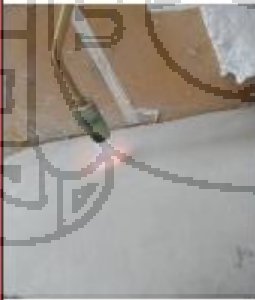
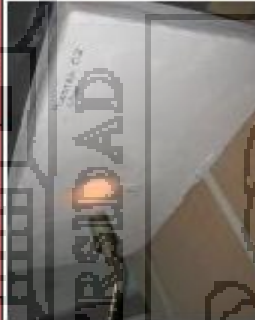
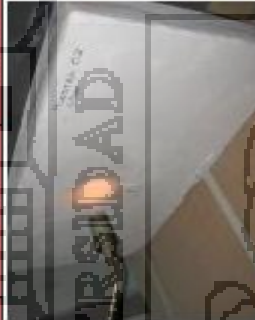
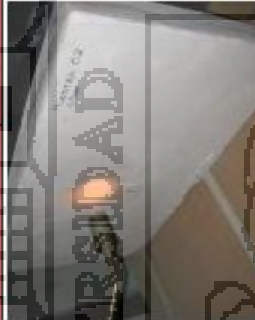











| REVESTIMIENTO | TIEMPOS RESALTANTES (min) | | | | | Espesor (cm) | |
|---------------|---------------------------|---|--|--|--|---|--------------|
| | 0-10 | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-50 | | 60 a más |
| MORTERO | 0.5 CM |  |  |  |  |  | 18 cm. esta. |
| | 1.0 CM |  |  |  |  |  | de 16 |
| | 1.5 CM |  |  |  |  |  | 10 |

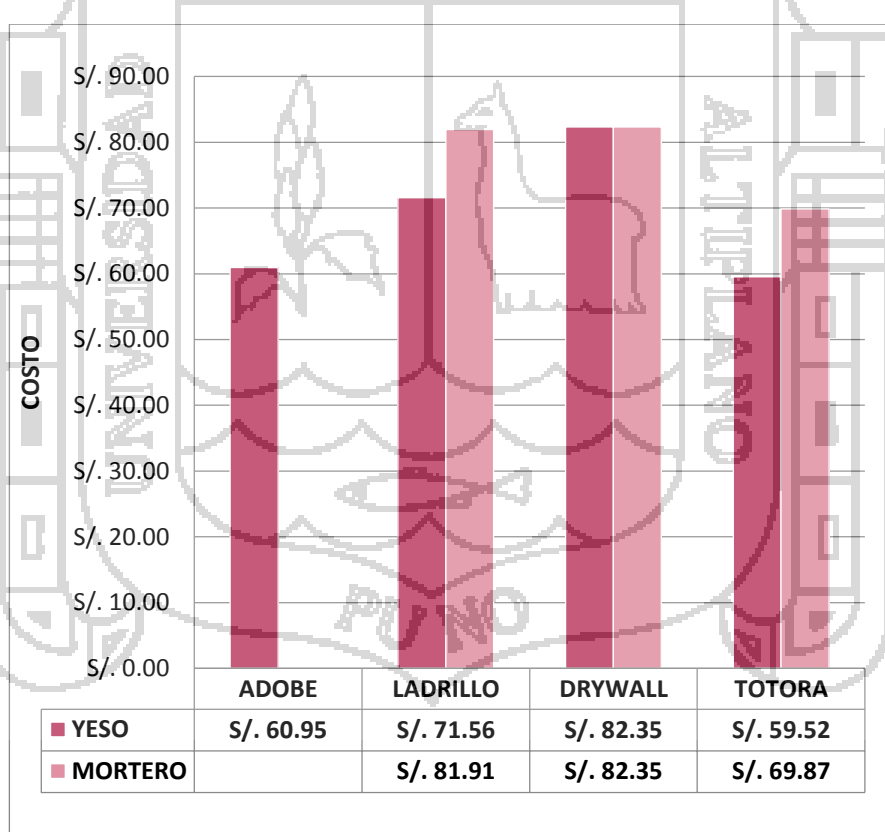
Tabla 56 TIEMPOS RESALTANTES - REVESTIMIENTO DE MORTERO

4.2.6. ANÁLISIS DE COSTOS

Tabla 57 RESUMEN COSTOS UNITARIOS DE TABIQUERÍAS

| REVESTIMIENTO | TABIQUERÍA | COSTO | | TOTAL |
|---------------|------------|------------|---------------|------------------|
| | | TABIQUERIA | REVESTIMIENTO | |
| YESO | ADOBE | S/. 49.58 | S/. 11.37 | S/. 60.95 |
| | LADRILLO | S/. 60.19 | S/. 11.37 | S/. 71.56 |
| | DRYWALL | S/. 82.35 | - | S/. 82.35 |
| | TOTORA | S/. 48.15 | S/. 11.37 | S/. 59.52 |
| MORTERO | ADOBE | - | - | - |
| | LADRILLO | S/. 60.19 | S/. 21.72 | S/. 81.91 |
| | DRYWALL | S/. 82.35 | - | S/. 82.35 |
| | TOTORA | S/. 48.15 | S/. 21.72 | S/. 69.87 |

GRÁFICO 16 COSTO POR m2 DE TABIQUERÍAS UTILIZADAS EN LA CIUDAD DE PUNO



En el GRÁFICO 16 se puede observar que la tabiquería de totora presenta valores inferiores en relación a las otras alternativas. En el caso de la **tabiquería ecológica con revestimiento de yeso** con ésta posee el costo más bajo, representa un 2.35% más barata que el muro

de adobe con revestimiento de yeso, 16.83% más económica que el muro de ladrillo con revestimiento de yeso.

Así mismo la **tabiquería ecológica con revestimiento de mortero** es 27.33% más económica que el muro de ladrillos con el mismo revestimiento y es 27.72% más asequible que el tabique de drywall.



4.3. VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS

A continuación se muestra los resultados obtenidos de cada tabiquería evaluada, comparada con los parámetros que especifica el Reglamento Nacional de Edificaciones y la Guía EOTA.

Tabla 58 RESUMEN DE RESULTADOS

| REVESTIMIENTO | | PROPIEDADES | | | |
|---------------|---------|------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| | | Resistencia al impacto | Aislamiento acústico | Aislamiento térmico | Resistencia al fuego |
| TIPO | ESPESOR | | | | |
| | | | | | |



| | | | | | | | | | |
|------------------|------------------|-----|--------------------|----------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|--------|-----------|
| K'esana | 4 hiladas | 320 | Si | 29.59 | No | 1.33 | No | 10 | No |
| | 5 hiladas | 640 | Si | | | | | | |
| | 6 hiladas | 640 | Si | | | | | | |
| Yeso | 0.5 cm | 160 | No | 44.88 | No | 1.30 | No | 50 | No |
| | 1.0 cm | 320 | Si | 45.66 | Si | 1.29 | Si | 65 | Si |
| | 1.5 cm | 320 | Si | 46.49 | Si | 1.27 | Si | 65 | Si |
| Mortero | 0.5 cm | 390 | Si | 39.15 | No | 1.32 | No | 65 | Si |
| | 1.0 cm | 390 | Si | 39.87 | No | 1.31 | No | 65 | Si |
| | 1.5 cm | 520 | Si | 40.57 | No | 1.30 | No | 65 | Si |
| NORMATIVA | k'esana, Yeso | | $E_{min} > 160J$ | | 45 dB | < 1.2 $W/m^2 \cdot ^\circ C$ | | 60 min | |
| | Mortero | | $E_{min} > 260J$ | | | | | | |
| | | | SEGÚN GUÍA EOTA | SEGÚN RNE muros exteriores | | | | | |

Se verifica que la tabiquería con revestimiento de yeso de 1.0cm y 1.5cm de espesor, cumplen todos los requerimientos de las normativas, y el revestimiento de mortero se aproxima a estas.

Seguidamente en la tabla 59, se muestra la matriz de consistencia:



Tabla 59 MATRIZ DE CONSISTENCIA

| PREGUNTA DEL PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPOTESIS | VARIABLES | INDICADORES | CONCLUSIONES PARCIALES |
|---|---|--|--|---|---|
| ¿CÓMO OBTENER UNA TABIQUERÍA ECOLÓGICA UTILIZANDO TOTORA CON REVESTIMIENTO DE YESO O MORTERO CON CRITERIOS DE BIOCONSTRUCCIÓN? | PROPONER UNA TABIQUERÍA ECOLÓGICA UTILIZANDO TOTORA CON REVESTIMIENTO DE YESO O MORTERO CON CRITERIOS DE BIOCONSTRUCCIÓN. | LA TABIQUERÍA ECOLÓGICA ELABORADA DE TOTORA CON REVESTIMIENTO, ESTA BASADA EN CRITERIOS DE BIOCONSTRUCCIÓN ADEMÁS ES ECONÓMICA EN COMPARACIÓN CON TABIQUERÍAS TRADICIONALES. | VARIABLE DEPENDIENTE: Tabiquería ecológica VARIABLE INDEPENDIENTE: • Totora con revestimiento de yeso. • Totora con revestimiento de mortero. | <ul style="list-style-type: none"> • Revestimiento de yeso • Revestimiento de mortero • Espesor de totora • Espesor de recubrimiento • Espesor del muro | <ul style="list-style-type: none"> • Se utilizó la técnica de la k'esana para agrupar los tallos de totora dentro del panel, el cual es de 5cm de espesor. |
| ¿Qué propiedades físicas y presenta la totora para emplearla como material básico de la tabiquería ecológica? | Determinar las propiedades físicas de la totora para su empleo como material básico de la tabiquería ecológica. | La totora como material de construcción presenta propiedades físicas óptimas para utilizarla en la construcción de la tabiquería ecológica. | VARIABLE DEPENDIENTE: • Totora material de construcción VARIABLE INDEPENDIENTE: <u>Propiedades físicas</u> • Densidad • Porosidad • Contenido de humedad | PROPIEDADES FÍSICAS <ul style="list-style-type: none"> • Ensayo de Densidad • Ensayo de Porosidad • Ensayo de contenido de humedad | <ul style="list-style-type: none"> • La totora presenta propiedades físicas (densidad: 1.52 g/cm³, contenido de humedad: 7.47% y porosidad: 99.95%) para utilizarla como elemento principal en la ejecución de la tabiquería ecológica propuesta. |
| ¿Cómo es el comportamiento de la tabiquería ecológica de totora y yeso, ante agentes externos como: cambios de temperatura, ruidos molestos e impactos? | Evaluar el comportamiento de la tabiquería ecológica de totora con revestimiento de yeso, ante agentes externos como: cambios de temperatura, ruidos molestos e impactos. | La tabiquería ecológica revestida con yeso presenta un buen comportamiento ante agentes externos como: cambios de temperatura, ruidos molestos e impactos. | VARIABLE DEPENDIENTE: • Comportamiento de la tabiquería revestida con yeso VARIABLE INDEPENDIENTE: <u>Agentes externos</u> • cambios de temperatura • ruidos molestos • impactos | CAMBIOS DE TEMPERATURA Ensayo de aislamiento térmico. RUIDOS MOLESTOS Ensayo de Aislamiento acústico. IMPACTOS <ul style="list-style-type: none"> • Ensayo de resistencia al impacto- cuerpo blando • Ensayo de resistencia al impacto- cuerpo duro. | <ul style="list-style-type: none"> • El espesor de 0.5 cm. de revestimiento, no alcanzó ningún parámetro de los ensayo ejecutados según la normatividad especificada.. • Los espesores de revestimiento de 1.0 cm. y 1.5 cm. cumplen todos los parámetros de los ensayos de resistencia al impacto, aislamiento acústico, aislamiento térmico y resistencia al fuego. |



| PREGUNTA DEL PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPOTESIS | VARIABLES | INDICADORES | CONCLUSIONES PARCIALES |
|---|---|--|--|---|--|
| <p>¿Cómo es el comportamiento de la tabiquería ecológica de totora y mortero, ante agentes externos como: cambios de temperatura, ruidos molestos e impactos?</p> | <p>Evaluar el comportamiento de la tabiquería ecológica de totora con revestimiento de mortero, ante agentes externos como: cambios de temperatura, ruidos molestos e impactos.</p> | <p>La tabiquería ecológica revestida con mortero presenta un comportamiento óptimo ante agentes externos como: cambios de temperatura, ruidos molestos e impactos.</p> | <p>VARIABLE DEPENDIENTE: Comportamiento de la tabiquería revestida con mortero</p> <p>VARIABLE INDEPENDIENTE: Agentes externos</p> <ul style="list-style-type: none"> Resistencia al agua cambios de temperatura ruidos molestos impactos | <p>CAMBIOS DE TEMPERATURA Ensayo de Aislamiento térmico.</p> <p>RUIDOS MOLESTOS Ensayo de Aislamiento acústico.</p> <p>IMPACTOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Ensayo de resistencia al impacto - cuerpo blando. Ensayo de resistencia al impacto - cuerpo duro. | <ul style="list-style-type: none"> Los tres espesores presentaron buenos y similares resultados a los ensayos ejecutados, sin embargo solo consiguió los parámetros de resistencia al impacto y resistencia al fuego. Y el espesor que más se aproximó a las especificaciones de la normativa fue el de 1.5 cm. |
| <p>¿Cuál es el costo de construcción de la tabiquería ecológica propuesta en comparación con tabiquerías tradicionales?</p> | <p>Sustentar y comparar el costo de construcción de la tabiquería ecológica propuesta con tabiquerías tradicionales.</p> | <p>El costo de la tabiquería ecológica es inferior en comparación con: ladrillos, adobe y sistema drywall-yeso.</p> | <p>VARIABLE DEPENDIENTE: Tabiquería ecológica</p> <p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <ul style="list-style-type: none"> Costo Tabiquerías tradicionales. Costo de tabiquería ecológica. | <p>COSTO TABIQUERÍAS</p> <ul style="list-style-type: none"> Costo de tabiquería de ladrillos. Costo de tabiquería de adobe. Costo de tabiquería de sistema drywall- yeso. Tabiquería ecológica | <ul style="list-style-type: none"> Tabiquería ecológica + R. yeso: S/. 59.52 Adobe + R. yeso: S/. 60.95 Tabiquería ecológica + R. mortero: S/. 69.87 Ladrillo + R. yeso: S/. 71.56 Ladrillo + R. mortero: S/. 81.91 Drywall: S/. 82.35 |

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



5.1. CONCLUSIONES DE LA TABIQUERÍA ECOLÓGICA CON REVESTIMIENTO DE YESO

- A medida que el espesor aumenta, se incrementa la resistencia al impacto, se debe utilizar espesores desde 1.0 cm para el recubrimiento.
- Los tres espesores analizados presentaron excelentes y similares índices de aislamiento acústico, se puede utilizar cualquiera de estos ya que garantizan un adecuado aislamiento del nivel de ruido exterior, y se recomienda el de 1.0 cm.
- Presenta un buen comportamiento como aislante térmico en los tres espesores de revestimientos investigados, se sugiere un espesor de 1.0cm, que brindará confort térmico al usuario.
- La resistencia al fuego es directamente proporcional al espesor de la tabiquería por lo tanto se requiere que el recubrimiento sea desde 1.0 cm para garantizar el tiempo mínimo de protección ante un incendio.

5.2. CONCLUSIONES DE LA TABIQUERÍA ECOLÓGICA CON REVESTIMIENTO DE MORTERO

- Los tres espesores de revestimiento estudiados responden positivamente ante los impactos, por lo que son aptos para uso en viviendas.
- Con respecto al aislamiento acústico, los tres espesores estudiados se aproximan a los decibeles de capacidad de aislamiento establecidos en la norma peruana, y la diferencia de los valores obtenidos entre ellos es mínima, por lo que se recomienda el de 1.0 cm.
- En el caso del aislamiento térmico, los coeficientes obtenidos también se aproximan al valor estipulado en la normativa, y por ser no muy significativa la diferencia de los valores obtenidos, se sugiere el de 1.0cm.
- La resistencia al fuego que presenta el mortero en los tres espesores analizados garantizar el tiempo mínimo de protección ante un incendio.

5.3. CONCLUSIONES FINALES

- La totora seca presenta propiedades (densidad, contenido de humedad y porosidad) adecuadas para utilizarla como elemento principal en la ejecución de la tabiquería ecológica propuesta, además no requiere de ningún producto químico contaminante para la producción de la tabiquería, ni proceso constructivo que perjudique el medio ambiente.
- Se evaluaron dos revestimientos para la tabiquería ecológica, de los cuales el revestimiento de yeso de 1.0cm de espesor presentó mejor comportamiento ante todos los agentes externos analizados, destacando en el aislamiento térmico y acústico, sin embargo el revestimiento de mortero de 1.0cm de espesor, presentó muy buena resistencia ante los impactos y al fuego.
- La ejecución de la tabiquería ecológica propuesta con revestimiento de yeso o mortero de 1.00 cm. de espesor, resultan más económicas en relación al empleo de otras alternativas de tabiquerías modernas y tradicionales como son el adobe, el ladrillo y el drywall, además el proceso constructivo no requiere personal calificado para su elaboración.
- Por lo tanto la tabiquería ecológica con revestimiento de yeso o mortero es sustentable y accesible para la población puneña y genera un desarrollo sostenible a la región de Puno.

5.4. RECOMENDACIONES

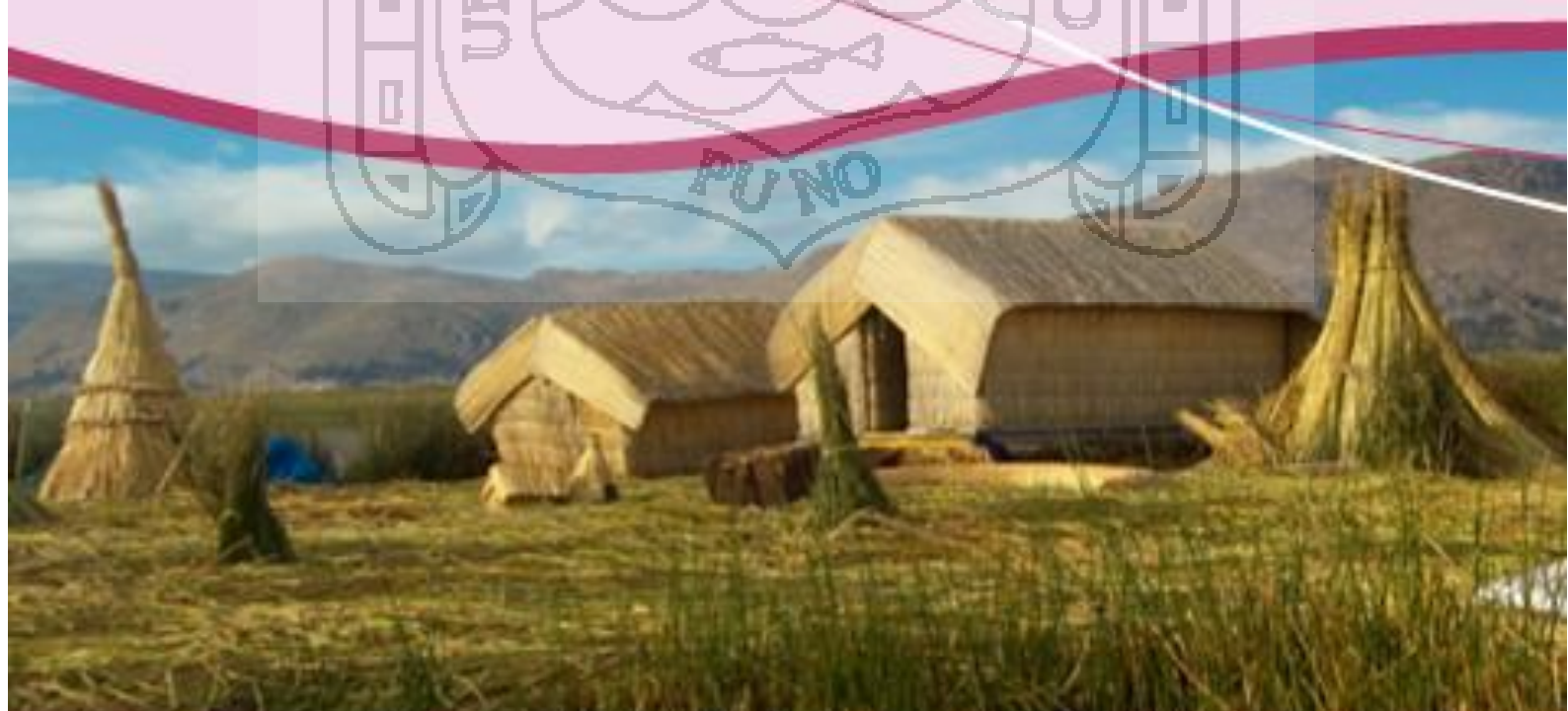
- Considerar las posibles aplicaciones de la totora como material de construcción no solo en muros sino también en cielos rasos por presentar óptimas propiedades de aislamiento acústico y térmico.

- Evaluar las propiedades mecánicas de la totora (flexión, compresión y tracción).
- Proponer un muro portante, basados en la tabiquería ecológica estudiada.





BIBLIOGRAFÍA



- AFAM. (s.f.). *Morteros Guía General*. Asociación de Fabricantes de Mortero.
- ALEJANDRO SANCHEZ, F. J. (2002). *Historia, caracterización y restauración de morteros*. Sevilla- España: Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción.
- BAILEY H.; HANCOCK, D.W. (1996). CURSO BÁSICO DE CONSTRUCCION. En *CURSO BÁSICO DE CONSTRUCCION*. Editorial LIMUSA, de C.V. GRUPO NORIEGA EDITORES.
- BRITO, J. M. (2013). *Recomendaciones básicas para una casahabitación como sistema alternativo de construcción*. Veracruz: Tesis para obtener el título de Ingeniero, Universidad de Veracruz, facultad de ingeniería civil.
- CAPECO. (2003). *COSTOS Y PRESUPUESTOS EN EDIFICACIÓN*. Lima: Capeco.
- Carrión, I. A. (1998). *"Diseno acústicos de espacios arquitectónicos"*. España: Edición UPC.
- Castillo, J., & Costa, A. (2012). *CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE MATERIALES ABSORBENTES SONOROS POROSOS*. Córdoba - Argentina.
- Cemento Yura SA. (2012). Manual Digital Cemento Yura. Arequipa, Perú.
- COLLADO TRABANCO, P. (2006). *CONTROL DE EJECUCION DE TABIQUERÍAS Y CERRAMIENTOS*. España: LEX NOVA, S.A.U.
- CONSTRUMATICA. (10 de 11 de 2014). www.construmatica.com. Obtenido de http://www.construmatica.com/construpedia/Caracter%C3%ADsticas_de_los_Morteros
- CONSTRUMATICA. (11 de 2014). www.construmatica.com. Obtenido de www.construmatica.com/construpedia/Morteros
- DAPUETTO, G. (2009). Recuperado el Abril de 2014, de La totora conquista Europa: <http://www.guillermotejadadapuetto.com/2009/08/la-totora-conquista-europa.html>
- DE OLARTE TRISTAN, J., LINARES ZAFERSON, E., RODRIGUEZ BARBOZA, J., & JIMENEZ DEL RIO, F. (2003). *BASCE-Perú, Base de Datos de Sistemas Constructivos para Edificaciones que se utilizan en el Perú*. CONCYTEC y Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima-Perú: Fondo Editorial de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- DE, D. (28 de 10 de 2014). *definicion de revestimiento*. Obtenido de <http://definicion.de/revestimiento/>
- FERNADEZ PEREZ, M., COSTAL BLANCO, J., & DEL CAMPO DOMINGUEZ, J. I. (2004). *CONSTRUCCION DE TABIQUERÍA, Replanteo y Construcción de Tabiques y Tabicones*. España: IdeasPropias Editorial.
- GÁLVEZ, H. R. (s.f.). *BIOCONSTRUCCION*. Obtenido de <http://www.mimbrea.com/bioconstruccion-y-permacultura/>
- GOYZUETA, G., ALFARO, R., & APARICIO, M. (2009). *Totorales del lago Titicaca*. Puno, Puno, Peru: Universidad Nacional del Altiplano.

- HAMMERSTEIN, D. (s.f.). ¿Que es la bioconstrucción? *Vida verde*, 2.
- Hidalgo, A., & Bayon, R. (1982). *LOS TABIQUES EN EL EDIFICIO*. España: Reverté.
- ICG. (2008). *MANUAL DE LA CONSTRUCCION*. En I. d. Gerencia.
- Igua Porras, Y. R. (2005). *Diseño de aislamiento y acondicionamiento acustico para los estudios de emision y grabacion de la nueva ede de la emisora Kennedy*. Bogotá: Universidad de San Buenaventura, Facultad de Ingenieria . Obtenido de ACUSTICA ARQUITECTONICA
- IGUA PORRAS, Y. R. (2005). *DISEÑO DE AISLAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO PARA LOS ESTUDIOS DE EMISIÓN Y GRABACIÓN DE LA NUEVA SEDE DE LA EMISORA KENNEDY*. BOGOTÁ: Universidad de San Buenaventura, Facultad de Ingeniería .
- INAPIPROYECTA. (2009). Recuperado el Abril de 2014, de Susana Aránguiz, Arquitecta e inventora: "Resguarda la creacion que deriva de una idea muy valiosaLIOSO: <http://www.inapiprojecta.cl/609/w3-article-3819.html>
- IVE, I. V. (2011). PRODUCTOS Y MATERIALES: Propiedades de aislantes térmicos para rehabilitacion energética. *Cuadernos de Rehabilitación*, P-7.
- JUNTA DE ACUERDO CARTAGENA. (2000). *Manual de diseño para maderas del grupo andino*. Lima - Perú: PADT-REFORT.
- LEVIELI, D. (s.f.). *Importnacia socioeconomica del las macrofitas*.
- LOPEZ GALLARDE, F., LOPEZ, C., & PEREZ, C. (2006). *Elementos de topografia y construccion*. Ediciones de la Universidad de Oviedo.
- MORGANA, N. (s.f.). Recuperado el Marzo de 2014, de Las islas flotantes de los Uros en el lago Titicaca: http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Las_Islas_Flotantes_de_los_Uros_en_el_Lago_Titicaca;_ciudad_de_aguas
- NORMA UNE 83-800. (1994).
- OJEDA, L. (s.f.). Construcción ecológica y bioconstrucción. *La vivienda biocompatible*, 6.
- OSORIO, J. I. (2012). *Análisis comparativo de materiales biocnstructivos versus materiales clasicos utilizados en viviendas sociales, sector bancario la unión*. Chile: Tesis para optar el titulo de ingeniero, Universisdad Austral de Chile, facultad de ciencias de la ingenieria .
- OSORNO BAUTISTA, C. Y. (2010). *Hacia la bioconstruccion*.
- PELT-ADESU. (2000). *Evaluacion de la Totora*. Puno.
- PERU, SUMAQ. (2014). Recuperado el Abril de 2014, de Los Uros: http://wiki.sumaqperu.com/es/Los_Uros
- RIVAS, F. M. (2005). *Escayolas y tabiquería en seco*. Barcelona-España: Editorial Ceac S.A.
- RNE. (2014). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Megabyte sac GRUPO EDITORIAL.

SAENZ, V. (2014). Recuperado el Marzo de 2014, de Visiones sobre gente Uru en Bolivia:
http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S1025-31812003000100003&script=sci_arttext

SAN BARTOLOME, A. (1994). *Construcciones de Albañilería -Comportamiento sísmico y Diseño estructural-*. Lima-Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

SCHMIT, H., & HEENE, A. (2009). *TRATADO DE CONSTRUCCION*. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili, SL.

UGR. (31 de octubre de 2014). <http://www.ugr.es/>. Obtenido de UNIVERSIDAD DE GRANADA: <http://www.ugr.es/~agcasco/personal/restauracion/teoria/TEMA04.htm>

VEGA, I. G. (1609). *Comentarios Reales*. Lisboa.

YESTE, M. M. (2013). *Bioconstrucción diseño del habitat y su relacion con el terreno*. MyM Arquitectura.



ANEXOS





ANEXO:

*Cálculo de la estructura
de madera*

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE MADERA

Se realizó el diseño de uno de los pies-derechos del entramado de la tabiquería ecológica de 2.40 m de altura, siendo una tabiquería interior no soportará cargas horizontales ni verticales, sin embargo por seguridad se diseñará con las siguientes cargas:

- Carga de 10 kg/m (en compresión axial)
- Carga de 5 kg/m² (perpendicular al entramado, debido a la presión del viento)

Se utilizó madera Tornillo (grupo C) y se considera que el revestimiento transmitirá de manera uniforme la presión del viento a los pies-derechos, los cuales se dispondrán a una distancia de 60 cm arriostrados en el punto medio de su longitud como se muestra en la figura N°10.

Figura N° 10 CARGAS EN EL ENTRAMADO VERTICAL



MATERIALES

Se incrementan los Esfuerzos Admisibles y el módulo de Elasticidad del material en un 10%, considerando que el revestimiento aportará el soporte necesario para garantizar el trabajo en conjunto de los pies-derechos (ver RNE, Artículo 4)

- Densidad $\rho = 550 \text{ kg/m}^3$ Ver tabla 60
- Esfuerzo adm. Para flexión $F_b = 110 \text{ kg/cm}^2$ Ver tabla 62
- Esfuerzo adm. Para compresión paralelo a la fibra $F_{cpl} = 88 \text{ kg/cm}^2$ Ver tabla 62
- Módulo de elasticidad de la madera $E = 60500 \text{ kg/cm}^2$ Ver tabla 61

Tabla 60 DENSIDAD BÁSICA DE MADERAS

| GRUPO | DENSIDAD BÁSICA g/cm^3 |
|-------|---------------------------------|
| A | ≥ 0.71 |
| B | 0.56 a 0.70 |
| C | 0.40 a 0.55 |

FUENTE: (RNE, 2014)

Tabla 61 MÓDULO DE ELASTICIDAD DE MADERAS

| GRUPO | DENSIDAD BÁSICA | |
|-------|---------------------|-----------------------|
| | $E_{\text{mínimo}}$ | E_{promedio} |
| A | 9 316 (95 000) | 12 748 (130 000) |
| B | 0.40 a 0.55 | 9 806 (100 000) |
| C | 5 394 (55 000) | 8 826 (90 000) |

FUENTE: (RNE, 2014)

Tabla 62 ESFUERZOS ADMISIBLES SEGÚN EL GRUPO DE MADERAS

| Grupo | Esfuerzos admisibles $\text{MPa}(\text{kg/cm}^2)$ | | | | |
|-------|---|------------|---------------------|--------------------------|----------------|
| | Flexión | Tracción | Compresión paralela | Compresión perpendicular | Corte paralelo |
| A | 20.6(210) | 14.2 (145) | 14.2 (145) | 3.9 (40) | 1.5 (15) |
| B | 14.7 (150) | 10.3 (105) | 10.8 (110) | 2.7 (28) | 1.2 (12) |
| C | 9.8 (100) | 7.3 (75) | 7.8 (80) | 1.5 (15) | 0.8 (8) |

FUENTE: (RNE, 2014)

CARGAS EN LOS PIES DERECHOS

- Carga de Compresión axial x pie derecho $N = W_1 \cdot d$
N = 6.00 kg
- Carga lateral x pie derecho $W = W_2 \cdot d$
W = 3.0 kg/m
- Momento máximo $M = W \cdot L^2 / 8$
M = 2.16 kg-cm

CHEQUEO A FLEJO COMPRESIÓN

➤ Selección de la escuadría: 2"x 2"

$$\begin{aligned} b &= 2'' = 5.08 \text{ cm} \\ h &= 2'' = 5.08 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Área (A) $A = b \cdot h$ 25.81 cm²
- Momento de inercia (I) $I = b \cdot h^3 / 12$ 55.50 cm⁴
- Módulo de sección del elemento (S_x) $S_x = b \cdot h^2 / 6$ 21.85 cm³
- Separación entre arriostres (S_r) $S_r = I \cdot b / h$ 240.0 cm

➤ Cálculo de la Esbeltez

Se considera el pie derecho articulado en sus extremos:

Factor de longitud Efectiva $k = 1$ Ver tabla 63


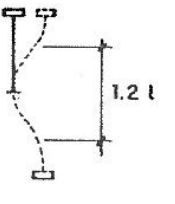
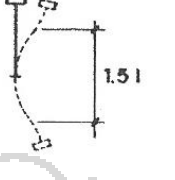
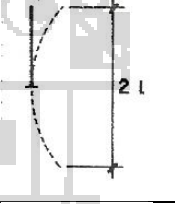
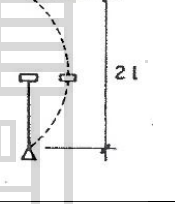
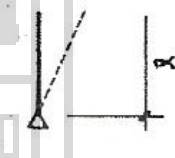
Relación de esbeltez en columnas

- En el plano del entramado $\lambda_x = k \cdot L / 2 \cdot b$
 $\lambda_x = 23.62$
- Fuera del plano del entramado $\lambda_y = k \cdot L / h$
 $\lambda_y = 47.24$

Se elige el mayor:

$$\lambda = 47.24$$

Tabla 63 LONGITUD EFECTIVA

| CONDICIÓN DE APOYO | K | L_{ef} | |
|--|-----|----------|---|
| 1. Articulado en ambos extremos. | 1 | L |  |
| 2. Empotrado en un extremo (prevención del desplazamiento y rotación) y el otro impedido de rotar pero libre de desplazarse. | 1.2 | 1.2L |  |
| 3. Empotrado en un extremo y el otro parcialmente impedido de rotar pero libre de desplazarse. | 1.5 | 1.5L |  |
| 4. Empotrado en un extremo y libre en el otro. | 2.0 | 2.0L |  |
| 5. Articulado en un extremo y el otro impedido de rotar, pero libre de desplazarse. | 2.0 | 2.0L |  |
| 6. Articulado en un extremo y libre en el otro. | - | - |  |

FUENTE: (RNE, 2014)

Figura N° 11 ESBELTEZ FUERA DEL PLANO

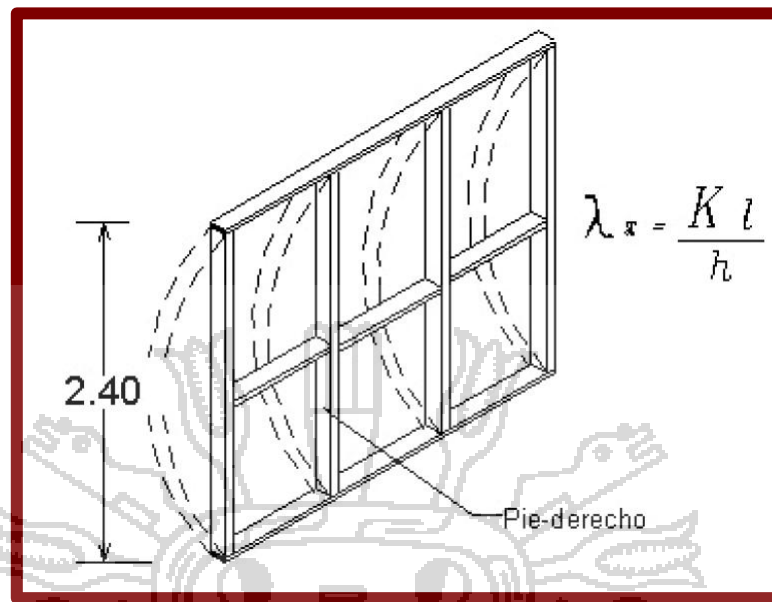
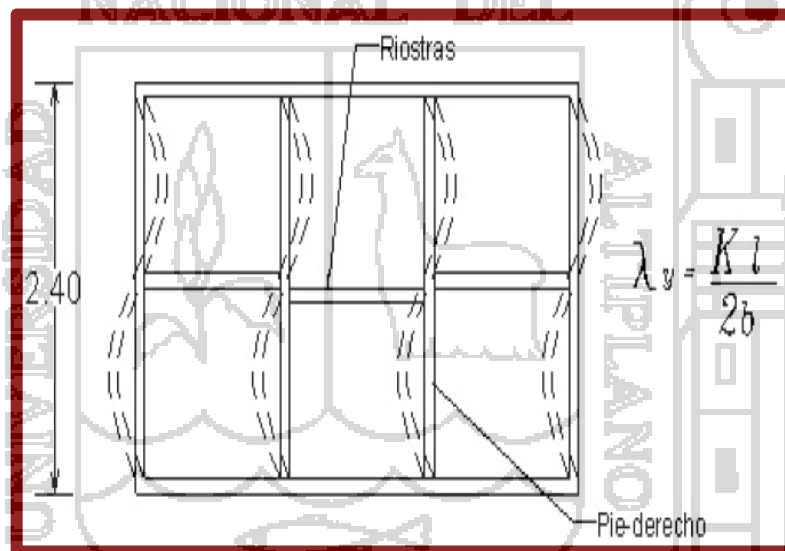


Figura N° 12 ESBELTEZ EN EL PLANO



➤ **Clasificación de la columna**

Constante C_k

$$C_k = 0.7025 * \sqrt{\frac{E}{F_{clp}}}$$

$$C_k = 23.56$$

Elementos largos

$$\lambda_x > C_k$$

47.24 > 23.56 ...Columna larga

➤ **Carga axial admisible a compresión**

$$N_{adm} = 0.329 * \frac{E * A}{\lambda^2}$$

$$N_{adm} = 376.59 \text{ kg}$$

➤ **Factor de amplificación de momento k_m**

Carga crítica de Euler

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I}{(k * l)^2}$$

$$N_{cr} = 940.47 \text{ kg}$$

Amplificación del momento

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 * \frac{N}{N_{cr}}}$$

$$K_m = 1.01$$

➤ **Verificación de la Ecuación para flexocompresión**

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m * M}{S * F_b} \leq 1$$

$$0.1067 \leq 1 \dots \text{Ok}$$

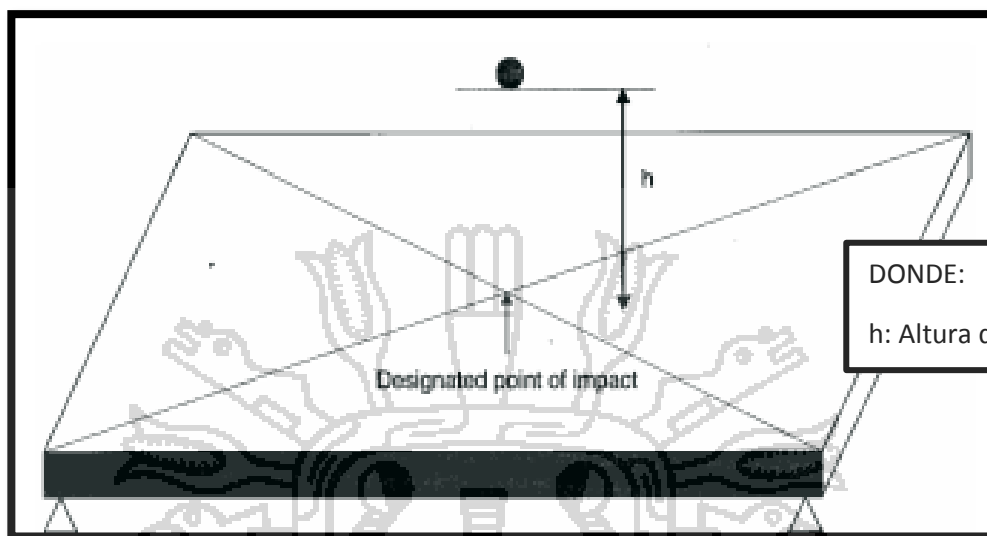
La sección de 2"x2" es apropiada para pies derechos separados a 60cm.



ANEXO:

*Resistencia al Impacto
Duro*

IMPACTO DURO



1. Deflexiones con la primera distribución de hilos tensores

| Nº HILADAS | ENERGIA | Muestra 01 | | | | Muestra 02 | | | | Muestra 03 | | | |
|------------|-------------------------|------------|---------|-----------|----------|------------|---------|-----------|----------|------------|---------|-----------|----------|
| | | H inicial | H final | deflexión | promedio | H inicial | H final | deflexión | promedio | H inicial | H final | deflexión | promedio |
| 4 hiladas | 10 N (0.97 M de altura) | 46 | 41.9 | 4.1 | 4.54 | 45 | 40.9 | 4.1 | 4.72 | 45.6 | 40.2 | 5.4 | 5.32 |
| | | 45.5 | 40.8 | 4.7 | | 45.1 | 40.8 | 4.3 | | 45.6 | 39.9 | 5.7 | |
| | | 45.5 | 41 | 4.5 | | 45.2 | 39.8 | 5.4 | | 45.5 | 40.3 | 5.2 | |
| | | 45 | 40.9 | 4.1 | | 45 | 39.9 | 5.1 | | 45.5 | 40.7 | 4.8 | |
| | | 46.2 | 40.9 | 5.3 | | 45 | 40.3 | 4.7 | | 45.6 | 40.1 | 5.5 | |
| | 6 N (1.27 M de altura) | 43.1 | 40.2 | 2.9 | 3.26 | 42.5 | 39.5 | 3 | 3 | 43.2 | 39.5 | 3.7 | 3.4 |
| | | 43 | 39.8 | 3.2 | | 42.6 | 39.8 | 2.8 | | 43.2 | 39.7 | 3.5 | |
| | | 43.2 | 39.9 | 3.3 | | 42 | 39.2 | 2.8 | | 43.1 | 39.7 | 3.4 | |
| | | 43.6 | 40.1 | 3.5 | | 42 | 38.9 | 3.1 | | 43 | 39.8 | 3.2 | |
| | | 43.1 | 39.7 | 3.4 | | 42.1 | 38.8 | 3.3 | | 43 | 39.8 | 3.2 | |



| Nº HILADAS | ENERGIA | Muestra 01 | | | | Muestra 02 | | | | Muestra 03 | | | |
|------------|-------------------------|------------|---------|-----------|----------|------------|---------|-----------|----------|------------|---------|-----------|----------|
| | | H inicial | H final | deflexión | promedio | H inicial | H final | deflexión | promedio | H inicial | H final | deflexión | promedio |
| 5 hiladas | 10 N (0.97 M de altura) | 42.3 | 37.9 | 4.4 | 4.54 | 45.3 | 39.5 | 5.8 | 5.08 | 43.7 | 39.4 | 4.3 | 4.64 |
| | | 42.5 | 37.8 | 4.7 | | 45 | 39.8 | 5.2 | | 43 | 38.4 | 4.6 | |
| | | 42.1 | 37.3 | 4.8 | | 45 | 39.9 | 5.1 | | 43 | 38.2 | 4.8 | |
| | | 42 | 37.4 | 4.6 | | 45.1 | 40.2 | 4.9 | | 43.2 | 38.1 | 5.1 | |
| | | 42 | 37.8 | 4.2 | | 45 | 40.6 | 4.4 | | 43.1 | 38.7 | 4.4 | |
| 5 hiladas | 6 N (1.27 M de altura) | 42.3 | 39.9 | 2.4 | 2.94 | 47.5 | 45.6 | 1.9 | 2.44 | 48.2 | 45.6 | 2.6 | 2.34 |
| | | 43.2 | 39.7 | 3.5 | | 47 | 45 | 2 | | 48.1 | 46.1 | 2 | |
| | | 43.1 | 39.8 | 3.3 | | 46.9 | 43.8 | 3.1 | | 48.2 | 46.1 | 2.1 | |
| | | 43 | 40.1 | 2.9 | | 46.7 | 44.5 | 2.2 | | 48 | 45.6 | 2.4 | |
| | | 43.2 | 40.6 | 2.6 | | 47 | 44 | 3 | | 48.3 | 45.7 | 2.6 | |
| 6 hiladas | 10 N (0.97 M de altura) | 44.6 | 40.6 | 4 | 4.46 | 45.4 | 40.2 | 5.2 | 4.7 | 43.2 | 39.1 | 4.1 | 4.34 |
| | | 44.6 | 40.5 | 4.1 | | 44.9 | 42 | 2.9 | | 43.5 | 39.5 | 4 | |
| | | 44.9 | 40.3 | 4.6 | | 44.5 | 39.5 | 5 | | 43 | 38.1 | 4.9 | |
| | | 45 | 40.1 | 4.9 | | 45 | 39.8 | 5.2 | | 43 | 38.4 | 4.6 | |
| | | 45 | 40.3 | 4.7 | | 44.2 | 39 | 5.2 | | 43.2 | 39.1 | 4.1 | |
| 6 hiladas | 6 N (1.27 M de altura) | 46.5 | 44.8 | 1.7 | 1.5 | 45.4 | 43.6 | 1.8 | 1.62 | 47.4 | 46 | 1.4 | 1.56 |
| | | 45.9 | 44.2 | 1.7 | | 44.6 | 43.3 | 1.3 | | 46.5 | 44.6 | 1.9 | |
| | | 46 | 44.5 | 1.5 | | 45 | 43.2 | 1.8 | | 44 | 42.6 | 1.4 | |
| | | 46.5 | 45.2 | 1.3 | | 45 | 43.4 | 1.6 | | 45.8 | 44.6 | 1.2 | |
| | | 46 | 44.7 | 1.3 | | 44.6 | 43 | 1.6 | | 45.7 | 43.8 | 1.9 | |



2. Deflexiones con la segunda distribución de hilos tensores

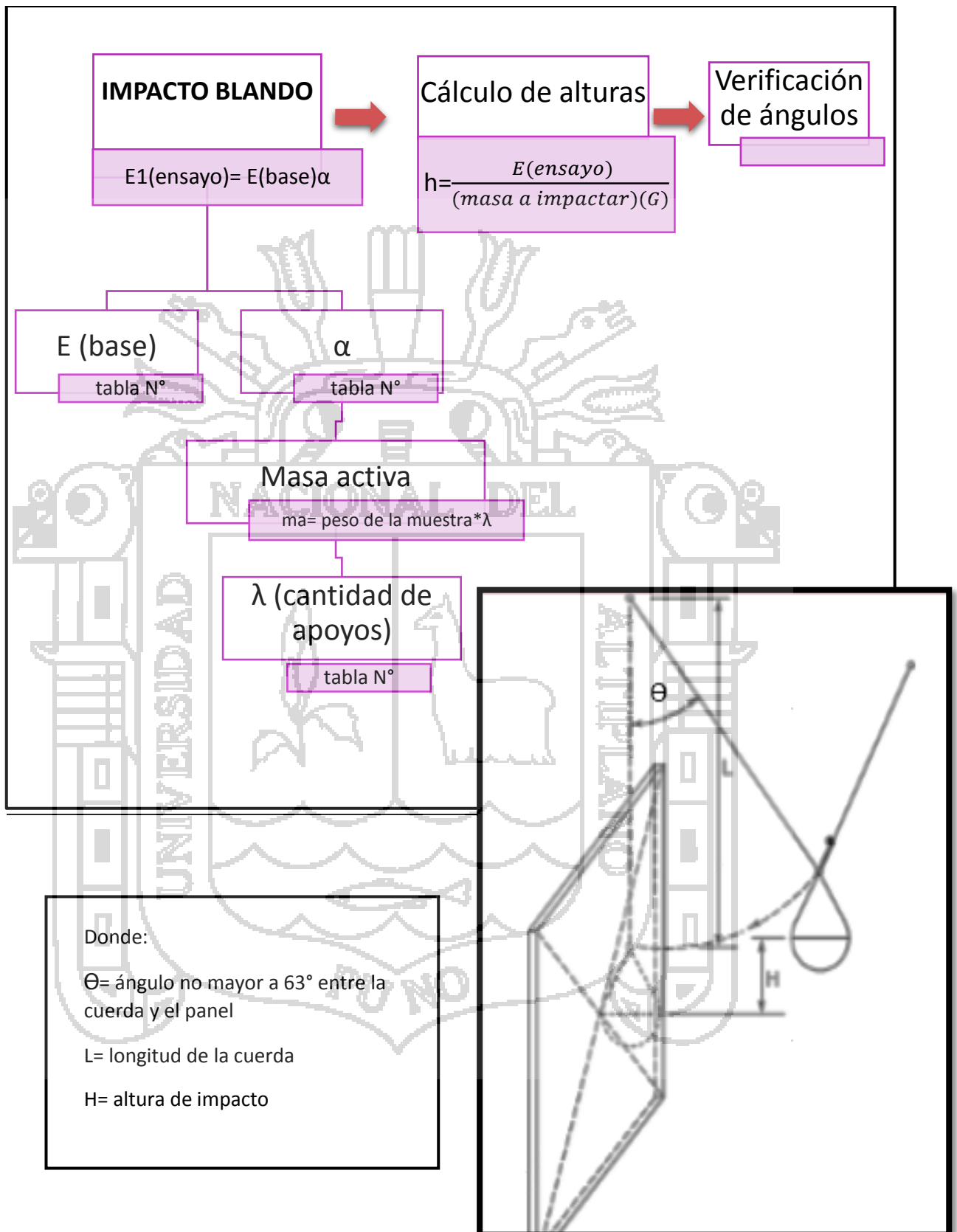
| Nº HILADAS | ENERGIA | Muestra 01 | | | | Muestra 02 | | | | Muestra 03 | | | |
|------------|-------------------------|------------|---------|-----------|----------|------------|---------|-----------|----------|------------|---------|-----------|----------|
| | | H inicial | H final | deflexión | promedio | H inicial | H final | deflexión | promedio | H inicial | H final | deflexión | promedio |
| 4 hiladas | 10 N (0.97 M de altura) | 49.5 | 48.2 | 1.3 | 1.34 | 49.5 | 48 | 1.5 | 1.38 | 49.2 | 47.7 | 1.5 | 1.36 |
| | | 48.9 | 47.6 | 1.3 | | 49.2 | 48 | 1.2 | | 48.8 | 47.5 | 1.3 | |
| | | 49 | 47.6 | 1.4 | | 49 | 47.6 | 1.4 | | 48.7 | 47.2 | 1.5 | |
| | | 49.2 | 47.9 | 1.3 | | 49.2 | 47.9 | 1.3 | | 49.3 | 48.1 | 1.2 | |
| | | 49.5 | 48.1 | 1.4 | | 49.5 | 48 | 1.5 | | 49.1 | 47.8 | 1.3 | |
| | 6 N (1.27 M de altura) | 50.7 | 49.9 | 0.8 | 0.9 | 50.5 | 49.6 | 0.9 | 0.92 | 50.6 | 49.8 | 0.8 | 0.9 |
| | | 50.5 | 49.6 | 0.9 | | 49.6 | 48.5 | 1.1 | | 50.4 | 49.5 | 0.9 | |
| | | 49.9 | 48.8 | 1.1 | | 49.6 | 48.8 | 0.8 | | 50.3 | 49.5 | 0.8 | |
| | | 49.8 | 48.9 | 0.9 | | 49 | 48.1 | 0.9 | | 50.5 | 49.5 | 1 | |
| | | 50.1 | 49.3 | 0.8 | | 49.5 | 48.6 | 0.9 | | 50.5 | 49.5 | 1 | |
| 5 hiladas | 10 N (0.97 M de altura) | 49.6 | 48.3 | 1.3 | 1.22 | 49.7 | 48.4 | 1.3 | 1.28 | 49.5 | 48 | 1.5 | 1.26 |
| | | 49.5 | 48.1 | 1.4 | | 49.6 | 48.3 | 1.3 | | 49.4 | 48.2 | 1.2 | |
| | | 49.4 | 48.3 | 1.1 | | 49.9 | 48.5 | 1.4 | | 49.1 | 48 | 1.1 | |
| | | 49 | 47.9 | 1.1 | | 49.7 | 48.6 | 1.1 | | 49.2 | 48 | 1.2 | |
| | | 49.2 | 48 | 1.2 | | 49.7 | 48.4 | 1.3 | | 49.3 | 48 | 1.3 | |
| | 6 N (1.27 M de altura) | 48.4 | 48 | 0.4 | 0.4 | 48.1 | 47.8 | 0.3 | 0.44 | 47.9 | 47.3 | 0.6 | 0.42 |
| | | 48.5 | 48.2 | 0.3 | | 48.8 | 48.3 | 0.5 | | 47.5 | 47.2 | 0.3 | |
| | | 48.7 | 48.2 | 0.5 | | 48.5 | 48.1 | 0.4 | | 47.8 | 47.5 | 0.3 | |
| | | 48.8 | 48.5 | 0.3 | | 48.5 | 47.9 | 0.6 | | 47.8 | 47.4 | 0.4 | |
| | | 49 | 48.5 | 0.5 | | 48.4 | 48 | 0.4 | | 47.6 | 47.1 | 0.5 | |
| 6 hiladas | 10 N (0.97 M de altura) | 47.9 | 46.9 | 1 | 1.14 | 48.3 | 47.2 | 1.1 | 1.16 | 47.6 | 46.5 | 1.1 | 1.14 |
| | | 47.7 | 46.5 | 1.2 | | 48.9 | 47.6 | 1.3 | | 46 | 45 | 1 | |
| | | 48.1 | 47.1 | 1 | | 48.7 | 47.6 | 1.1 | | 46.4 | 45.2 | 1.2 | |
| | | 47.6 | 46.3 | 1.3 | | 48.4 | 47.2 | 1.2 | | 46.1 | 45 | 1.1 | |
| | | 47.8 | 46.6 | 1.2 | | 48.1 | 47 | 1.1 | | 46.5 | 45.2 | 1.3 | |
| | 6 N (1.27 M de altura) | 46.2 | 45.8 | 0.4 | 0.46 | 47.3 | 46.9 | 0.4 | 0.42 | 47.8 | 47.4 | 0.4 | 0.4 |
| | | 46 | 45.6 | 0.4 | | 47.2 | 46.9 | 0.3 | | 47.8 | 47.5 | 0.3 | |
| | | 46.7 | 46.1 | 0.6 | | 47 | 46.6 | 0.4 | | 47.7 | 47.2 | 0.5 | |
| | | 46.7 | 46.3 | 0.4 | | 47.6 | 47.1 | 0.5 | | 47.9 | 47.4 | 0.5 | |
| | | 46.6 | 46.1 | 0.5 | | 47.6 | 47.1 | 0.5 | | 47.8 | 47.5 | 0.3 | |



ANEXO:

*Resistencia Impacto
Blando*

IMPACTO BLANDO



1. Cálculos de la Energía E1 para las muestras de la tabiquería ecológica sin revestimiento

| DATO | VALOR |
|-----------|-------|
| E (base) | 100 N |
| λ | 0.2 |
| α | 1.6 |

| HILADAS | MUESTRA | PESO DE LA MUESTRA | MASA ACTIVA |
|-----------|---------|--------------------|-------------|
| 4 HILADAS | 1 | 12.00 | 2.40 |
| | 2 | 14.50 | 2.90 |
| | 3 | 13.81 | 2.76 |
| 5 HILADAS | 1 | 13.40 | 2.68 |
| | 2 | 16.30 | 3.26 |
| | 3 | 11.09 | 2.22 |
| 6 HILADAS | 1 | 13.40 | 2.68 |
| | 2 | 18.19 | 3.64 |
| | 3 | 17.40 | 3.48 |

✓ Cálculo de la energía de ensayo E1

$$E1 = E \text{ (base)}\alpha$$

$$E1 = 100(1.6) \quad \boxed{160 \text{ N}}$$

✓ Cálculo de la H (altura de impacto)

$$H = \frac{E(\text{ensayo})}{(\text{masa a impactar})(\text{Gravedad})}$$

$$H = \frac{160 \text{ N}}{(50 \text{ kg})(9.81 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2})} \quad \boxed{0.33 \text{ m}}$$

A continuación se tiene las energías y las alturas calculadas con el procedimiento expuesto en el esquema mostrado anteriormente

| ENERGÍA (N) | | H |
|-------------|-----|------|
| E1 | 160 | 0.33 |
| E2 | 320 | 0.65 |
| E3 | 640 | 1.30 |

2. Cálculos de la Energía E1 para las muestras de la tabiquería ecológica con revestimiento de yeso

| DATO | VALOR |
|-----------|-------|
| E (base) | 100 N |
| λ | 0.2 |
| α | 1.6 |

| ESPESOR | MUESTRA | PESO DE LA MUESTRA | MASA ACTIVA |
|---------|---------|--------------------|-------------|
| 0.5 CM | 1 | 27.00 | 5.40 |
| | 2 | 25.40 | 5.08 |
| | 3 | 24.00 | 4.80 |
| 1.0 M | 1 | 30.00 | 6.00 |
| | 2 | 32.10 | 6.42 |
| | 3 | 26.40 | 5.28 |
| 1.5 CM | 1 | 31.20 | 6.24 |
| | 2 | 36.70 | 7.34 |
| | 3 | 39.20 | 7.84 |

✓ Cálculo de la energía de ensayo E1

$$E1 = E \text{ (base)}\alpha$$

$$E1 = 100(1.6)$$

160 N

✓ Cálculo de la H (altura de impacto)

$$H = \frac{E(\text{ensayo})}{(\text{masa a impactar})(\text{Gravedad})}$$

$$H = \frac{160 \text{ N}}{(50 \text{ kg})(9.81 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2})} \quad \boxed{0.33 \text{ m}}$$

A continuación se tiene las energías y las alturas calculadas con el procedimiento expuesto en el esquema inicial.

| ENERGIA (N) | | H |
|-------------|-----|------|
| E1 | 160 | 0.33 |
| E2 | 320 | 0.65 |
| E3 | 640 | 1.30 |

3. Cálculos de la Energía E1 para las muestras de la tabiquería ecológica con revestimiento de mortero de cemento

| DATO | VALOR |
|----------|-------|
| E (base) | 100 N |
| λ | 0.2 |
| α | 2.6 |

| ESPESOR | MUESTRA | PESO DE LA MUESTRA | MASA ACTIVA |
|---------|---------|--------------------|-------------|
| 0.5 CM | 1 | 96.30 | 19.26 |
| | 2 | 85.60 | 17.12 |
| | 3 | 97.40 | 19.48 |
| 1.0 M | 1 | 87.30 | 17.46 |
| | 2 | 85.40 | 17.08 |
| | 3 | 70.30 | 14.06 |
| 1.5 CM | 1 | 103.20 | 20.64 |
| | 2 | 83.90 | 16.78 |
| | 3 | 94.30 | 18.86 |

✓ Cálculo de la energía de ensayo E1

$$E1 = E \text{ (base)}\alpha$$

$$E1 = 100(2.6) \quad \boxed{260 \text{ N}}$$

✓ Cálculo de la H (altura de impacto)

$$H = \frac{E(\text{ensayo})}{(\text{masa a impactar})(\text{Gravedad})}$$

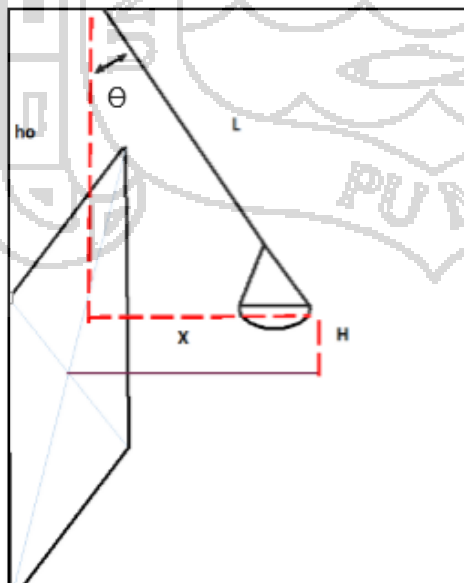
$$H = \frac{260 \text{ N}}{(50 \text{ kg})(9.81 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2})} \quad \boxed{0.53 \text{ mt}}$$

A continuación se tiene las energías y las alturas calculadas

| ENERGIA (N) | | H |
|-------------|-----|------|
| E1 | 260 | 0.53 |
| E2 | 320 | 0.65 |
| E3 | 640 | 1.30 |

4. Verificación de los ángulos para la muestra de totora sin revestimiento y con revestimiento de yeso

Puesto que las energías de impacto de la muestra de totora sin revestimiento y las que presentan revestimiento de yeso son las mismas la verificación de ángulo Θ es la igual.



Donde:
 Θ = ángulo no mayor a 63° entre la cuerda y el panel
 L= longitud de la cuerda
 H= altura de impacto
 X= distancia del impacto
 ho= altura 2



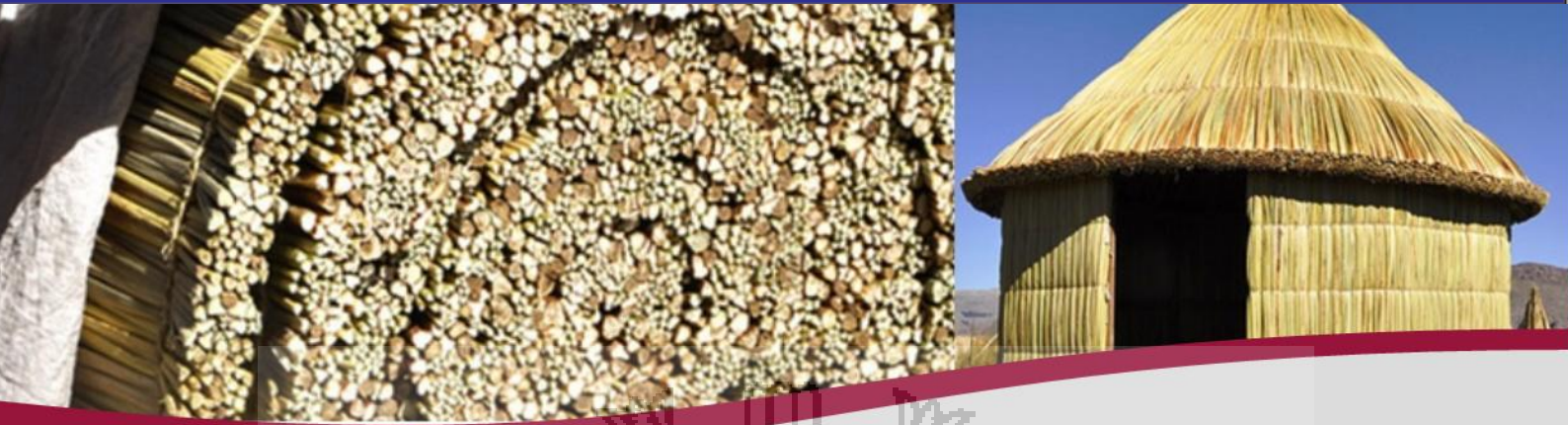
| | |
|------------------|-------|
| L | 1.705 |
| (L) ² | 2.907 |

| ENERGIA (N) | | H | ho | ho ² | X ² | X | SENE | θ |
|-------------|-----|------|------|-----------------|----------------|------|-----------|-------|
| E1 | 160 | 0.33 | 1.38 | 1.90 | 1.01 | 1.00 | 0.5882465 | 36.01 |
| E2 | 240 | 0.49 | 1.22 | 1.48 | 1.43 | 1.20 | 0.7011412 | 44.43 |
| E3 | 320 | 0.65 | 1.05 | 1.11 | 1.80 | 1.34 | 0.7866782 | 51.91 |

5. Verificación de los ángulos para la muestra de totora con revestimiento de mortero de cemento

| | |
|----------------|-------|
| L | 2.005 |
| L ² | 4.020 |

| ENERGIA (H) | | H | ho | ho ² | X ² | X | SENE | θ |
|-------------|-----|------|------|-----------------|----------------|------|--------|-------|
| E1 | 260 | 0.53 | 1.47 | 2.18 | 1.84 | 1.36 | 0.6774 | 42.61 |
| E2 | 390 | 0.80 | 1.21 | 1.46 | 2.56 | 1.60 | 0.7974 | 52.84 |
| E3 | 520 | 1.06 | 0.94 | 0.89 | 3.13 | 1.77 | 0.8820 | 61.73 |



ANEXO:

Aislamiento Acústico



REGISTRO DE MEDICIONES

ENSAYO AISLAMIENTO ACÚSTICO

MATERIAL: **SIN AISLANTE**
 MUESTRA: **1**

MATERIAL: **SIN AISLANTE**
 MUESTRA: **2**

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 91.2 | 104.4 | 112.9 | 118.5 | 113.5 | 100.9 |
| 2 | 89.7 | 104.5 | 112.8 | 118.6 | 113.2 | 101 |
| 3 | 89.7 | 104.7 | 112.3 | 119 | 113.4 | 100.9 |
| 4 | 89.8 | 103.8 | 112.5 | 119 | 113.6 | 100.8 |
| 5 | 91.9 | 104 | 112.9 | 118.8 | 113.5 | 101.5 |
| 6 | 91.2 | 103.6 | 112.6 | 118.5 | 113.2 | 101.1 |
| 7 | 91.1 | 104.3 | 112.9 | 119.1 | 113.4 | 101.6 |
| 8 | 89.1 | 103.9 | 112.9 | 118.6 | 113.5 | 101.1 |
| 9 | 89.7 | 103.8 | 112.4 | 119 | 113.9 | 101.9 |
| 10 | 88.9 | 103.7 | 112.7 | 118.8 | 113.9 | 102.5 |
| 11 | 88.6 | 104.1 | 112.4 | 118.8 | 113.4 | 100.1 |
| 12 | 88.5 | 104.3 | 113.3 | 119 | 113 | 100.2 |
| 13 | 89.5 | 103.8 | 112.8 | 118.9 | 113.6 | 100.2 |
| 14 | 89.3 | 104.7 | 112.6 | 118.9 | 113.3 | 101.2 |
| 15 | 90.1 | 104.2 | 112.1 | 118.7 | 113.8 | 101.3 |
| PROM. | 89.89 | 104.12 | 112.67 | 118.8 | 113.5 | 101.09 |

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|--------------|---------------|---------------|----------------|--------------|---------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 91.2 | 104.4 | 112.9 | 118.5 | 113.5 | 100.9 |
| 2 | 89.7 | 104.5 | 112.8 | 118.6 | 113.2 | 101.0 |
| 3 | 89.7 | 104.7 | 112.3 | 119.0 | 113.4 | 100.9 |
| 4 | 89.8 | 103.8 | 112.5 | 119.0 | 113.6 | 100.8 |
| 5 | 91.9 | 104.0 | 112.9 | 118.8 | 113.5 | 101.5 |
| 6 | 91.2 | 103.6 | 112.6 | 118.5 | 113.2 | 101.1 |
| 7 | 91.1 | 104.3 | 112.9 | 119.1 | 113.4 | 101.6 |
| 8 | 89.1 | 103.9 | 112.9 | 118.6 | 113.5 | 101.1 |
| 9 | 89.7 | 103.8 | 112.4 | 119.0 | 113.9 | 101.9 |
| 10 | 88.9 | 103.7 | 112.7 | 118.8 | 113.9 | 102.5 |
| 11 | 88.6 | 104.1 | 112.4 | 118.8 | 113.4 | 100.1 |
| 12 | 88.5 | 104.3 | 113.3 | 119.0 | 113.0 | 100.2 |
| 13 | 89.5 | 103.8 | 112.8 | 118.9 | 113.6 | 100.2 |
| 14 | 89.3 | 104.7 | 112.6 | 118.9 | 113.3 | 101.2 |
| 15 | 90.1 | 104.2 | 112.1 | 118.7 | 113.8 | 101.3 |
| PROM. | 89.89 | 104.12 | 112.67 | 118.813 | 113.5 | 101.09 |

ENSAYO AISLAMIENTO ACÚSTICO

MATERIAL: **SIN AISLANTE**
 MUESTRA: **3**

MATERIAL: **k'esana 5 cm.**
 MUESTRA: **1**

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 90.2 | 104.1 | 112.2 | 118.5 | 112.5 | 101.3 |
| 2 | 91.2 | 103.8 | 112.5 | 118.8 | 112.5 | 100.5 |
| 3 | 91 | 103.5 | 112.3 | 119.1 | 113 | 100.6 |
| 4 | 90.9 | 104.3 | 112.8 | 115.8 | 113.5 | 100.9 |
| 5 | 91.9 | 103.9 | 112.3 | 118.3 | 112.9 | 100.3 |
| 6 | 90.8 | 103.8 | 112.9 | 118.9 | 113.4 | 101.5 |
| 7 | 90.8 | 103.2 | 112.9 | 118.1 | 113.5 | 100.5 |
| 8 | 91.1 | 104.1 | 112.9 | 118.5 | 113 | 101.7 |
| 9 | 91.1 | 104.2 | 112.5 | 118.3 | 112.8 | 101.9 |
| 10 | 91 | 103.5 | 112.3 | 118.7 | 113.6 | 101.5 |
| 11 | 91.9 | 103.7 | 112.7 | 118.9 | 112.9 | 100.1 |
| 12 | 90.8 | 104.3 | 111.9 | 118.9 | 112.6 | 101.2 |
| 13 | 90.8 | 103.6 | 112.8 | 118.3 | 113.2 | 100.1 |
| 14 | 90.5 | 103.5 | 112.6 | 118.9 | 113.5 | 100.2 |
| 15 | 91.6 | 104.3 | 112.4 | 118.9 | 112.9 | 100.6 |
| PROM. | 91.04 | 103.85 | 112.53 | 118.5 | 113.1 | 100.86 |

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 66.90 | 80.70 | 83.30 | 86.90 | 79.40 | 65.50 |
| 2 | 66.50 | 79.90 | 83.50 | 86.00 | 79.70 | 66.10 |
| 3 | 67.00 | 80.90 | 83.00 | 85.50 | 79.50 | 65.70 |
| 4 | 67.10 | 80.60 | 83.60 | 86.00 | 79.40 | 67.90 |
| 5 | 67.00 | 80.50 | 83.70 | 86.10 | 79.20 | 66.30 |
| 6 | 66.90 | 79.90 | 83.20 | 85.70 | 79.60 | 66.20 |
| 7 | 67.20 | 81.20 | 83.90 | 85.90 | 79.10 | 66.40 |
| 8 | 66.60 | 80.70 | 83.40 | 86.10 | 79.20 | 66.30 |
| 9 | 66.90 | 81.50 | 84.00 | 86.10 | 79.50 | 67.00 |
| 10 | 66.90 | 80.50 | 83.10 | 86.90 | 79.00 | 66.40 |
| 11 | 65.70 | 80.70 | 80.70 | 86.70 | 79.40 | 66.30 |
| 12 | 66.60 | 80.70 | 83.60 | 86.30 | 79.40 | 66.80 |
| 13 | 66.60 | 79.70 | 83.30 | 86.50 | 79.10 | 66.70 |
| 14 | 65.60 | 79.90 | 83.60 | 86.90 | 79.60 | 67.90 |
| 15 | 67.00 | 79.80 | 83.70 | 86.70 | 79.00 | 66.20 |
| PROM. | 66.70 | 80.48 | 83.31 | 86.29 | 79.34 | 66.51 |



ENSAYO AISLAMIENTO ACÚSTICO

MATERIAL: k'esana 5 cm.

MUESTRA: 2

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 66.8 | 80.5 | 83.4 | 86.4 | 79.8 | 65.2 |
| 2 | 66.3 | 80.3 | 83.6 | 86.3 | 79.2 | 65.2 |
| 3 | 66.8 | 80.6 | 83.5 | 86.5 | 79.9 | 65.9 |
| 4 | 66.9 | 80.9 | 83.4 | 86.9 | 79.6 | 66.2 |
| 5 | 67.1 | 79.8 | 83.9 | 86.7 | 79.3 | 65.8 |
| 6 | 66.5 | 80.5 | 83.5 | 86.9 | 79.6 | 66.1 |
| 7 | 66.8 | 80.5 | 84.0 | 86.1 | 79.8 | 65.8 |
| 8 | 66.5 | 80.9 | 83.7 | 86.9 | 79.1 | 65.3 |
| 9 | 66.1 | 80.9 | 83.5 | 86.5 | 79.1 | 65.9 |
| 10 | 67.5 | 80.5 | 83.4 | 86.3 | 80.0 | 65.4 |
| 11 | 66.8 | 80.7 | 83.9 | 86.5 | 79.9 | 65.6 |
| 12 | 66.8 | 81.0 | 83.7 | 86.7 | 79.4 | 65.5 |
| 13 | 66.4 | 79.7 | 83.2 | 87.1 | 79.1 | 65.2 |
| 14 | 66.7 | 80.6 | 83.5 | 86.2 | 79.8 | 65.9 |
| 15 | 66.9 | 80.2 | 83.6 | 86.3 | 79.9 | 65.7 |
| PROM. | 66.7 | 80.5 | 83.6 | 86.6 | 79.6 | 65.6 |

MATERIAL: k'esana 5 cm.

MUESTRA: 3

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 66.1 | 80.5 | 83.6 | 85.8 | 80.4 | 65.7 |
| 2 | 66.2 | 80.4 | 83.5 | 85.4 | 80.2 | 65.5 |
| 3 | 66.5 | 80.3 | 83.4 | 85.4 | 80.2 | 65.7 |
| 4 | 66.1 | 80.6 | 83.9 | 86.2 | 79.9 | 65.7 |
| 5 | 66.4 | 80.9 | 83.7 | 85.4 | 80.1 | 65.5 |
| 6 | 66.8 | 80.7 | 83.4 | 85.3 | 80.2 | 65.2 |
| 7 | 66.7 | 80.1 | 83.5 | 85.9 | 79.4 | 65.9 |
| 8 | 66.1 | 80.3 | 84.0 | 85.1 | 80.6 | 65.7 |
| 9 | 65.9 | 80.0 | 83.6 | 85.9 | 79.4 | 66.0 |
| 10 | 66.5 | 80.5 | 83.7 | 85.9 | 80.5 | 65.7 |
| 11 | 66.8 | 80.6 | 83.2 | 84.9 | 80.2 | 66.0 |
| 12 | 66.9 | 80.2 | 83.5 | 85.6 | 80.6 | 65.9 |
| 13 | 66.8 | 80.7 | 83.1 | 85.3 | 80.1 | 65.8 |
| 14 | 67.0 | 80.6 | 80.4 | 85.7 | 80.0 | 65.4 |
| 15 | 66.9 | 80.5 | 80.9 | 85.9 | 80.5 | 65.9 |
| PROM. | 66.5 | 80.5 | 83.2 | 85.6 | 80.2 | 65.7 |

ENSAYO AISLAMIENTO ACÚSTICO

MATERIAL: Revestimiento de Yeso 0.5 cm.

MUESTRA: 1

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 54.2 | 66.2 | 70.7 | 72.7 | 66.1 | 42.2 |
| 2 | 54.9 | 66.0 | 70.7 | 72.3 | 66.5 | 42.9 |
| 3 | 54.7 | 66.1 | 70.3 | 72.7 | 66.6 | 42.1 |
| 4 | 54.3 | 66.3 | 70.2 | 72.0 | 66.9 | 42.3 |
| 5 | 54.3 | 66.1 | 70.2 | 72.3 | 66.6 | 42.6 |
| 6 | 54.1 | 66.8 | 70.7 | 72.6 | 66.3 | 42.3 |
| 7 | 54.9 | 67.0 | 70.1 | 72.4 | 66.3 | 42.6 |
| 8 | 54.7 | 66.5 | 70.1 | 72.6 | 66.2 | 42.5 |
| 9 | 54.1 | 66.5 | 70.2 | 72.1 | 66.6 | 42.9 |
| 10 | 54.8 | 66.1 | 70.4 | 72.6 | 66.9 | 42.2 |
| 11 | 55.0 | 66.1 | 70.5 | 73.2 | 67.0 | 42.4 |
| 12 | 54.6 | 66.7 | 70.3 | 73.7 | 66.3 | 42.7 |
| 13 | 54.3 | 66.5 | 70.2 | 73.3 | 66.4 | 42.7 |
| 14 | 54.3 | 66.6 | 70.3 | 71.9 | 66.4 | 42.5 |
| 15 | 54.6 | 66.7 | 70.2 | 72.6 | 66.9 | 42.8 |
| PROM. | 54.5 | 66.4 | 70.3 | 72.6 | 66.5 | 42.5 |

MATERIAL: Revestimiento de Yeso 0.5 cm.

MUESTRA: 2

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 55.1 | 66.7 | 68.2 | 72.6 | 65.3 | 41.5 |
| 2 | 55.3 | 66.5 | 68.9 | 72.4 | 65.1 | 41.5 |
| 3 | 54.9 | 66.1 | 68.2 | 72.3 | 65.9 | 41.6 |
| 4 | 54.9 | 66.4 | 68.2 | 72.1 | 66.7 | 41.9 |
| 5 | 55.0 | 66.5 | 68.1 | 72.5 | 65.3 | 41.6 |
| 6 | 54.7 | 66.5 | 67.9 | 72.5 | 65.7 | 41.7 |
| 7 | 54.7 | 66.9 | 67.5 | 72.7 | 65.3 | 41.5 |
| 8 | 54.1 | 66.4 | 68.5 | 72.3 | 65.6 | 41.5 |
| 9 | 54.3 | 66.0 | 68.5 | 72.4 | 65.4 | 41.8 |
| 10 | 54.7 | 66.7 | 68.4 | 72.1 | 65.6 | 41.2 |
| 11 | 54.5 | 66.3 | 68.9 | 72.7 | 66.5 | 41.6 |
| 12 | 54.8 | 67.3 | 68.7 | 71.9 | 65.8 | 41.4 |
| 13 | 54.3 | 66.8 | 68.5 | 72.5 | 65.3 | 41.8 |
| 14 | 54.8 | 66.4 | 68.3 | 72.6 | 65.3 | 41.2 |
| 15 | 54.7 | 66.7 | 68.1 | 72.1 | 65.3 | 41.9 |
| PROM. | 54.7 | 66.5 | 68.3 | 72.4 | 65.6 | 41.6 |

ENSAYO AISLAMIENTO ACÚSTICO

MATERIAL: **Revestimiento de Yeso 0.5 cm.**

MUESTRA: **3**

MATERIAL: **Revestimiento de Yeso 1.0 cm.**

MUESTRA: **1**

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 54.0 | 66.3 | 67.9 | 72.5 | 66.3 | 41.6 |
| 2 | 54.6 | 66.4 | 67.5 | 72.6 | 67.3 | 41.2 |
| 3 | 54.7 | 66.8 | 68.2 | 72.3 | 67.5 | 41.3 |
| 4 | 53.9 | 66.9 | 68.2 | 72.4 | 66.7 | 41.0 |
| 5 | 53.9 | 66.3 | 67.4 | 72.6 | 67.8 | 41.4 |
| 6 | 53.9 | 66.8 | 68.0 | 72.4 | 67.7 | 40.8 |
| 7 | 54.3 | 66.5 | 67.9 | 71.9 | 65.3 | 41.6 |
| 8 | 54.1 | 66.7 | 67.8 | 72.4 | 67.2 | 41.2 |
| 9 | 54.2 | 66.1 | 67.8 | 72.6 | 67.3 | 41.5 |
| 10 | 54.1 | 66.5 | 67.9 | 71.9 | 65.6 | 40.9 |
| 11 | 54.3 | 66.1 | 67.8 | 72.8 | 66.5 | 41.3 |
| 12 | 53.8 | 66.5 | 67.5 | 72.8 | 67.2 | 41.6 |
| 13 | 54.3 | 66.8 | 68.2 | 72.4 | 68.3 | 41.7 |
| 14 | 54.7 | 66.7 | 67.9 | 72.6 | 67.9 | 41.3 |
| 15 | 54.3 | 66.9 | 67.8 | 73.0 | 66.5 | 41.2 |
| PROM. | 54.2 | 66.6 | 67.9 | 72.5 | 67.0 | 41.3 |

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 53.8 | 65.7 | 64.1 | 71.9 | 65.1 | 41.3 |
| 2 | 53.7 | 65.6 | 64.1 | 72.0 | 65.8 | 40.9 |
| 3 | 54.0 | 65.5 | 64.2 | 72.0 | 65.1 | 40.7 |
| 4 | 54.1 | 65.3 | 64.3 | 72.3 | 65.7 | 40.2 |
| 5 | 53.5 | 65.6 | 64.3 | 72.8 | 64.9 | 41.6 |
| 6 | 53.5 | 65.8 | 68.8 | 72.0 | 65.2 | 40.9 |
| 7 | 53.5 | 65.5 | 68.7 | 71.8 | 65.9 | 40.8 |
| 8 | 53.3 | 65.1 | 68.8 | 71.3 | 65.2 | 40.6 |
| 9 | 53.3 | 65.8 | 68.7 | 72.1 | 64.9 | 41.1 |
| 10 | 53.3 | 65.9 | 64.1 | 72.5 | 65.2 | 40.5 |
| 11 | 53.5 | 65.4 | 68.8 | 71.9 | 65.9 | 40.7 |
| 12 | 53.5 | 65.9 | 68.7 | 71.9 | 65.4 | 40.9 |
| 13 | 53.3 | 65.7 | 68.8 | 72.4 | 65.7 | 40.7 |
| 14 | 53.7 | 65.1 | 68.7 | 71.8 | 65.1 | 40.5 |
| 15 | 54.0 | 65.8 | 64.2 | 71.6 | 66.0 | 40.6 |
| PROM. | 53.6 | 65.6 | 66.6 | 72.0 | 65.4 | 40.8 |

ENSAYO AISLAMIENTO ACÚSTICO

MATERIAL: **Revestimiento de Yeso 1.0 cm.**

MUESTRA: **2**

MATERIAL: **Revestimiento de Yeso 1.0 cm.**

MUESTRA: **3**

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 53.6 | 65.3 | 69.5 | 72.3 | 65.7 | 40.3 |
| 2 | 53.6 | 65.4 | 68 | 71.8 | 65.9 | 40.1 |
| 3 | 53.5 | 65.7 | 68.8 | 71.3 | 65.8 | 40.2 |
| 4 | 53.4 | 65.9 | 68.4 | 72.5 | 65.7 | 40.4 |
| 5 | 53.2 | 65.4 | 68.1 | 71.1 | 65.2 | 40.2 |
| 6 | 53.6 | 65.9 | 68.7 | 71.3 | 66.1 | 40.2 |
| 7 | 53.6 | 65.8 | 68.9 | 71.9 | 65.4 | 40.6 |
| 8 | 53.8 | 65.7 | 68.3 | 72.2 | 65.8 | 40.1 |
| 9 | 54.2 | 65.8 | 69.1 | 71.8 | 66.1 | 40.3 |
| 10 | 54 | 65.4 | 69.5 | 71.6 | 65.5 | 40.9 |
| 11 | 53.8 | 65.9 | 69.3 | 71.9 | 65.5 | 40.4 |
| 12 | 53.8 | 65.9 | 69 | 71.4 | 65.7 | 40.6 |
| 13 | 54.2 | 65.7 | 69.2 | 72.3 | 66.1 | 40 |
| 14 | 54 | 65.6 | 69.1 | 71.8 | 65.4 | 40.3 |
| 15 | 53.8 | 65.8 | 69.4 | 71.4 | 65.2 | 40.1 |
| PROM. | 53.74 | 65.68 | 68.89 | 71.77 | 65.67 | 40.313 |

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 54.1 | 65.4 | 68.1 | 71.8 | 65.9 | 41.2 |
| 2 | 54.6 | 65.9 | 68.5 | 71.5 | 66.1 | 41.7 |
| 3 | 53.9 | 65.4 | 68.3 | 71.9 | 65.4 | 41.7 |
| 4 | 54.3 | 65.4 | 67.9 | 72.4 | 65.5 | 41.6 |
| 5 | 54.7 | 65.3 | 67.4 | 71.5 | 65.2 | 41.1 |
| 6 | 54.6 | 65.3 | 68.3 | 72.1 | 65.9 | 41.6 |
| 7 | 54.2 | 65.4 | 68.9 | 71.3 | 65.4 | 41.3 |
| 8 | 54.8 | 65.1 | 69.0 | 72.5 | 65.3 | 41.2 |
| 9 | 55.0 | 65.8 | 68.3 | 71.9 | 65.6 | 41.8 |
| 10 | 54.6 | 66.0 | 68.5 | 71.6 | 65.9 | 41.2 |
| 11 | 54.8 | 65.4 | 68.5 | 72.1 | 65.3 | 41.5 |
| 12 | 54.3 | 65.7 | 68.3 | 71.9 | 66.0 | 41.6 |
| 13 | 54.7 | 65.7 | 68.4 | 71.9 | 64.9 | 41.9 |
| 14 | 54.9 | 65.2 | 67.9 | 72.5 | 65.4 | 41.6 |
| 15 | 55.3 | 65.5 | 68.4 | 71.6 | 65.4 | 41.7 |
| PROM. | 54.6 | 65.5 | 68.3 | 71.9 | 65.5 | 41.5 |

ENSAYO AISLAMIENTO ACÚSTICO

MATERIAL: **Revestimiento de Yeso 1.5 cm.**
MUESTRA: **1**

MATERIAL: **Revestimiento de Yeso 1.5 cm.**
MUESTRA: **2**

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 53.7 | 64.5 | 66.4 | 70.0 | 64.0 | 40.9 |
| 2 | 53.2 | 64.9 | 66.2 | 70.8 | 64.2 | 40.8 |
| 3 | 53.4 | 64.3 | 66.5 | 70.9 | 64.4 | 40.1 |
| 4 | 53.6 | 64.8 | 67.0 | 70.7 | 64.8 | 40.9 |
| 5 | 53.4 | 64.5 | 67.2 | 70.5 | 64.7 | 40.3 |
| 6 | 54.0 | 64.9 | 66.8 | 70.2 | 64.7 | 40.3 |
| 7 | 53.1 | 64.8 | 66.8 | 70.3 | 64.4 | 40.1 |
| 8 | 53.0 | 64.5 | 66.6 | 71.2 | 65.0 | 40.5 |
| 9 | 53.1 | 65.1 | 66.2 | 70.9 | 64.6 | 40.8 |
| 10 | 53.1 | 64.8 | 66.1 | 70.6 | 64.6 | 40.6 |
| 11 | 53.1 | 64.7 | 67.3 | 70.8 | 64.2 | 40.9 |
| 12 | 53.6 | 64.9 | 66.4 | 70.9 | 64.8 | 40.7 |
| 13 | 53.4 | 64.8 | 66.6 | 70.3 | 64.9 | 41.2 |
| 14 | 53.0 | 64.9 | 67.6 | 69.9 | 64.5 | 40.7 |
| 15 | 53.4 | 64.3 | 66.5 | 70.4 | 64.3 | 40.3 |
| PROM. | 53.3 | 64.7 | 66.7 | 70.6 | 64.5 | 40.6 |

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 53.7 | 64.2 | 67.7 | 71.2 | 64.9 | 39.9 |
| 2 | 53.1 | 65.0 | 67.7 | 70.4 | 64.5 | 40.2 |
| 3 | 53.4 | 64.8 | 67.8 | 70.4 | 64.3 | 40.2 |
| 4 | 53.4 | 64.3 | 67.6 | 71.0 | 64.8 | 40.1 |
| 5 | 53.1 | 64.5 | 68.0 | 70.4 | 64.7 | 40.7 |
| 6 | 53.2 | 64.8 | 68.1 | 70.6 | 64.9 | 40.6 |
| 7 | 53.1 | 64.5 | 68.0 | 70.3 | 64.5 | 39.7 |
| 8 | 53.1 | 65.1 | 68.0 | 70.6 | 64.1 | 40.2 |
| 9 | 53.4 | 64.5 | 68.0 | 70.3 | 63.5 | 39.5 |
| 10 | 53.2 | 64.7 | 68.1 | 70.8 | 63.8 | 39.4 |
| 11 | 53.0 | 64.5 | 68.3 | 70.9 | 64.8 | 40.1 |
| 12 | 53.6 | 64.6 | 68.0 | 70.8 | 64.7 | 39.8 |
| 13 | 53.8 | 64.9 | 67.7 | 70.6 | 64.8 | 39.9 |
| 14 | 53.1 | 65.0 | 67.9 | 70.3 | 65.2 | 40.3 |
| 15 | 53.1 | 64.3 | 68.0 | 70.6 | 64.5 | 39.6 |
| PROM. | 53.3 | 64.6 | 67.9 | 70.6 | 64.5 | 40.0 |

ENSAYO AISLAMIENTO ACÚSTICO

MATERIAL: **Revestimiento de Yeso 1.5 cm.**
MUESTRA: **3**

MATERIAL: **Revestimiento de mortero 0.5 cm.**
MUESTRA: **1**

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 52.9 | 65.2 | 67.9 | 70.5 | 64.9 | 40.0 |
| 2 | 52.4 | 64.9 | 67.9 | 70.4 | 64.8 | 39.4 |
| 3 | 52.8 | 65.8 | 67.8 | 70.5 | 64.5 | 39.4 |
| 4 | 52.5 | 65.2 | 67.6 | 70.2 | 65.6 | 39.5 |
| 5 | 52.5 | 64.9 | 67.8 | 70.1 | 65.3 | 39.7 |
| 6 | 52.5 | 65.7 | 67.9 | 70.9 | 64.9 | 40.6 |
| 7 | 52.4 | 65.9 | 68.0 | 70.3 | 63.9 | 39.4 |
| 8 | 52.8 | 64.9 | 67.7 | 70.8 | 64.7 | 40.2 |
| 9 | 52.7 | 65.8 | 68.3 | 70.5 | 64.8 | 39.5 |
| 10 | 52.7 | 65.4 | 67.9 | 70.7 | 65.1 | 40.6 |
| 11 | 52.6 | 65.6 | 67.3 | 69.9 | 64.3 | 40.1 |
| 12 | 52.9 | 64.8 | 67.3 | 70.8 | 64.8 | 39.5 |
| 13 | 52.1 | 65.9 | 68.6 | 70.9 | 64.5 | 39.4 |
| 14 | 53.0 | 65.3 | 67.4 | 70.9 | 64.9 | 40.9 |
| 15 | 52.4 | 65.4 | 67.9 | 70.8 | 64.7 | 40.8 |
| PROM. | 52.6 | 65.4 | 67.8 | 70.5 | 64.8 | 39.9 |

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 59.3 | 72.0 | 74.4 | 77.0 | 78.0 | 50.1 |
| 2 | 59.6 | 72.1 | 73.4 | 77.3 | 78.5 | 50.9 |
| 3 | 59.3 | 72.1 | 73.0 | 78.0 | 69.9 | 50.5 |
| 4 | 60.3 | 72.0 | 73.5 | 77.5 | 69.2 | 50.6 |
| 5 | 59.7 | 72.1 | 73.3 | 77.7 | 69.2 | 50.1 |
| 6 | 59.6 | 72.3 | 73.1 | 77.5 | 69.4 | 50.8 |
| 7 | 59.7 | 72.4 | 73.4 | 77.7 | 69.5 | 50.6 |
| 8 | 59.5 | 72.3 | 73.2 | 77.7 | 69.7 | 50.7 |
| 9 | 59.8 | 72.0 | 73.4 | 77.5 | 69.9 | 51.0 |
| 10 | 59.8 | 72.6 | 73.5 | 77.8 | 68.9 | 51.3 |
| 11 | 59.7 | 71.9 | 73.2 | 77.6 | 68.5 | 50.9 |
| 12 | 59.9 | 72.8 | 73.8 | 77.9 | 68.9 | 50.8 |
| 13 | 59.8 | 72.7 | 73.0 | 77.3 | 68.9 | 50.9 |
| 14 | 59.9 | 72.6 | 73.9 | 77.9 | 69.0 | 50.9 |
| 15 | 59.9 | 72.3 | 73.4 | 77.8 | 69.1 | 50.5 |
| PROM. | 59.7 | 72.3 | 73.4 | 77.6 | 70.4 | 50.7 |



ENSAYO AISLAMIENTO ACÚSTICO

MATERIAL: **Revestimiento de mortero 0.5 cm.**
 MUESTRA: **2**

MATERIAL: **Revestimiento de mortero 0.5 cm.**
 MUESTRA: **3**

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 60.4 | 72.4 | 74.1 | 77.5 | 71.9 | 50.6 |
| 2 | 60.3 | 72.2 | 74.0 | 77.5 | 71.8 | 50.3 |
| 3 | 59.6 | 72.1 | 73.6 | 78.0 | 71.5 | 50.9 |
| 4 | 59.6 | 72.1 | 74.4 | 77.5 | 71.4 | 50.4 |
| 5 | 59.1 | 72.6 | 73.8 | 77.9 | 72.5 | 50.6 |
| 6 | 60.3 | 72.4 | 73.9 | 77.8 | 72.9 | 50.5 |
| 7 | 60.8 | 72.0 | 73.4 | 78.3 | 71.2 | 51.0 |
| 8 | 60.5 | 72.3 | 73.9 | 77.5 | 71.7 | 50.3 |
| 9 | 59.6 | 72.6 | 73.1 | 77.4 | 72.1 | 50.2 |
| 10 | 60.3 | 72.8 | 73.9 | 77.9 | 72.5 | 50.5 |
| 11 | 59.7 | 72.2 | 74.2 | 78.0 | 71.7 | 51.3 |
| 12 | 59.2 | 72.4 | 74.0 | 78.1 | 72.1 | 50.6 |
| 13 | 59.3 | 72.4 | 74.5 | 78.3 | 71.9 | 50.9 |
| 14 | 59.3 | 72.5 | 73.6 | 78.2 | 71.9 | 50.9 |
| 15 | 60.5 | 72.3 | 73.4 | 77.6 | 71.2 | 50.6 |
| PROM. | 59.9 | 72.4 | 73.9 | 77.8 | 71.9 | 50.6 |

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 59.4 | 72.5 | 74.5 | 77.9 | 71.9 | 50.1 |
| 2 | 58.6 | 72.1 | 74.5 | 77.9 | 71.9 | 50.8 |
| 3 | 58.6 | 72.4 | 74.8 | 77.9 | 71.8 | 50.4 |
| 4 | 58.9 | 72.8 | 74.2 | 77.9 | 72 | 51 |
| 5 | 59.1 | 72.5 | 74.5 | 78.6 | 71.5 | 50.9 |
| 6 | 58.6 | 72.3 | 74.8 | 77.9 | 71.4 | 50.8 |
| 7 | 59.3 | 72.5 | 74.4 | 78 | 71.9 | 50.6 |
| 8 | 59 | 72.2 | 74.4 | 77.8 | 71.9 | 50.9 |
| 9 | 58.7 | 72.4 | 74.9 | 77.6 | 72.1 | 50.3 |
| 10 | 59.4 | 72.3 | 74.5 | 77.8 | 71.9 | 50.8 |
| 11 | 59.1 | 72.3 | 74.9 | 78.1 | 71.8 | 50.6 |
| 12 | 59.1 | 72.4 | 74.2 | 77.9 | 71.8 | 50.3 |
| 13 | 58.3 | 72 | 74.8 | 77.9 | 72.1 | 51.1 |
| 14 | 59.2 | 72.1 | 74.5 | 77.8 | 72.1 | 50.6 |
| 15 | 59.9 | 72.6 | 74.7 | 77.9 | 71.5 | 50.8 |
| PROM. | 59.0 | 72.4 | 74.6 | 77.9 | 71.8 | 50.7 |

ENSAYO AISLAMIENTO ACÚSTICO

MATERIAL: **Revestimiento de mortero 1.0 cm.**
 MUESTRA: **1**

MATERIAL: **Revestimiento de mortero 1.0 cm.**
 MUESTRA: **2**

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 58.9 | 71.3 | 73.9 | 77.9 | 70.3 | 49.8 |
| 2 | 59.3 | 71.5 | 73.3 | 77.3 | 70.6 | 50.2 |
| 3 | 59.5 | 71.6 | 73.6 | 77.6 | 70.2 | 50.5 |
| 4 | 58.9 | 70.9 | 73.4 | 78.3 | 70.9 | 49.4 |
| 5 | 58.9 | 71.3 | 73.1 | 77.9 | 69.8 | 50.2 |
| 6 | 58.9 | 71.8 | 73.2 | 78 | 69.9 | 50.1 |
| 7 | 58.9 | 70.9 | 73.1 | 78.1 | 69.7 | 50 |
| 8 | 59.1 | 70.9 | 73.1 | 77.6 | 70.2 | 50.1 |
| 9 | 59.4 | 70.5 | 73.2 | 77.2 | 69.5 | 50 |
| 10 | 59.2 | 70.5 | 73 | 77.9 | 69.4 | 50.6 |
| 11 | 58.9 | 71.6 | 73.5 | 78.1 | 69 | 50.7 |
| 12 | 59.3 | 71.8 | 72.9 | 77.9 | 69 | 50.2 |
| 13 | 59.5 | 71.8 | 73.2 | 78.4 | 69.9 | 50.8 |
| 14 | 58.8 | 70.4 | 73.4 | 77.9 | 69.9 | 50.7 |
| 15 | 59.3 | 71.8 | 73.6 | 78.3 | 70.3 | 49.9 |
| PROM. | 59.1 | 71.2 | 73.3 | 77.9 | 69.9 | 50.2 |

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 58.9 | 71.2 | 73.2 | 76.5 | 70.1 | 50.3 |
| 2 | 59.8 | 71.8 | 73.2 | 76.3 | 70.4 | 49 |
| 3 | 58.9 | 72.6 | 73.5 | 76.5 | 70.2 | 49 |
| 4 | 59.6 | 72.3 | 73.5 | 76.3 | 70 | 49.2 |
| 5 | 58.9 | 71.2 | 73.6 | 76.4 | 69.9 | 49.6 |
| 6 | 58.9 | 71.9 | 73.1 | 76.1 | 70.1 | 49.3 |
| 7 | 59.8 | 71.3 | 73.5 | 76.5 | 70.8 | 50.8 |
| 8 | 59.6 | 71.6 | 73.2 | 76.6 | 70.7 | 50 |
| 9 | 59.8 | 71.7 | 73.8 | 76.7 | 70 | 50.2 |
| 10 | 59.7 | 71.8 | 73.9 | 76.9 | 70.2 | 49.9 |
| 11 | 59.9 | 71.8 | 73.1 | 76.5 | 70.4 | 49.5 |
| 12 | 58.8 | 71.3 | 73.5 | 76.5 | 70 | 49.8 |
| 13 | 58.9 | 72 | 73.3 | 76.8 | 69.9 | 50.1 |
| 14 | 59.4 | 71.9 | 73.6 | 76.5 | 69.9 | 50.4 |
| 15 | 59.6 | 72.1 | 73.1 | 76.5 | 70.1 | 50 |
| PROM. | 59.4 | 71.8 | 73.4 | 76.5 | 70.2 | 49.8 |



ENSAYO AISLAMIENTO ACÚSTICO

MATERIAL: **Revestimiento de mortero 1.0 cm.**
 MUESTRA: **3**

MATERIAL: **Revestimiento de mortero 1.5 cm.**
 MUESTRA: **1**

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 57.9 | 71.3 | 73.9 | 76.5 | 70.5 | 49.8 |
| 2 | 57.8 | 71.5 | 73.8 | 76.1 | 70.1 | 49.6 |
| 3 | 57.8 | 70.9 | 73.9 | 76.1 | 70.2 | 49.6 |
| 4 | 57.9 | 71.6 | 73.5 | 76.1 | 70.3 | 49.8 |
| 5 | 57.8 | 71.2 | 73.5 | 75.8 | 70.2 | 49.2 |
| 6 | 58 | 70.9 | 73.1 | 75.6 | 70.2 | 49.8 |
| 7 | 57.9 | 71.6 | 73.2 | 76.1 | 69.9 | 50 |
| 8 | 57.8 | 71.8 | 73.6 | 76 | 69.9 | 49.8 |
| 9 | 58.1 | 71.5 | 73.4 | 75.8 | 70 | 49.9 |
| 10 | 57.7 | 71.5 | 72.9 | 75.6 | 70.5 | 50.2 |
| 11 | 58.1 | 71.6 | 73.6 | 76.5 | 70.3 | 49.4 |
| 12 | 57.9 | 71.7 | 73.4 | 76.4 | 69.8 | 49.5 |
| 13 | 58.2 | 71.9 | 73.9 | 76.8 | 70.5 | 50.2 |
| 14 | 57.6 | 71.7 | 73.9 | 75.9 | 70.5 | 50.1 |
| 15 | 58.3 | 71.3 | 74.1 | 75.9 | 70.2 | 49.8 |
| PROM. | 57.9 | 71.5 | 73.6 | 76.1 | 70.2 | 49.8 |

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 58 | 70.2 | 73.9 | 76 | 68.5 | 49.8 |
| 2 | 57.9 | 71.2 | 73.2 | 76.9 | 69.1 | 49.1 |
| 3 | 57.3 | 71.3 | 72.6 | 76.3 | 69.5 | 49.5 |
| 4 | 57.6 | 70.5 | 72.5 | 76.3 | 69.4 | 48.9 |
| 5 | 57.4 | 70.8 | 72.6 | 76 | 68.9 | 49.6 |
| 6 | 57.3 | 70.3 | 73 | 76.5 | 69.2 | 49.5 |
| 7 | 57.8 | 71.6 | 72.9 | 76.5 | 69.6 | 49.6 |
| 8 | 58 | 71.3 | 72.6 | 76.6 | 69.3 | 49.5 |
| 9 | 58.4 | 70.9 | 72.9 | 76.7 | 69.4 | 49.8 |
| 10 | 58.1 | 70.8 | 72.8 | 76.3 | 68.7 | 49.1 |
| 11 | 57.8 | 70.6 | 72.7 | 76.3 | 69.4 | 49.2 |
| 12 | 57.9 | 70.5 | 72.3 | 76.5 | 69.5 | 48.9 |
| 13 | 57.6 | 71.3 | 73.1 | 76.6 | 69.8 | 48.8 |
| 14 | 58.1 | 71.4 | 72.9 | 76.3 | 69.5 | 48.9 |
| 15 | 58.3 | 70.6 | 72.8 | 76.5 | 69.4 | 49.3 |
| PROM. | 57.8 | 70.9 | 72.9 | 76.4 | 69.3 | 49.3 |

ENSAYO AISLAMIENTO ACÚSTICO

MATERIAL: **Revestimiento de mortero 1.5 cm.**
 MUESTRA: **2**

MATERIAL: **Revestimiento de mortero 1.5 cm.**
 MUESTRA: **3**

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 58.4 | 71.3 | 72.9 | 76.5 | 68.9 | 49.8 |
| 2 | 58.7 | 70.5 | 72.3 | 76.6 | 68.9 | 49.6 |
| 3 | 58.9 | 70.4 | 72.8 | 76.6 | 69.5 | 49.1 |
| 4 | 58.5 | 70.5 | 72.1 | 75.9 | 69.5 | 49.6 |
| 5 | 58.6 | 71.9 | 72.3 | 76.6 | 68.7 | 49.3 |
| 6 | 58.1 | 70.3 | 72.8 | 76.3 | 68.6 | 49.8 |
| 7 | 58.6 | 70.3 | 72.5 | 76.1 | 69.2 | 49.5 |
| 8 | 58.8 | 71.3 | 72.3 | 76.1 | 69.3 | 49.9 |
| 9 | 58.3 | 70.9 | 72.6 | 75.9 | 68.9 | 49.8 |
| 10 | 58.3 | 70.8 | 72.9 | 76.4 | 69 | 49.5 |
| 11 | 58.3 | 71.6 | 72.4 | 76.4 | 68.7 | 49.7 |
| 12 | 58.9 | 71.3 | 72.9 | 76.5 | 68.9 | 49.9 |
| 13 | 58.3 | 70.3 | 72.6 | 76.4 | 68.9 | 49.3 |
| 14 | 59 | 71.6 | 72.6 | 76.5 | 69.4 | 49.2 |
| 15 | 58.8 | 71.3 | 72.8 | 75.9 | 68.7 | 49.8 |
| PROM. | 58.6 | 71.0 | 72.6 | 76.3 | 69.0 | 49.6 |

| N° | Hz | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | 57.2 | 71 | 72.3 | 75.9 | 69.5 | 49.1 |
| 2 | 57.3 | 70.1 | 72.5 | 76.3 | 68.9 | 49.1 |
| 3 | 58.1 | 70.3 | 73.1 | 76.5 | 69.5 | 49 |
| 4 | 58.4 | 71 | 72.5 | 76.4 | 69.4 | 49.2 |
| 5 | 57.5 | 70.6 | 72.6 | 75.9 | 68.9 | 49 |
| 6 | 58.6 | 70.5 | 73 | 76.5 | 69.4 | 48.9 |
| 7 | 58.2 | 70.1 | 73.6 | 75.6 | 68.9 | 48.6 |
| 8 | 57.8 | 70.4 | 73.8 | 76.3 | 68.9 | 49 |
| 9 | 57.6 | 70.9 | 72.9 | 75.9 | 69.2 | 48.9 |
| 10 | 58.3 | 70.4 | 73.2 | 76.3 | 69.4 | 48.3 |
| 11 | 58.5 | 70.6 | 72.9 | 76.4 | 68.5 | 48.9 |
| 12 | 57.8 | 70.9 | 72.7 | 75.9 | 68.9 | 49.1 |
| 13 | 58 | 70.2 | 72.3 | 76.3 | 68.7 | 48.6 |
| 14 | 57.4 | 70.9 | 73.5 | 75.9 | 69.3 | 49.1 |
| 15 | 58 | 70.8 | 72.9 | 76.4 | 69.2 | 48.9 |
| PROM. | 57.9 | 70.6 | 72.9 | 76.2 | 69.1 | 48.9 |

CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE AISLAMIENTO ACÚSTICO STC Y NCR

En la siguiente tabla se muestra un el promedio de los datos registrados según la frecuencia:

| | MUESTRA | Frecuencia (Hz) | | | | | |
|----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| K'ESANA 5 CM | 1 | 66.70 | 80.48 | 83.31 | 86.29 | 79.34 | 66.51 |
| | 2 | 66.73 | 80.51 | 83.59 | 86.55 | 79.57 | 65.65 |
| | 3 | 66.51 | 80.46 | 83.16 | 85.58 | 80.15 | 65.71 |
| | PROMEDIO | 66.65 | 80.48 | 83.35 | 86.14 | 79.69 | 65.96 |
| YESO 0.5 CM | 1 | 54.52 | 66.41 | 70.34 | 72.60 | 66.53 | 42.51 |
| | 2 | 54.72 | 66.55 | 68.33 | 72.38 | 65.61 | 41.58 |
| | 3 | 54.20 | 66.55 | 67.85 | 72.48 | 67.01 | 41.31 |
| | PROMEDIO | 54.48 | 66.50 | 68.84 | 72.49 | 66.38 | 41.80 |
| YESO 1.0 CM | 1 | 53.60 | 65.58 | 66.62 | 72.02 | 65.41 | 40.80 |
| | 2 | 53.74 | 65.58 | 68.89 | 71.77 | 65.67 | 40.31 |
| | 3 | 54.59 | 65.50 | 68.31 | 71.90 | 65.55 | 41.51 |
| | PROMEDIO | 53.98 | 65.59 | 67.94 | 71.90 | 65.54 | 40.88 |
| YESO 1.5 CM | 1 | 53.34 | 64.71 | 66.68 | 70.56 | 64.54 | 40.61 |
| | 2 | 53.29 | 64.65 | 67.93 | 70.61 | 64.53 | 40.01 |
| | 3 | 52.61 | 65.38 | 67.82 | 70.55 | 64.78 | 39.93 |
| | PROMEDIO | 53.08 | 64.91 | 67.48 | 70.57 | 64.62 | 40.18 |
| MORTERO 0.5 CM | 1 | 59.72 | 72.28 | 73.43 | 75.27 | 70.44 | 50.71 |
| | 2 | 59.90 | 72.35 | 73.85 | 77.83 | 71.89 | 50.64 |
| | 3 | 59.01 | 72.36 | 74.57 | 77.93 | 71.84 | 50.67 |
| | PROMEDIO | 59.54 | 72.33 | 73.95 | 77.01 | 71.39 | 50.67 |
| MORTERO 1 CM | 1 | 59.12 | 71.24 | 73.30 | 77.89 | 69.91 | 50.21 |
| | 2 | 59.37 | 71.77 | 73.41 | 76.51 | 70.18 | 49.81 |
| | 3 | 57.92 | 71.47 | 73.58 | 76.08 | 70.21 | 49.78 |
| | PROMEDIO | 58.80 | 71.49 | 73.43 | 76.83 | 70.10 | 49.93 |
| MORTERO 1.5 CM | 1 | 57.83 | 70.89 | 72.85 | 76.42 | 69.28 | 49.30 |
| | 2 | 58.57 | 70.95 | 72.59 | 76.31 | 69.01 | 49.59 |
| | 3 | 57.91 | 70.58 | 72.92 | 76.17 | 69.11 | 48.91 |
| | PROMEDIO | 58.10 | 70.81 | 72.79 | 76.30 | 69.13 | 49.27 |

➤ **Cálculo del nivel de potencia sonora (NPS) por material**

La siguiente tabla, muestra los valores del NPS, con esta, obtuvimos el promedio por material, el cual nos proporciona la cantidad en dB (A), que cada material deja pasar en cada frecuencia determinada.

RESUMEN DE NIVEL DE POTENCIA SONORA EN dB

| FRECUENCIA (Hz) | MATERIALES | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | SIN AISLANTE | K'ESANA 5 CM | YESO 0.5 CM | YESO 1.0 CM | YESO 1.5 CM | MORTER O 0.5 CM | MORTER O 1.0 CM | MORTERO 1.5 CM |
| 250 | 90.54 | 66.65 | 54.48 | 53.98 | 53.08 | 59.54 | 58.80 | 58.10 |
| 500 | 104.06 | 80.48 | 66.50 | 65.59 | 64.91 | 72.33 | 71.49 | 70.81 |
| 1000 | 112.29 | 83.35 | 68.84 | 67.94 | 67.48 | 73.95 | 73.43 | 72.79 |
| 2000 | 118.75 | 86.14 | 72.49 | 71.90 | 70.57 | 77.01 | 76.83 | 76.30 |
| 4000 | 113.41 | 79.69 | 66.38 | 65.54 | 64.62 | 71.39 | 70.10 | 69.13 |
| 8000 | 100.75 | 65.96 | 41.80 | 40.88 | 40.18 | 50.67 | 49.93 | 49.27 |
| PROMEDIO POR MATERIAL | 106.63 | 77.04 | 61.75 | 60.97 | 60.14 | 67.48 | 66.76 | 66.07 |

De acuerdo a la información obtenida se puede distinguir que en la frecuencia de 2000Hz, ocurre un caso particular, antes de este valor todos los materiales presentan un incremento en su nivel de NPS, consiguiendo el valor más alto en esta frecuencia, después de este valor el NPS comienza a decrecer en todos los materiales ensayados.

➤ **Cálculo de la pérdida de transmisión de sonido STL y la clase de transmisión de sonido STC**

Se sabemos que:

$$STL = 10 * \log_{10}(w_i/W_r)$$

$$STC = \text{Promedio (STL de cada frecuencia)}$$

CÁLCULO DEL "STL" Y "STC"

| FRECUENCIAS (Hz) | MATERIALES | | | | | | |
|---------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | K'ESANA 5 CM | YESO 0.5 CM | YESO 1.0 CM | YESO 1.5 CM | MORTERO 0.5 CM | MORTERO 1.0 CM | MORTERO 1.5 CM |
| 250 | 23.89 | 36.05 | 36.56 | 37.46 | 30.99 | 31.73 | 32.43 |
| 500 | 23.58 | 37.56 | 38.47 | 39.15 | 31.73 | 32.57 | 33.25 |
| 1000 | 28.94 | 43.45 | 44.35 | 44.82 | 38.34 | 38.86 | 39.51 |
| 2000 | 32.61 | 46.27 | 46.86 | 48.18 | 41.74 | 41.93 | 42.45 |
| 4000 | 33.72 | 47.03 | 47.87 | 48.79 | 42.02 | 43.31 | 44.28 |
| 8000 | 34.80 | 58.95 | 59.88 | 60.57 | 50.08 | 50.82 | 51.48 |
| STC | 29.59 | 44.88 | 45.66 | 46.49 | 39.15 | 39.87 | 40.57 |

Con la precedente, obtenemos un valor real de atenuación de sonido que se experimenta en cada muestra. El promedio es un dato general de este valor de atenuación.

Y se verifica que la muestra con revestimiento de yeso con espesor de 1.5 cm presenta el mejor margen de atenuación de acuerdo a su promedio de **46.49 dB (A)**, y que el mortero con espesor de 0.5 cm, presenta el menor índice de atenuación de acuerdo a su promedio es **39.15 dB (A)**.

- Cálculo del coeficiente de absorción del Sonido (SAC) y el coeficiente de reducción de ruido (NRC)

$$SAC = STL/w_i$$

$$NCR = \text{Promedio (SAC de cada frecuencia)}$$

CÁLCULO DE COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE SONIDO

| FRECUENCIA (Hz) | MATERIALES | | | | | | |
|--------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | K'ESANA 5 CM | YESO 0.5 CM | YESO 1.0 CM | YESO 1.5 CM | MORTERO 0.5 CM | MORTERO 1.0 CM | MORTERO 1.5 CM |
| 250 | 0.26 | 0.40 | 0.40 | 0.41 | 0.34 | 0.35 | 0.36 |
| 500 | 0.23 | 0.36 | 0.37 | 0.38 | 0.30 | 0.31 | 0.32 |
| 1000 | 0.26 | 0.39 | 0.39 | 0.40 | 0.34 | 0.35 | 0.35 |
| 2000 | 0.27 | 0.39 | 0.39 | 0.41 | 0.35 | 0.35 | 0.36 |
| 4000 | 0.30 | 0.41 | 0.42 | 0.43 | 0.37 | 0.38 | 0.39 |
| 8000 | 0.35 | 0.59 | 0.59 | 0.60 | 0.50 | 0.50 | 0.51 |
| NRC | 0.28 | 0.42 | 0.43 | 0.44 | 0.37 | 0.37 | 0.38 |

Resumen de coeficientes de aislamiento acústico

| MATERIAL | STC | NRC |
|-----------------|-------|-------|
| K'esana 5 cm. | 29.59 | 0.278 |
| Yeso 0.5 cm. | 44.88 | 0.424 |
| Yeso 1.0 cm | 45.66 | 0.430 |
| Yeso 1.5 cm. | 46.49 | 0.438 |
| Mortero 0.5 cm. | 39.15 | 0.368 |
| Mortero 1.0 cm | 39.87 | 0.375 |
| Mortero 1.5 cm. | 40.57 | 0.381 |



ANEXO:

Aislamiento Térmico

AISLAMIENTO TÉRMICO

❖ Cálculo del coeficiente de conductividad térmica

Con las masa de hielo derretido por unidad de tiempo, $\Delta m/\Delta t$, y el coeficiente de calor latente de fusión del hielo " L_f ", obtuvimos la cantidad de calor por unidad de tiempo que llega al hielo $\Delta Q/\Delta t$. Con la fórmula de Fourier se obtuvo el coeficiente de conductividad térmica de cada una de las muestras de k'esana.

MUESTRA 1

Coefficiente de fusión del hielo $L_f = 3.35E+05$ J/Kg

Espesor de la muestra $\Delta x = 0.0508$ m

Variación de la temperatura $\Delta T = 86.00$ °C

Área de contacto $A = 0.0256$ m²

| MEDIDA | Δm (gr) | Δ tiempo (min) | $\Delta m/\Delta t$ (gr/min) | $\Delta m/\Delta t$ (kg/s) | $\Delta Q/\Delta t$ (watt) | $\Delta x/A*\Delta T$ (m-1°C-1) | K (W/m°C) |
|----------|--------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------|
| 1 | 0 | 0 | - | - | - | 0.0231 | - |
| 2 | 32.8 | 10 | 0.328 | 5.46E-06 | 1.83 | 0.0231 | 0.042 |
| 3 | 36.0 | 10 | 0.360 | 5.99E-06 | 2.01 | 0.0231 | 0.046 |
| 4 | 47.9 | 10 | 0.479 | 7.99E-06 | 2.68 | 0.0231 | 0.062 |
| 5 | 54.3 | 10 | 0.543 | 9.06E-06 | 3.03 | 0.0231 | 0.070 |
| 6 | 62.3 | 10 | 0.623 | 1.04E-05 | 3.48 | 0.0231 | 0.080 |
| 7 | 82.3 | 10 | 0.823 | 1.37E-05 | 4.59 | 0.0231 | 0.106 |
| PROMEDIO | | | | | | | 0.068 |



MUESTRA 2

Coeficiente de fusión del hielo $L_f = 3.35E+05$ J/Kg

Espesor de la muestra $\Delta x = 0.05$ m

Variación de la temperatura $\Delta T = 86.00$ °C

Área de contacto $A = 0.025575$ m²

| MEDIDA | Δm (gr) | Δ tiempo (min) | $\Delta m / \Delta t$ (gr/min) | $\Delta m / \Delta t$ (kg/s) | $\Delta Q / \Delta t$ (watt) | $\Delta x / A * \Delta T$ (m-1°C-1) | K (W/m°C) |
|-----------------|-----------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| 1 | 0 | 0 | - | - | - | 0.0231 | - |
| 2 | 34.4 | 10 | 0.344 | 5.73E-06 | 1.92 | 0.0231 | 0.044 |
| 3 | 36.8 | 10 | 0.368 | 6.13E-06 | 2.05 | 0.0231 | 0.047 |
| 4 | 42.3 | 10 | 0.423 | 7.06E-06 | 2.36 | 0.0231 | 0.055 |
| 5 | 52.7 | 10 | 0.527 | 8.79E-06 | 2.94 | 0.0231 | 0.068 |
| 6 | 63.1 | 10 | 0.631 | 1.05E-05 | 3.52 | 0.0231 | 0.081 |
| 7 | 83.9 | 10 | 0.839 | 1.40E-05 | 4.68 | 0.0231 | 0.108 |
| PROMEDIO | | | | | | | 0.067 |

MUESTRA 3

Coeficiente de fusión del hielo $L_f = 3.35E+05$ J/Kg

Espesor de la muestra $\Delta x = 0.051$ m

Variación de la temperatura $\Delta T = 86.00$ °C

Área de contacto $A = 0.025575$ m²

| MEDIDA | Δm (gr) | Δ tiempo (min) | $\Delta m / \Delta t$ (gr/min) | $\Delta m / \Delta t$ (kg/s) | $\Delta Q / \Delta t$ (watt) | $\Delta x / A * \Delta T$ (m-1°C-1) | K (W/m°C) |
|-----------------|-----------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| 1 | 0 | 0 | - | - | - | 0.0231 | - |
| 2 | 3.20 | 10 | 0.320 | 5.33E-06 | 1.78 | 0.0231 | 0.041 |
| 3 | 3.60 | 10 | 0.360 | 5.99E-06 | 2.01 | 0.0231 | 0.046 |
| 4 | 4.47 | 10 | 0.447 | 7.46E-06 | 2.50 | 0.0231 | 0.058 |
| 5 | 5.51 | 10 | 0.551 | 9.19E-06 | 3.08 | 0.0231 | 0.071 |
| 6 | 6.95 | 10 | 0.695 | 1.16E-05 | 3.88 | 0.0231 | 0.090 |
| 7 | 7.99 | 10 | 0.799 | 1.33E-05 | 4.46 | 0.0231 | 0.103 |
| PROMEDIO | | | | | | | 0.068 |

Resumen

| MUESTRA | λ (W/m°C) | λ (W/m°K) |
|-----------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0.068 | 0.016 |
| 2 | 0.067 | 0.016 |
| 3 | 0.068 | 0.016 |
| PROMEDIO | 0.068 | 0.016 |

❖ Cálculo de la Resistencia térmica “R”

La Resistencia térmica se calcula con la siguiente expresión:

$$R = \frac{e (m)}{\lambda \left(\frac{W}{mC}\right)}$$

Si el elemento tiene diferentes capas se sumará la resistencia de cada capa.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

ESPEORES PARA EL CÁLCULO DE LA RESISTENCIA TERMICA

| MATERIAL | λ | ESPESOR | | |
|------------------------------------|-----------|---------|------|-------|
| | | e1 | e2 | e3 |
| K'ESANA + REVESTIMIENTO DE YESO | 0.76 | 0.005 | 0.01 | 0.015 |
| K'ESANA + REVESTIMIENTO DE MORTERO | 1.40 | 0.005 | 0.01 | 0.015 |
| K'ESANA | 0.203 | 0.0508 | - | - |

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA TÉRMICA

| RESISTENCIA TERMICA | ESPESOR | R1 | R2 | R3 | RT |
|------------------------------------|---------|-------|-------|-------|--------------|
| K'ESANA + REVESTIMIENTO DE YESO | e1 | 0.007 | 0.750 | 0.007 | 0.763 |
| K'ESANA + REVESTIMIENTO DE MORTERO | e1 | 0.004 | 0.750 | 0.004 | 0.757 |
| K'ESANA + REVESTIMIENTO DE YESO | e2 | 0.013 | 0.750 | 0.013 | 0.776 |
| K'ESANA + REVESTIMIENTO DE MORTERO | e2 | 0.007 | 0.750 | 0.007 | 0.764 |
| K'ESANA + REVESTIMIENTO DE YESO | e3 | 0.020 | 0.750 | 0.020 | 0.789 |
| K'ESANA + REVESTIMIENTO DE MORTERO | e3 | 0.011 | 0.750 | 0.011 | 0.771 |

❖ **Cálculo de la transmitancia térmica "U" (W/m²K)**

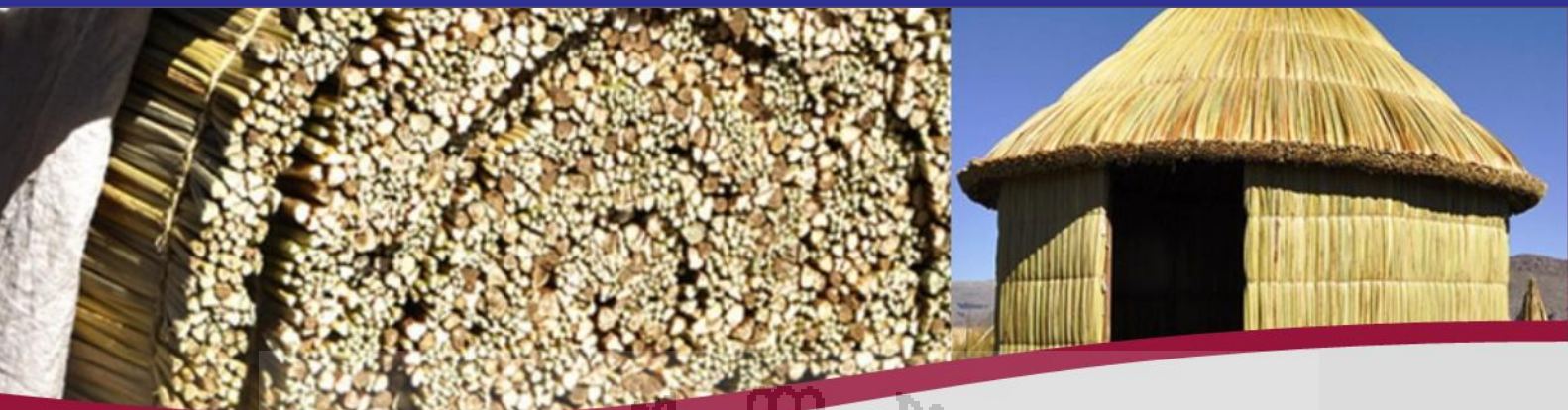
La Transmitancia térmica viene a ser la inversa de la resistencia térmica:

$$U = \frac{1}{R_T \left(\frac{m^2 C}{W} \right)}$$

CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA

| RESISTENCIA TÉRMICA | ESPESOR (cm) | RT | U (m ² C/W) |
|------------------------------------|--------------|------|------------------------|
| K'ESANA + REVESTIMIENTO DE MORTERO | 0.5 | 0.76 | 1.32 |
| K'ESANA + REVESTIMIENTO DE MORTERO | 1.0 | 0.76 | 1.31 |
| K'ESANA + REVESTIMIENTO DE MORTERO | 1.5 | 0.77 | 1.30 |
| K'ESANA + REVESTIMIENTO DE YESO | 0.5 | 0.76 | 1.31 |
| K'ESANA + REVESTIMIENTO DE YESO | 1.0 | 0.78 | 1.29 |
| K'ESANA + REVESTIMIENTO DE YESO | 1.5 | 0.79 | 1.27 |

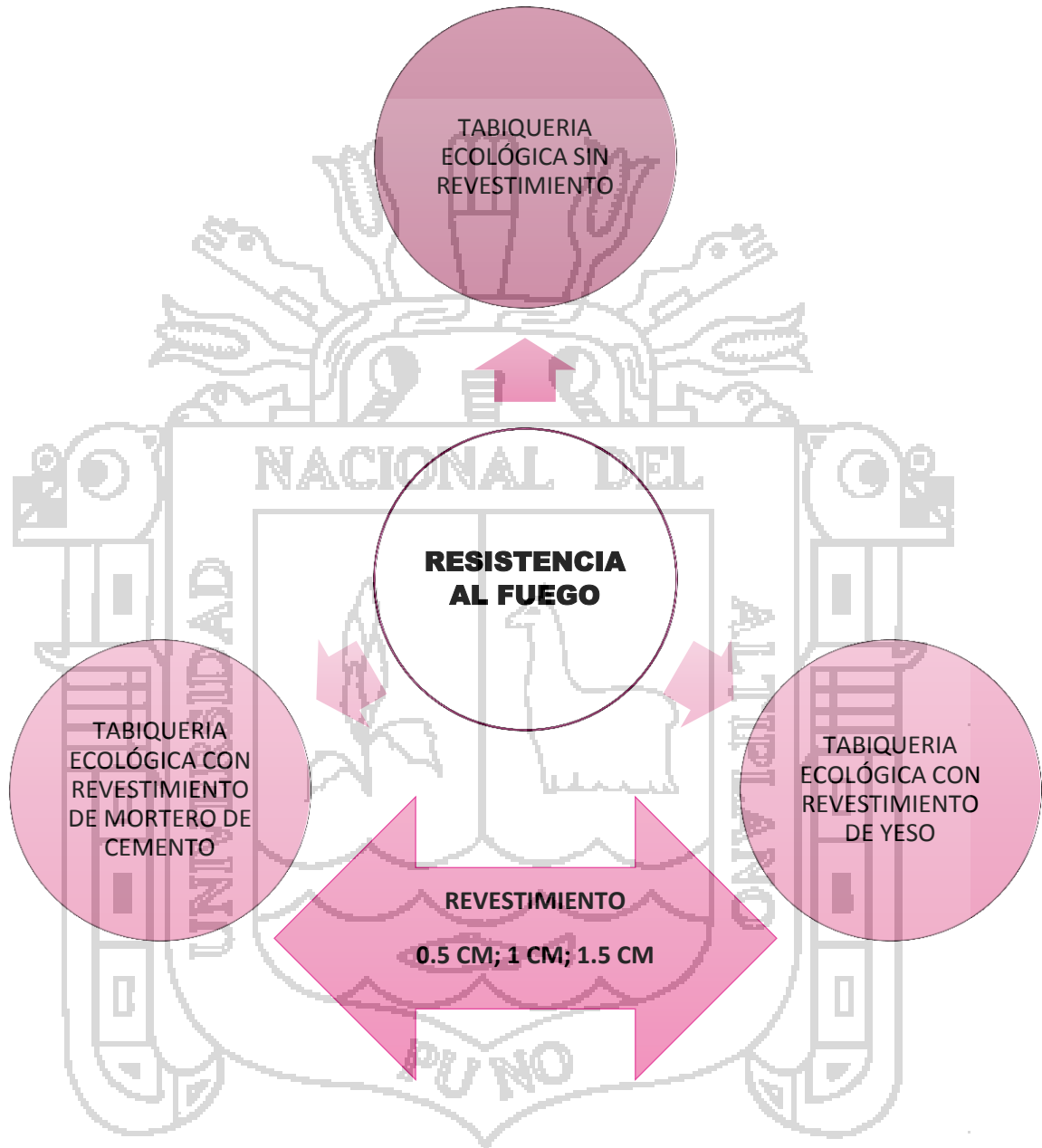




ANEXO:

Resistencia al fuego

RESISTENCIA AL FUEGO



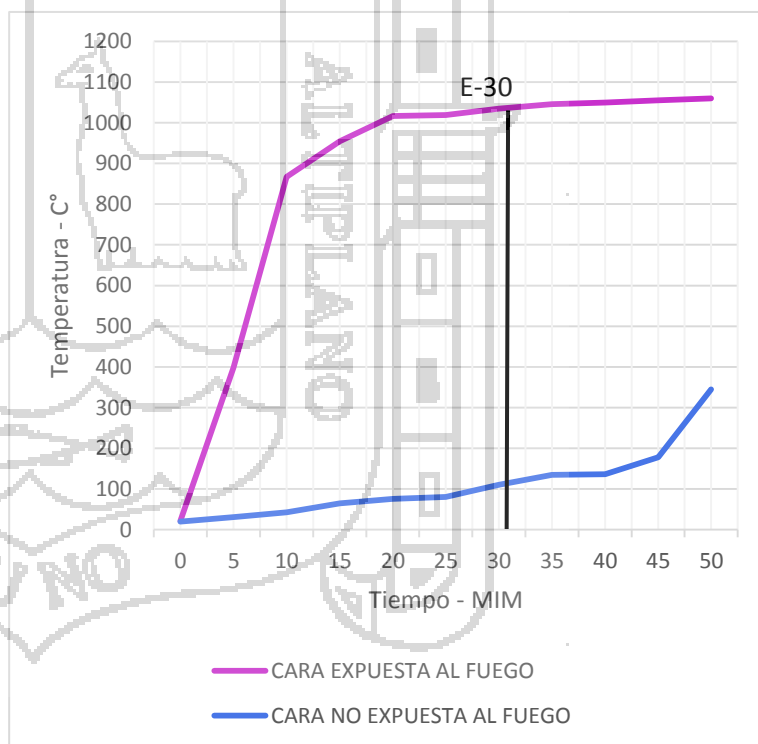
1. Tabiquería ecológica sin revestimiento

| TIEMPO (MIN) | Muestra N°01 | | Muestra N°02 | | Muestra N°03 | |
|--------------|------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| | CARA EXPUESTA AL FUEGO | CARA NO EXPUESTA AL FUEGO | CARA EXPUESTA AL FUEGO | CARA NO EXPUESTA AL FUEGO | CARA EXPUESTA AL FUEGO | CARA NO EXPUESTA AL FUEGO |
| 0 | 40.5 | 27 | 34.5 | 20.2 | 39.8 | 29.7 |
| 5 | 668.8 | 27.8 | 762.2 | 39.8 | 755.2 | 41.0 |
| 10 | 772 | 275 | 787 | 285.3 | 811 | 290.3 |

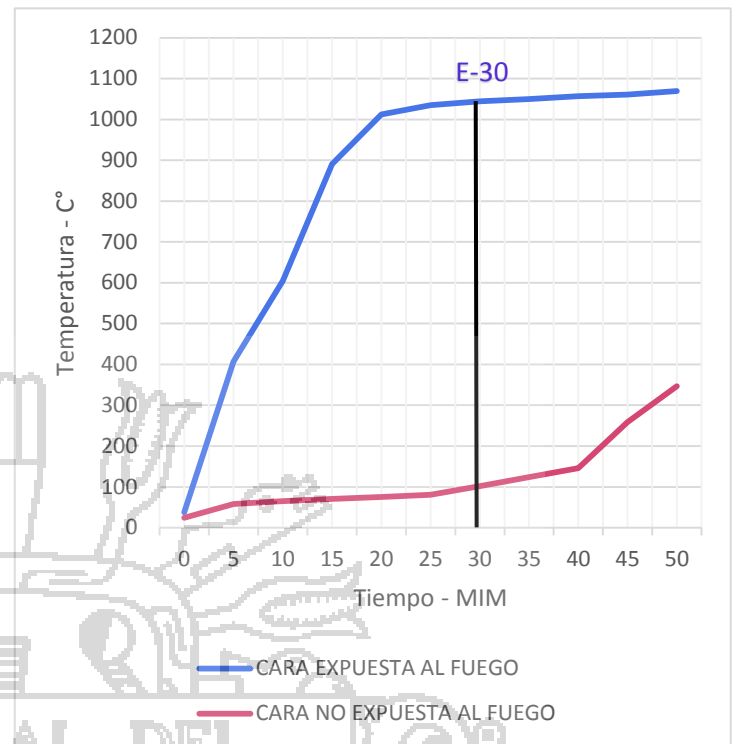
2. Tabiquería ecológica con revestimiento de yeso

a) Recubrimiento de yeso de 0.5 cm

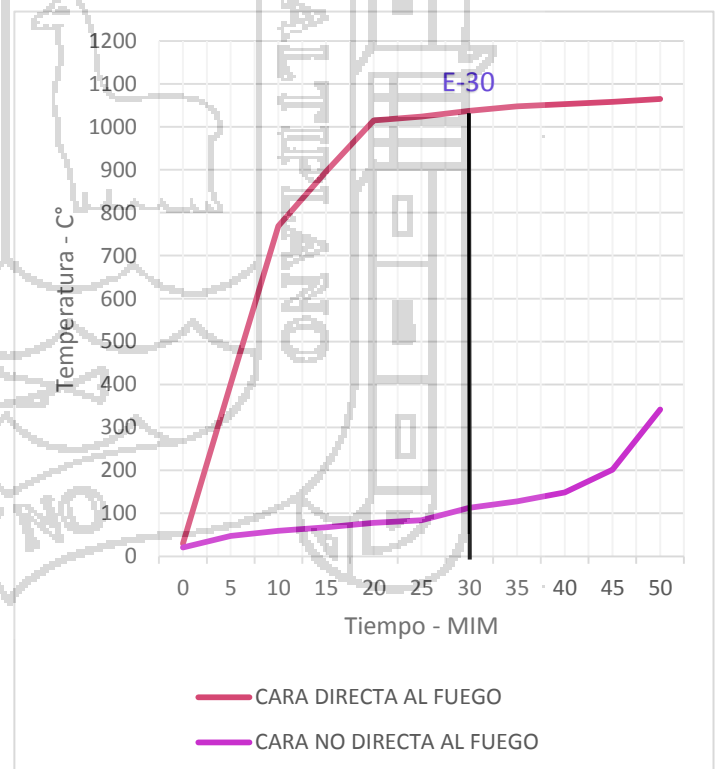
| MUESTRA N° 01 | | |
|---------------|--|---------------------------|
| Tiempo (MIN) | CARA EXPUESTA AL FUEGO | CARA NO EXPUESTA AL FUEGO |
| 0 | 21.5 | 19.8 |
| 5 | 398.2 | 30.7 |
| 10 | 866.7 | 42.9 |
| 15 | 954.2 | 64.9 |
| 20 | 1016.8 | 75.6 |
| 25 | 1018.7 | 80.2 |
| 30 | 1034.5 | 110.7 |
| 35 | 1045.6 | 134.5 |
| 40 | 1049.3 | 136.1 |
| 45 | 1055.4 | 178.5 |
| 50 | 1059.7 | 345.1 |
| 55 | SE PARA EL ENSAYO POR PRESENTAR FISURAS EL LADO NO EXPUESTO AL FUEGO | |
| 60 | | |



| MUESTRA N° 02 | | |
|---------------|--|---------------------------|
| TIEMPO (MIN) | CARA EXPUESTA AL FUEGO | CARA NO EXPUESTA AL FUEGO |
| 0 | 38 | 24.7 |
| 5 | 406.7 | 58.1 |
| 10 | 604.7 | 65.4 |
| 15 | 890.6 | 70.9 |
| 20 | 1012.7 | 75 |
| 25 | 1035 | 80.6 |
| 30 | 1044.2 | 102 |
| 35 | 1049.6 | 123.6 |
| 40 | 1056.8 | 145.8 |
| 45 | 1060.6 | 259 |
| 50 | 1069.9 | 347 |
| 55 | SE PARA EL ENSAYO POR PRESENTAR FISURAS EL LADO NO EXPUESTO AL FUEGO | |
| 60 | | |

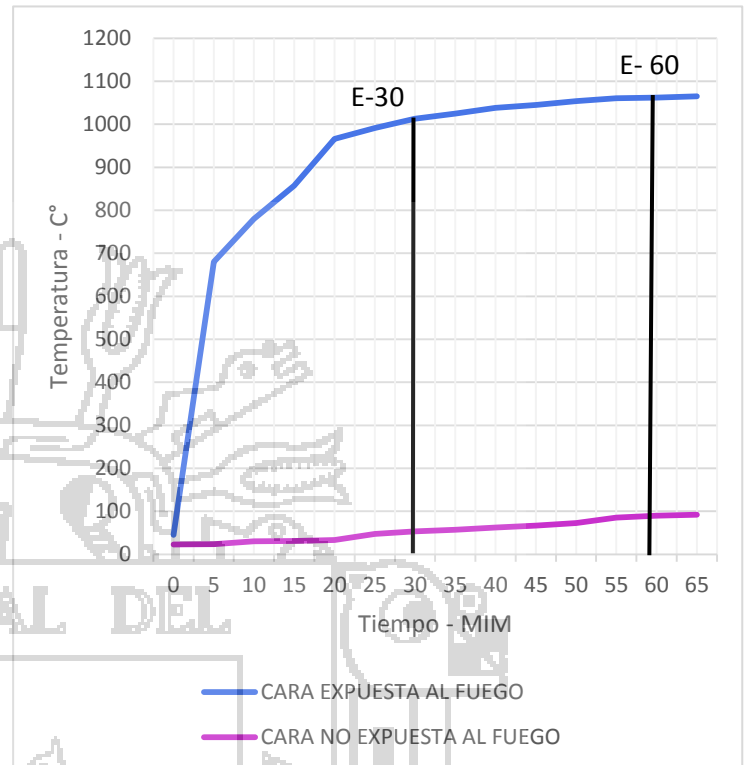


| MUESTRA N° 03 | | |
|---------------|--|--------------------------|
| TIEMPO (MIN) | CARA DIRECTA AL FUEGO | CARA NO DIRECTA AL FUEGO |
| 0 | 29.8 | 20.8 |
| 5 | 400.5 | 47.7 |
| 10 | 768.9 | 59.7 |
| 15 | 895.8 | 67.9 |
| 20 | 1014.7 | 78.1 |
| 25 | 1023.8 | 83.8 |
| 30 | 1036.9 | 112.9 |
| 35 | 1047.6 | 127.9 |
| 40 | 1053.05 | 148.9 |
| 45 | 1058 | 201.8 |
| 50 | 1064.8 | 341.9 |
| 55 | SE PARA EL ENSAYO POR PRESENTAR FISURAS EL LADO NO EXPUESTO AL FUEGO | |
| 60 | | |

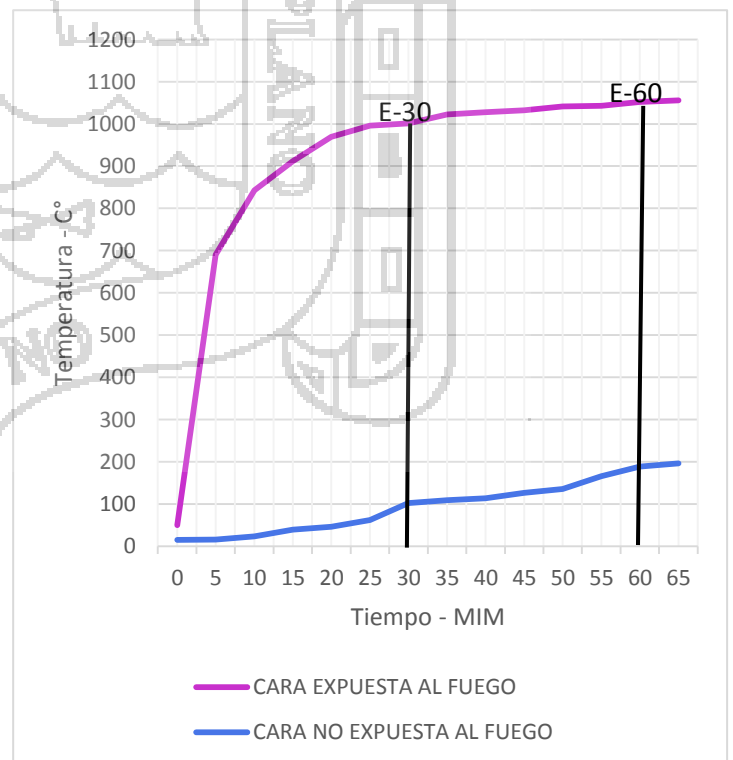


b) Recubrimiento de yeso de 1.0 cm

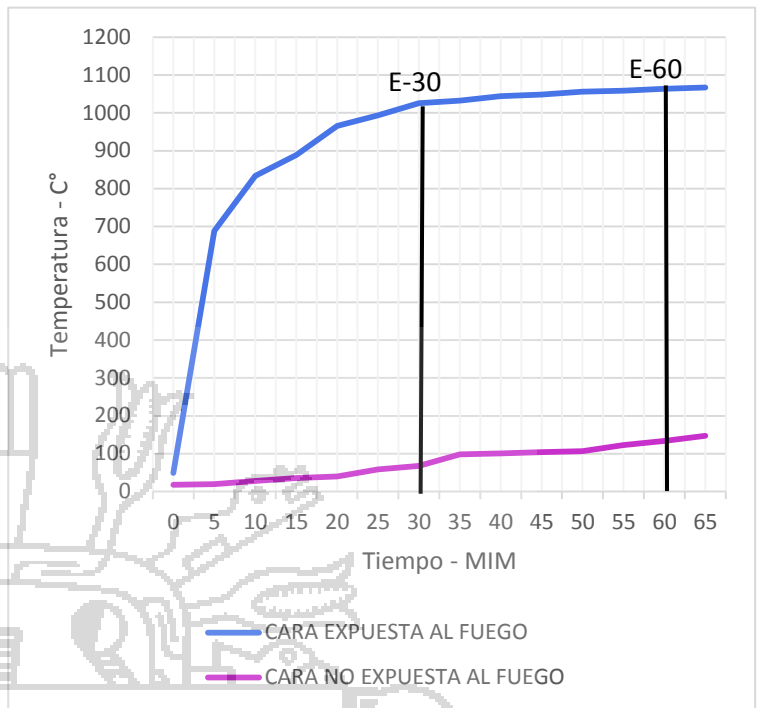
| MUESTRA N° 01 | | |
|---------------|------------------------|---------------------------|
| TIEMPO (MIN) | CARA EXPUESTA AL FUEGO | CARA NO EXPUESTA AL FUEGO |
| 0 | 45 | 22.5 |
| 5 | 680.1 | 23.8 |
| 10 | 780 | 30 |
| 15 | 857 | 30.6 |
| 20 | 965.9 | 33.5 |
| 25 | 991.5 | 47.6 |
| 30 | 1012.9 | 53.5 |
| 35 | 1024.8 | 56.8 |
| 40 | 1038.6 | 62.2 |
| 45 | 1045 | 67 |
| 50 | 1053.7 | 72.5 |
| 55 | 1060.4 | 85.3 |
| 60 | 1061.8 | 89.5 |
| 65 | 1064.9 | 91.7 |



| MUESTRA N° 02 | | |
|---------------|------------------------|---------------------------|
| TIEMPO (MIN) | CARA EXPUESTA AL FUEGO | CARA NO EXPUESTA AL FUEGO |
| 0 | 50.3 | 14.8 |
| 5 | 690.7 | 16 |
| 10 | 843 | 23.3 |
| 15 | 912 | 39.1 |
| 20 | 969.5 | 46.5 |
| 25 | 996 | 62.1 |
| 30 | 1001.2 | 102.1 |
| 35 | 1022.7 | 109.1 |
| 40 | 1027.8 | 113.3 |
| 45 | 1032.5 | 126.8 |
| 50 | 1041.6 | 136 |
| 55 | 1043 | 166.2 |
| 60 | 1052.1 | 189 |
| 65 | 1055.6 | 196 |

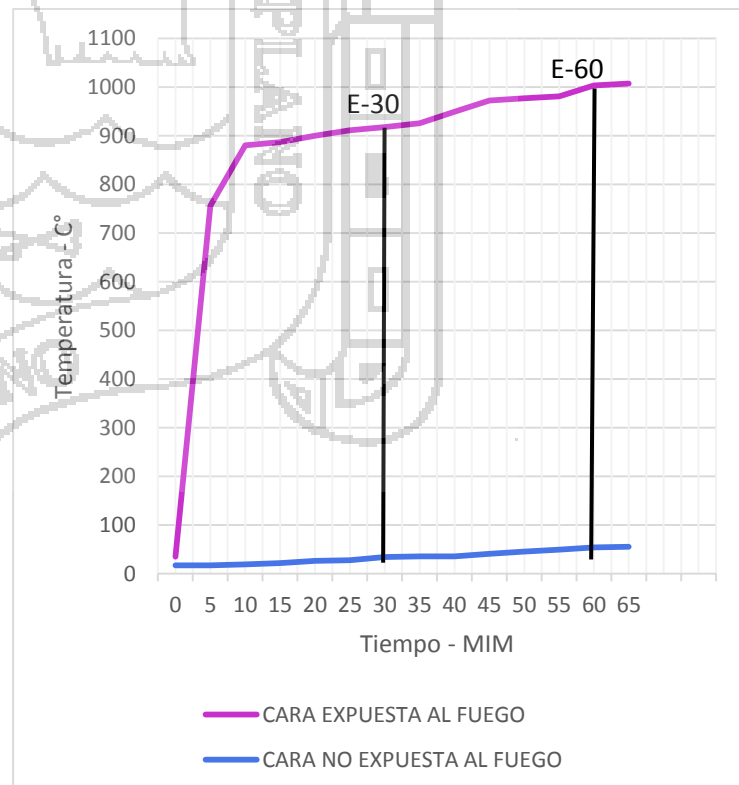


| MUESTRA N° 03 | | |
|---------------|------------------------|---------------------------|
| TIEMPO (MIN) | CARA EXPUESTA AL FUEGO | CARA NO EXPUESTA AL FUEGO |
| 0 | 48.9 | 17.9 |
| 5 | 687.9 | 19.8 |
| 10 | 834.1 | 28 |
| 15 | 888.4 | 36.1 |
| 20 | 965.3 | 40.1 |
| 25 | 993.7 | 58.1 |
| 30 | 1025.2 | 68.1 |
| 35 | 1032.1 | 98.4 |
| 40 | 1044.4 | 101 |
| 45 | 1048.4 | 104.3 |
| 50 | 1056.3 | 106.3 |
| 55 | 1058.9 | 123 |
| 60 | 1063.2 | 134.1 |
| 65 | 1067.2 | 147 |

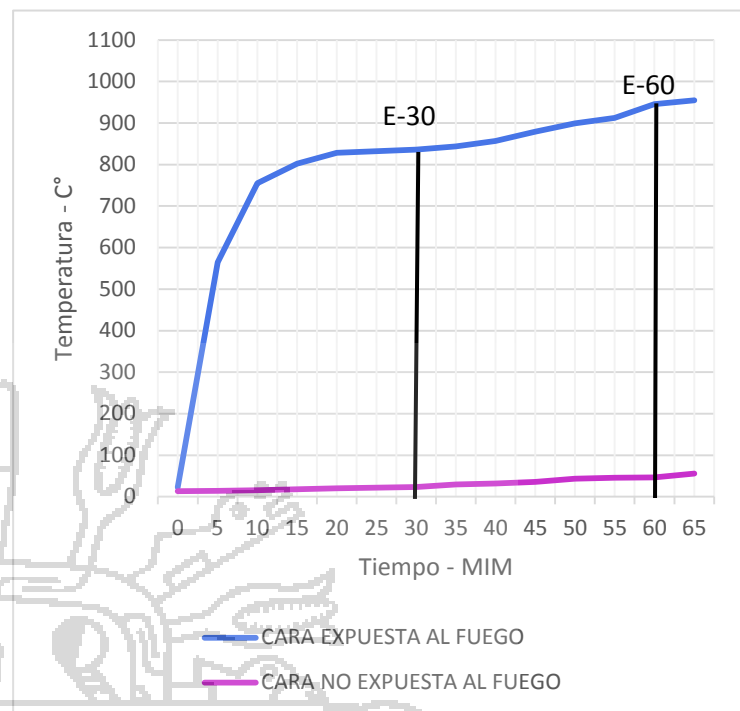


c) Recubrimiento de yeso de 1.5 cm

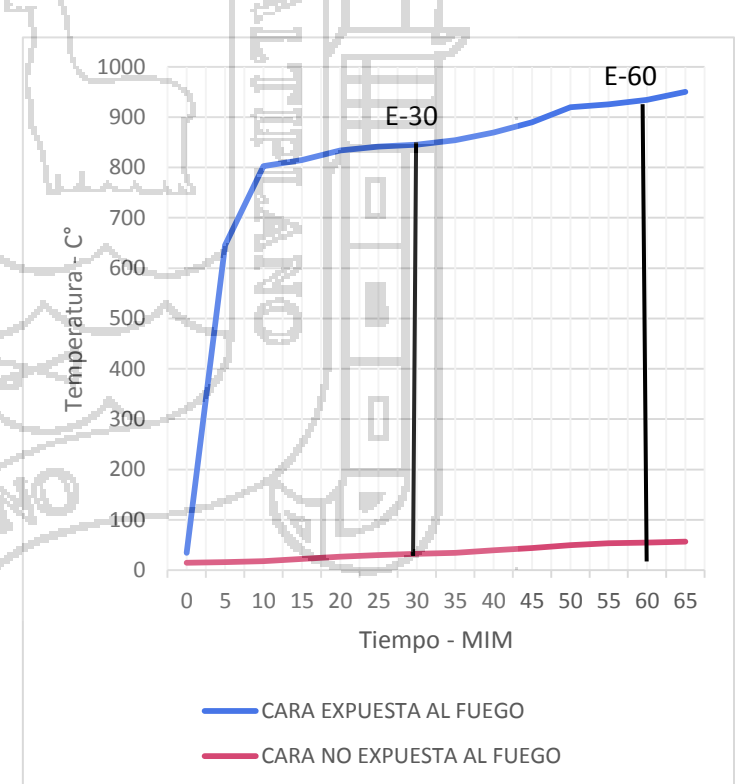
| MUESTRA N° 01 | | |
|---------------|------------------------|---------------------------|
| TIEMPO (MIN) | CARA EXPUESTA AL FUEGO | CARA NO EXPUESTA AL FUEGO |
| 0 | 35 | 17 |
| 5 | 756 | 17.2 |
| 10 | 879.8 | 18.8 |
| 15 | 886.5 | 21.7 |
| 20 | 900.1 | 26.3 |
| 25 | 911 | 27.3 |
| 30 | 917.8 | 34.2 |
| 35 | 925.7 | 35.2 |
| 40 | 948.8 | 35.5 |
| 45 | 972.3 | 40.5 |
| 50 | 976.5 | 45.3 |
| 55 | 980.6 | 49 |
| 60 | 1003.3 | 54 |
| 65 | 1006.8 | 55 |



| MUESTRA N° 02 | | |
|---------------|------------------------|---------------------------|
| TIEMPO (MIN) | CARA EXPUESTA AL FUEGO | CARA NO EXPUESTA AL FUEGO |
| 0 | 22.3 | 13 |
| 5 | 564.7 | 14 |
| 10 | 754.8 | 16 |
| 15 | 802.2 | 18.1 |
| 20 | 828.2 | 20.3 |
| 25 | 832.3 | 22 |
| 30 | 835.8 | 23.7 |
| 35 | 843.8 | 29.7 |
| 40 | 856.8 | 31.8 |
| 45 | 879.4 | 36 |
| 50 | 899.1 | 43.7 |
| 55 | 912.7 | 45.5 |
| 60 | 945.2 | 46.8 |
| 65 | 955 | 56 |



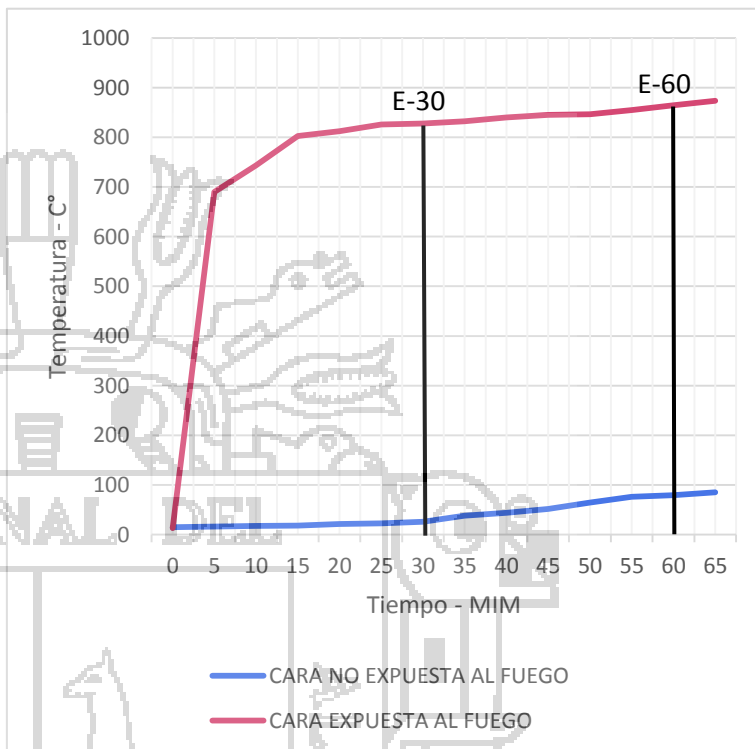
| MUESTRA N° 03 | | |
|---------------|------------------------|---------------------------|
| TIEMPO (MIN) | CARA EXPUESTA AL FUEGO | CARA NO EXPUESTA AL FUEGO |
| 0 | 34.3 | 14.7 |
| 5 | 645.5 | 15.7 |
| 10 | 802.5 | 17.9 |
| 15 | 814.6 | 22.6 |
| 20 | 834 | 26.7 |
| 25 | 841.6 | 29.8 |
| 30 | 845.3 | 32.4 |
| 35 | 854 | 34.7 |
| 40 | 869.4 | 39.8 |
| 45 | 889.7 | 43.7 |
| 50 | 919.8 | 49.8 |
| 55 | 925.6 | 53.6 |
| 60 | 934.5 | 54.6 |
| 65 | 950.4 | 56.9 |



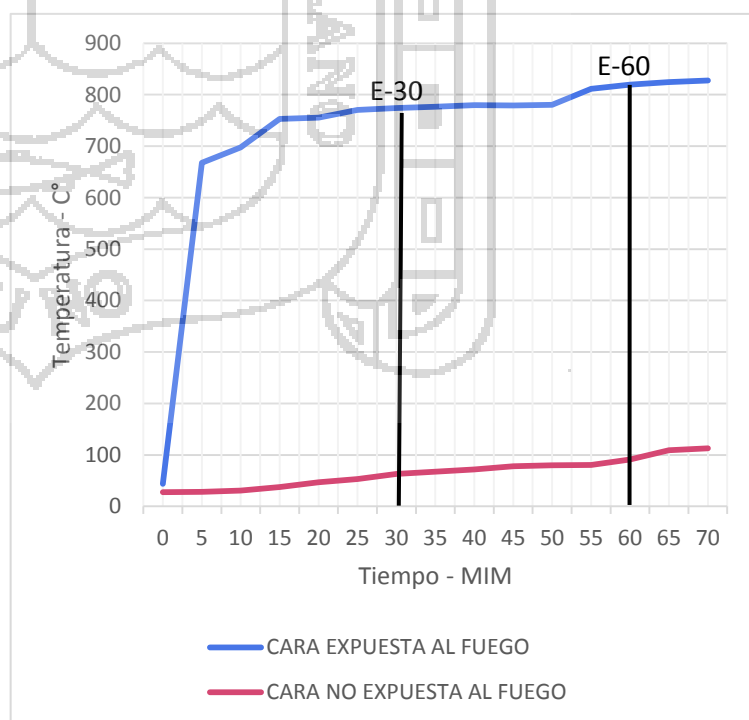
3. Tabiquería ecológica con revestimiento de mortero de cemento

a) Recubrimiento de mortero de cemento de 0.5 cm

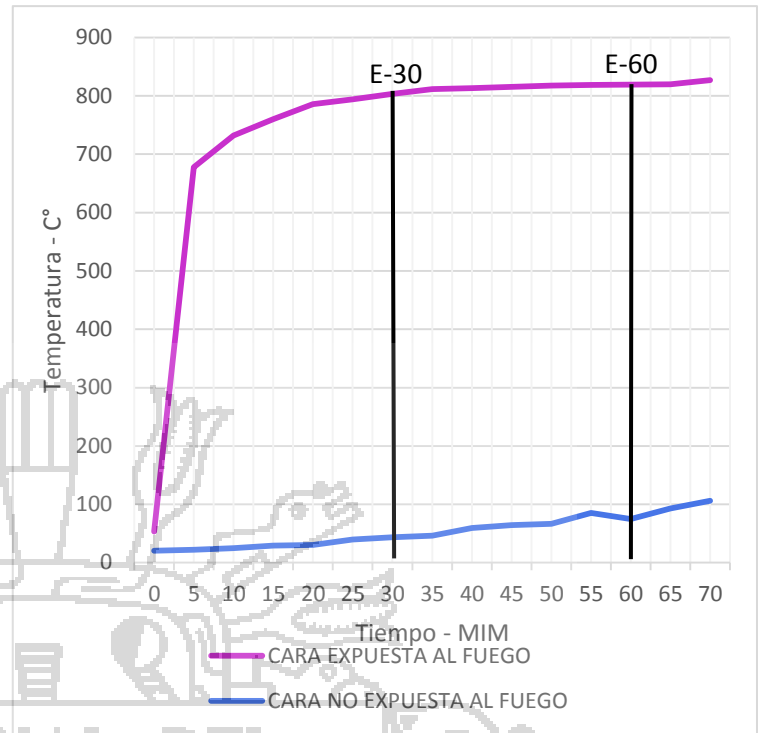
| MUESTRA N° 01 | | |
|---------------|---------------------------|------------------------|
| TIEMPO (MIN) | CARA NO EXPUESTA AL FUEGO | CARA EXPUESTA AL FUEGO |
| 0 | 15 | 13 |
| 5 | 16 | 689.5 |
| 10 | 17.3 | 743.5 |
| 15 | 18.5 | 802.3 |
| 20 | 21.7 | 812 |
| 25 | 23 | 825.6 |
| 30 | 26.1 | 827.4 |
| 35 | 38.3 | 832 |
| 40 | 44 | 840.1 |
| 45 | 51.6 | 845.2 |
| 50 | 64.5 | 846.7 |
| 55 | 76.3 | 854.7 |
| 60 | 79.4 | 864.2 |
| 65 | 85.1 | 873.6 |



| MUESTRA N° 02 | | |
|---------------|---------------------------|------------------------|
| TIEMPO (MIN) | CARA NO EXPUESTA AL FUEGO | CARA EXPUESTA AL FUEGO |
| 0 | 14 | 27.8 |
| 5 | 15.2 | 712.2 |
| 10 | 16.1 | 795 |
| 15 | 19.5 | 805.6 |
| 20 | 22.7 | 820 |
| 25 | 35.6 | 836.7 |
| 30 | 39.3 | 857.2 |
| 35 | 44 | 866.2 |
| 40 | 47.7 | 870.8 |
| 45 | 62.1 | 873 |
| 50 | 64.5 | 875.2 |
| 55 | 79.8 | 879.2 |
| 60 | 80.7 | 883.6 |
| 65 | 85.6 | 888.2 |

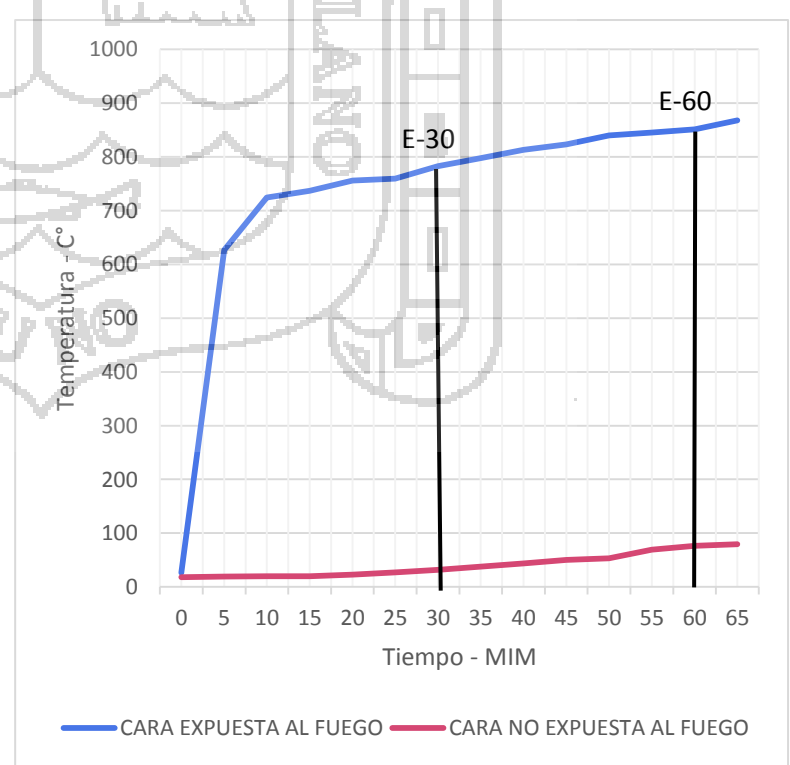


| MUESTRA N° 03 | | |
|---------------|---------------------------|------------------------|
| TIEMPO (MIN) | CARA NO EXPUESTA AL FUEGO | CARA EXPUESTA AL FUEGO |
| 0 | 13 | 23.4 |
| 5 | 14.8 | 703.6 |
| 10 | 16.5 | 756.9 |
| 15 | 18.7 | 803.6 |
| 20 | 22.3 | 813.7 |
| 25 | 30 | 832.5 |
| 30 | 35.3 | 845.4 |
| 35 | 39.6 | 856.7 |
| 40 | 46.2 | 866.5 |
| 45 | 57.8 | 870.9 |
| 50 | 65.3 | 885.1 |
| 55 | 77.8 | 889.9 |
| 60 | 82.9 | 907.8 |
| 65 | 85.3 | 912.7 |



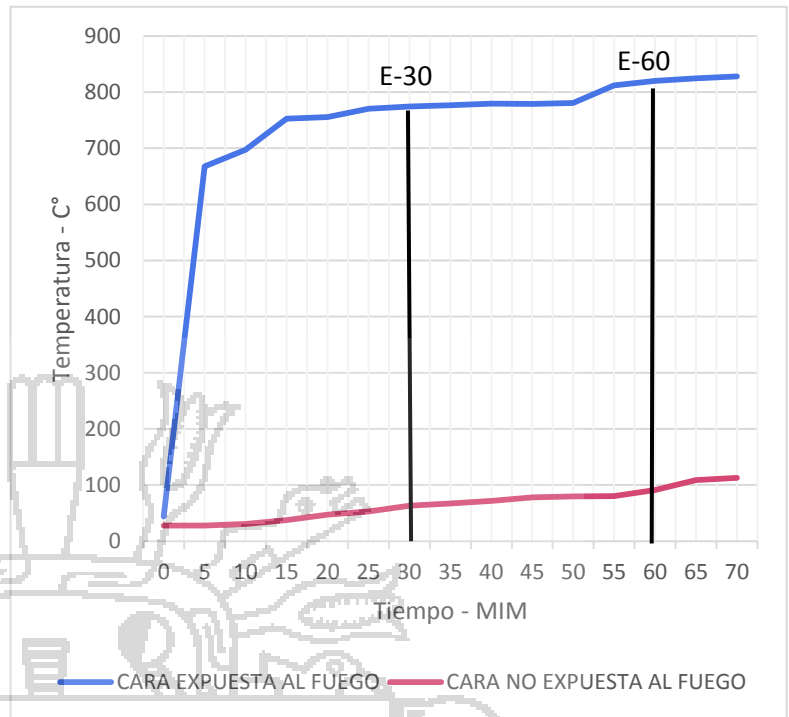
b) Recubrimiento de mortero de cemento de 1.0 cm

| MUESTRA N° 01 | | |
|---------------|------------------------|---------------------------|
| TIEMPO (MIN) | CARA EXPUESTA AL FUEGO | CARA NO EXPUESTA AL FUEGO |
| 0 | 26.5 | 18 |
| 5 | 626.5 | 19.1 |
| 10 | 724.4 | 19.7 |
| 15 | 736.7 | 19.9 |
| 20 | 756 | 22.7 |
| 25 | 759 | 27 |
| 30 | 782.6 | 31.8 |
| 35 | 797.1 | 38 |
| 40 | 812.6 | 43.6 |
| 45 | 823 | 50.3 |
| 50 | 839.7 | 53.5 |
| 55 | 845 | 69.1 |
| 60 | 851.2 | 76.5 |
| 65 | 867.7 | 79.7 |

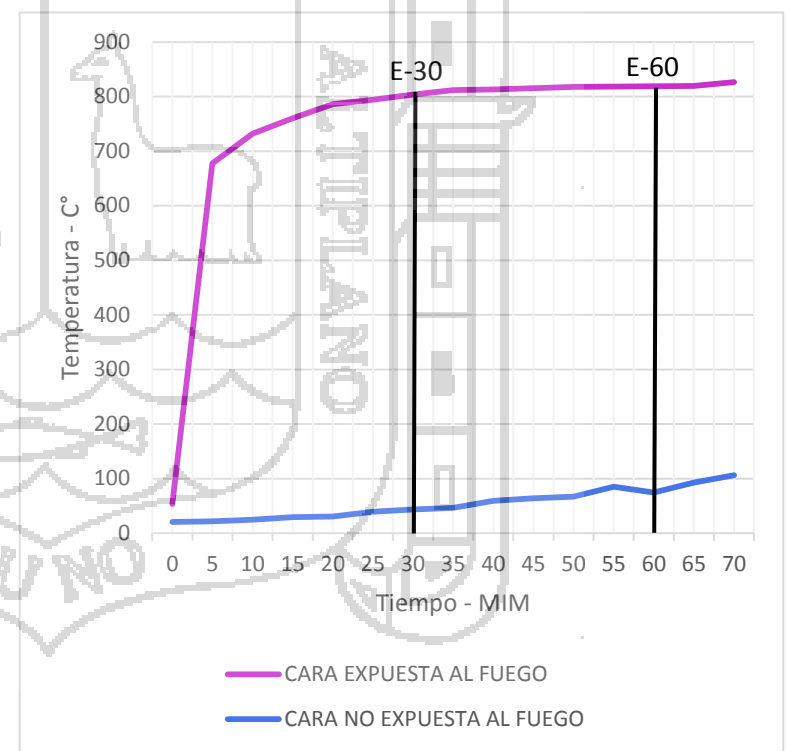




| MUESTRA N° 02 | | |
|---------------|------------------------|---------------------------|
| TIEMPO (MIN) | CARA EXPUESTA AL FUEGO | CARA NO EXPUESTA AL FUEGO |
| 0 | 23 | 20.3 |
| 5 | 634.7 | 18.1 |
| 10 | 789.6 | 26.8 |
| 15 | 812.6 | 31.5 |
| 20 | 892 | 36 |
| 25 | 895.5 | 42.1 |
| 30 | 908.5 | 45.7 |
| 35 | 909.5 | 59 |
| 40 | 911 | 61.8 |
| 45 | 913 | 65.9 |
| 50 | 915.5 | 70.2 |
| 55 | 916 | 73.6 |
| 60 | 917 | 78.9 |
| 65 | 918 | 81.2 |

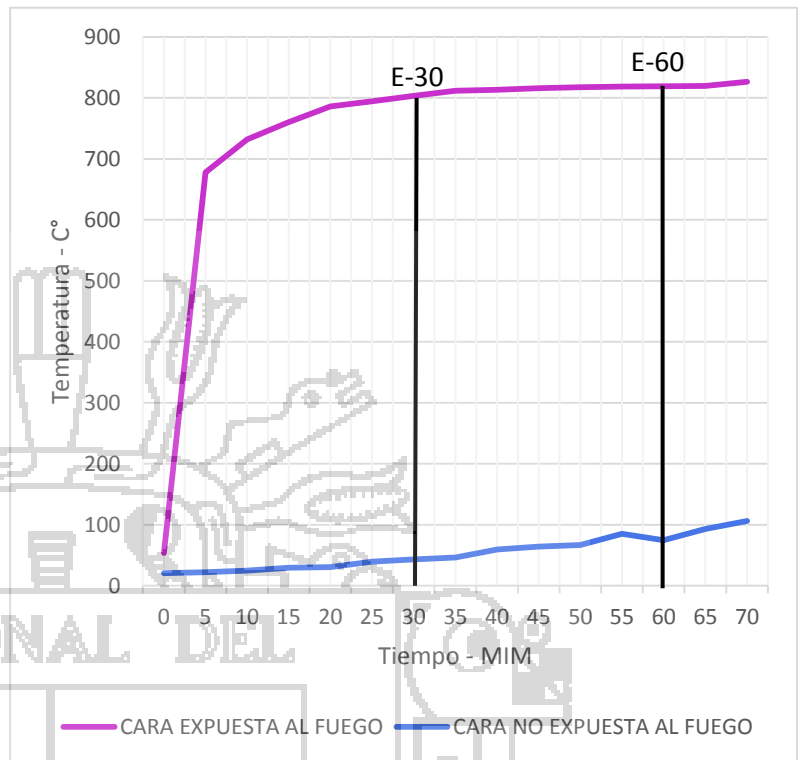


| MUESTRA N° 03 | | |
|---------------|------------------------|---------------------------|
| TIEMPO (MIN) | CARA EXPUESTA AL FUEGO | CARA NO EXPUESTA AL FUEGO |
| 0 | 25.6 | 19.7 |
| 5 | 632.2 | 20.3 |
| 10 | 689.7 | 21.7 |
| 15 | 734.7 | 25.8 |
| 20 | 756.8 | 27.9 |
| 25 | 760.9 | 32.1 |
| 30 | 771 | 55 |
| 35 | 787.9 | 63.1 |
| 40 | 809.7 | 69.7 |
| 45 | 823.7 | 71.3 |
| 50 | 839 | 74.3 |
| 55 | 870.7 | 75.6 |
| 60 | 875.1 | 77.8 |
| 65 | 876 | 78.9 |

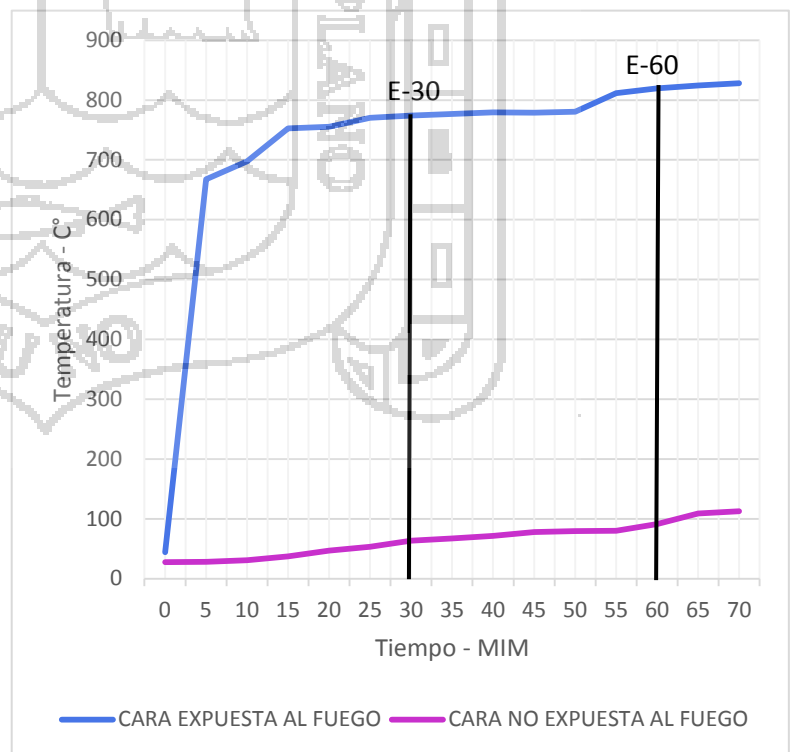


c) Recubrimiento de mortero de cemento de 1.5 cm

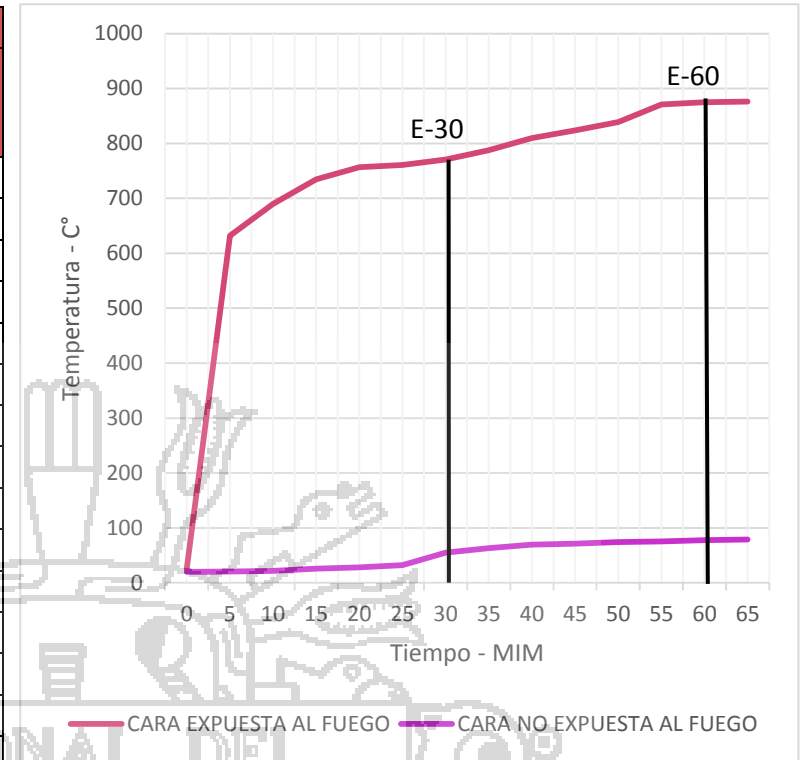
| MUESTRA N° 01 | | |
|---------------|------------------------|---------------------------|
| TIEMPO (MIN) | CARA EXPUESTA AL FUEGO | CARA NO EXPUESTA AL FUEGO |
| 0 | 53.7 | 20.5 |
| 5 | 677.8 | 22.1 |
| 10 | 732 | 24.8 |
| 15 | 760.1 | 29.5 |
| 20 | 785.8 | 30.5 |
| 25 | 794.2 | 39.5 |
| 30 | 803.5 | 43.5 |
| 35 | 811.7 | 46.5 |
| 40 | 813 | 59.5 |
| 45 | 815.6 | 64.2 |
| 50 | 817.6 | 66.8 |
| 55 | 818.5 | 85.3 |
| 60 | 819 | 74.8 |
| 65 | 819.6 | 93 |
| 70 | 826.6 | 106.3 |



| MUESTRA N° 02 | | |
|---------------|------------------------|---------------------------|
| TIEMPO (MIN) | CARA EXPUESTA AL FUEGO | CARA NO EXPUESTA AL FUEGO |
| 0 | 44 | 27.8 |
| 5 | 667.8 | 28 |
| 10 | 697.5 | 30.8 |
| 15 | 752.7 | 37.4 |
| 20 | 755.5 | 47 |
| 25 | 770.1 | 53 |
| 30 | 774.1 | 63.3 |
| 35 | 776.5 | 67.2 |
| 40 | 779.6 | 71.5 |
| 45 | 779.1 | 77.8 |
| 50 | 780.5 | 79.6 |
| 55 | 811.7 | 80.2 |
| 60 | 819.8 | 91 |
| 65 | 824.6 | 109 |
| 70 | 827.9 | 112.9 |



| MUESTRA N° 03 | | |
|---------------|------------------------|---------------------------|
| TIEMPO (MIN) | CARA EXPUESTA AL FUEGO | CARA NO EXPUESTA AL FUEGO |
| 0 | 48.9 | 19.2 |
| 5 | 670.1 | 25.8 |
| 10 | 723 | 28.1 |
| 15 | 756.8 | 30.3 |
| 20 | 775.1 | 38.9 |
| 25 | 786.4 | 45.2 |
| 30 | 790 | 50 |
| 35 | 798.5 | 57.4 |
| 40 | 780 | 68.2 |
| 45 | 788 | 72 |
| 50 | 806.7 | 77.3 |
| 55 | 818.6 | 83.4 |
| 60 | 822.9 | 91.2 |
| 65 | 829.7 | 101.4 |
| 70 | 832.8 | 101.4 |





ANEXO:

Análisis de costos unitarios

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS**A. TABICUERÍA DE ADOBE:**

| PARTIDA | | MURO DE SOGA EN ADOBE | | | |
|--------------------------|---------------------|-----------------------|----------|-----------------|------------------|
| RENDIMIENTO | m ² /día | M.O | 13.00 | | |
| | | EQ. | 13.00 | | |
| Costo por m ² | S/. 49.58 | | | | |
| DESCRIPCIÓN DEL RECURSO | UND | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PARCIAL |
| 1 | Mano de obra | | | | |
| OFICIAL | Hh | 1.00 | 0.615 | S/. 12.02 | S/. 7.40 |
| PEÓN | Hh | 0.50 | 0.308 | S/. 10.89 | S/. 3.35 |
| | | | | | S/. 10.75 |
| 2 | Materiales | | | | |
| ADOBE 40X30X15 cm. | Und | | 19.000 | S/. 2.00 | S/. 38.00 |
| TIERRA | m ³ | | 0.800 | S/. 0.87 | S/. 0.70 |
| PAJA | Far | | 0.010 | S/. 0.05 | S/. 0.00 |
| | | | | | S/. 38.70 |
| 3 | Equipos | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 1.000 | S/. 13.61 | S/. 0.14 |
| | | | | | S/. 0.14 |

B. MURO DE LADRILLO KING KONG (10x 14x 24)

| PARTIDA | | TABIQUERIA DE LADRILLO EN SOGA | | | |
|-------------------------------|----------------|--------------------------------|----------|-----------------|------------------|
| RENDIMIENTO | m2/día | M.O | 11.30 | | |
| | | EQ. | 11.30 | | |
| Costo por m ² | S/. | | | | |
| | 60.19 | | | | |
| DESCRIPCIÓN DEL RECURSO | UND | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PARCIAL |
| 1 Mano de obra | | | | | |
| CAPATAZ | Hh | 0.1 | 0.071 | 16.16 | S/. 1.14 |
| OPERARIO | Hh | 1.00 | 0.708 | S/. 13.62 | S/. 9.64 |
| PEÓN | Hh | 0.50 | 0.354 | S/. 10.89 | S/. 3.85 |
| | | | | | S/. 13.50 |
| 2 Materiales | | | | | |
| CLAVOS PARA MEDERA C/C 3" | Kg | | 0.010 | S/. 4.96 | S/. 0.05 |
| ARENA GRUESA | m ³ | | 0.030 | S/. 34.19 | S/. 1.03 |
| LADRILLO KING KONG 10X 14X 24 | Und | | 36.000 | S/. 1.13 | S/. 40.68 |
| CEMENTO PORTALD TIPO I | Bol | | 0.263 | S/. 18.64 | S/. 4.90 |
| AGUA | m ³ | | 0.008 | S/. 4.20 | S/. 0.03 |
| | | | | | S/. 46.69 |
| 3 Equipos | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 1.000 | S/. 13.61 | S/. 0.74 |
| ANDAMIO | Est | | 0.423 | S/. 4.19 | S/. 1.77 |
| | | | | | S/. 2.51 |

C. TABIQUERÍA DE DRYWALL – YESO

| PARTIDA | | TABIQUERÍA DE DRYWALL | | | |
|--------------------------------|---------------------|-----------------------|----------|-----------------|------------------|
| RENDIMIENTO | m ² /día | | M.O | 14.00 | |
| | | | EQ. | 14.00 | |
| Costo por m² | S/. 82.35 | | | | |
| DESCRIPCIÓN DEL RECURSO | UND | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PARCIAL |
| 1 Mano de obra | | | | | |
| OPERARIO | hh | 1.00 | 0.571 | S/. 13.62 | S/. 7.78 |
| OFICIAL | hh | 1.00 | 0.571 | S/. 12.02 | S/. 6.87 |
| PEÓN | hh | 0.25 | 0.143 | S/. 10.89 | S/. 1.56 |
| | | | | | S/. 16.20 |
| 2 Materiales | | | | | |
| CLAVO RAMSET P/FIJACIÓN | und | | 10.000 | S/. 0.11 | S/. 1.10 |
| TORNILLO GRABBER #8 | und | | 10.000 | S/. 0.06 | S/. 0.60 |
| TORNILLO GRABBER SEFL DR | und | | 30.000 | S/. 0.03 | S/. 0.93 |
| PLANCHA DE YESO DE 5/8" | Pl | | 0.720 | S/. 35.70 | S/. 25.70 |
| MASILLA PARA JUNTAS | kg | | 1.800 | S/. 4.30 | S/. 7.74 |
| CINTA P/ JUNTAS | Pza | | 0.028 | S/. 28.00 | S/. 0.78 |
| FULMINANTE RAMSET CAL | Cto | | 0.013 | S/. 28.35 | S/. 0.37 |
| ESQUINERO PLÁSTICO RECTO | Pza | | 0.008 | S/. 4.27 | S/. 0.03 |
| LANA DE FIBRA DE VIDRIO | m ² | | 1.000 | S/. 8.39 | S/. 8.39 |
| MADERA TORNILLO | p ² | | 0.137 | S/. 3.93 | S/. 0.54 |
| RIEL METÁLICO 90X 32MM | Pza | | 0.350 | S/. 18.00 | S/. 6.30 |
| PARANTE METÁLICO | Pza | | 0.695 | S/. 15.00 | S/. 10.43 |
| ESQUINERO METÁLICO | Pza | | 0.080 | S/. 9.00 | S/. 0.72 |
| | | | | | S/. 63.63 |
| 3 Equipos | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 1.000 | S/. 13.61 | S/. 0.74 |
| ANDAMIO | est | | 0.423 | S/. 4.19 | S/. 1.77 |
| | | | | | S/. 2.51 |

D. TABIQUERÍA ECOLÓGICA

| PARTIDA | | TABIQUERÍA ECOLÓGICA | | | |
|--------------------------|---------------------|----------------------|----------|-----------------|------------------|
| RENDIMIENTO | m ² /día | M.O | 12.75 | | |
| | | EQ. | 12.75 | | |
| Costo por m ² | S/. 48.15 | | | | |
| DESCRIPCIÓN DEL RECURSO | UND | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PARCIAL |
| 1 Mano de obra | | | | | |
| PEÓN | hh | 2.00 | 1.255 | S/. 12.02 | S/. 15.08 |
| | | | | | S/. 15.08 |
| 2 Materiales | | | | | |
| K'ESANA | und | | 0.300 | S/. 16.00 | S/. 4.80 |
| CORDEL | m | | 18.060 | S/. 0.14 | S/. 2.53 |
| MADERA 2"- AGUANO | m | | 4.000 | S/. 6.40 | S/. 25.60 |
| CLAVOS | kg | | 0.050 | S/. 5.40 | S/. 0.27 |
| | | | | | S/. 32.93 |
| 3 Equipos | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 1.000 | S/. 13.61 | S/. 0.14 |
| | | | | | S/. 0.14 |

E. REVESTIMIENTO DE YESO 1 cm.

| REVESTIMIENTO DE YESO | | | | | |
|--------------------------|----------------|-----------|----------|-----------------|-----------------|
| PARTIDA | | | | | |
| RENDIMIENTO | m2/día | | M.O | 20.00 | |
| Costo por m ² | S/. 11.37 | | | | |
| DESCRIPCION DEL RECURSO | UND | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PARCIAL |
| 1 Mano de obra | | | | | |
| OPERARIO | hh | 1.00 | 0.400 | S/. 13.62 | S/. 5.45 |
| PEON | hh | 0.50 | 0.200 | S/. 10.89 | S/. 2.18 |
| | | | | | S/. 7.63 |
| 2 Materiales | | | | | |
| YESO (BOLSA 30 KG) | Und. | | 0.542 | S/. 0.27 | S/. 0.15 |
| | | | | | S/. 0.15 |
| 3 Equipos | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.000 | S/. 24.53 | S/. 0.74 |
| ANDAMIO | Est. | | 0.423 | S/. 4.19 | S/. 1.77 |
| REGLA | p ² | | 0.018 | S/. 54.00 | S/. 0.97 |
| CLAVO DE 3" | kg | | 0.022 | S/. 4.96 | S/. 0.11 |
| | | | | | S/. 3.59 |



F. REVESTIMIENTO DE MORTERO 1 cm.

| PARTIDA | | TARRAJEO CON CEMENTO 1.5 CM | | | |
|-----------------------------|------------------|------------------------------------|----------|-----------------|------------------|
| RENDIMIENTO | m2/dia | M.O | 10.00 | | |
| Costo por m ² | S/. 21.72 | | | | |
| DESCRIPCION DEL RECURSO | UND | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PARCIAL. |
| 1 Mano de obra | | | | | |
| OPERARIO | hh | 1.00 | 0.800 | S/. 13.62 | S/. 10.90 |
| PEON | hh | 0.50 | 0.400 | S/. 10.89 | S/. 4.36 |
| | | | | | S/. 15.25 |
| 2 Materiales | | | | | |
| CEMENTO PORTLAND IP (42 KG) | Bol | | 0.300 | S/. 18.64 | S/. 5.59 |
| ARENA FINA | m ³ | | 0.036 | S/. 40.17 | S/. 1.45 |
| AGUA | m ³ | | 0.004 | S/. 4.20 | S/. 0.02 |
| | | | | | S/. 5.59 |
| 3 Equipos | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.000 | S/. 15.26 | S/. 0.46 |
| REGLA | Und. | | 0.005 | S/. 66.67 | S/. 0.33 |
| ANDAMIO DE METAL CON TABLAS | Est. | | 0.0208 | S/. 4.19 | S/. 0.09 |
| | | | | | S/. 0.88 |

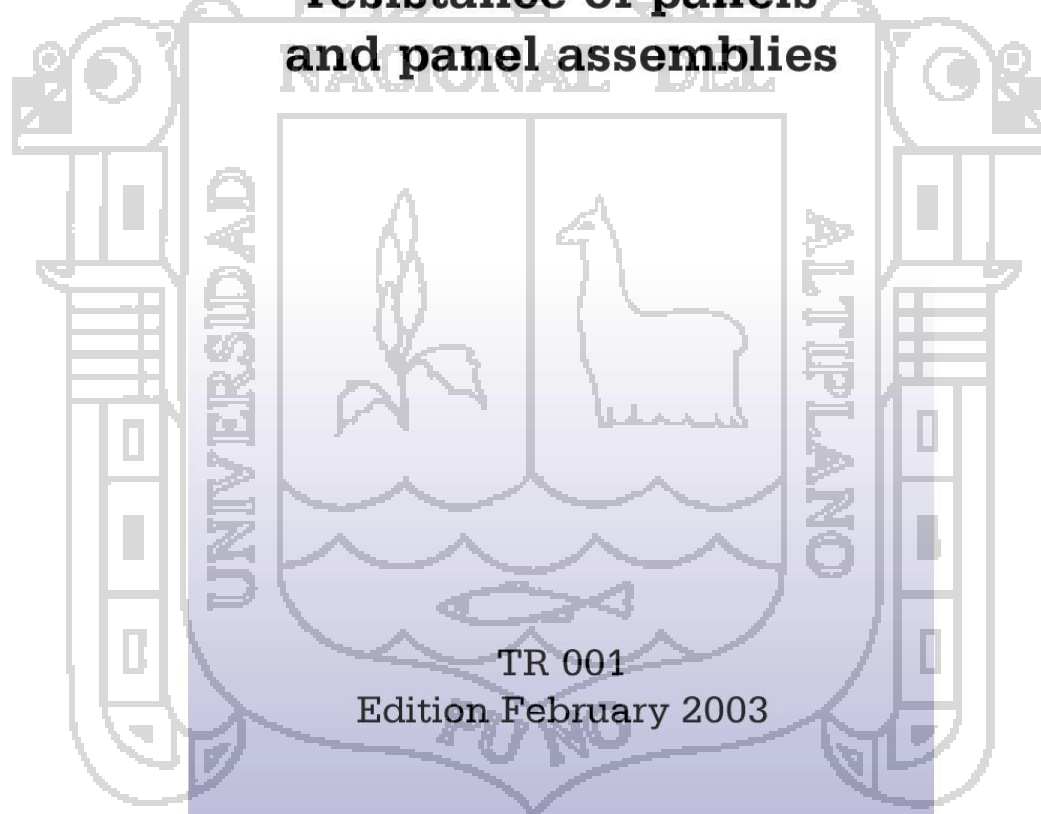


ANEXO:
Normativa

E[★]OTA

TECHNICAL REPORT

**Determination of impact
resistance of panels
and panel assemblies**



TR 001

Edition February 2003

EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS



Determination of impact resistance of panels and panel assemblies

Edition February 2003

Foreword

EOTA Technical Reports are developed as supporting reference documents to European Technical Approval Guidelines and can also be applicable to a Common Understanding of Assessment Procedures, an EOTA Comprehension Document or an European Technical Approval, as far as reference is made therein.

EOTA Technical Reports go into detail in some aspects and express the common understanding of existing knowledge and experience of the EOTA bodies at a particular point in time.

Where knowledge and experience is developing, especially through approval work, such reports can be amended and supplemented.

When this happens, the effect of the changes upon the European Technical Approval Guidelines will be laid down in the relevant comprehension documents, unless the European Technical Approval Guideline is revised.

This EOTA Technical Report has been prepared by the EOTA Working Groups 02.05/01 – "Cold storage room kits" and 04.01/04 – "Self-supporting light weight composite panels" and endorsed by EOTA.

1 Introduction

This Technical Report has been developed in the knowledge that ISO/DIS 7893 may be withdrawn and that recent Working Group discussions have lead to improvements to or clarifications of the test procedure, which are considered necessary in the framework of the Construction Products Directive (89/106/EEC).

Although the Technical Report has been developed specifically for the assessment of (composite) panel products and assemblies the test method can also be useful for other products.

Panels, with or out of glass, are not covered by this Technical Report.

In the framework of this Technical Report, panels are considered to be factory-made rigid products of rectangular shape and cross section, in which the thickness is uniform and substantially smaller than the other dimensions. They may be composed of layers of different materials (e.g. one or two faces and a core material), may contain reinforcement (e.g. ribs, studs) and may include finishings (e.g. paints, coatings).

Building elements, depending on their location and use, are subjected to impact.

Impacts have varying characteristics and they occur with varying frequency. They may have an effect on the elements as a whole or may only have a local effect at the place of impact, or both.

The Technical Report distinguishes between "Safety in use" and "Serviceability" assessment.

In Annex A to this Technical Report, recommendations have been given on the impact load and the number of impacts per test.

In the framework of the Construction Products Directive, "Safety in use" is referred to as Essential Requirement 4 (ER4) and is specified in Interpretative Document No 4. Under ER4, impact concerns:

- impacts/collisions, etc. between users and those elements or parts of the work, which are normally subject to contact or manipulation (e.g. doors, windows, automatic garage doors, etc.);
- impacts/collisions, etc. between users and parts of the work as a result of accidents (e.g. such as falling through a brittle element) or particular circumstances (e.g. failure of lighting);
- impacts of falling objects, forming part of the work, upon users.



Apart from the safety aspect, impact should also be looked at from a "serviceability" point of view, i.e. the possible effects of impacts on the serviceability of the element (e.g. watertightness, water-vapour or gas tightness, ...).

No existing EOTA Technical Report is superseded by this Technical Report.

1 Scope

The TR specifies test methods for impact resistance of panel and panel assemblies and recommendations for their use.

The requirements should be incorporated in the appropriate ETA Guideline.

2 Test method for determining soft body impact resistance

2.1 Principle

The soft body impact test simulates an impact resulting from a person accidentally falling against the panel.

The soft body is dropped from a height, creating an impact energy, which corresponds with the impact energy released by a person.

The test is conducted with reference to safety in use, i.e. verification whether the panel or panel assemblies would prevent a person falling through, and to serviceability, i.e. verification whether they would still perform as intended.

2.2 Test apparatus

The soft body impactor should be a spherical canvas bag of diameter 400 mm (± 40) (see Figure 1) filled with 3.0 mm (± 0.3) diameter glass spheres to give a total weight of 50 kg (± 0.5).

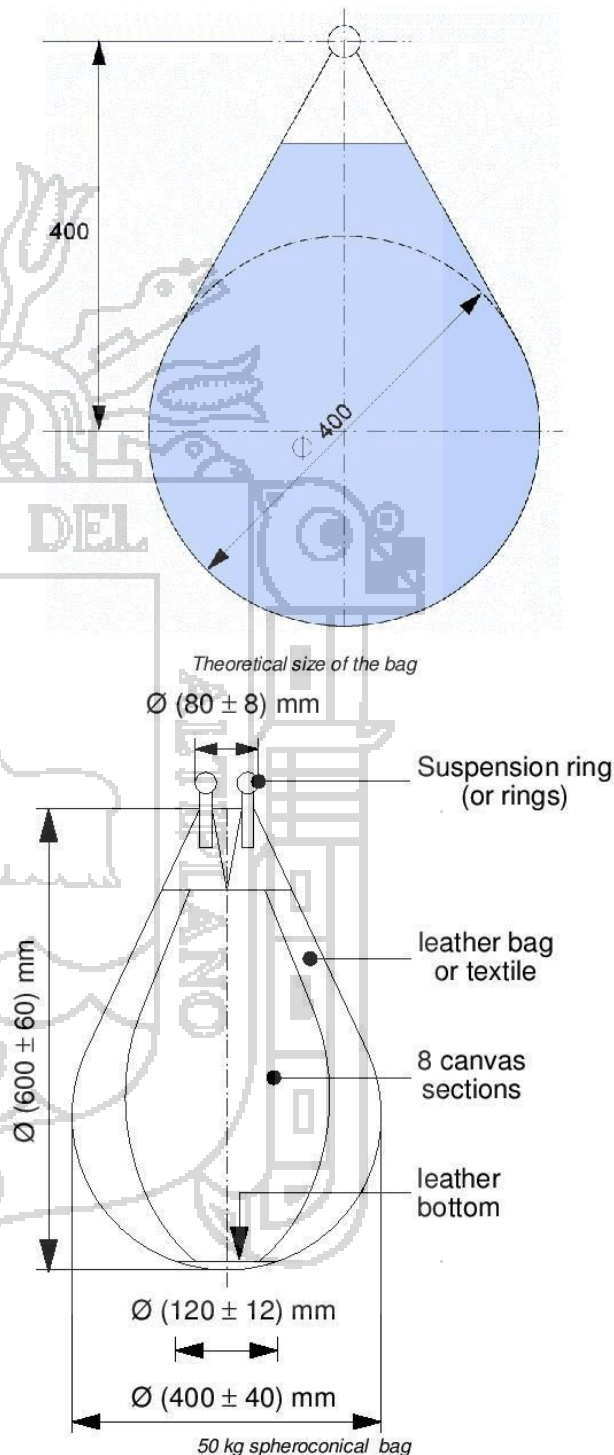


Figure 1 – Soft body impactor



2.3 Number of tests

2.3.1 Serviceability impact resistance

The test shall be carried out on one test assembly, and generally consists of at least three impacts with the same energy at about the same point of impact. The point of impact should be the one deemed most onerous for the assembly under examination.

If various impact energies are being tested, new assemblies should be tested for each impact energy.

2.3.2 Safety in use impact resistance

The test shall be carried out on one test assembly, and consists of one impact.

The point of impact should be the one deemed most onerous for the assembly under examination.

If various impact energies are being tested, new assemblies should be tested for each level of impact energy.

Note - The serviceability and safety in use impact test should not be carried out on the same assembly, unless the ETA-applicant of the test so wishes.

2.2 Conditioning and test conditions

The panel conditioning shall be recorded, where required.

The conditioning period, if any, shall be agreed between the ETA-applicant and the Approval Body.

The test shall be carried out in normal laboratory circumstances.

2.3 Test assembly

The panels shall be mounted in accordance with the manufacturer's installation specifications, with regard to the intended use (floor, wall or ceiling panel), so that the test assembly corresponds as much as possible with end use conditions.

The manner in which components are fixed to each other shall reproduce actual conditions of use, particularly with respect to the nature, type and position of the fixings and the distance between them.

If the manufacturer's specifications foresee more than one possible end-use assembly, the Approval Body should at least perform the test on the most onerous one.

The manufacturer has the possibility to test additional assemblies, if he claims better performance.

In principle, the most onerous assembly shall be:

- panel: the panel with the highest ratio length (or height) over width in its minimum thickness;
- span: maximum distance between supports.

2.4 Test procedure

In this test, the soft body impactor, with mass (m) is dropped from a height (h), so that the total impact energy ($E = g \times h \times m$) corresponds with one of the following energies E in Nm: 60, 100, 120, 130, 200, 240, 300, 400, 500, 600, 700, 900 and 1200.

Note - In most cases $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

The height (h) is measured between the designated point of impact and the height of release of the soft body impactor.

For tests conducted on wall assemblies the angle α shall always be smaller or equal to 65° (see Figure 2).

The bag is held vertically when released (not horizontally).

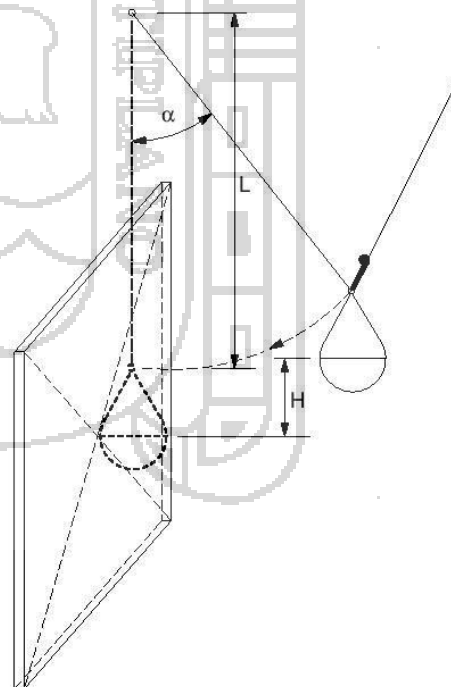


Figure 2 – Impact on vertical assembly
h = drop height; L = length rope; $\alpha = 65^\circ$



For ceiling and floor assemblies, the test is performed on a horizontal assembly (see Figure 3).

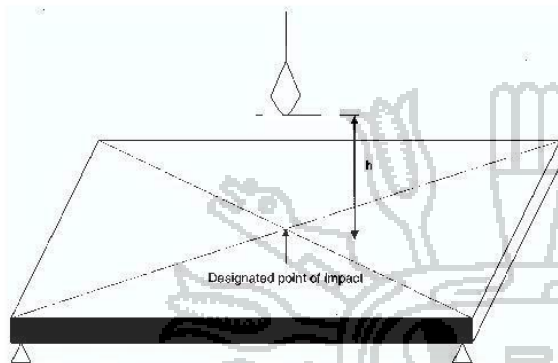


Figure 3 – Vertical impact on horizontal assembly
h = drop height

For serviceability, the residual deflection after each impact shall be reported.

The residual deflection shall be reported five minutes after the impact (in mm).

In a favourable test result, the report shall indicate any damage (e.g. localized surface cavities of small dimensions, scratches, wear marks in the form of grooves, etc.).

For extended application of the test results, the general rule is that test results for the most onerous assembly can be used to reflect the behaviour of others.

Note - A list of products that are "deemed-to-satisfy without the need for testing" should be established in an accompanying comprehension document to the ETA Guideline.

2.5 Expression of test results

The test result is pass/fail, depending on whether the panel assemblies meet the following combined criteria:

For safety in use:

- no collapse: the test result is favourable when, after the test, the panel or assembly maintains its mechanical integrity and is still capable of carrying its own weight in the tested position;
- no penetration: the test result is favourable when, after the test, the impactor has not passed through the test specimen;
- no projection: the test result is favourable when, after the test, the impactor has not created parts of the panel (e.g. core, face, reinforcement) to project from the face of the panel, on the other side of the specimen than the impact side, creating sharp cutting edges or surfaces likely to cause personal injury by contact.

For serviceability:

- no penetration: the test result is favourable when, after the test, the impactor has not penetrated the face of the test specimen on the impact side of the specimen.
- no degradation: the test result is favourable when, after the test, there are no visible (to the naked eye) cracks, depressions, protuberances or any other defects in the materials, which may influence the fitness for use of the panel or assembly. Deformations, which only affect the appearance, are allowed, but should be mentioned in the test report.

2.6 Test report

The test report shall include:

- reference to clause 2 of this Technical Report;
- the name of the testing laboratory;
- the name of the ETA applicant (and manufacturer of the panel);
- date of the test;
- description of the test instruments;
- identification of the product tested (designation, dimensions and any relevant identification characteristic);
- surface structure (e.g. smooth, profiled, structured, ..);
- description of the sample tested, and reference to its marking;
- description of conditioning and preparation of the sample (if any);
- description of test conditions (temperature and RH), where required;
- results of the test, including a description of damage (if any).



3 Test methods for determining hard body impact resistance

3.1 Principle

The hard body impact test simulates the impact, resulting from an object accidentally falling against the panel.

The hard body is dropped from a height, creating an impact energy, which corresponds with the impact energy released when furniture or similar objects with the panel.

The test is conducted with reference to safety in use, i.e. verification whether the panel or panel assemblies would prevent an object falling through, and to serviceability, i.e. verification whether they would still perform as intended (e.g. with reference to water vapour tightness).

3.2 Test apparatus

For safety in use, the hard body impactor should be a steel ball, with a diameter of 63.5 mm (± 1), with a mass of 1030 g (± 40) (1 kg steel ball).

For serviceability, it should be a steel ball, with a diameter of 50 mm (± 0.5), with a mass of 514 g (± 19) (0.5 kg steel ball).

3.3 Number of tests

3.3.1 Serviceability impact resistance

The test shall be carried out on one test panel, and generally consists of at least three impacts at approximately the same point of impact.

The point of impact should be the one deemed most onerous for the assembly under examination.

3.3.2 Safety in use impact resistance

The test shall be carried out on one test panel, and consists of one impact.

The point of impact should be the one deemed most onerous for the assembly under examination.

Note - The serviceability and safety in use impact test should not be carried out on the same panel, unless the ETA-applicant of the test so wishes.

3.4 Conditioning and test conditions

The panel conditioning shall be recorded, where required. The conditioning period, if any, shall be agreed between the ETA applicant and the Approval Body.

The test shall be carried out in normal laboratory circumstances.

3.5 Test assembly

The panel shall be horizontally positioned on supports (see Figure 4), to allow, in case of an unfavourable test result, the possibility of the impactor going completely through the panel.

The most onerous point of impact should be chosen.

In most cases this will be the centre of the panel, but, for panels with reinforcement (studs, stiffening ribs, etc.) behind a relatively weak face, the most onerous impact position is 25 mm (± 2) from the edge of the reinforcement.

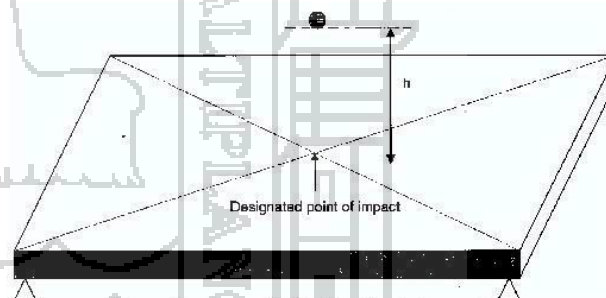


Figure 4 – Assembly for hard body impact test

3.6 Test procedure

In this test, the hard body impactor with mass (m) is dropped from a height (h), so that the total impact energy ($E = g \times h \times m$) corresponds with one of:

- hard body impact test (1 kg steel ball): 3 Nm or 10 Nm;
- hard body impact test (0.5 kg steel ball): 1.3 Nm; 2.5 Nm; 3.75 Nm or 6 Nm.

Note - In most cases $g = 9,81$ m/s.

The height (h) is measured between the designated point of impact and the height of release of the hard body impactor.



3.7 Expression of test results

The test result is pass/fail, depending on whether the panel assemblies meet the following combined criteria:

Safety in use:

- no collapse: the test result is favourable when, after the test, the panel or assembly maintains its mechanical integrity and is still capable of carrying its own weight in the tested position;
- no penetration: the test result is favourable when, after the test, the impactor has not passed the test specimen;
- no projection: the test result is favourable when, after the test, the impactor has not created parts of the panel (e.g. core, face, reinforcement) to project from the face of the panel, on the other side of the specimen than the impact side, creating sharp cutting edges or surfaces likely to cause injury by contact.

Serviceability:

- no penetration: the test result is favourable when, after the test, the impactor has not penetrated the face of the test specimen on the impact side of the specimen;
- no degradation: the test result is favourable when, after the test, there are no visible (to the naked eye) cracks, depressions, protuberances or any other defects in the materials; which may influence the fitness for use of the panel or assembly. Deformations, which only affect the appearance, are allowed, but should be mentioned in the test report.

For serviceability, the diameter and maximum indentation after each impact and the residual diameter and indentation shall be reported (in mm).

In a favourable test result, the report shall indicate any damage (e.g. localized surface cavities of small dimensions, scratches, wear marks in the form of grooves, etc.).

For extended application of the test results, the general rule is that test results for the most onerous assembly can be used to reflect the behaviour of others.

Note: A list of products that are "deemed-to-satisfy without the need for testing" shall be established in an accompanying comprehension document.

The test report shall include:

- reference to the clause 3 of this Technical Report;
- the name of the testing laboratory;
- the name of the ETA Applicant (and manufacturer of the panel);
- date of the test;
- description of the test instruments;
- identification of the product tested (designation, dimensions and any relevant identification characteristic);
- surface structure (e.g. smooth, profiled, structured, ...);
- description of the sample tested, and reference to its marking;
- description of conditioning and preparation of the sample (if any);
- description of test conditions (temperature and RH), where required;
- results of the test, including a description of damage (if any).

3.8 Test report

Annex A

Recommendations on the use of this



Technical Report

This Annex provides information regarding the known energy levels used for impact resistance tests in EEA countries, at the time of writing.

In some cases, several energy levels have been identified, depending on the regulatory requirements in different countries.

| | (kg) | impacts | (Nm) | |
|------------------|------|---------|------------|--|
| Soft body impact | 50 | 1 | 700 or 900 | no collapse and no penetration and no projection |
| Hard body impact | 1 | 1 | 10 | |

Serviceability

| Test | Impactor (kg) | No. of impacts | Energy (Nm) | Criteria |
|------------------|---------------|----------------|------------------------|-----------------------------------|
| Soft body impact | 50 | 3 | 100 - 130 - 300 or 400 | no penetration and no degradation |
| Hard body impact | 0.5 | 3 | 1 - 3 or 6 | |

A.1 Internal walls

Safety in use

| Test | Impactor (kg) | No. of impacts | Energy (Nm) | Criteria |
|------------------|---------------|----------------|------------------------------|--|
| Soft body impact | 50 | 1 | 100 - 200 - 300 - 400 or 500 | no collapse and no penetration and no projection |
| Hard body impact | 1 | 1 | 10 | |

Note - For soft body impact, depending on the use of the space the product encloses, the following types may be foreseen:

- Type I: Zones accessible primarily to those with high incentive to exercise care. Small risk of accidents occurring and of misuse (100 Nm).
- Type II: Zones accessible primarily to those with some incentive to exercise care. Some risk of accidents occurring and of misuse (200 Nm).
- Type III: Zones readily accessible to public and others with little incentive to exercise care. Risk of accidents occurring and of misuse (300 Nm).
- Type IV: Zones and risk as II and III. In case of failure, risk includes the fall to a floor at a lower level (400 or 500 Nm, depending on regulatory requirements)

Serviceability

| Test | Impactor (kg) | No. of impacts | Energy (Nm) | Criteria |
|------------------|---------------|----------------|-------------|----------------------------------|
| Soft body impact | 50 | 3 | 60 or 120 | no penetration and no projection |
| Hard body impact | 0.5 | 3 | 2.5* or 6** | |

Note:

- * Zones I and II as indicated in the note above
- ** Zones III and IV as indicated in the note above.

A.2 External walls

Safety in use

| Test | Impactor | No. of | Energy | Criteria |
|------|----------|--------|--------|----------|
|------|----------|--------|--------|----------|

A.3 Roofs/Ceilings

Safety in use

| Test | Impactor (kg) | No. of impacts | Energy (Nm) | Criteria |
|------------------|---------------|----------------|-------------|--|
| Soft body impact | 50 | 1 | 900 or 1200 | no collapse and no penetration and no projection |
| Hard body impact | 1 | 1 | 10 | |

Serviceability

| Test | Impactor (kg) | No. of impacts | Energy (Nm) | Criteria |
|------------------|---------------|----------------|-------------|-----------------------------------|
| Soft body impact | 50 | 1* / 5** | 700 | no penetration and no degradation |
| Hard body impact | 0.5 | 1 | 5* - 10** | |

- * Roofs, accessible for installation and maintenance only
- ** Accessible roofs

A.4 Floors

Safety in use

| Test | Impactor (kg) | No. of impacts | Energy (Nm) | Criteria |
|------------------|---------------|----------------|-----------------------------|--|
| Soft body impact | 50 | 1 | no recommendation available | no collapse and no penetration and no projection |
| Hard body impact | 1 | 1 | | |

Serviceability

| Test | Impactor (kg) | No. of impacts | Energy (Nm) | Criteria |
|------------------|---------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Soft body impact | 50 | 3 | no recommendation available | no penetration and no degradation |
| Hard body impact | 0.5 | 3 | | |

Annex B

References

**B.1 References to clause 2**

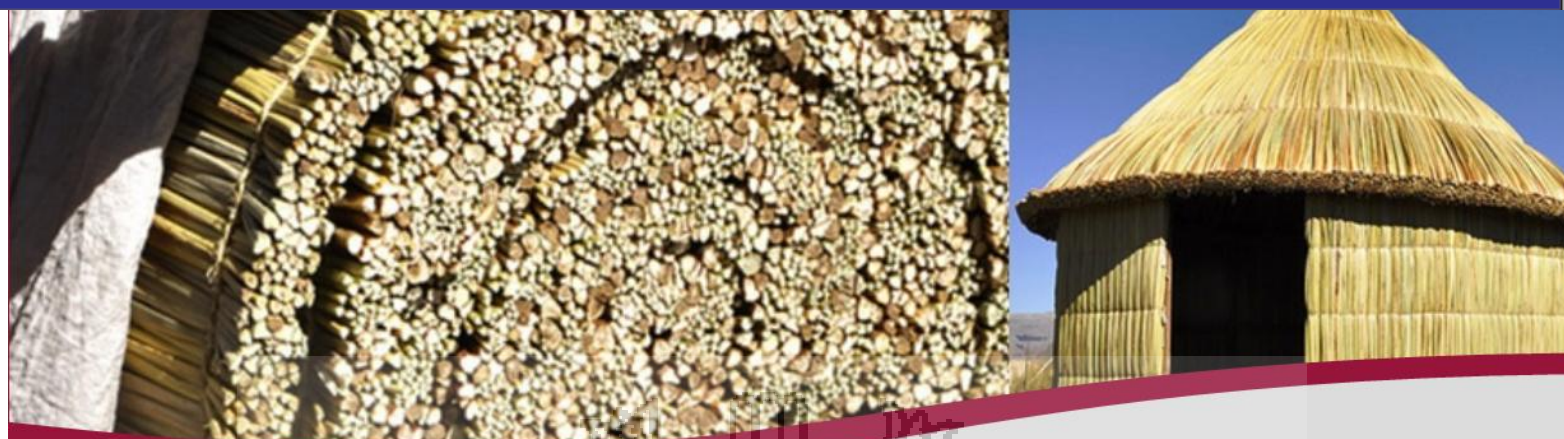
This test method is derived from the following reference documents:

- ISO 7892:1988 Vertical Building Components - Impact Resistance - Impact Bodies and general Test Procedures.
- ISO/DIS 7893:1990 Performance Standards in Building - Partitions made from Components - Impact Resistance Tests.
- M.O.A.T. No 43:1987 UEAtc Directives for Impact Testing - Opaque Vertical Building Components.
- ETA Guideline 003 Internal Partition Kits.
- EN 1195:1998 Timber structure - Test methods - Performance of structural floor decking.
- Nordtest Build 493 Resistance to Impact from a large soft body.

B.2 References to clause 3

This test method is derived from the following reference documents:

- ISO 7892:1988 Vertical Building Components - Impact Resistance - Impact Bodies and general Test Procedures.
- ISO/DIS 7893:1990 Performance Standards in Building - Partitions made from Components - Impact Resistance Tests.
- M.O.A.T. No 43:1987 UEAtc Directives for Impact Testing - Opaque Vertical Building Components.
- ETA Guideline 003 Internal Partition Kits.



ANEXO:

Constancias



Universidad Nacional Del Altiplano – Puno
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE HIDRAULICA Y MEDIO AMBIENTE



CONSTANCIA DE EJECUCION DE PRUEBAS DE LABORATORIO


El que suscribe, Ing. Guillermo Néstor FERNANDEZ SILA, Jefe del Laboratorio de HIDRAULICA Y MEDIO AMBIENTE, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA, hace constar que, las Bachilleres en Ingeniería Civil, Srta. Claudia Lizbet Eduardo Palomino y Srta. Luisa Elí Zegarra Lazo, han realizado las siguientes pruebas de laboratorio en las instalaciones del laboratorio de Hidráulica y Medio Ambiente:

1. Resistencia al impacto duro
2. Resistencia al impacto blando
3. Aislamiento acústico
4. Resistencia al fuego
5. Aislamiento térmico

Las pruebas antes mencionadas, se han realizado desde el 17 de noviembre de 2014 hasta el 08 de enero de 2015, pruebas realizadas para probar las hipótesis de su Tesis: **“TABIQUERIA ECOLOGICA, EMPLEANDO TOTORA CON REVESTIMIENTO DE YESO O MORTERO, COMO TECNICA DE BIOCONSTRUCCION EN LA CIUDAD DE PUNO”**, según la Resolución Decanal N° 286-2014-D-FICA-UNA/P de 02/07/2014 y Resolución Decanal N° 635-2014-D-FICA-UNA/P de 07/11/2014.

La presente constancia se extiende a solicitud de las interesadas, para fines estrictamente académicos y relacionados a la tesis en mención.

Puno, 15 de enero de 2015



Ing. Guillermo Néstor FERNANDEZ SILA
Jefe de Laboratorio de HIDRAULICA
Escuela Profesional de INGENIERIA CIVIL
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura