

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**Sistema de Aislación Térmica Exterior con Plástico PEAD Reciclado y  
Poliestireno Expandido en Viviendas de Concepción Metropolitano.**

Trabajo de Titulación para optar al Título  
de Ingeniería en Construcción.

Alumno:

Pablo Andrés Parada Ortiz

Profesor guía:

Sr. Cristopher Alexis Pérez Marín

**2024**

## **RESUMEN DEL PROYECTO**

El trabajo desarrollado propone la utilización de polietileno de alta densidad (PEAD) reciclado como componente en un sistema de aislamiento térmico exterior, destinado a mejorar la eficiencia energética de viviendas en la región de Concepción Metropolitana, Chile. Se busca reducir la dependencia de combustibles contaminantes, como la leña, contribuyendo a disminuir las emisiones de carbono y cumplir con las exigencias las nuevas exigencias de la OGUC para concepción metropolitano.

El proyecto incluye diseños, análisis técnicos y económicos, comparando el desempeño del PEAD con sistemas convencionales como EIFS. A través de simulaciones térmicas y pruebas de laboratorio.

## INDICE DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>FORMULACIÓN GENERAL DEL PROBLEMA</b> .....	<b>6</b>
<b>PRINCIPALES INTERROGANTES DEL PROYECTO</b> .....	<b>8</b>
<b>JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO</b> .....	<b>9</b>
<b>OBJETIVOS DEL PROYECTO</b> .....	<b>15</b>
Objetivo General del Proyecto: .....	15
<b>MARCO TEORICO</b> .....	<b>16</b>
<b>MARCO NORMATIVO</b> .....	<b>20</b>
<b>METODOLOGÍA PROPUESTA PARA REALIZAR EL PROYECTO</b> .....	<b>21</b>
<b>CAPITULO 1: EXAMINAR LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS EN CUANTO A FÍSICA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PEAD RECICLADO</b> .....	<b>24</b>
<b>Generalidades</b> .....	<b>24</b>
<b>IDENTIFICACIÓN DE COLEGIOS QUE ESTÉN DISPUESTOS A COLABORAR</b> .....	<b>24</b>
Preparación de Charlas educativas.....	26
Cantidad de Material Recopilado .....	28
<b>NORMATIVA VIGENTE</b> .....	<b>29</b>
OGUC, artículos a cumplir.....	30
Exigencias de techumbres, muros perimetrales y pisos ventilados:.....	30
Techumbres: .....	31
Muros:.....	32
Pisos ventilados: .....	33
<b>REGULACIÓN DEL MEJORAMIENTO TÉRMICO DE LAS VIVIENDAS PARA LAS COMUNAS DE CONCEPCIÓN METROPOLITANO</b> .....	<b>37</b>

Transmitancia térmica máxima de la envolvente térmica .....	37
Riesgo de condensación.....	39
<b>ESTUDIO DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DEL PLASTICO PEAD RECICLADO.....</b>	<b>40</b>
Determinar cantidad de plástico PEAD a utilizar.....	41
Elaboración de Probeta.....	43
<b>GENERACIÓN DE CO2 EN EL PROCESO DE FUNDIDO.....</b>	<b>46</b>
<b>ENSAYO DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.....</b>	<b>51</b>
<b>CÁLCULOS DE TRANSMITANCIA TÉRMICA. ....</b>	<b>53</b>
Transmitancia térmica de muro compuesto por: PEAD + poliestireno expandido de media densidad. ....	54
Transmitancia térmica de muro compuesto por: PEAD + cámara de aire no ventilada + poliestireno expandido de media densidad.....	56
Transmitancia térmica de muro compuesto por: PEAD + cámara de aire aluminizada no ventilada (1 cara) + poliestireno expandido de baja densidad.....	58
Transmitancia Térmica Sistema EIFS.....	62
<b>ANÁLISIS DE CONDENSACIÓN.....</b>	<b>64</b>
Criterios y condiciones para el cálculo.....	64
Caso estudio.....	65
Condensación Superficial.....	69
Cálculo de condensación superficial – Caso Base – Sección Desfavorable.....	69
Cálculo de condensación superficial – Caso Base – Sección Favorable.....	71
<b>Cálculo de condensación superficial – Caso Proyectoado – Sección Desfavorable....</b>	<b>73</b>
Cálculo de condensación superficial – Caso Proyectoado – Sección Favorable.....	74
Caso Base – Sección Favorable.....	77
Caso Base – Sección Favorable – Humedad relativa 65%.....	78

Caso Base – Sección Favorable – Humedad relativa 75% .....	78
Caso Base – Sección Favorable – Humedad relativa 80% .....	78
Caso Base – Sección Desfavorable. ....	79
Caso Base – Sección Desfavorable – Humedad relativa 65%. ....	80
Caso Base – Sección Desfavorable – Humedad relativa 75%. ....	80
Caso Base – Sección Desfavorable – Humedad relativa 80%. ....	80
Caso Proyectado – Sección Favorable.....	81
Caso Proyectado – Sección Favorable – Humedad relativa 65%.....	82
Caso Proyectado – Sección Favorable – Humedad relativa 75%.....	82
Caso Proyectado – Sección Favorable – Humedad relativa 80%.....	83
Caso Proyectado – Sección Desfavorable. ....	83
Caso Proyectado – Sección Desfavorable – Humedad relativa 65%. ....	84
Caso Proyectado – Sección Desfavorable – Humedad relativa 75%. ....	85
Caso Proyectado – Sección Desfavorable – Humedad relativa 80%. ....	85
Resumen de Resultados.....	86
<b>CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS.....</b>	<b>87</b>
Características del Caso de Estudio.....	88
Detalles Constructivos.....	89
Techumbre.....	90
Piso Ventilado. ....	91
Ventanas. ....	93
Puertas. ....	94
Resultados Caso Base.....	95
Resultados Caso Propuesto.....	96
<b>CÁLCULOS DE CONSUMO DE CALEFACCIÓN.....</b>	<b>97</b>

Consumo Energético de Estufa a Leña.....	97
Caso Base .....	98
Caso Propuesto .....	99
<b>CAPITULO 2: DISEÑAR UN SISTEMA DE AISLACIÓN TÉRMICA EXTERIOR EN BASE A PEAD RECICLADO Y COMPARAR SU RENDIMIENTO CON SISTEMAS CONVENCIONALES COMO EIFS. ....</b>	<b>100</b>
<b>Generalidades .....</b>	<b>100</b>
<b>SOFTWARE INVENTOR.....</b>	<b>100</b>
<b>DISEÑO DE PIEZAS.....</b>	<b>101</b>
Inspiración de Diseño. ....	101
Piezas Por Diseñar .....	102
Diseño Piezas.....	102
<b>ELEMENTOS DE FIJACIÓN.....</b>	<b>112</b>
<b>PERFILES.....</b>	<b>114</b>
Perfil Esquinero .....	114
Perfil J.....	115
Perfil Corta Gotera.....	115
<b>ELABORACIÓN DE PROTOTIPO .....</b>	<b>116</b>
Molde en Base a Zinc Liso Galvanizado.....	116
Molde en Base a Cemento o Yeso.....	117
Molde en Base a Placas Soldadas.....	118
<b>CAPITULO 3: EVALUAR LA VIABILIDAD ECONÓMICA DEL SISTEMA DE AISLACIÓN TÉRMICA UTILIZANDO PEAD RECICLADO EN TÉRMINOS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN.....</b>	<b>120</b>
<b>Generalidades .....</b>	<b>120</b>
<b>MERCADO OBJETIVO .....</b>	<b>120</b>

Clientes potenciales:.....	120
Análisis de la Competencia .....	121
Factores de demanda .....	122
Estrategia comercial .....	122
<b>ANÁLISIS FODA.....</b>	<b>123</b>
Fortalezas (F).....	123
Oportunidades (O) .....	124
Debilidades (D) .....	124
Amenazas (A).....	125
<b>ORGANIGRAMA .....</b>	<b>125</b>
<b>UBICACIÓN.....</b>	<b>126</b>
<b>MAQUINARIA Y EQUIPOS.....</b>	<b>127</b>
Balanza Industrial.....	127
Trituradora de Plástico.....	128
Máquina Extrusora .....	129
Ingleteadora .....	130
<b>COSTOS FIJOS.....</b>	<b>130</b>
<b>COSTOS DE PRODUCCIÓN.....</b>	<b>132</b>
<b>GASTOS POR PLANILLA.....</b>	<b>132</b>
<b>TIEMPOS DE FABRICACIÓN .....</b>	<b>133</b>
<b>DEPRECIACIÓN.....</b>	<b>133</b>
<b>INSUMOS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.....</b>	<b>134</b>
<b>COSTO DE FABRICACIÓN.....</b>	<b>134</b>
Resumen de costos .....	134
Costo fabricación pieza base .....	135

Costo fabricación pieza continuación.....	135
<b>PRECIO DE VENTA .....</b>	<b>136</b>
<b>Precio de venta pieza base.....</b>	<b>136</b>
<b>Precio de venta pieza continuación .....</b>	<b>136</b>
<b>COMPARACIÓN DE PRECIOS .....</b>	<b>137</b>
<b>CONCLUSIONES POR OBJETIVOS.....</b>	<b>138</b>
<b>1. EXAMINAR LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS EN CUANTO A FÍSICA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PEAD RECICLADO COMPARADO CON EL SISTEMA EIFS .....</b>	<b>138</b>
<b>2. DISEÑAR UN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR EN BASE A PEAD RECICLADO .....</b>	<b>139</b>
<b>3. DISEÑAR UN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR EN BASE A PEAD RECICLADO .....</b>	<b>139</b>
<b>CONCLUSIÓN GENERAL .....</b>	<b>140</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>141</b>

## INDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

<i>Ilustración 1. Zonas térmicas</i> .....	10
Ilustración 2. Línea del tiempo .....	10
Ilustración 3. Tipos de plásticos según su clasificación numérica .....	13
Ilustración 4. Representación de material PEAD .....	16
Ilustración 5. Representación de conductividad térmica .....	17
Ilustración 6. Representación de resistencia térmica.....	17
Ilustración 7. Representación de transmitancia térmica .....	18
<i>Ilustración 8. Envolverte térmica</i> .....	18
<i>Ilustración 9. Sistema EIFS</i> .....	19
Ilustración 10. Charla taller de medio ambiente – Colegio Diego Portales Palazuelos .....	27
Ilustración 11. Charla taller de medio ambiente – Colegio Juan Gregorio Las Heras .....	27
Ilustración 12. Material Recopilado – Escuela Diego Portales Palazuelos D-538.....	28
Ilustración 13. Material Recopilado – Colegio Juan Gregorio Las Heras.....	29
Ilustración 14. Conductímetro de materiales Gunt WL 376.....	40
Ilustración 15. Imagen molde para probeta de conductímetro .....	41
Ilustración 16. Clasificación PEAD .....	43
<i>Ilustración 17. Retiro de caucho a tapas PEAD</i> .....	43
<i>Ilustración 18. Limpieza material PEAD</i> .....	44
<i>Ilustración 19. Pesaje material PEAD</i> .....	44
<i>Ilustración 20. Horno industrial modelo 1350 GX</i> .....	45
<i>Ilustración 21. Terminación muestra PEAD</i> .....	46
<i>Ilustración 22. Termohigrómetro HOBO - MX1101</i> .....	47
<i>Ilustración 23. Medición de CO2 – fundido por horno</i> .....	48
<i>Ilustración 24. Medición de CO2 – Fundido por llama directa</i> .....	50
<i>Ilustración 25. Máxima emisión de CO2 – fundido por llama directa</i> .....	50
<i>Ilustración 26. Verificación de posición de conductímetro</i> .....	51
<i>Ilustración 27. Configuración conductímetro</i> .....	52

<i>Ilustración 28. Entrega de datos de conductímetro .....</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 29. Detalle constructivo PEAD + poliestireno expandido .....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 30. Detalle constructivo PEAD + cámara de aire no ventilada + poliestireno expandido de media densidad .....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 31. Detalle constructivo PEAD + cámara de aire aluminizada no ventilada + poliestireno expandido de baja densidad .....</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 32. Casos para determinar emisividad térmica .....</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 33. Detalle constructivo PEAD + cámara de aire aluminizada no ventilada 2 caras + poliestireno expandido de baja densidad .....</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 34. Casos para determinar emisividad térmica .....</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 35. alternativa M1 .....</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 36. Detalle constructivo vivienda caso base .....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 37. Detalle constructivo vivienda caso proyectado .....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 38. Emplazamiento vivienda en estudio .....</i>	<i>88</i>
<i>Ilustración 39. Plano vivienda en estudio .....</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 40. Detalle de techumbre .....</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 41. Detalle de Piso Ventilado .....</i>	<i>92</i>
<i>Ilustración 42. Imagen de referencia - ventana caso estudio .....</i>	<i>93</i>
<i>Ilustración 43. Imagen de referencia - puerta caso estudio .....</i>	<i>94</i>
<i>Ilustración 44. Estufa Amesti Nordic 450 .....</i>	<i>98</i>
<i>Ilustración 45. Siding fibrocemento .....</i>	<i>101</i>
<i>Ilustración 46. Plantilla sheet metal .....</i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 47. Plantilla estándar .....</i>	<i>103</i>
<i>Ilustración 48. Selección de tipo de material .....</i>	<i>103</i>
<i>Ilustración 49. Selección de aspecto .....</i>	<i>104</i>
<i>Ilustración 50. Desarrollo de boceto .....</i>	<i>104</i>
<i>Ilustración 51. Dimensiones mandril atornillador .....</i>	<i>105</i>
<i>Ilustración 52. Selección de herramienta extrusión .....</i>	<i>106</i>
<i>Ilustración 53. Diseño pieza base .....</i>	<i>106</i>
<i>Ilustración 54. Diseño pieza continuación .....</i>	<i>107</i>
<i>Ilustración 55. Diseño aislación térmica .....</i>	<i>107</i>

<i>Ilustración 56. Diseño cara aluminizada .....</i>	108
<i>Ilustración 57. Plantilla ensamble estándar .....</i>	108
<i>Ilustración 58. Plantilla ensamble weldment .....</i>	109
<i>Ilustración 59. Insertar piezas.....</i>	109
<i>Ilustración 60. Diseño pieza base ensamble .....</i>	110
<i>Ilustración 61. Diseño pieza continuación - ensamble.....</i>	110
<i>Ilustración 62. Muro PEAD - vista frontal.....</i>	111
<i>Ilustración 63. Muro PEAD - vista posterior .....</i>	111
<i>Ilustración 64. Datos técnicos de fijación correcta .....</i>	113
<i>Ilustración 65. Método de fijación .....</i>	113
<i>Ilustración 66. Perfil esquinero.....</i>	114
<i>Ilustración 67. Perfil J.....</i>	115
<i>Ilustración 68. Perfil corta gotera.....</i>	115
<i>Ilustración 69. Fabricación molde – Zinc liso .....</i>	116
<i>Ilustración 70. Desperfecto – Proceso de plegado.....</i>	117
<i>Ilustración 71. Fabricación molde - Cemento.....</i>	117
<i>Ilustración 72. Fabricación molde – Placas soldadas .....</i>	118
<i>Ilustración 73. Organigrama.....</i>	126
<i>Ilustración 74. Ubicación local .....</i>	127
<i>Ilustración 75. Balanza digital B-300A.....</i>	128
<i>Ilustración 76. Trituradora pro .....</i>	128
<i>Ilustración 77. Extrusión pro .....</i>	129
<i>Ilustración 78. Makita modelo Ls110Of.....</i>	130
<i>Ilustración 79. Valor sistema EIFS .....</i>	137

Tabla 1. Valores de transmitancia térmica (anterior 2024) .....	11
Tabla 2. Valores de transmitancia térmica .....	12
Tabla 3. Valores de transmitancia térmica nueva reglamentación térmica .....	12
Tabla 4. Resumen comparativo de las propiedades técnicas (PEAD vs otros plásticos) .....	13
Tabla 5. Resumen comparativo de las propiedades térmicas (EPS vs otros materiales).....	14
Tabla 6. Información Convenios con Instituciones .....	26
Tabla 7. Exigencias para techumbres, muros y pisos ventilados .....	30
Tabla 8. Incorporación del R100 .....	34
Tabla 9. Transmitancia térmica máxima de la envolvente térmica (valor U) .....	37
Tabla 10. Valor R100 mínimo del material aislante térmico para elementos de techo, muro y piso ventilado.....	38
<i>Tabla 11. Medición de CO2 – Fundido por horno.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 12. Medición de CO2 – Fundido por llama directa.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 13. Resistencias térmicas de superficies .....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 14. Emisividad total de acuerdo con cámara estanca .....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 15. Calculo de transmitancia térmica .....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 16. Emisividad total de acuerdo con cámara estanca .....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 17. Cálculo de transmitancia térmica.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 18. Emisividad total de acuerdo con cámara estanca .....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 19. Cálculo de transmitancia térmica .....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 20. Emisividad total de acuerdo con cámara estanca .....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 21. Cálculo de transmitancia térmica.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 22. Especificación del material, alternativa M1 .....</i>	<i>62</i>
Tabla 23. Transmitancia térmica alternativa M1 .....	63
<i>Tabla 24. Cálculo de resistencia térmica.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 25. Cálculo de resistencia térmica.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 26. Tabla de datos generales condensación superficial caso base – sección desfavorable .....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 27. Tabla de datos condensación superficial caso base – sección desfavorable - humedad relativa 65%.....</i>	<i>70</i>

<i>Tabla 28. Tabla de datos condensación superficial caso base – sección desfavorable - humedad relativa 75%.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 29. Tabla de datos condensación superficial caso base – sección desfavorable - humedad relativa 80%.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 30. Tabla de datos generales condensación superficial caso base – sección favorable .....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 31. Tabla de datos condensación superficial caso base – sección favorable - humedad relativa 65% .....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 32. Tabla de datos condensación superficial caso base – sección favorable - humedad relativa 75% .....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 33. Tabla de datos condensación superficial caso base – sección favorable - humedad relativa 80% .....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 34. Tabla de datos generales condensación superficial caso proyectado – sección desfavorable .....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 35. Tabla de datos condensación superficial caso proyectado – sección desfavorable - humedad relativa 65% .....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 36. Tabla de datos condensación superficial caso proyectado – sección desfavorable - humedad relativa 75% .....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 37. Tabla de datos condensación superficial caso proyectado – sección desfavorable - humedad relativa 80% .....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 38. Tabla de datos generales condensación superficial caso proyectado – sección favorable.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 39. Tabla de datos condensación superficial caso proyectado – sección favorable - humedad relativa 65%.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 40. Tabla de datos condensación superficial caso proyectado – sección favorable - humedad relativa 75%.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 41. Tabla de datos condensación superficial caso proyectado – sección favorable - humedad relativa 80%.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 42. Tabla de datos condensación intersticial caso base – sección favorable.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 43. Tabla Sd acumulado en estudio de condensación intersticial caso base – sección favorable.....</i>	<i>77</i>

<i>Tabla 44. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso base – sección desfavorable - humedad relativa 65%.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 45. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso base – sección desfavorable - humedad relativa 75%.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 46. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso base – sección desfavorable - humedad relativa 80%.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 47. Tabla de datos condensación intersticial caso base – sección desfavorable .....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 48. Tabla Sd acumulado en estudio de condensación intersticial caso base – sección desfavorable .....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 49. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso base – sección desfavorable - humedad relativa 65%.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 50. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso base – sección desfavorable - humedad relativa 75%.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 51. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso base – sección desfavorable - humedad relativa 80%.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 52. Tabla de datos condensación intersticial caso proyectado – sección favorable .81</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 53. Tabla Sd acumulado en estudio de condensación intersticial caso proyectado – sección favorable .....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 54. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso proyectado – sección favorable - humedad relativa 65% .....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 55. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso proyectado – sección favorable - humedad relativa 75% .....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 56. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso proyectado – sección favorable - humedad relativa 80% .....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 57. Tabla de datos condensación intersticial caso proyectado – sección desfavorable .....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 58. Tabla Sd acumulado en estudio de condensación intersticial caso proyectado – sección favorable .....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 59. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso proyectado – sección desfavorable - humedad relativa 65%.....</i>	<i>84</i>

<i>Tabla 60. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso proyectado – sección desfavorable - humedad relativa 75%.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 61. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso proyectado – sección desfavorable - humedad relativa 80%.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 62. Resultados sección desfavorable.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 63. Resumen resultados sección desfavorable.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 64. Resultados sección favorable.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 65. Resumen resultados sección favorable.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 66. Cálculo de transmitancia térmica para techumbre.....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 67. Calculo de transmitancia térmica para piso ventilado.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 68. Resumen calificación energética – caso base.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 69. Requerimiento energético – caso base.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 70. Resumen calificación energética – caso propuesto.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 71. Requerimiento energético – caso propuesto.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 72. Especificaciones tipos de fijaciones.....</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 73. Costos fijos.....</i>	<i>131</i>
<i>Tabla 74. Costos de producción.....</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 75. Gastos por planilla.....</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 76. Tiempos de fabricación.....</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 77. Depreciación.....</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 78. Insumos y elementos de protección personal.....</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 79. Resumen de costos.....</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 80. Costo de fabricación pieza base.....</i>	<i>135</i>
<i>Tabla 81. Costo de fabricación pieza continuación.....</i>	<i>135</i>
<i>Tabla 82. Costo de venta pieza base.....</i>	<i>136</i>
<i>Tabla 83. Costo de venta pieza continuación.....</i>	<i>136</i>
<i>Tabla 84. valor metro cuadrado sistema PEAD vs sistema EIFS.....</i>	<i>137</i>

## **INTRODUCCIÓN**

En el presente trabajo de título se analizará la posibilidad de usar plástico reciclado, más específicamente, polietileno de alta densidad, PEAD, como nuevo sistema de aislación térmica en viviendas unifamiliares en Chile, cubriendo en particular el área de Concepción metropolitana.

El desafío de la baja calidad en la aislación térmica en muchas viviendas de la región ha generado una alta dependencia de sistemas de calefacción basados en combustibles contaminantes, como la leña, lo que incrementa los costos energéticos de los hogares y empeora los problemas de contaminación atmosférica, con consecuencias negativas para la salud y la calidad de vida de los residentes.

Aprovechar la capacidad del PEAD de moldearse para diseñar sistemas constructivos que cumplan con los estándares térmicos del PDA (Plan de Descontaminación Atmosférica) para Concepción Metropolitano es un enfoque prometedor. Con residuos posconsumo como materia prima, el PEAD podría ofrecer una alternativa para disminuir significativamente la huella ambiental del proceso constructivo, al mismo tiempo que mejorar las propiedades térmicas de las viviendas, incrementando el confort térmico de los residentes.

Es por esto por lo que este trabajo pretende realizar un diagnóstico de este material, presupuestando una alternativa que permita disminuir el uso de calefacción a leña y huella de carbono, logrando una mejor calidad de aire, reduciendo así los riesgos para la salud producto de la contaminación generada por la combustión y por otra parte que las viviendas existentes con anterioridad a la normativa térmica cumplan con los estándares del PDA.

## **FORMULACIÓN GENERAL DEL PROBLEMA.**

El Estado, mediante la infraestructura y edificaciones públicas y los lineamientos para todos los sectores, está asumiendo el desafío de impulsar los cambios necesarios en la industria de la construcción para minimizar su impacto ambiental. Además de fomentar el uso de materiales sostenibles, una mejor gestión de residuos y una mayor eficiencia energética, también se están desarrollando o actualizando planes y estrategias, como el Plan de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático para el sector de Infraestructura. “El sector construcción es un gran motor para la economía, para el desarrollo y crecimiento de nuestro país. Sin embargo, también es un gran consumidor de materias primas, y genera cerca del 34% de los residuos” (Tapia, 2024). La especialista recuerda que, en materia de recursos naturales, ya en mayo pasado Chile fue el primer país de Latinoamérica con “sobregiro ecológico”, es decir, que en 5 meses había explotado los recursos para todo un año. Por tanto, dice Tapia, “para un crecimiento más sostenible de la industria de la construcción, es primordial hacer un uso más eficiente de los recursos, tanto de la energía como de los materiales, reduciendo la extracción de materias primas vírgenes y combustibles fósiles”.

Dado la crisis ambiental que enfrenta el país, el polietileno de alta densidad (PEAD), un tipo de plástico ampliamente utilizado en envases y productos industriales. “El 75% de los desechos encontrados en nuestras playas corresponde a plásticos, en su mayoría pequeños y que se usan una sola vez, pudiendo permanecer en el ambiente marino por décadas” (Oceana Chile, s.f.) además “Cada persona utiliza un promedio de 51 kilos de plástico por año” (Greenpeace, s.f.).

Actualmente en Chile con el fin de mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub> en la construcción está en desarrollo el programa Construye 2025, el cuál es impulsado por Corfo y busca transformar la construcción desde la productividad y la sustentabilidad. “Actualmente, es el responsable del 36% del consumo energético y del 40% de las emisiones de dióxido carbono totales a nivel internacional. Para revertir esta situación, busca apoyo en la formación, la tecnología y los nuevos materiales, técnicas y estándares” (El Mundo, 2024).

Todas las construcciones nuevas deben contar con un sistema de aislación térmica, sin embargo. el programa de reglamentación sobre acondicionamiento térmico de viviendas es posterior al año 2000, por lo cual aún existen 6.486.533 viviendas de acuerdo con el Censo del año 2018 de acuerdo con el 70,8% de las viviendas se construyó antes de la reglamentación térmica y solo el 18,5% cumple con las actuales exigencias (Instituto Nacional de Estadísticas, s.f.).

Generando bajos estándares de aislación térmica, que no solo implican bajas temperaturas y altos niveles de humedad al interior de las viviendas, sino también una mayor necesidad de calefacción que no siempre puede ser cubierta.

De acuerdo con el informe de la ( Corporación Nacional Forestal (Conaf)), arrojaron que un “67% de las casas de la Región del Biobío siguen prefiriendo la leña como combustible para la calefacción y que se traducen en 2 millones de metros cúbicos de biocombustible por año”.

Según explica el docente del Departamento de Geografía UDEC e investigador Cedeus Francisco de la Barrera, “Este problema escala a la ciudad, generando contaminación atmosférica. Este fenómeno se puede observar en todas las ciudades del sur del país que han monitoreado la calidad de su aire, existiendo nueve ciudades del sur del país saturadas o latentes por material particulado fino (MP2,5) o respirable (MP10): Curicó, Chillán, Concepción, Los Ángeles, Temuco, Valdivia, Osorno y Coyhaique” (CEDEUS, 2020).

Este trabajo apunta a presupuestar soluciones de reacondicionamiento térmico utilizando plástico reciclado PEAD buscando el cumplimiento de los estándares de los planes de descontaminación atmosférica para concepción metropolitano.

## **PRINCIPALES INTERROGANTES DEL PROYECTO.**

¿Qué normativas y requerimientos térmicos debemos considerar para cumplir con los estándares térmicos para concepción metropolitana?

¿Qué técnicas de fabricación y diseño son más adecuadas para elaborar piezas en base a PEAD reciclado?

¿Cuál es el costo de producción utilizando plásticos PEAD en comparación con el sistema EIFS?

## **JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Este estudio aborda un problema relevante en Concepción metropolitana; los altos índices de contaminación atmosférica, agravado por el uso predominante obtenida de leña para calefaccionar. En especial la ciudad del Gran Concepción el cual está enfrentando altos niveles de material particulado fino debido al alto uso de la calefacción a leña, afectando los niveles del aire y la salud de los habitantes.

Si bien existe una reglamentación térmica vigente, la cual ha generado beneficios para las viviendas acogidas a esta, a partir del año 2000, debido al aumento de la contaminación atmosférica en muchas ciudades del país se establecen planes de descontaminación atmosférica para aquellas ciudades consideradas latentes o saturadas, el cual en materia de aislación térmica incrementa los valores de transmitancia térmica (valor U) por sobre la norma actual, esto, tiene por objetivo optimizar los recursos, bajando el requerimiento energético de las viviendas.

El 27 de mayo de 2024 se publicó en el Diario Oficial una actualización en la normativa térmica, la cual entrará en vigor en noviembre de 2025. Esta actualización incluye cambios en la zonificación térmica, aumentando de 7 a 9 zonas de acuerdo con imagen n°1, y un incremento en las exigencias para el desempeño térmico de las edificaciones. Dentro de estas nuevas exigencias se incluyen requisitos específicos para puertas y sobrecimientos, así como limitaciones en el porcentaje máximo de ventanas de acuerdo con la orientación de la vivienda.

Además, se incorpora la obligación de realizar un análisis de condensación para muros perimetrales, techumbres y pisos ventilados, verificando que no exista riesgo de condensación superficial ni intersticial. Este análisis debe incluir los puentes térmicos de la

solución constructiva utilizada. Las viviendas deberán cumplir con exigencias respecto a las infiltraciones de aire, de acuerdo con la provincia en la que se encuentren emplazadas.

Finalmente, será obligatorio incorporar sistemas de ventilación que cumplan con las tasas mínimas de ventilación indicadas en las normas NCh 3308 y NCh 3309, según corresponda.

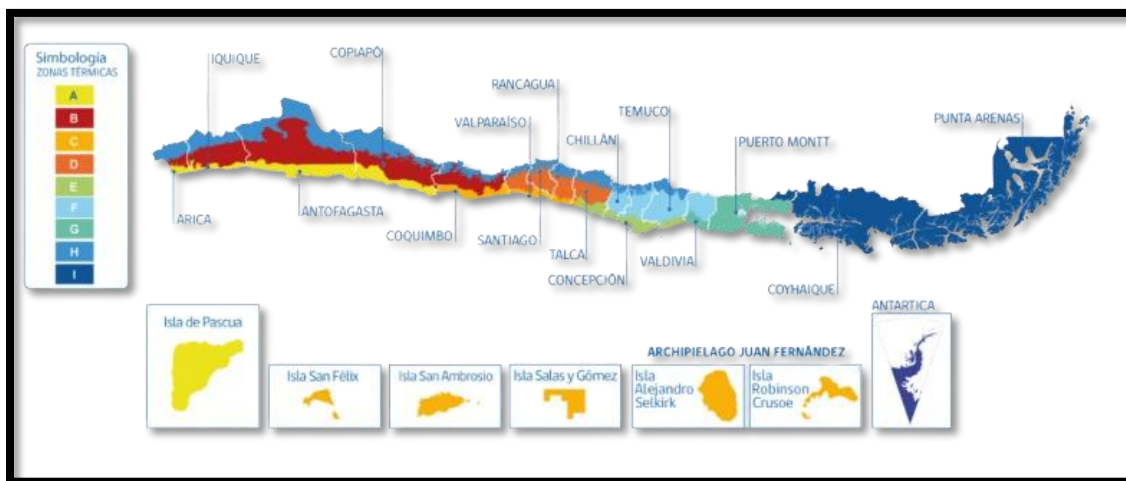


Ilustración 1. Zonas térmicas

Fuente: Ordenanza general de urbanismo y construcción



Ilustración 2. Línea del tiempo

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, con el aumento de ciudades consideradas desde latentes a saturadas se han implementado Planes de Descontaminación Atmosférica y nuevas exigencias de la OGUC, los cuales permiten aumentar los valores de transmitancia térmica a por sobre la norma actual, restando energía a las viviendas y optimizando sus recursos, en beneficio del confort térmico de las familias. El uso de polietileno de alta densidad PEAD reciclado como sistema de aislamiento térmica es una respuesta innovadora y sostenible a este problema.

Al ser un material ampliamente disponible como residuo posconsumo, el PEAD puede tener el potencial de ser una solución efectiva para mejorar el reacondicionamiento térmico de las viviendas, particularmente en áreas con climas fríos y altos niveles de contaminación, como Concepción metropolitana. Además de reducir el uso y producción de combustibles contaminantes, el PEAD también contribuirá a reducir la huella de carbono en el proceso de construcción.

Este estudio pretende evaluar si el PEAD reciclado puede ser una opción rentable y práctica para el aislamiento, y si cumple con los últimos requisitos establecido por el PDA.

En las siguientes tablas se presentará la comparación del aumento de las nuevas exigencias del plan de descontaminación atmosférica con respecto a la reglamentación termina vigente:

ZONA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U W/m <sup>2</sup> K	Rt m <sup>2</sup> K/W	U W/m <sup>2</sup> K	Rt m <sup>2</sup> K/W	U W/m <sup>2</sup> K	Rt m <sup>2</sup> K/W
1	0,84	1,19	4,0	0,25	3,60	0,28
2	0,60	1,67	3,0	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,9	0,53	0,70	1,43
4	0,38	2,63	1,7	0,59	0,60	1,67
5	0,33	3,03	1,6	0,63	0,50	2,00
6	0,28	3,57	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4,00	0,6	1,67	0,32	3,13

Tabla 1. Valores de transmitancia térmica (anterior 2024)

Fuente: Ordenanza general de urbanismo y construcción

Elemento	Estándar	Valor
Techo	Valor U [W/(m <sup>2</sup> K)]	0,33
Muro		0,60
Piso ventilado		0,60
Puerta		1,70

Tabla 2. Valores de transmitancia térmica

Fuente: Plan de descontaminación ambiental

ZONA TÉRMICA	COMPLEJO DE TECHUMBRE		COMPLEJO DE MUROS PERIMETRALES		COMPLEJO DE PISO VENTILADO		COMPLEJO DE PUERTAS OPACAS	
	U <sup>(1)</sup>	Rt <sup>(1)</sup>	U <sup>(1)</sup>	Rt <sup>(1)</sup>	U <sup>(1)</sup>	Rt <sup>(1)</sup>	U <sup>(1)</sup>	Rt <sup>(1)</sup>
	W/m <sup>2</sup> K	m <sup>2</sup> K/W	W/m <sup>2</sup> K	m <sup>2</sup> K/W	W/m <sup>2</sup> K	m <sup>2</sup> K/W	W/m <sup>2</sup> K	m <sup>2</sup> K/W
A	0,84	1,19	2,10	0,48	3,60	0,28	---	---
B	0,47	2,13	0,80	1,25	0,70	1,43	1,70	0,59
C	0,47	2,13	0,80	1,25	0,87	1,15	1,70	0,59
D	0,38	2,63	0,80	1,25	0,60	1,67	1,70	0,59
E	0,33	3,03	0,60	1,67	0,60	1,67	1,70	0,59
F	0,28	3,57	0,45	2,22	0,50	2,00	1,70	0,59
G	0,28	3,57	0,40	2,50	0,39	2,56	1,70	0,59
H	0,25	4,00	0,30	3,33	0,32	3,13	1,70	0,59
I	0,25	4,00	0,35	2,86	0,32	3,13	1,70	0,59

\*U: flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperatura entre los dos ambientes separados por dicho elemento.  
\*Rt: oposición al paso del calor que presentan los elementos de construcción. Corresponde al inverso de la transmitancia térmica.

Tabla 3. Valores de transmitancia térmica nueva reglamentación térmica

Fuente: Ordenanza general de urbanismo y construcción

Por otra parte, los plásticos se clasifican de acuerdo con la Ley 20.920. Esta ley establece un marco general para la gestión de residuos y, entre sus objetivos, está promover la reducción de residuos y fomentar el reciclaje a través de la responsabilidad extendida de los productores. Bajo esta ley se estipula que los fabricantes e importadores de ciertos productos prioritarios, como los envases y embalajes plásticos, deben asegurar su recolección y reciclaje una vez que los productos son desechados por los consumidores. , es común usar los códigos internacionales de identificación, que asignan un número del 1 al 7 para diferentes tipos.



Ilustración 3. Tipos de plásticos según su clasificación numérica

Fuente: National geographic, gestores de residuos, Recytrans

El polietileno de alta densidad (PEAD) se presenta como una alternativa destacada para su uso como sistema de reacondicionamiento térmico exterior, debido a una serie de propiedades que lo posicionan ventajosamente frente a otros plásticos. Según la norma (ASTM D638, 2022), el PEAD presenta una mayor durabilidad en condiciones exteriores, alta resistencia a la decoloración causada por la exposición a los rayos UV y una notable capacidad para resistir impactos. Esto respalda la afirmación de que es más accesible en comparación con otros plásticos, como el PVC o el policarbonato, que tienen usos más específicos o una producción a menor escala. Su disponibilidad y uso como material reciclado lo convierte en una de las opciones más comunes y accesibles.

Propiedad	PEAD	PEBD	PVC	PET
Resistencia a la tracción	20-37 Mpa	8-25 Mpa	20-30 Mpa	50-75 Mpa
Resistencia al impacto	400-600 J/m	200-400 J/m	60-150 J/m	120-140 J/m
Resistencia UV	Alta con Aditivos	Moderada	Moderada	Baja
Resistencia a la absorción de agua	Baja	Baja	Moderada	Baja
Durabilidad en exteriores	Alta	Moderada	Moderada	Baja

Tabla 4. Resumen comparativo de las propiedades técnicas (PEAD vs otros plásticos)

Fuente: Standard Test Methods for Mechanical Properties of Plastics (ASTM D638)

En el ámbito de la construcción, la eficiencia energética y el aislamiento térmico son factores críticos para garantizar el confort interior, reducir el consumo de energía y minimizar el impacto ambiental. La selección adecuada de materiales aislantes es fundamental para alcanzar estos objetivos. Entre las diversas opciones disponibles en el mercado, el poliestireno expandido se destaca como una alternativa competitiva frente a otros aislantes térmicos. El poliestireno expandido presenta una conductividad térmica que oscila entre 0,030 y 0,038 W/m·K, lo que lo coloca entre los aislantes más eficientes disponibles. Aunque el poliuretano ofrece una mejor conductividad térmica (0,022 - 0,030 W/m·K), el poliestireno expandido es más accesible económicamente (NCH 853, 2007). En Chile, su precio oscila entre \$5.000 y \$8.000 CLP/m<sup>2</sup>, lo que lo convierte en una opción competitiva frente a otros materiales. Por ejemplo, el poliuretano tiene un costo significativamente mayor, variando entre \$18.000 y \$25.000.

Material	Conductividad Térmica ( $\lambda$ )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Costo Aproximado
EPS (Poliestireno Expandido)	0,0030 - 0,038	10-30	\$5.000-\$8.000
Lana Mineral	0,035 - 0,045	50-200	\$9.000 - \$12.000
Poliuretano	0.022 - 0.045	50-70	\$7.000 - \$10.000
Corcho	0.037 - 0.045	100-150	\$20.000 - \$25.000

*Tabla 5. Resumen comparativo de las propiedades térmicas (EPS vs otros materiales)*

*Fuente: Elaboración Propia*

A través de esta investigación, se busca generar una alternativa sustentable que contribuya a el mejoramiento de la eficiencia energética en las viviendas, y el cumplimiento de los estándares de descontaminación en ciudades como Concepción. Este enfoque se alinea con los objetivos de programas nacionales como Construye 2025, que promueven el uso de materiales sostenibles y el desarrollo de la construcción con bajas emisiones.

## **OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **Objetivo General del Proyecto:**

Analizar el uso de polietileno de alta densidad (PEAD) reciclado como sistema de aislación térmica y terminación exterior en viviendas unifamiliares, cumpliendo con los estándares de la nueva normativa térmica.

### **Objetivos Específicos:**

1. Examinar las características técnicas en cuanto a física de la construcción del PEAD reciclado comparado con el sistema EIFS
2. Diseñar un sistema de aislación térmica exterior en base a PEAD reciclado.
3. Evaluar económicamente el sistema de aislación térmica utilizando PEAD reciclado en términos de costos de producción.

## MARCO TEORICO

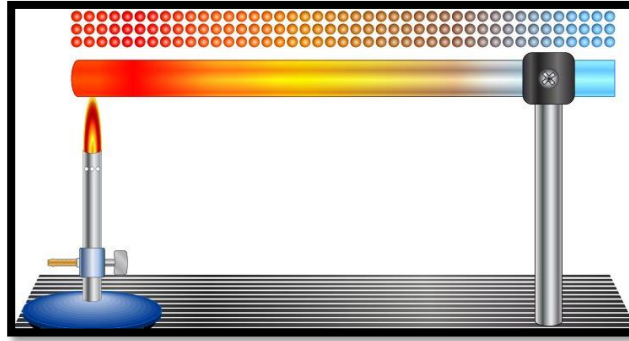
**PEAD:** El Polietileno de Alta Densidad (PEAD), también conocido como HDPE por sus siglas en inglés, es un polímero termoplástico obtenido a partir del etileno. Es conocido por su alta relación resistencia-densidad, lo que lo convierte en un material ideal para aplicaciones que requieren durabilidad y resistencia, como la fabricación de tuberías, geomembranas y envases industriales (*norma chilena NCh 3350*).



*Ilustración 4. Representación de material PEAD*

*Fuente: Imagen web*

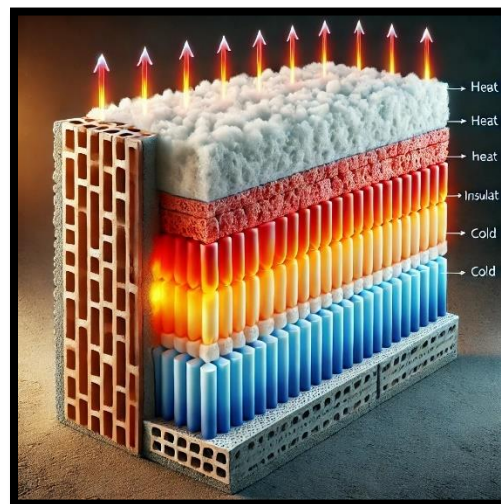
**Conductividad térmica ( $\lambda$ ):** Cantidad de calor que en condiciones estacionarias pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de material homogéneo de extensión infinita, de caras planas y paralelas y de espesor unitario, cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras. Se expresa en [W/m K] (NCH 853, 2007).



*Ilustración 5. Representación de conductividad térmica*

*Fuente: Imagen web*

**Resistencia térmica (R):** Oposición al paso de calor que presentan los elementos o materiales de construcción (NCH 853, 2007).



*Ilustración 6. Representación de resistencia térmica*

*Fuente: Imagen Web*

**Transmitancia térmica, U:** Flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperatura entre los dos ambientes separados por dicho elemento. Corresponde al inverso de la resistencia térmica total  $R_T$  de un elemento y se expresa en  $W/m^2K$  (NCH 853, 2007).

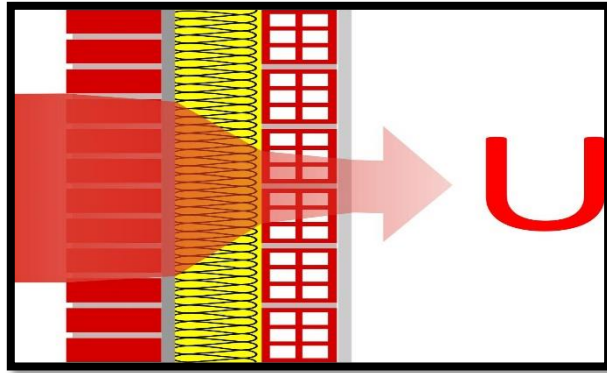


Ilustración 7. Representación de transmitancia térmica

Fuente: Imagen web

**Envolvente térmica:** Serie de elementos constructivos a través de los cuales se produce el flujo térmico entre el ambiente interior y el ambiente exterior del edificio. Está constituida básicamente por los complejos de techumbre, muros, pisos y ventanas. (*manual acondicionamiento térmico: criterios de intervención – 2015*).

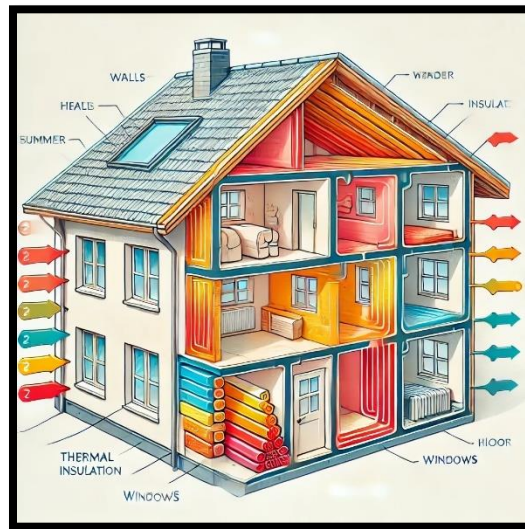


Ilustración 8. Envoltura térmica

Fuente: Imagen Web

**Sistema EIFS:** EIFS o Sistema de Aislación Térmica Exterior es una solución constructiva que incorpora una placa de Aislapol de Especialidad, adherida al exterior del muro, confinada entre capas de morteros elastoméricos, las que se refuerzan con una malla de fibra de vidrio. *(Ficha Técnica Aislapol S.A: Aislapol de especialidad para sistema EIFS habitacional).*



*Ilustración 9. Sistema EIFS*

*Fuente: Aislapol – ficha técnica Sistema EIFS*

## **MARCO NORMATIVO.**

**1-Ley de Eficiencia Energética (Ley N.º 21.305)**

**2- Ley 20.920 de Plásticos y Productos de un Solo Uso**

**3-Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) – Capítulo 4, Título 4.1**

**4-Plan de descontaminación ambiental (PDA) – concepción**

**5-NCH 853 of 2007 Acondicionamiento térmico – envolvente térmica de edificios – cálculo de resistencias y transmitancia térmicas del instituto nacional de normalización**

**6- NCH1973 of 2014 Comportamiento higrotérmico de elementos y componentes de construcción – Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial – Métodos de cálculo.**

**7- Manual de Aplicación reglamentación térmica, Art. 4.1.10 de la O.G.U.C**

**8- Manual de acondicionamiento térmico criterios de intervención – desarrollado por la cámara chilena de la construcción y corporación de desarrollo tecnológico**

**9- CCHC- 2016-manual de (re) acondicionamiento térmico**

## **METODOLOGÍA PROPUESTA PARA REALIZAR EL PROYECTO.**

Para lograr el objetivo de este trabajo, se procederá a realizar los siguientes pasos:

1. Analizar las características técnicas en cuanto a física de la construcción del PEAD reciclado en comparación con el sistema EIFS.
  - Identificación de Colegios que estén dispuestos a colaborar.
  - Dictar Charlas educacionales enfocada en la identificación y formas de preparar el PEAD reciclado.
  - Analizar las normativas vigentes como la NCh 853 (Norma Chilena de Acondicionamiento Térmico para Edificios).
  - Llevar a cabo pruebas de laboratorio, a través de un conductímetro de materiales, para medir la conductividad térmica del PEAD reciclado.
  - Medir la generación de Co<sub>2</sub> en el proceso de fundido, mediante diferentes escenarios.
  - Realizar cálculos de transmitancia térmica, de acuerdo con lo señalado en la Nch 853.
  - Simular diferentes escenarios de acuerdo con cálculos de transmitancia térmica para evaluar el rendimiento energético de una vivienda equipada con PEAD reciclado versus EIFS en Concepción Metropolitano.
  - Realizar cálculo de condensación superficial e intersticial a un caso estudio.
  - Calificar energéticamente una vivienda en condición base y proyectada.
  - Medir su consumo de calefacción a combustión lenta en condición base y proyectada.

## 2. Diseñar un sistema de aislación térmica exterior en base a PEAD reciclado.

- Desarrollo de diseño del sistema de aislamiento a través de software Inventor.
  - Crear un componente o pieza específica considerando traslapes entre componentes, vanos y eventualidades en el proceso de instalación.
  - Ajustar el grosor del aislamiento o cambiar las configuraciones de capas según los resultados de transmitancia térmica.
  - Usar las capacidades de visualización de Autodesk Inventor para crear representaciones 3D detalladas del sistema.
- Definir los elementos necesarios para su instalación.
- Fabricación un prototipo a escala del sistema de aislación térmica propuesto, integrando el PEAD reciclado:
  - Clasificación de los plásticos recopilados.
  - Fabricación de moldes para cada elemento a crear.
  - Limpieza de los plásticos recolectados para eliminar residuos, etiquetas y adhesivos que puedan interferir en la calidad del producto final.
  - Fusionar el plástico PEAD a través de un horno industrial.
  - Vertido en un molde con la forma que se quiere producir.
  - Compresión del prototipo durante el proceso de enfriamiento.
  - Enfriamiento natural del elemento
  - Retiro del molde
  - Acabado superficial para eliminar imperfecciones.

3. Evaluar la viabilidad económica del sistema de aislación térmica utilizando PEAD reciclado en términos de costos de producción.

- Investigar costos de recolección, transporte y procesamiento del PEAD reciclado.
- Definir los procesos de fabricación (moldeo, extrusión, corte, ensamblaje).
- Calcular los costos de maquinaria, terreno y mano de obra involucrada en el proceso de producción.
- Definir el costo de venta del producto.
- Evaluar si el uso de PEAD reciclado es competitivo en el mercado frente a el sistema EIFS.

## **CAPITULO 1: EXAMINAR LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS EN CUANTO A FÍSICA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PEAD RECICLADO.**

### **Generalidades**

Este capítulo se enfoca en el análisis técnico en cuanto a física de construcción del polietileno de alta densidad (PEAD) reciclado como material de construcción en comparación con el sistema Exterior Insulation and Finish System (EIFS) en la construcción de viviendas. El estudio explora las propiedades físicas del PEAD reciclado, su comportamiento térmico dentro del contexto de la construcción sostenible. Además, se plantea la integración de la comunidad educativa a través de charlas que promueven la participación en el reciclaje de plásticos, con un enfoque particular en el PEAD.

### **IDENTIFICACIÓN DE COLEGIOS QUE ESTÉN DISPUESTOS A COLABORAR.**

En Chile, la preocupación por la educación ambiental comenzó a incorporarse formalmente en el sistema educativo a finales de los años 90. En 1998 se aprobó la Ley General de Educación, que incluyó entre sus objetivos la promoción del respeto por el medio ambiente. Sin embargo, fue a partir de la década del 2000 cuando se comenzó a implementar de manera más estructurada programas y talleres relacionados.

En el año 2003 se incorporó la certificación ambiental de establecimientos educativos (SNCAE). El SNCAE otorga diferentes niveles de certificación (básico, medio y de excelencia) según el grado de compromiso y las acciones que los establecimientos adoptan en relación con el cuidado del medio ambiente. Este sistema incluye la implementación de prácticas sostenibles, educación ambiental y la participación activa de la comunidad escolar en la protección del medio ambiente. Desde su creación, ha crecido considerablemente el número de colegios que buscan esta certificación como parte de sus esfuerzos por integrar la sostenibilidad en su gestión y currículo.

En 2009 se inició la Política Nacional de Educación para el Desarrollo Sustentable, que buscaba integrar la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente en el currículo educativo de todos los niveles. A partir de entonces, los talleres y actividades relacionadas con el medio ambiente se volvieron más comunes en los colegios.

Es por esto por lo que se generó una oportunidad mutua de colaborar con colegios que estén en proceso de obtener su certificación ambiental, dar a conocer esta alternativa de sistema de reacondicionamiento térmico y, a la vez, obtener el material necesario para realizar pruebas técnicas.

Los niveles de certificación SNCAE son las siguiente:

- Nivel Básico: Reconoce a los establecimientos que han iniciado la incorporación de prácticas ambientales en su gestión educativa.
- Nivel Medio: Otorga a aquellos que han avanzado en la integración de la educación ambiental en sus procesos curriculares y de gestión.
- Nivel de Excelencia: Se concede a los establecimientos que han consolidado la educación ambiental de manera integral en todos los ámbitos de su quehacer educativo.

En la siguiente tabla se mencionan las instituciones que se logró generar convenio.

	Escuela Diego Portales Palazuelos D-53	Colegio Juan Gregorio Las Heras
Nivel de Educación	Basica	Basica - Media
¿Tiene Taller Especifico de Medio Ambiente?	Si	Si
Nombre de Docente a Cargo	Maria Constanza Vasquez	Fabiola Bustamante
Cantidad de Estudiantes en Taller de Medio Ambiente	15	46
¿La institución cuenta con certificación medio ambiental?	Si	Si
Nivel de certificación SNCAE	Nivel Medio	Nivel de Excelencia
Aporte que Genera este Proyecto para la institución	Proyectos de Impacto Local	Proyectos de Impacto Local
Aporte que genera la institución para este proyecto	Recopilación de Material para ensayos	Recopilación de Material para ensayos

*Tabla 6. Información Convenios con Instituciones*

*Fuente: Elaboración Propia*

### **Preparación de Charlas educativas.**

Se establecieron conversaciones con los docentes de los talleres de medio ambiente de cada institución educativa y se establecieron instancias para dictar charlas educativas sobre el reciclaje enfocadas en concientizar sobre el reconocimiento del PEAD en comparación con otro tipo de plásticos además del proceso de reciclaje.



*Ilustración 10. Charla taller de medio ambiente – Colegio Diego Portales Palazuelos*

*Fuente: Elaboración Propia*



*Ilustración 11. Charla taller de medio ambiente – Colegio Juan Gregorio Las Heras*

*Fuente: Elaboración Propia*

## **Cantidad de Material Recopilado**

Durante el mes de octubre los estudiantes de cada institución recopilaron material PEAD de los cuales obtuvieron los siguientes resultados:

Escuela Diego Portales Palazuelos D-538:

Los/las estudiantes recopilaron un total de 3 kilogramos de material PEAD.



*Ilustración 12. Material Recopilado – Escuela Diego Portales Palazuelos D-538*

*Fuente: Elaboración Propia*

Colegio Juan Gregorio Las Heras:

Los/las estudiantes recopilaron un total de 15 kilogramos de material PEAD.



*Ilustración 13. Material Recopilado – Colegio Juan Gregorio Las Heras*

*Fuente: Elaboración Propia*

## **NORMATIVA VIGENTE**

Mediante el decreto supremo N° 192 dictado en Santiago de Chile el 11 de noviembre de 2005, y que entra en vigor el 4 de enero del 2007, se modifica el decreto N°47, del año 1992, de la ordenanza general de urbanismo y construcciones, en el cual se introducen modificaciones a dicha ordenanza que tiene como objetivo establecer requisitos de acondicionamiento térmico de las viviendas en Chile, según lo indica el artículo 4.1.10. de la Ordenanza General De Urbanismo y Construcción (OGUC).

## OGUC, artículos a cumplir

Artículo 4.1.10. Todas las viviendas deberán cumplir con las exigencias de acondicionamiento térmico que se señalan a continuación:

### Exigencias de techumbres, muros perimetrales y pisos ventilados:

Exigencias:

Los complejos de techumbres, muros perimetrales y pisos inferiores ventilados, entendidos como elementos que constituyen la envolvente de la vivienda, deberán tener una transmitancia térmica “U” igual o menor, o una resistencia térmica total “Rt” igual o superior, a la señalada para la zona que le corresponda al proyecto de arquitectura, de acuerdo con los planos de zonificación térmica aprobados por resoluciones del ministro de Vivienda y Urbanismo y a la siguiente tabla:

ZONA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U W/m <sup>2</sup> K	Rt m <sup>2</sup> K/W	U W/m <sup>2</sup> K	Rt m <sup>2</sup> K/W	U W/m <sup>2</sup> K	Rt m <sup>2</sup> K/W
1	0,84	1,19	4,0	0,25	3,60	0,28
2	0,60	1,67	3,0	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,9	0,53	0,70	1,43
4	0,38	2,63	1,7	0,59	0,60	1,67
5	0,33	3,03	1,6	0,63	0,50	2,00
6	0,28	3,57	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4,00	0,6	1,67	0,32	3,13

Tabla 7. Exigencias para techumbres, muros y pisos ventilados

Fuente: OGUC, artículo 4.1.10

## **Techumbres:**

Para efectos del presente artículo se considerará complejo de techumbre al conjunto de elementos constructivos que lo conforman, tales como cielo, cubierta, aislación térmica, cadenas y vigas. Las exigencias de acondicionamiento térmico para la techumbre serán las siguientes:

a) En el caso de mansardas o paramentos inclinados, se considerará complejo de techumbre todo elemento cuyo cielo tenga una inclinación de  $60^\circ$  sexagesimales, o menos, medidos desde la horizontal.

b) Para minimizar la ocurrencia de puentes térmicos, los materiales aislantes térmicos o soluciones constructivas especificadas en el proyecto de arquitectura, sólo podrán estar interrumpidos por elementos estructurales de la techumbre, tales como cerchas, vigas y/o por tuberías, ductos o cañerías de las instalaciones domiciliarias.

c) Los materiales aislantes térmicos o las soluciones constructivas especificadas en el proyecto de arquitectura deberán cubrir el máximo de la superficie de la parte superior de los muros en su encuentro con el complejo de techumbre, tales como cadenas, vigas o soleras, conformando un elemento continuo por todo el contorno de los muros perimetrales.

d) Para obtener una continuidad en el aislamiento térmico de la techumbre, todo muro o tabique que sea parte de ésta, tal como lucarna, antepecho, dintel, u otro elemento que interrumpa el acondicionamiento térmico de la techumbre y delimite un local habitable o no habitable, deberá cumplir con la misma exigencia que le corresponda al complejo de techumbre, de acuerdo con lo señalado en la Tabla 1 del presente artículo.

e) Para toda ventana que forme parte del complejo techumbre de una vivienda emplazada entre la zona 3 y 7, ambas inclusive, cuyo plano tenga una inclinación de 60° sexagesimales, o menos, medidos desde la horizontal, se deberá especificar una solución de doble vidriado hermético, cuya transmitancia térmica debe ser igual o menor a 3,6W/m<sup>2</sup>K

### **Muros:**

Para la aplicación del presente artículo se considerará complejo de muro al conjunto de elementos constructivos que lo conforman y cuyo plano de terminación interior tenga una inclinación de más de 60° sexagesimales, medidos desde la horizontal.

Las exigencias de acondicionamiento térmico para muros serán las siguientes:

a) Las exigencias señaladas en la Tabla 1 del presente artículo, serán aplicables sólo a aquellos muros y/o tabiques, soportantes y no soportantes, que limiten los espacios interiores de la vivienda con el espacio exterior o con uno o más locales abiertos, y no será aplicable a aquellos muros medianeros que separen unidades independientes de vivienda.

b) Los recintos cerrados contiguos a una vivienda tales como bodegas, leñeras, estacionamientos e invernaderos, serán considerados como recintos abiertos para efectos de esta reglamentación, y sólo les será aplicable las exigencias de la Tabla 1 a los paramentos que se encuentren contiguos a la envolvente de la vivienda.

c) Para minimizar la ocurrencia de puentes térmicos en tabiques perimetrales, los materiales aislantes térmicos o soluciones constructivas especificadas en el proyecto de arquitectura,

sólo podrán estar interrumpidos por elementos estructurales, tales como pies derechos, diagonales estructurales y/o por tuberías, ductos o cañerías de las instalaciones domiciliarias.

d) En el caso de la albañilería confinada de conformidad a la definición de la NCh 2123, no será exigible el valor de U de la Tabla 1 en los elementos estructurales tales como pilares, cadenas y vigas.

e) En el caso que el complejo muro incorpore materiales aislantes, la solución constructiva deberá considerar barreras de humedad y/o de vapor, según el tipo de material incorporado en la solución constructiva y/o estructura considerada.

f) En el caso de puertas vidriadas exteriores, deberá considerarse como superficie de ventana la parte correspondiente al vidrio de la misma. Las puertas al exterior de otros materiales no tienen exigencias de acondicionamiento térmico.

### **Pisos ventilados:**

Para efectos de la aplicación del presente artículo se considerará complejo de piso ventilado al conjunto de elementos constructivos que lo conforman que no están en contacto directo con el terreno. Los planos inclinados inferiores de escaleras o rampas que estén en contacto con el exterior también se considerarán como pisos ventilados

Para minimizar la ocurrencia de puentes térmicos en pisos ventilados, los materiales aislantes térmicos o soluciones constructivas especificadas en el proyecto de arquitectura, sólo podrán estar interrumpidos por elementos estructurales del piso o de las instalaciones domiciliarias tales como vigas, tuberías, ductos o cañerías.

Para los efectos de cumplir con las condiciones establecidas en el Tabla 1 se podrá optar entre las siguientes alternativas:

1. Mediante la incorporación de un material aislante etiquetado con el R100 correspondiente a la siguiente tabla:

Se deberá especificar y colocar un material aislante térmico, incorporado o adosado, al complejo de techumbre, al complejo de muro, o al complejo de piso ventilado cuyo R100 mínimo, rotulado según la norma técnica NCh 2251, de conformidad a lo indicado en la Tabla 18.

ZONA	TECHUMBRE R100(+)	MUROS R100(+)	PISOS VENTILADOS R100(+)
1	94	23	23
2	141	23	98
3	188	40	126
4	235	46	150
5	282	50	183
6	329	78	239
7	376	154	295

*Tabla 8. Incorporación del R100*

*Fuente: OGUC, artículo 4.1.10*

2. Mediante un Certificado de Ensaye otorgado por un Laboratorio de Control Técnico de Calidad de la Construcción, demostrando el cumplimiento de la transmitancia o resistencia térmica total de la solución del complejo de techumbre, muro y piso ventilado.

3. Mediante cálculo, el que deberá ser realizado de acuerdo con lo señalado en la norma NCh 853, demostrando el cumplimiento de la transmitancia o resistencia térmica del complejo de techumbre, muro y piso ventilado. Dicho cálculo deberá ser efectuado por un profesional competente.
  
4. Especificar una solución constructiva para el complejo de techumbre, muro y piso ventilado que corresponda a alguna de las soluciones inscritas en el Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico, confeccionado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Para determinar la transmitancia térmica ponderada de los paramentos verticales de la envolvente del proyecto de arquitectura, se deberá calcular el U ponderado del proyecto de conformidad a la fórmula que se señala, debiendo los muros perimetrales en contacto al exterior poseer una transmitancia térmica igual o menor al valor establecido, según zona térmica, en las exigencias para muros de la Tabla 1 del presente artículo:

SM: Superficie de muro

UM: Transmitancia térmica del muro

SV: Superficie de ventana

UV: Transmitancia térmica ventana

STE: Superficie total de los paramentos verticales de la envolvente del proyecto de arquitectura

Para aplicación de la fórmula del párrafo anterior, los muros que limiten con uno o más locales cerrados, deberán considerarse como parte de la envolvente para efectos de cálculo del U ponderado. Para estos muros se adoptará la transmitancia establecida para la zona

térmica en la cual se emplace el proyecto de arquitectura, de acuerdo a la Tabla 1, independiente de su transmitancia térmica real.

En el caso en que los paramentos verticales del proyecto de arquitectura estén compuestos por más de una solución constructiva, determinando así, más de una transmitancia térmica para muros, se aplicará la siguiente fórmula para determinar el U ponderado:

$$\frac{(SM - 1 \times U1) + (SM - 2 \times U - 2) + (SM - n \dots \times U - n \dots) + (SV \times UV)}{STE} = U \text{ ponderado}$$

SM-1: Superficie muro 1

U-1: Transmitancia térmica muro 1

SM-2: Superficie muro 2

U-2: Transmitancia térmica muro 2

SV: Superficie ventana

UV: Transmitancia térmica ventana

STE: Superficie total de los paramentos verticales de la envolvente

En ambos casos, si el proyecto de arquitectura contempla más de un tipo de ventana, asimilados a distintos valores de Transmitancia, según la Tabla 3, se ponderará toda la superficie vidriada con el valor de transmitancia térmica del vidrio monolítico.

La superficie de ventana para el vidrio monolítico del cálculo del U ponderado no podrá, en ningún caso, aumentar más de un 40 % respecto al porcentaje máximo de superficie permitido para la zona térmica, según lo señalado en la Tabla 3.

## **REGULACIÓN DEL MEJORAMIENTO TÉRMICO DE LAS VIVIENDAS PARA LAS COMUNAS DE CONCEPCIÓN METROPOLITANO.**

Artículo n°24, plan de descontaminación atmosférica para las comunas de concepción metropolitano.

Desde la entrada en vigor del presente decreto, las viviendas a las cuales se les entregue el subsidio de acondicionamiento térmico, referido en el artículo 22, deberán cumplir al menos con los siguientes estándares:

### **Transmitancia térmica máxima de la envolvente térmica**

Los proyectos de acondicionamiento térmico de viviendas existentes deberán verificar el estándar que se señala en la siguiente Tabla:

Elemento	Estándar	Valor
Techo	Valor U [W/(m <sup>2</sup> K)]	0,33
Muro		0,60
Piso ventilado		0,60
Puerta		1,70

*Tabla 9. Transmitancia térmica máxima de la envolvente térmica (valor U)*

*Fuente: PDA para las comunas de concepción metropolitano*

Para efectos de cumplir estos estándares, se podrá optar por alguna de las siguientes alternativas de acreditación:

a) Mediante la especificación y colocación de un material aislante térmico, incorporado o adosado al complejo de techumbre, al complejo de muro o al complejo de piso ventilado, cuyo R100 mínimo rotulado cumpla con los valores establecidos en la siguiente Tabla:

Elemento	Estándar	Valor
Techo	Valor R100 [ (m <sup>2</sup> K)/W]x100	303
Muro		167
Piso ventilado		167

Tabla 10. Valor R100 mínimo del material aislante térmico para elementos de techo, muro y piso ventilado

Fuente: PDA para las comunas de concepción metropolitana

b) Mediante un Certificado de Ensaye en base a la norma NCh851, NCh3076/1 y NCh3076/2, según corresponda, otorgado por un laboratorio con inscripción vigente en el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de la Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, demostrando el cumplimiento de la transmitancia o resistencia térmica total de la solución del complejo de techumbre, muro, piso ventilado y puerta.

c) Mediante cálculo, el que deberá ser realizado de acuerdo a lo señalado en las normas NCh853, NCh3117, NCh3137/1 y NCh3137/2, según corresponda, demostrando el cumplimiento de la transmitancia o resistencia térmica total de la solución del complejo de techumbre, muro, piso ventilado y puerta. Dicho cálculo deberá ser efectuado por un profesional competente.

d) Mediante una solución constructiva específica para el complejo de techumbre, muro, piso ventilado y puerta, que corresponda a alguna de las soluciones inscritas en el Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico, confeccionado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Corresponderá al profesional competente del Prestador de Servicio de Asistencia Técnica (PSAT), informar la alternativa adoptada al momento del ingreso del proyecto al Servicio de Vivienda y Urbanización (SERVIU).

### **Riesgo de condensación**

Las soluciones constructivas que se adopten deberán disminuir el riesgo de condensación superficial e intersticial.

Lo anterior será acreditado por el profesional competente del PSAT al momento del ingreso del proyecto al SERVIU, mediante el procedimiento de cálculo establecido en la norma NCh1973, considerando los criterios de cálculo que se señalan a continuación:

- i. Período de análisis correspondiente al mes de julio.
- ii. El análisis se debe realizar en dos secciones del elemento constructivo; la sección de menor resistencia térmica y la de mayor resistencia térmica.
- iii. Análisis del riesgo de condensación superficial e intersticial, para ambas secciones.
- iv. Temperatura del ambiente interior igual a 19 °C.

- v. Humedad relativa (HR) del ambiente interior; 65%, 75% y 80%.
- vi. Temperatura exterior igual a la temperatura media mínima para el mes de julio, de la provincia de Concepción.
- vii. Humedad relativa exterior: correspondiente a la HR asociada a la temperatura media mínima, para el mes de julio, de la provincia de Concepción.

## ESTUDIO DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DEL PLASTICO PEAD RECICLADO

Para determinar la transmitancia térmica de este sistema, es necesario, en primer lugar, determinar mediante ensayo la conductividad térmica de los materiales. Para realizar este estudio, se emplea un conductímetro marca Gunt, modelo WL 376.



*Ilustración 14. Conductímetro de materiales Gunt WL 376*

*Fuente: Imagen web G.U.N.T. Gerätebau GmbH 2024*

### **Determinar cantidad de plástico PEAD a utilizar.**

De acuerdo con los datos técnicos del fabricante, se establece que la muestra para determinar la conductividad térmica debe tener 300 mm de ancho, 300 mm de largo y un espesor máximo de 50 mm. Con esta información, se procede a determinar la cantidad de plástico PEAD reciclado necesaria para elaborar la muestra a ensayar.

La densidad del polietileno de alta densidad (PEAD o HDPE) varía entre 930 y 970 kg/m<sup>3</sup>, dependiendo de las condiciones específicas de fabricación y procesamiento. La información sobre sus propiedades está documentada en normativas industriales, como la (*ASTM D1505* y la *ISO 1183-1*).

El molde a utilizar tendrá dimensiones de 300 mm de ancho, 300 mm de largo y un espesor de 14 mm, con un volumen de 0,0013 m<sup>3</sup>, cumpliendo así con los estándares solicitados por el fabricante.



*Ilustración 15. Imagen molde para probeta de conductímetro*

*Fuente: Elaboración Propia*

Con los datos anteriores, se procede a determinar la cantidad de plástico PEAD a utilizar mediante la siguiente fórmula:

$$m = v * p$$

Donde:

v= masa

v= volumen

p= densidad

Ya que la densidad no es un parámetro fijo, se realizarán dos cálculos: uno con la densidad mínima de 930 kg/m<sup>3</sup> y otro con la densidad máxima de 970 kg/m<sup>3</sup>.

**Densidad de 930 kg/m<sup>3</sup>.**

$$m = 0,0013 \text{ m}^3 * 930 \text{ kg/m}^3$$

$$m = 1,209 \text{ kg.}$$

**Densidad de 970 kg/m<sup>3</sup>.**

$$m = 0,0013 \text{ m}^3 * 970 \text{ kg/m}^3$$

$$m = 1,261 \text{ kg.}$$

Dado que la diferencia en este caso es mínima entre utilizar una densidad u otra, se decide emplear la mayor densidad como factor de seguridad ante pérdidas en el proceso de elaboración.

## Elaboración de Probeta.

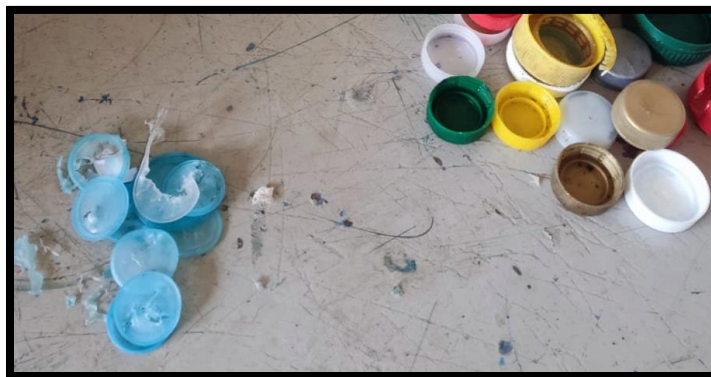
Una vez determinada la cantidad de PEAD a utilizar, se procede a clasificar el material.



*Ilustración 16. Clasificación PEAD*

*Fuente: Elaboración Propia*

Algunas tapas de bebidas de fantasía, especialmente las provenientes de envases retornables, contienen un sello de caucho que debe ser retirado.



*Ilustración 17. Retiro de caucho a tapas PEAD*

*Fuente: Elaboración Propia*

Posteriormente, se limpia el material con una solución jabonosa para eliminar cualquier residuo ajeno al material empleado.



*Ilustración 18. Limpieza material PEAD*

*Fuente: Elaboración Propia*

El siguiente paso es pesar el material a fundir utilizando una balanza. En este caso, según los cálculos anteriores, será aproximadamente 1,261 kg.



*Ilustración 19. Pesaje material PEAD*

*Fuente: Elaboración Propia*

Luego, se incorpora el material previamente pesado en el molde y se funde en un horno Industrial de la marca SHEL LAB modelo 1350 GX a una temperatura de 230 °C.



*Ilustración 20. Horno industrial modelo 1350 GX*

*Fuente: Elaboración Propia*

Durante el proceso de fusión, se debe compactar la muestra para evitar espacios de aire. Finalmente, se retira del horno, se desmolda y se mantiene prensada durante aproximadamente 1 hora para evitar curvaturas por el enfriamiento del material. Si la pieza presenta imperfecciones, se recomienda corregirlas una vez ya esté a temperatura ambiente, utilizando una amoladora con disco de lija flap.



*Ilustración 21. Terminación muestra PEAD*

*Fuente: Elaboración Propia*

## **GENERACIÓN DE CO<sub>2</sub> EN EL PROCESO DE FUNDIDO.**

Con el propósito de evaluar la contaminación ambiental, específicamente la generación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) durante el proceso de fundición, se empleará un termohigrómetro, en particular el modelo HOBO MX1101. Este equipo permite medir y registrar parámetros relevantes para analizar el impacto ambiental del proceso, asegurando precisión y confiabilidad en los resultados obtenidos.



Ilustración 22. Termohigrómetro HOBO - MX1101

Fuente: Imagen Web

Para esta evaluación se consideran dos situaciones: la primera corresponde al proceso de fundición utilizando un horno a temperatura controlada, mientras que la segunda se realiza mediante una llama directa sin control de temperatura.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), los rangos óptimos de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en el aire son de 300 a 500 partes por millón (ppm). Un rango de hasta 1000 ppm se considera normal, mientras que concentraciones superiores a 1000 ppm se clasifican como críticas “(Organización Mundial de la Salud)”.

En el caso de la evaluación del fundido con un horno, se procedió a medir las emisiones de CO<sub>2</sub> durante un período mínimo de dos horas, tiempo necesario para alcanzar la temperatura de fusión, aproximadamente 230°C. Las mediciones se continuarán hasta obtener datos controlados y estables. Los resultados obtenidos son los siguientes:

PROTOCOLO DE MEDICION DE PARAMETROS AMBIENTALES						
Tipo de medición	CO2	X	Tº INTERIOR		Mp 10	Mp 2,5
Recinto	Laboratorio Mec Suelos	Fecha	17-10-2024			
Tipo de Edificación	Universidad					
Ubicación	Arteaga Alemparte 943					
Horario ocupación	8:00hrs - 17:00hrs					
Actividad	Educación					
Nº de Personas	2	Periodo de medición	3 Horas	Periodo de ocupación	3 Horas	
Recinto a Evaluar	Sala de clase					
Nº	Fecha	Hora	CO2	Observaciones		
1		9:00	467,00	Encendido de Horno		
2		9:10	485,00			
3		9:20	456,00			
4		9:30	453,00			
5		9:40	461,00			
6		9:50	467,00			
7		10:00	471,00	Horno Alcanza Temperatura de 200°C		
8		10:10	475,00			
9		10:20	466,00	Horno Alcanza Temperatura de 230°C (Temperatura de Fusión)		
10		10:30	456,00			
11		10:40	462,00			
12		10:50	452,00			
13		11:00	453,00			
14		11:10	457,00			
15		11:20	447,00			
16		11:30	473,00			
17		11:40	478,00			
18		11:50	487,00			
19		12:00	458,00			

Tabla 11. Medición de CO2 – Fundido por horno

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 23. Medición de CO2 – fundido por horno

Fuente: Elaboración Propia

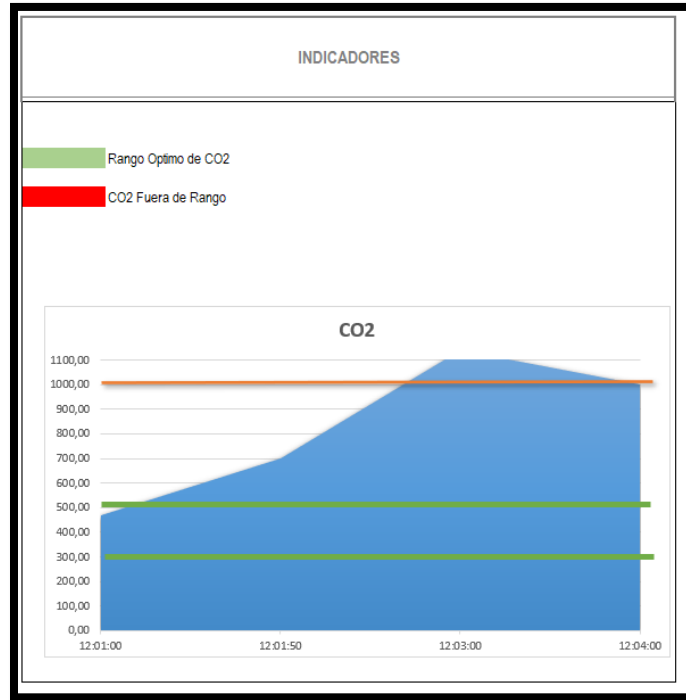
De acuerdo con los datos obtenidos durante el proceso de fundición controlado en horno, las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no presentaron variaciones significativas, registrándose un valor máximo de 487 ppm, lo que se encuentra dentro del rango óptimo establecido por la Organización Mundial. de la Salud (OMS).

Para la evaluación del fundido mediante llama directa, se utilizó un soplete de la marca Providus, capaz de alcanzar una temperatura máxima de 1200 °C. En este procedimiento, se fundió una muestra durante un período aproximado de tres minutos, tiempo suficiente para que el material cambiara de estado y pudiera ser moldeado. Los resultados obtenidos son los siguientes:

PROTOCOLO DE MEDICION DE PARAMETROS AMBIENTALES						
Tipo de medición	CO2	X	Tº INTERIOR		Mp 10	Mp 2,5
Recinto	Laboratorio Mec Suelos	Fecha	17-10-2024			
Tipo de Edificación	Universidad					
Ubicación	Ateaga Alemparte 943					
Horario ocupación	8:00hrs - 17:00hrs					
Actividad	Educación					
Nº de Personas	2	Periodo de medición	3 Minutos	Periodo de ocupación	3 Minutos	
Recinto a Evaluar	Sala de clase					
Nº	Fecha	Hora	CO2	Observaciones		
1		12:01:00	467,00	Encendido de Soplete		
2		12:01:10	500,00			
3		12:01:20	510,00			
4		12:01:30	550,00			
5		12:01:40	600,00			
6		12:01:50	700,00	Cambio de Estado a Liquido del PEAD		
7		12:02:00	750,00			
8		12:02:10	780,00	PEAD se Inflama		
9		12:02:20	760,00			
10		12:02:30	770,00			
11		12:02:40	780,00			
12		12:02:50	900,00			
13		12:03:00	1140,00			
14		12:03:10	1050,00			
15		12:03:20	1000,00			
16		12:03:30	950,00			
17		12:03:40	1000,00			
18		12:03:50	1000,00			
19		12:04:00	1000,00			

Tabla 12. Medición de CO<sub>2</sub> – Fundido por llama directa

Fuente: Elaboración Propia



*Ilustración 24. Medición de CO2 – Fundido por llama directa.  
Fuente: Elaboración propia*



*Ilustración 25. Máxima emisión de CO2 – fundido por llama directa  
Fuente: Elaboración propia*

De acuerdo con los datos obtenidos durante la evaluación del fundido mediante llama directa, la concentración máxima de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) registrada fue de 1140 ppm. Según los criterios establecidos por la “*Organización Mundial de la Salud (OMS)*”, este valor se clasifica como crítico, ya que excede el límite de 1000 ppm para un rango aceptable (*Organización Mundial de la Salud*).

### **ENSAYO DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.**

Para determinar la conductividad térmica del PEAD reciclado, se incorpora la probeta en el conductímetro de materiales y se somete a presión hasta que el equipo la reconozca.



*Ilustración 26. Verificación de posición de conductímetro*

*Fuente: Elaboración propia*

Posteriormente, se configura el equipo incorporando el espesor de la probeta y las temperaturas mínima y máxima (los cuales se indican en la imagen n°xx). El manual del conductímetro indica que la temperatura máxima de ensayo es de 80°C y establece que, a mayor temperatura, se incrementa la exactitud del resultado.

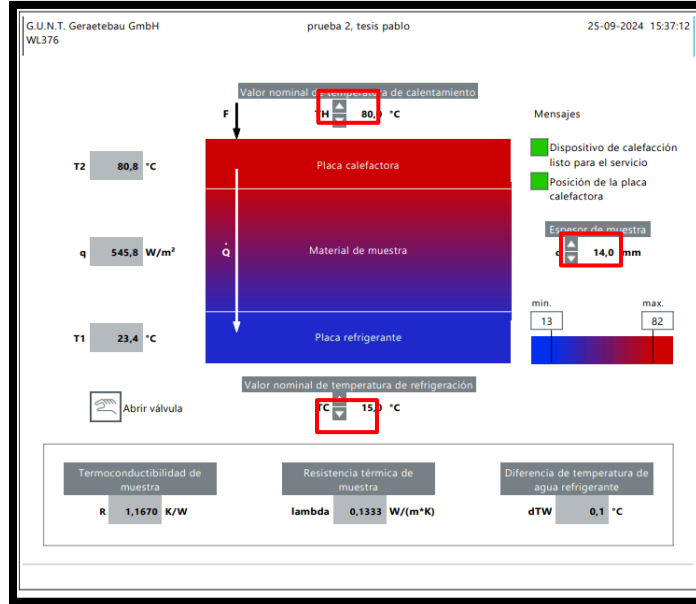


Ilustración 27. Configuración conductímetro

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, se espera a que se estabilice el resultado de la conductividad térmica. En este caso, la estabilización de los datos se logró a las 8 horas, entregando una conductividad térmica de 0,133 W/(m·K).

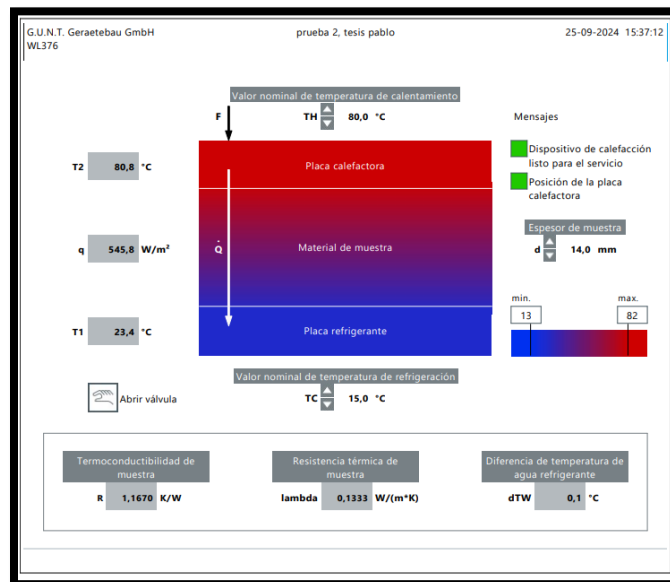


Ilustración 28. Entrega de datos de conductímetro

Fuente: Elaboración Propia

Según la “*Norma Chilena de Acondicionamiento Térmico (NCh 853)*”, los materiales utilizados para el aislamiento térmico deben presentar una conductividad adecuada para asegurar la eficiencia energética en edificaciones. En climas fríos o en zonas de alta humedad, como Concepción Metropolitano, se recomienda utilizar materiales con una conductividad térmica cercana o inferior a  $0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ , con el fin de cumplir con los estándares del Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA).

De acuerdo con lo anterior, el plástico PEAD reciclado no cumple con los requisitos mencionados, por lo que es necesario incorporar un material que satisfaga las exigencias establecidas.

Dado que el sistema EIFS utiliza poliestireno expandido como material aislante, se establece el uso del mismo material en el sistema propuesto, con el fin de equiparar su desempeño.

### **CÁLCULOS DE TRANSMITANCIA TÉRMICA.**

En este apartado se establecerán simulaciones de diseño para determinar la configuración óptima que cumpla con los estándares del PDA para Concepción Metropolitano. Finalmente, la configuración seleccionada se comparará con el sistema EIFS.

## Transmitancia térmica de muro compuesto por: PEAD + poliestireno expandido de media densidad.

Detalle Constructivo:

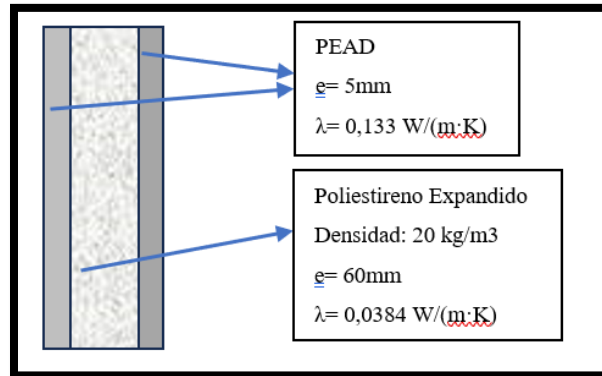


Ilustración 29. Detalle constructivo PEAD + poliestireno expandido

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo de Transmitancia Térmica:

Posición del elemento y sentido del flujo de calor		Resistencias térmicas de superficie en $\text{m}^2 \times \text{K/W}$					
		Situación del elemento					
		De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
		$R_{se}$	$R_{si}$	$R_{se} + R_{si}$	$R_{se}$	$R_{se}$	$R_{se} + R_{se}$
Flujo horizontal en elementos verticales o con pendiente mayor que $60^\circ$ respecto a la horizontal		0,12	0,05	0,17	0,12	0,12	0,24
Flujo ascendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que $60^\circ$ respecto a la horizontal		0,09	0,05	0,14	0,10	0,10	0,20
Flujo descendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que $60^\circ$ respecto a la horizontal		0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Tabla 13. Resistencias térmicas de superficies

Fuente: NCH 853 of 2007

Al ser un muro sin separación con otro local, desván o cámara de aire, de acuerdo con tabla n°13 se considerará como  $R_{si}$  de 0,12 y  $R_{se}$  de 0,05.

Espesor de la cámara, mm	Emisividad total, E			
	0,82	0,20	0,11	0,05
	Resistencia térmica, $R_2$ , m <sup>2</sup> x K/W			
5	0,105	0,17	0,20	0,20
10	0,140	0,28	0,32	0,38
15	0,155	0,35	0,43	0,51
20	0,165	0,37	0,46	0,55
25	0,165	0,37	0,46	0,55
30	0,165	0,37	0,46	0,55
35	0,165	0,37	0,46	0,55
e ≥ 40	0,165	0,37	0,46	0,55

Tabla 14. Emisividad total de acuerdo con cámara estanca

Fuente: NCH 853 of 2007

En este caso al no tener cámara de aire la tabla n°14 no es considerada para el cálculo.

Cálculo de Transmitancia Térmica			
U (PEAD - Poliestireno Expandido D:20 - PEAD)			
Elemento	Espesor	Conductividad	Valor
Rsi		0,12	0,12
PEAD	0,005	0,133	0,04
Poliestireno Expandido	0,06	0,0384	1,56
PEAD	0,005	0,133	0,04
Rse		0,05	0,05
		Rt	1,81
		U	0,55

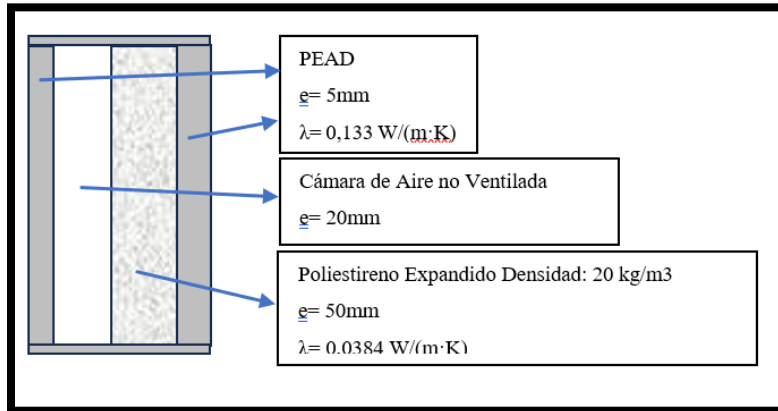
Tabla 15. Calculo de transmitancia térmica

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el cálculo obtenido en la tabla n°15, esta configuración cumple con los estándares térmicos solicitados para un complejo de muros de 0,60 W/(m<sup>2</sup>·K), correspondiente a Concepción Metropolitano.

**Transmitancia térmica de muro compuesto por: PEAD + cámara de aire no ventilada + poliestireno expandido de media densidad.**

Detalle Constructivo:



*Ilustración 30. Detalle constructivo PEAD + cámara de aire no ventilada + poliestireno expandido de media densidad*

*Fuente: Elaboración Propia*

Cálculo de Transmitancia Térmica:

Al ser un muro sin separación con otro local, desván o cámara de aire, de acuerdo con tabla n°13 se considerará como Rsi de 0,12 y Rse de 0,05.

Espesor de la cámara, mm	Emisividad total, E			
	0,82	0,20	0,11	0,05
Resistencia térmica, R <sub>2</sub> , m <sup>2</sup> x K/W				
5	0,105	0,17	0,20	0,20
10	0,140	0,28	0,32	0,38
15	0,155	0,35	0,43	0,51
20	0,165	0,37	0,46	0,55
25	0,165	0,37	0,46	0,55
30	0,165	0,37	0,46	0,55
35	0,165	0,37	0,46	0,55
e ≥ 40	0,165	0,37	0,46	0,55

*Tabla 16. Emisividad total de acuerdo con cámara estanca*

*Fuente: NCH 853 of 2007*

Al ser un muro de materialidad opaca se considerar una emisividad de **0,82** y al tener un espesor de la cámara de 20 mm se considera una resistencia térmica de **0,165** m<sup>2</sup> x K/W.

Cálculo de Transmitancia Térmica			
U (PEAD - Camara de Aire - Poliestireno Expandido D:20 - PEAD)			
Elemento	Espesor	Conductividad	Valor
Rsi		0,12	0,12
PEAD	0,005	0,133	0,04
Camara de Aire	0,02	0,165	0,165
Poliestireno Expandido	0,05	0,0384	1,30
PEAD	0,005	0,133	0,04
Rse		0,05	0,05
		Rt	1,71
		<b>U</b>	<b>0,58</b>

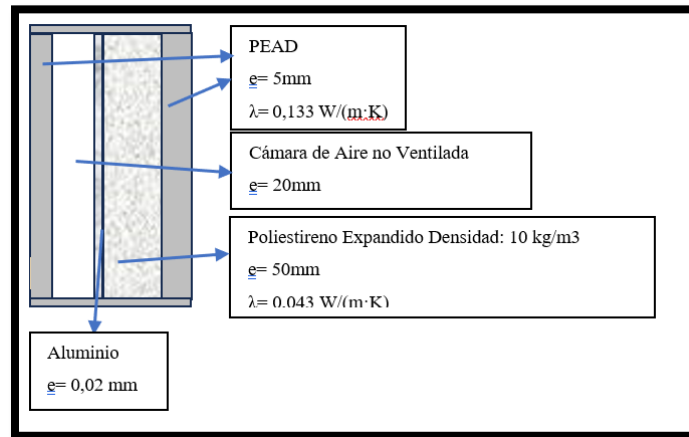
Tabla 17. Cálculo de transmitancia térmica

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el cálculo obtenido en la tabla n°17, esta configuración cumple con los estándares térmicos solicitados para complejo de muros de 0,60 W/(m<sup>2</sup>·K), correspondiente a Concepción Metropolitano.

**Transmitancia térmica de muro compuesto por: PEAD + cámara de aire aluminizada no ventilada (1 cara) + poliestireno expandido de baja densidad.**

Detalle Constructivo:



*Ilustración 31. Detalle constructivo PEAD + cámara de aire aluminizada no ventilada + poliestireno expandido de baja densidad*

*Fuente: Elaboración Propia*

Cálculo de Transmitancia Térmica:

Al ser un muro sin separación con otro local, desván o cámara de aire, de acuerdo a tabla n°13 se considerará como Rsi de 0,12 y Rse de 0,05.

- caso general (materiales corrientes de construcción, tales como madera, hormigón, ladrillos, vidrio, papeles no metálicos, etc.):  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0,9$  de donde  $E = 0,82$ , ver Figura C.1;
- una de las superficies de la cámara es brillante,  $\varepsilon_1 = 0,2$ , la otra superficie, en cambio, corresponde a materiales corrientes de construcción,  $\varepsilon_2 = 0,9$  de donde  $E = 0,20$ , ver Tablas C.1, C.2 y C.3;
- ambas superficies de la cámara son brillantes,  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0,2$  de donde  $E = 0,11$ , ver Tablas C.1, C.2 y C.3;
- una de las superficies de la cámara es muy brillante,  $\varepsilon_1 = 0,05$ , la otra superficie en cambio, corresponde a materiales corrientes,  $\varepsilon_2 = 0,9$  de donde  $E = 0,05$ , ver Tablas C.1, C.2 y C.3.

*Ilustración 32. Casos para determinar emisividad térmica*

*Fuente: NCH 853 of 2007*

Espesor de la cámara, mm	Emisividad total, E			
	0,82	0,20	0,11	0,05
	Resistencia térmica, $R_e$ , m <sup>2</sup> x K/W			
5	0,105	0,17	0,20	0,20
10	0,140	0,28	0,32	0,38
15	0,155	0,35	0,43	0,51
20	0,165	0,37	0,46	0,55
25	0,165	0,37	0,46	0,55
30	0,165	0,37	0,46	0,55
35	0,165	0,37	0,46	0,55
e ≥ 40	0,165	0,37	0,46	0,55

Tabla 18. Emisividad total de acuerdo con cámara estanca

Fuente: NCH 853 of 2007

Al incorporar a una cara aluminio baja su emisividad a 0,20 establecido en la tabla n°18 y al tener un espesor de la cámara de 20 mm se considera una resistencia térmica de **0,37** m<sup>2</sup> x K/W.

Cálculo de Transmitancia Térmica			
U (PEAD - Camara de Aire Aluminizada (1 cara)- Poliestireno Expandido D:10- PEAD)			
Elemento	Espesor	Conductividad	Valor
Rsi		0,12	0,12
PEAD	0,005	0,133	0,04
Camara de Aire	0,02	0,37	0,37
Poliestireno Expandido	0,05	0,043	1,16
PEAD	0,005	0,133	0,04
Rse		0,05	0,05
		Rt	1,78
		U	0,56

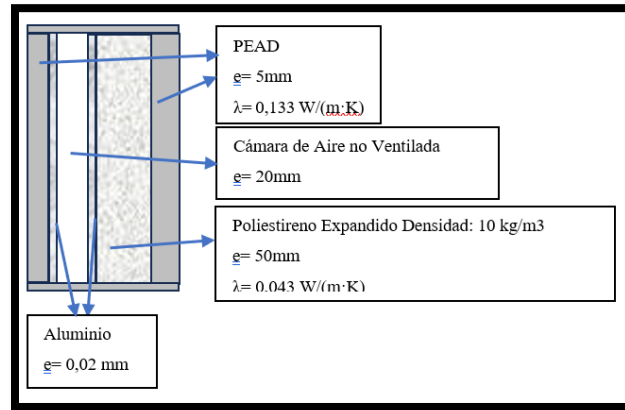
Tabla 19. Cálculo de transmitancia térmica

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el cálculo obtenido en la tabla n°19, esta configuración cumple con los estándares térmicos solicitados para complejo de muros de 0,60 W/(m<sup>2</sup>·K), correspondiente a Concepción Metropolitano.

**Transmitancia térmica de muro compuesto por: PEAD + cámara de aire aluminizada no ventilada (2 caras) + poliestireno expandido de baja densidad.**

Detalle Constructivo:



*Ilustración 33. Detalle constructivo PEAD + cámara de aire aluminizada no ventilada 2 caras + poliestireno expandido de baja densidad*

*Fuente: Elaboración Propia*

Cálculo de Transmitancia Térmica:

Al ser un muro sin separación con otro local, desván o cámara de aire, de acuerdo a tabla n°13 se considerará como Rsi de 0,12 y Rse de 0,05.

- a) caso general (materiales corrientes de construcción, tales como madera, hormigón, ladrillos, vidrio, papeles no metálicos, etc.):  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0,9$  de donde  $E = 0,82$ , ver Figura C.1;
- b) una de las superficies de la cámara es brillante,  $\varepsilon_1 = 0,2$ , la otra superficie, en cambio, corresponde a materiales corrientes de construcción,  $\varepsilon_2 = 0,9$  de donde  $E = 0,20$ , ver Tablas C.1, C.2 y C.3;
- c) ambas superficies de la cámara son brillantes,  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0,2$  de donde  $E = 0,11$ , ver Tablas C.1, C.2 y C.3;
- d) una de las superficies de la cámara es muy brillante,  $\varepsilon_1 = 0,05$ , la otra superficie en cambio, corresponde a materiales corrientes,  $\varepsilon_2 = 0,9$  de donde  $E = 0,05$ , ver Tablas C.1, C.2 y C.3.

*Ilustración 34. Casos para determinar emisividad térmica*

*Fuente: NCH 853 of 2007*

Espesor de la cámara, mm	Emisividad total, E			
	0,82	0,20	0,11	0,05
	Resistencia térmica, $R_t$ , m <sup>2</sup> x K/W			
5	0,105	0,17	0,20	0,20
10	0,140	0,28	0,32	0,38
15	0,155	0,35	0,43	0,51
20	0,165	0,37	0,46	0,55
25	0,165	0,37	0,46	0,55
30	0,165	0,37	0,46	0,55
35	0,165	0,37	0,46	0,55
$e \geq 40$	0,165	0,37	0,46	0,55

Tabla 20. Emisividad total de acuerdo con cámara estanca

Fuente: NCH 853 of 2007

Al incorporar a una cara aluminio baja su emisividad a 0,20 establecido en la tabla n°15 y al tener un espesor de la cámara de 20 mm se considera una resistencia térmica de **0,37** m<sup>2</sup> x K/W.

Cálculo de Transmitancia Térmica			
U (PEAD - Camara de Aire Aluminizada (2 caras) - Poliestireno Expandido D:10- PEAD)			
Elemento	Espesor	Conductividad	Valor
Rsi		0,12	0,12
PEAD	0,005	0,133	0,04
Camara de Aire	0,02	0,46	0,46
Poliestireno Expandido	0,05	0,043	1,16
PEAD	0,005	0,133	0,04
Rse		0,05	0,05
		Rt	1,87
		U	0,54

Tabla 21. Cálculo de transmitancia térmica

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el cálculo obtenido en la tabla n°21, esta configuración cumple con los estándares térmicos solicitados para complejo de muros de 0,60 W/(m<sup>2</sup>·K), correspondiente a Concepción Metropolitano.

## Transmitancia Térmica Sistema EIFS.

Descripción de la solución constructiva:

Muro de albañilería existente al cual se incorpora por el exterior una capa de material aislante en base a poliestireno expandido o EPS de espesor 50 mm y densidad 20 Kg/m<sup>3</sup>, adherida al muro mediante una pasta adhesiva reforzada con una malla de fibra de vidrio. Como acabado y remate del sistema se considera la colocación de pasta texturizada o lisa con incorporación de pintura.

En la siguiente tabla se presentará la especificación de los materiales empleados en la alternativa M1 del Minvu:

Nº	especificacion del material	Espesor (m)	Densidad (Kg/m3)	$\lambda$ (W/mK)
1	Adhesivo Eifs	0,002		
2	Poliestireno expandido	0,05	20	0,0384
3	Malla fibra de vidrio	0,001		
4	Estuco elastomerico	0,003		
5	Pasta texturizada con color	0,002		
6	Perfil de refuerzo PVC	0,001		
7	Retroenvoltura malla FV	0,01		
8	Barrera impermeable	0,003		

Tabla 22. Especificación del material, alternativa M1

Fuente: Solución constructiva M1 del MINVU para PDA Concepción

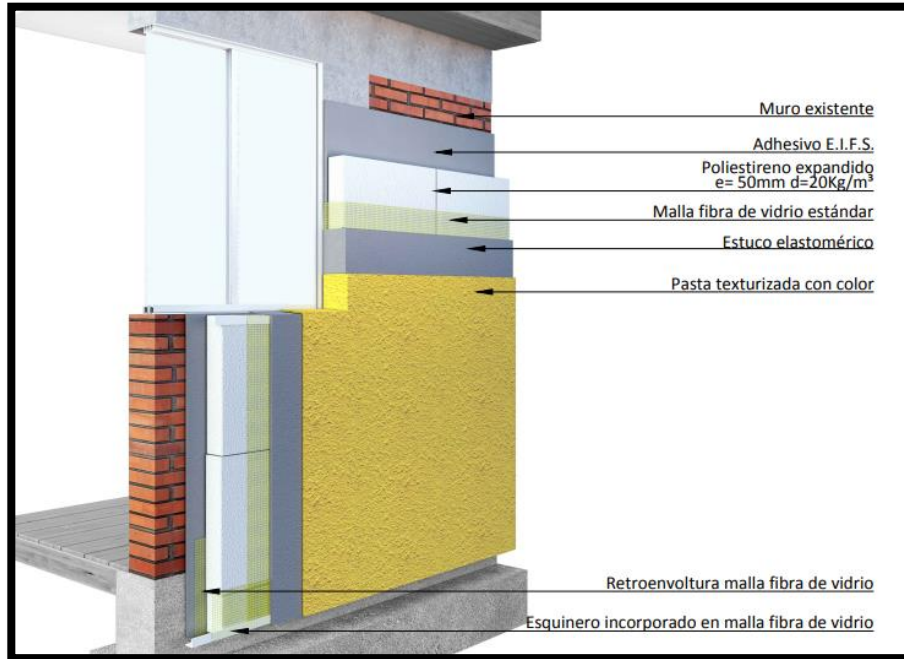


Ilustración 35. alternativa M1

Fuente: Solución constructiva M1 del MINVU para PDA Concepción.

Transmitancia Térmica del Sistema:

En la siguiente tabla se presenta la transmitancia térmica para PDA de Concepción.

N°	Especificación del material	Espesor (m)	Densidad (Kg/m³)	$\lambda$ (W/mK)	N°	Especificación del material	Espesor (m)	Densidad (Kg/m³)	$\lambda$ (W/mK)
1	Adhesivo EIFS	0,002							
2	Poliestireno Expandido	0,05	20	0,0384					
3	Malla fibra de vidrio	0,001							
4	Estuco elastomérico	0,003							
5	Pasta texturizada con color	0,002							
6	Retorno poliest. expandido	0,01							
7	Perfil de refuerzo PVC	0,001							
TRANSMITANCIA TERMICA		0.6		W/m²K	REDUCE RIESGO DE CONDENSACIÓN SUPERFICIAL				SI
RESISTENCIA TERMICA		1.7		m²K/W	REDUCE RIESGO DE CONDENSACIÓN INTERSTICIAL				SI

Tabla 23. Transmitancia térmica alternativa M1

Fuente: Solución constructiva M1 del MINVU para PDA Concepción

Finalmente, al comparar la mejor alternativa de diseño, compuesta por PEAD, cámara de aire aluminizada no ventilada (2 caras) y poliestireno expandido de baja densidad, esta ofrece una transmitancia térmica de  $0,54 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , posicionándose como una opción superior al sistema EIFS en términos de eficiencia térmica, incluso considerando que utiliza un aislante de menor densidad que el del sistema EIFS.

## **ANÁLISIS DE CONDENSACIÓN.**

De acuerdo con la actualización de la Reglamentación Térmica, contenida en el artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), se establece como requisito obligatorio para los sistemas de muros perimetrales, techumbre y pisos ventilados la verificación de la ausencia de riesgo de condensación, tanto superficial como intersticial. Además, el análisis debe incluir los puentes térmicos en

Por ello, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), a través de la Dirección de Desarrollo Tecnológico (DITEC), ha elaborado una planilla de cálculo basada en el procedimiento descrito en la norma NCh1973/2014 para determinar si los distintos paramentos presentan condensación superficial o intersticial. Esta herramienta será utilizada en el presente análisis.

### **Criterios y condiciones para el cálculo.**

Los criterios y condiciones para el cálculo son los siguientes:

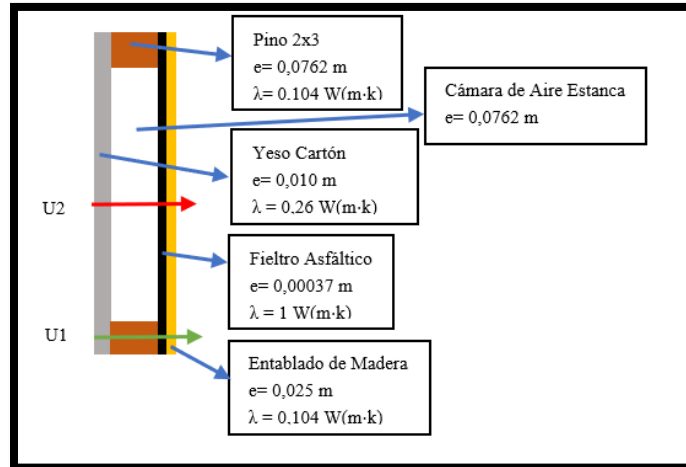
1. Se deberá verificar la disminución del riesgo de condensación superficial e intersticial, comparando los resultados del cálculo de la solución constructiva original y de la solución constructiva proyectada.
2. Se analizará el riesgo de condensación superficial e intersticial

3. El análisis se realizará en el mes más desfavorable del año, Julio, en dos secciones del sistema constructivo; la sección más favorable (aislante) y la más desfavorable (estructura)
  
4. El cálculo se realizará bajo las siguientes condiciones:
  - a. Temperatura interior: 19°C
  - b. Temperatura Exterior: media mínima mensual (Julio) de la provincia
  - c. Humedad Relativa Interior: 65%, 75% y 80%
  - d. Humedad Relativa Exterior: asociada a la temperatura media mínima de la provincia
  - e. Permeabilidad al vapor de agua: de los materiales que componen el sistema constructivo, según ANEXO MATERIALES o según informe de ensayo conforme a la NCH2457.

### **Caso estudio.**

Como caso en estudio se estudiará una vivienda prefabricada el cual cuenta con un muro con las siguientes características:

Detalle Constructivo (Caso Base)



*Ilustración 36. Detalle constructivo vivienda caso base*

*Fuente: Elaboración Propia*

Lo primero es identificar cual es la sección favorable y desfavorable siendo el más desfavorable la línea de transmitancia con menor resistencia térmica.

Cálculo de Resistencia Térmica			
<b>U1 (Yeso Carton - Pino 2x3 - Fieltro 15 lb - Smart Panel)</b>			
Elemento	Espesor	Conductividad	Valor
Rsi		0,12	0,12
Yeso Carton	0,01	0,26	0,04
Pino 2x3	0,076	0,104	0,73
Fieltro 15lb	0,0004	1	0,00
Entablado	0,025	0,104	0,24
Rse		0,05	0,05
R1			1,18
<b>U2 (Yeso Carton - Camara de Aire Estanca - Fieltro 15 lb - Smart Panel)</b>			
Elemento	Espesor	Conductividad	Valor
Rsi		0,12	0,12
Yeso Carton	0,01	0,26	0,04
Camara de Aire Estanca	0,076	0,165	0,165
Fieltro 15lb	0,0004	1	0,00
Entablado	0,025	0,104	0,24
Rse		0,05	0,05
R2			0,61
		Valor	%
R1		1,18	15%
R2		0,6	85%
<b>R Ponderado</b>			<b>0,70</b> (m2k/W)

Tabla 24. Cálculo de resistencia térmica

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el cálculo realizado acorde con la NCH853, se establece que para el caso base la línea U2 es la sección más desfavorable.

Detalle Constructivo (Caso Projectado).

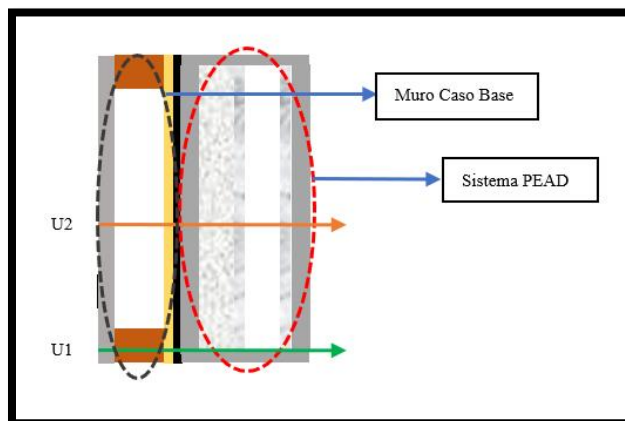


Ilustración 37. Detalle constructivo vivienda caso proyectado

Fuente: Elaboración Propia

Al igual que en el caso base se deberá determinar la sección más desfavorable a través del siguiente cálculo:

Cálculo de Resistencia Térmica			
<b>U1 (Yeso Carton - Pino 2x3 - OSB - Filtro 15 lb - Sistema PEAD)</b>			
Elemento	Espesor	Conductividad	Valor
Rsi		0,12	0,12
Yeso Carton	0,01	0,26	0,04
Pino 2x3	0,076	0,104	0,73
OSB	0,011	0,23	0,05
Filtro 15lb	0,00037	1	0,00
PEAD	0,005	0,133	0,04
Camara de Aire Estanca	0,02	0,46	0,46
Poliestireno Expandido	0,05	0,043	1,16
PEAD	0,005	0,133	0,04
Rse		0,05	0,05
<b>R1</b>			<b>2,69</b>
<b>U2 (Yeso Carton - Camara de Aire Estanca - OSB - Filtro 15 lb - Sistema PEAD)</b>			
Elemento	Espesor	Conductividad	Valor
Rsi		0,12	0,12
Yeso Carton	0,01	0,26	0,04
Camara de Aire Estanca	0,076	0,165	0,165
OSB	0,011	0,23	0,230
Filtro 15lb	0,00037	1	0,00
PEAD	0,005	0,133	0,04
Camara de Aire Estanca	0,02	0,46	0,46
Poliestireno Expandido	0,05	0,043	1,16
PEAD	0,005	0,133	0,04
Rse		0,05	0,05
<b>R2</b>			<b>2,30</b>
		<b>Valor</b>	<b>%</b>
R1	2,69		15%
R2	2,3		85%
<b>R Ponderado</b>		<b>2,36</b>	<b>(m2k/W)</b>

Tabla 25. Cálculo de resistencia térmica

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el cálculo realizado acorde con la NCH853, se establece que para el caso proyectado la línea U2 es la sección más desfavorable.

### **Condensación Superficial.**

Los aspectos a modificar en planilla de cálculo son las siguientes:

1. Selección de provincia: En este caso Provincia de Concepción
2. Seleccionar dirección de flujo de calor:
  - a. Horizontal (Utilizada en este caso): para elementos constructivos verticales (muros)
  - b. Ascendente: elementos constructivos horizontales – techo
  - c. Descendente: elemento constructivo horizontal – piso ventilado
3. Ingresar resistencia térmica de análisis: este valor corresponde a la sección a analizar y no a la resistencia total de la solución constructiva.
4. Seleccionar Humedad Relativa del aire interior
  - a. 65%
  - b. 75%
  - c. 80%
5. Registrar resultados en hoja “Resultados”, según solución constructiva y para los 3 valores de HR indicados, indicar si se produce o no condensación superficial

### **Cálculo de condensación superficial – Caso Base – Sección Desfavorable.**

De acuerdo con lo anterior se completan los datos solicitados en la planilla (marcado con azul) en tabla N°21 y se obtienen los siguientes resultados:

Versión 2.17 DITEC	
Provincia	Provincia de Concepción
Dirección del flujo de calor	Horizontal
Resistencia Térmica [m <sup>2</sup> K/W]	0,610
<b>NOTA:</b> La Resistencia térmica corresponde a la sección de la solución constructiva analizada.	

Tabla 26. Tabla de datos generales condensación superficial caso base – sección desfavorable

Fuente: Elaboración propia

### Caso Base sección desfavorable - Humedad relativa 65%

	T° aire exterior	HR aire exterior	T° aire interior	HR aire interior	Presión saturación vapor de agua del aire interior	Presión de vapor del aire interior	HR máx. aceptable en superficie	Min. presión de saturación de vapor aceptable	T° min. Aceptable de la superficie interior	Factor de T° de diseño en la superficie interior	Resistencia térmica de superficie interior	Resistencia térmica total mínima	
Mes	Θe (°C)	φe	Θi (°C)	φi	P <sub>sat,i</sub> (Pa)	Pi (Pa)	φ <sub>sicr</sub>	P <sub>sat</sub> (Θ <sub>si</sub> ) (Pa)	Θ <sub>si,min</sub> (°C)	f <sub>rsi,min</sub>	R <sub>si</sub> (m <sup>2</sup> K/W)	R <sub>T,min</sub> (m <sup>2</sup> K/W)	Conclusión
Julio	5,7	0,96	19	0,65	2196	1427	1	1427	12,3	0,494	0,13	0,26	NO SE PRODUCIRÁ CONDENSACIÓN SUPERFICIAL

Tabla 27. Tabla de datos condensación superficial caso base – sección desfavorable - humedad relativa 65%

Fuente: Elaboración propia

### Caso Base sección desfavorable - Humedad relativa 75%

	T° aire exterior	HR aire exterior	T° aire interior	HR aire interior	Presión saturación vapor de agua del aire interior	Presión de vapor del aire interior	HR máx. aceptable en superficie	Min. presión de saturación de vapor aceptable	T° min. Aceptable de la superficie interior	Factor de T° de diseño en la superficie interior	Resistencia térmica de superficie interior	Resistencia térmica total mínima	
Mes	Θe (°C)	φe	Θi (°C)	φi	P <sub>sat,i</sub> (Pa)	Pi (Pa)	φ <sub>sicr</sub>	P <sub>sat</sub> (Θ <sub>si</sub> ) (Pa)	Θ <sub>si,min</sub> (°C)	f <sub>rsi,min</sub>	R <sub>si</sub> (m <sup>2</sup> K/W)	R <sub>T,min</sub> (m <sup>2</sup> K/W)	Conclusión
Julio	5,7	0,96	19	0,75	2196	1647	1	1647	14,5	0,659	0,13	0,38	NO SE PRODUCIRÁ CONDENSACIÓN SUPERFICIAL

Tabla 28. Tabla de datos condensación superficial caso base – sección desfavorable - humedad relativa 75%

Fuente: Elaboración propia

## Caso Base sección desfavorable - Humedad relativa 80%

	T° aire exterior	HR aire exterior	T° aire interior	HR aire interior	Presión saturación vapor de agua del aire interior	Presión de vapor del aire interior	HR máx. aceptable en superficie	Min. presión de saturación de vapor aceptable	T° min. Aceptable de la superficie interior	Factor de T° de diseño en la superficie interior	Resistencia térmica de superficie interior	Resistencia térmica total mínima	
Mes	$\Theta_e$ (°C)	$\varphi_e$	$\Theta_i$ (°C)	$\varphi_i$	$P_{sat,i}$ (Pa)	$P_i$ (Pa)	$\varphi_{sicc}$	$P_{sat}(\Theta_i)$ (Pa)	$\Theta_{s,i,min}$ (°C)	$f_{rsi,min}$	$R_{si}$ (m²K/W)	$R_{t,min}$ (m²K/W)	Conclusión
Julio	5,7	0,96	19	0,80	2196	1757	1	1757	15,5	0,735	0,13	0,49	SE PRODUCIRÁ CONDENSACIÓN SUPERFICIAL

Tabla 29. Tabla de datos condensación superficial caso base – sección desfavorable - humedad relativa 80%

Fuente: Elaboración propia

## Cálculo de condensación superficial – Caso Base – Sección Favorable.

De acuerdo con lo anterior se completan los datos solicitados en la planilla (marcado con azul) en tabla N°25 y se obtienen los siguientes resultados:

Versión 2.17 DITEC	
Provincia	Provincia de Concepción
Dirección del flujo de calor	Horizontal
Resistencia Térmica [m²K/W]	1,180
<b>NOTA:</b> La Resistencia térmica corresponde a la sección de la solución constructiva analizada.	

Tabla 30. Tabla de datos generales condensación superficial caso base – sección favorable

Fuente: Elaboración propia

### Caso Base sección favorable - Humedad relativa 65%

	T° aire exterior	HR aire exterior	T° aire interior	HR aire interior	Presión saturación vapor de agua del aire interior	Presión de vapor del aire interior	HR máx. aceptable en superficie	Min. presión de saturación de vapor aceptable	T° min. Aceptable de la superficie interior	Factor de T° de diseño en la superficie interior	Resistencia térmica de superficie interior	Resistencia térmica total mínima	
Mes	$\Theta_e$ (°C)	$\varphi_e$	$\Theta_i$ (°C)	$\varphi_i$	$P_{sat,i}$ (Pa)	$P_i$ (Pa)	$\varphi_{sacr}$	$P_{sat}(\Theta_{si})$ (Pa)	$\Theta_{si,min}$ (°C)	$f_{rsi,min}$	$R_{si}$ (m²K/W)	$R_{t,min}$ (m²K/W)	Conclusión
Julio	5,7	0,96	19	0,65	2196	1427	1	1427	12,3	0,494	0,13	0,26	NO SE PRODUCIRÁ CONDENSACIÓN SUPERFICIAL

Tabla 31. Tabla de datos condensación superficial caso base – sección favorable - humedad relativa 65%

Fuente: Elaboración propia

### Caso Base sección favorable - Humedad relativa 75%

	T° aire exterior	HR aire exterior	T° aire interior	HR aire interior	Presión saturación vapor de agua del aire interior	Presión de vapor del aire interior	HR máx. aceptable en superficie	Min. presión de saturación de vapor aceptable	T° min. Aceptable de la superficie interior	Factor de T° de diseño en la superficie interior	Resistencia térmica de superficie interior	Resistencia térmica total mínima	
Mes	$\Theta_e$ (°C)	$\varphi_e$	$\Theta_i$ (°C)	$\varphi_i$	$P_{sat,i}$ (Pa)	$P_i$ (Pa)	$\varphi_{sacr}$	$P_{sat}(\Theta_{si})$ (Pa)	$\Theta_{si,min}$ (°C)	$f_{rsi,min}$	$R_{si}$ (m²K/W)	$R_{t,min}$ (m²K/W)	Conclusión
Julio	5,7	0,96	19	0,75	2196	1647	1	1647	14,5	0,659	0,13	0,38	NO SE PRODUCIRÁ CONDENSACIÓN SUPERFICIAL

Tabla 32. Tabla de datos condensación superficial caso base – sección favorable - humedad relativa 75%

Fuente: Elaboración propia

### Caso Base sección favorable - Humedad relativa 80%

	T° aire exterior	HR aire exterior	T° aire interior	HR aire interior	Presión saturación vapor de agua del aire interior	Presión de vapor del aire interior	HR máx. aceptable en superficie	Min. presión de saturación de vapor aceptable	T° min. Aceptable de la superficie interior	Factor de T° de diseño en la superficie interior	Resistencia térmica de superficie interior	Resistencia térmica total mínima	
Mes	$\Theta_e$ (°C)	$\varphi_e$	$\Theta_i$ (°C)	$\varphi_i$	$P_{sat,i}$ (Pa)	$P_i$ (Pa)	$\varphi_{sacr}$	$P_{sat}(\Theta_{si})$ (Pa)	$\Theta_{si,min}$ (°C)	$f_{rsi,min}$	$R_{si}$ (m²K/W)	$R_{t,min}$ (m²K/W)	Conclusión
Julio	5,7	0,96	19	0,80	2196	1757	1	1757	15,5	0,735	0,13	0,49	NO SE PRODUCIRÁ CONDENSACIÓN SUPERFICIAL

Tabla 33. Tabla de datos condensación superficial caso base – sección favorable - humedad relativa 80%

Fuente: Elaboración propia

## Cálculo de condensación superficial – Caso Proyectado – Sección Desfavorable.

De acuerdo con los datos utilizados en la tabla N°29 solo se modificará la resistencia térmica acorde al muro proyectado:

Versión 2.17 DITEC	
Provincia	Provincia de Concepción
Dirección del flujo de calor	Horizontal
Resistencia Térmica [m <sup>2</sup> K/W]	2,300
<b>NOTA:</b> La Resistencia térmica corresponde a la sección de la solución constructiva analizada.	

Tabla 34. Tabla de datos generales condensación superficial caso proyectado – sección desfavorable

Fuente: Elaboración propia

### Caso Proyectado sección desfavorable - Humedad relativa 65%

	T° aire exterior	HR aire exterior	T° aire interior	HR aire interior	Presión saturación vapor de agua del aire interior	Presión de vapor del aire interior	HR máx. aceptable en superficie	Min. presión de saturación de vapor aceptable	T° min. Aceptable de la superficie interior	Factor de T° de diseño en la superficie interior	Resistencia térmica de superficie interior	Resistencia térmica total mínima	
Mes	Θe (°C)	φe	Θi (°C)	φi	Psat,i (Pa)	Pi (Pa)	φsicc	Psat(Θsi) (Pa)	Θsi,min (°C)	f <sub>rsi,min</sub>	Rsi (m <sup>2</sup> K/W)	R <sub>t,min</sub> (m <sup>2</sup> K/W)	Conclusión
Julio	5,7	0,96	19	0,65	2196	1427	1	1427	12,3	0,494	0,13	0,26	NO SE PRODUCIRÁ CONDENSACIÓN SUPERFICIAL

Tabla 35. Tabla de datos condensación superficial caso proyectado – sección desfavorable - humedad relativa 65%

Fuente: Elaboración propia

### Caso Proyectado sección desfavorable - Humedad relativa 75%

	T° aire exterior	HR aire exterior	T° aire interior	HR aire interior	Presión saturación vapor de agua del aire interior	Presión de vapor del aire interior	HR máx. aceptable en superficie	Min. presión de saturación de vapor aceptable	T° min. Aceptable de la superficie interior	Factor de T° de diseño en la superficie interior	Resistencia térmica de superficie interior	Resistencia térmica total mínima	
Mes	Θe (°C)	φe	Θi (°C)	φi	P <sub>sat,i</sub> (Pa)	P <sub>i</sub> (Pa)	φ <sub>sicr</sub>	P <sub>sat</sub> (Θ <sub>si</sub> ) (Pa)	Θ <sub>si,min</sub> (°C)	f <sub>rsi,min</sub>	R <sub>si</sub> (m²K/W)	R <sub>T,min</sub> (m²K/W)	Conclusión
Julio	5,7	0,96	19	0,75	2196	1647	1	1647	14,5	0,659	0,13	0,38	NO SE PRODUCIRÁ CONDENSACIÓN SUPERFICIAL

Tabla 36. Tabla de datos condensación superficial caso proyectado – sección desfavorable - humedad relativa 75%

Fuente: Elaboración propia

### Caso Proyectado sección desfavorable - Humedad relativa 80%

	T° aire exterior	HR aire exterior	T° aire interior	HR aire interior	Presión saturación vapor de agua del aire interior	Presión de vapor del aire interior	HR máx. aceptable en superficie	Min. presión de saturación de vapor aceptable	T° min. Aceptable de la superficie interior	Factor de T° de diseño en la superficie interior	Resistencia térmica de superficie interior	Resistencia térmica total mínima	
Mes	Θe (°C)	φe	Θi (°C)	φi	P <sub>sat,i</sub> (Pa)	P <sub>i</sub> (Pa)	φ <sub>sicr</sub>	P <sub>sat</sub> (Θ <sub>si</sub> ) (Pa)	Θ <sub>si,min</sub> (°C)	f <sub>rsi,min</sub>	R <sub>si</sub> (m²K/W)	R <sub>T,min</sub> (m²K/W)	Conclusión
Julio	5,7	0,96	19	0,80	2196	1757	1	1757	15,5	0,735	0,13	0,49	NO SE PRODUCIRÁ CONDENSACIÓN SUPERFICIAL

Tabla 37. Tabla de datos condensación superficial caso proyectado – sección desfavorable - humedad relativa 80%

Fuente: Elaboración propia

### Cálculo de condensación superficial – Caso Proyectado – Sección Favorable.

De acuerdo con los datos utilizados en la tabla N°33 solo se modificará la resistencia térmica acorde al muro proyectado:

Versión 2.17 DITEC	
Provincia	Provincia de Concepción
Dirección del flujo de calor	Horizontal
Resistencia Térmica [m²K/W]	2,690
<b>NOTA:</b> La Resistencia térmica corresponde a la sección de la solución constructiva analizada.	

Tabla 38. Tabla de datos generales condensación superficial caso proyectado – sección favorable

Fuente: Elaboración propia

Caso Projectado sección favorable - Humedad relativa 65%

	T° aire exterior	HR aire exterior	T° aire interior	HR aire interior	Presión saturación vapor de agua del aire interior	Presión de vapor del aire interior	HR máx. aceptable en superficie	Min. presión de saturación de vapor aceptable	T° min. Aceptable de la superficie interior	Factor de T° de diseño en la superficie interior	Resistencia térmica de superficie interior	Resistencia térmica total mínima	
Mes	$\Theta_e$ (°C)	$\varphi_e$	$\Theta_i$ (°C)	$\varphi_i$	$P_{sat,i}$ (Pa)	$P_i$ (Pa)	$\varphi_{sicc}$	$P_{sat}(\Theta_{si})$ (Pa)	$\Theta_{si,min}$ (°C)	$f_{rsi,min}$	$R_{si}$ (m²K/W)	$R_{t,min}$ (m²K/W)	Conclusión
Julio	5,7	0,96	19	0,65	2196	1427	1	1427	12,3	0,494	0,13	0,26	NO SE PRODUCIRÁ CONDENSACIÓN SUPERFICIAL

Tabla 39. Tabla de datos condensación superficial caso projectado – sección favorable - humedad relativa 65%

Fuente: Elaboración propia

Caso Projectado sección favorable - Humedad relativa 75%

	T° aire exterior	HR aire exterior	T° aire interior	HR aire interior	Presión saturación vapor de agua del aire interior	Presión de vapor del aire interior	HR máx. aceptable en superficie	Min. presión de saturación de vapor aceptable	T° min. Aceptable de la superficie interior	Factor de T° de diseño en la superficie interior	Resistencia térmica de superficie interior	Resistencia térmica total mínima	
Mes	$\Theta_e$ (°C)	$\varphi_e$	$\Theta_i$ (°C)	$\varphi_i$	$P_{sat,i}$ (Pa)	$P_i$ (Pa)	$\varphi_{sicc}$	$P_{sat}(\Theta_{si})$ (Pa)	$\Theta_{si,min}$ (°C)	$f_{rsi,min}$	$R_{si}$ (m²K/W)	$R_{t,min}$ (m²K/W)	Conclusión
Julio	5,7	0,96	19	0,75	2196	1647	1	1647	14,5	0,659	0,13	0,38	NO SE PRODUCIRÁ CONDENSACIÓN SUPERFICIAL

Tabla 40. Tabla de datos condensación superficial caso projectado – sección favorable - humedad relativa 75%

Fuente: Elaboración propia

Caso Projectado sección favorable - Humedad relativa 80%

	T° aire exterior	HR aire exterior	T° aire interior	HR aire interior	Presión saturación vapor de agua del aire interior	Presión de vapor del aire interior	HR máx. aceptable en superficie	Min. presión de saturación de vapor aceptable	T° min. Aceptable de la superficie interior	Factor de T° de diseño en la superficie interior	Resistencia térmica de superficie interior	Resistencia térmica total mínima	
Mes	$\Theta_e$ (°C)	$\varphi_e$	$\Theta_i$ (°C)	$\varphi_i$	$P_{sat,i}$ (Pa)	$P_i$ (Pa)	$\varphi_{sicc}$	$P_{sat}(\Theta_{si})$ (Pa)	$\Theta_{si,min}$ (°C)	$f_{rsi,min}$	$R_{si}$ (m²K/W)	$R_{t,min}$ (m²K/W)	Conclusión
Julio	5,7	0,96	19	0,80	2196	1757	1	1757	15,5	0,735	0,13	0,49	NO SE PRODUCIRÁ CONDENSACIÓN SUPERFICIAL

Tabla 41. Tabla de datos condensación superficial caso projectado – sección favorable - humedad relativa 80%

Fuente: Elaboración propia

## **Condensación Intersticial.**

Los aspectos por modificar en planilla de cálculo son las siguientes:

1. Numero de capas de la sección a analizar.
2. Ingresar nombre de los materiales o capas que componen la sección a analizar, desde el exterior hacia el interior.
3. Ingresar la resistencia térmica de cada material o capa que compone la sección a analizar, según corresponda.
4. Ingresar los espesores de cada material o capa que compone a analizar, según corresponda.
5. Ingresar la permeabilidad al vapor de agua de cada material o capa que compone la sección a analizar, según corresponda.
6. Verificar los resultados de riesgo de condensación intersticial para cada interfase. El riesgo de condensación intersticial se puede producir entre las capas de los diferentes materiales o dentro de un material.
7. Registrar resultados en hoja “RESULTADOS”; para las dos secciones analizadas en el caso base y en el caso proyectado, de cada elemento constructivo.

Algunas consideraciones al momento de completar esta planilla de cálculo son las siguientes:

1. Para el cálculo  $u$ , se consideró la permeabilidad al vapor de agua del aire como  $2,2 \cdot 10^{-10}$  (kg/msPa), valor determinado mediante ensayo CITEC-UBB
2. De acuerdo con la NCH1973/2014 estipula las siguientes consideraciones:
  - a. Es recomendable que los elementos con una resistencia térmica mayor que 0,25 (m<sup>2</sup>K/W) se subdividan en un número de capas imaginarias cada una con una resistencia térmica menor o igual a la anteriormente mencionada.
  - b. Si el elemento contiene una capa que esta bien ventilada hacia el exterior, según define en ISO 9646:2007, 5.3.4, no tomar en cuenta todas las capas del material entre la cavidad y el exterior.
  - c. Algunos materiales, como las hojas metálicas, previenen el paso del vapor de agua y por lo tanto tienen un valor infinito  $u$ . Para el procedimiento de cálculo se debería considerar  $u= 100000$

- Para materiales de espesor inferior a 1mm (0,001 mts) se debe indicar conductividad térmica igual a 1.

De acuerdo con lo anterior se completan los datos solicitados en la planilla y se obtienen los siguientes resultados:

### Caso Base – Sección Favorable.

Versión 2.17 DITEC		N° capas de la sección					
		Resistencia térmica	Espesor	Permeabilidad al vapor de agua	Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua	Espesor de aire equivalente frente a la difusión del vapor de agua	
		R (m <sup>2</sup> K/W)	d (m)	δp (Kg/msPa)	μ	Sd (m)	Sd (m)
EXTERIOR	se	0,040	-	-	-	-	-
	Filtro M3	0	0,00037	7,48E-13	293,9435602	0,108759117	0,108759117
	Madera	0,244	0,254	3,42E-12	64,24	16,31696	16,31696
	Madera	0,244	0,254	3,42E-12	64,24	16,31696	16,31696
	Madera	0,244	0,254	3,42E-12	64,24	16,31696	16,31696
	Yeso Carton	0,038	0,01	1,12233E-11	19,60207782	0,196020778	0,196020778
					0	0	#N/D
					0	0	#N/D
					0	0	#N/D
					0	0	#N/D
					0	0	#N/D
					0	0	#N/D
					0	0	#N/D
					0	0	#N/D
					0	0	#N/D
					0	0	#N/D
					0	0	#N/D
INTERIOR	si	0,130	-	-	-	-	-

Tabla 42. Tabla de datos condensación intersticial caso base – sección favorable

Fuente: Elaboración propia

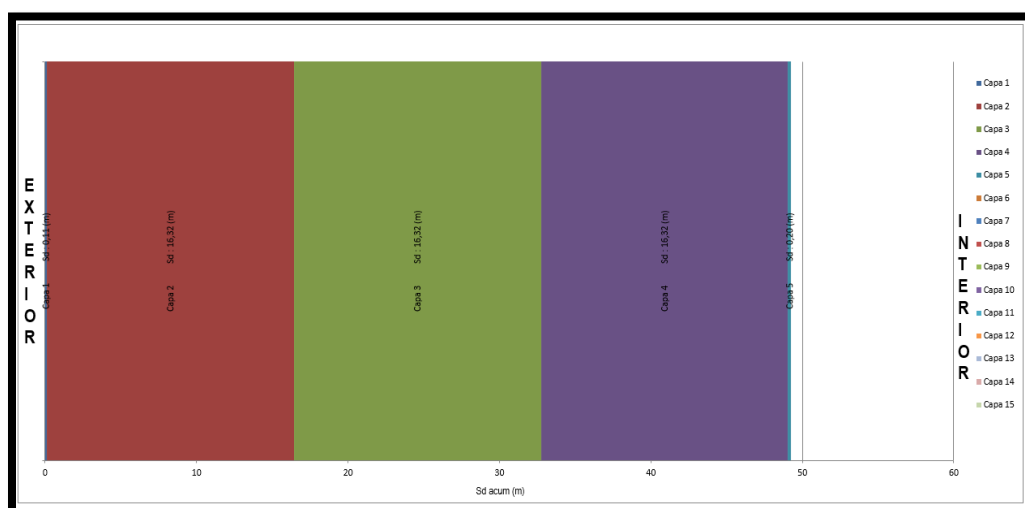


Tabla 43. Tabla Sd acumulado en estudio de condensación intersticial caso base – sección favorable

Fuente: Elaboración propia

**Caso Base – Sección Favorable – Humedad relativa 65%.**

subíndice	$\Theta$ (°C)	Psat (Pa)	sd acum (m)	P1 (Pa)	COND INT1
se	6,27	951,98	0,00	878,78	---
I1	6,27	951,98	0,11	879,99	NO
I2	9,72	1204,33	16,43	1061,76	NO
I3	13,17	1513,75	32,74	1243,54	NO
I4	16,62	1890,86	49,06	1425,31	NO
si	17,16	1956,45	49,26	1427,50	---

Tabla 44. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso base – sección desfavorable - humedad relativa 65%

Fuente: Elaboración propia

**Caso Base – Sección Favorable – Humedad relativa 75%.**

subíndice	$\Theta$ (°C)	Psat (Pa)	sd acum (m)	P1 (Pa)	COND INT1
se	6,27	951,98	0,00	878,78	---
I1	6,27	951,98	0,11	880,47	NO
I2	9,72	1204,33	16,43	1135,00	NO
I3	13,17	1513,75	32,74	1389,53	NO
I4	16,62	1890,86	49,06	1644,06	NO
si	17,16	1956,45	49,26	1647,11	---

Tabla 45. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso base – sección desfavorable - humedad relativa 75%

Fuente: Elaboración propia

**Caso Base – Sección Favorable – Humedad relativa 80%.**

subíndice	$\Theta$ (°C)	Psat (Pa)	sd acum (m)	P1 (Pa)	COND INT1
se	6,27	951,98	0,00	878,78	---
I1	6,27	951,98	0,11	880,72	NO
I2	9,72	1204,33	16,43	1171,62	NO
I3	13,17	1513,75	32,74	1462,52	NO
I4	16,62	1890,86	49,06	1753,43	NO
si	17,16	1956,45	49,26	1756,92	---

Tabla 46. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso base – sección desfavorable - humedad relativa 80%

Fuente: Elaboración propia

## Caso Base – Sección Desfavorable.


Versión 2.17 DITEC		N° capas de la sección	4				
		Resistencia térmica	Espesor	Permeabilidad al vapor de agua	Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua	Espesor de aire equivalente frente a la difusión del vapor de agua	
		R (m <sup>2</sup> K/W)	d (m)	δp (Kg/msPa)	μ	Sd (m)	Sd (m)
EXTERIOR	se	0,040	-	-	-	-	-
	Filtro M3	0	0,00037	7,48E-13	293,9435602	0,108759117	0,108759117
	Aire Estanco	0,165	0,038	3,64E-12	60,50001059	2,299000402	2,299000402
	Aire Estanco	0,165	0,038	3,64E-12	60,50001059	2,299000402	2,299000402
	Yeso Carton	0,038	0,01	1,12E-11	19,60207782	0,196020778	0,196020778
						0	#N/D
						0	#N/D
						0	#N/D
						0	#N/D
						0	#N/D
						0	#N/D
						0	#N/D
						0	#N/D
						0	#N/D
						0	#N/D
						0	#N/D
INTERIOR	si	0,130	-	-	-	-	-

Tabla 47. Tabla de datos condensación intersticial caso base – sección desfavorable

Fuente: Elaboración propia

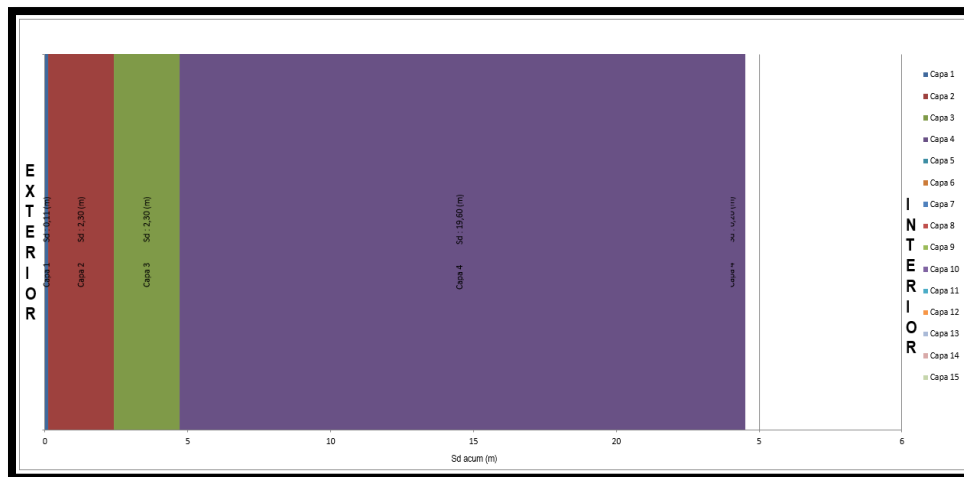


Tabla 48. Tabla Sd acumulado en estudio de condensación intersticial caso base – sección desfavorable

Fuente: Elaboración propia

**Caso Base – Sección Desfavorable – Humedad relativa 65%.**

subíndice	$\Theta$ (°C)	Psat (Pa)	sd acum (m)	P1 (Pa)	COND INT1
se	6,69	980,14	0,00	878,78	---
I1	6,69	980,14	0,11	890,95	NO
I2	10,77	1291,90	2,41	1148,25	NO
I3	14,85	1687,67	4,71	1405,56	NO
si	15,79	1792,62	4,90	1427,50	---

Tabla 49. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso base – sección desfavorable - humedad relativa 65%

Fuente: Elaboración propia

**Caso Base – Sección Desfavorable – Humedad relativa 75%.**

subíndice	$\Theta$ (°C)	Psat (Pa)	sd acum (m)	P1 (Pa)	COND INT1
se	6,69	980,14	0,00	878,78	---
I1	6,69	980,14	0,11	895,82	NO
I2	10,77	1291,90	2,41	1256,11	NO
I3	14,85	1687,67	4,71	1616,39	NO
si	15,79	1792,62	4,90	1647,11	---

Tabla 50. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso base – sección desfavorable - humedad relativa 75%

Fuente: Elaboración propia

**Caso Base – Sección Desfavorable – Humedad relativa 80%.**

subíndice	$\Theta$ (°C)	Psat (Pa)	sd acum (m)	P1 (Pa)	COND INT1
se	6,69	980,14	0,00	878,78	---
I1	6,69	980,14	0,11	898,26	NO
I2	10,77	1291,90	2,41	1310,03	SI
I3	14,85	1687,67	4,71	1721,81	SI
si	15,79	1792,62	4,90	1756,92	---

Tabla 51. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso base – sección desfavorable - humedad relativa 80%

Fuente: Elaboración propia

## Caso Proyectado – Sección Favorable.


Versión 2.17 DITEC		N° capas de la sección		15			
		Resistencia térmica	Espesor	Permeabilidad al vapor de agua	Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua	Espesor de arie equivalente frente a la difusión del vapor de agua	
		R (m²K/W)	d (m)	$\delta\rho$ (Kg/msPa)	$\mu$	Sd (m)	Sd (m)
EXTERIOR	se	0,040	-	-	-	-	-
	Aluminio	0	0,0002	2,20E-15	100000	20,00000001	20,00000001
	Aire Estanco	0,0215	0,01	3,64E-12	60,50001059	0,605000106	0,605000106
	Aire Estanco	0,0215	0,01	3,64E-12	60,50001059	0,605000106	0,605000106
	Aluminio	0	0,0002	2,20E-15	100000	20,00000001	20,00000001
	Poliestireno Expa	0,2326	0,01	7,2E-12	30,55555556	0,305555556	0,305555556
	Poliestireno Expa	0,2326	0,01	7,2E-12	30,55555556	0,305555556	0,305555556
	Poliestireno Expa	0,2326	0,01	7,2E-12	30,55555556	0,305555556	0,305555556
	Poliestireno Expa	0,2326	0,01	7,2E-12	30,55555556	0,305555556	0,305555556
	Poliestireno Expandi	0,233	0,01	7,2E-12	30,55555556	0,305555556	0,305555556
	PEAD	0,038	0,005	0,000000001	0,22	0,0011	0,0011
	Filtro M3	0,000	0,00037	7,48443E-13	293,9435602	0,108759117	0,108759117
	Madera	0,244	0,0254	3,42466E-12	64,24	1,631696	1,631696
	Madera	0,244	0,0254	3,42466E-12	64,24	1,631696	1,631696
	Madera	0,244	0,0254	3,42466E-12	64,24	1,631696	1,631696
	Yeso Carton	0,038	0,01	3,63636E-12	60,50001059	0,605000106	0,605000106
INTERIOR	si	0,130	-	-	-	-	-

Tabla 52. Tabla de datos condensación intersticial caso proyectado – sección favorable

Fuente: Elaboración propia

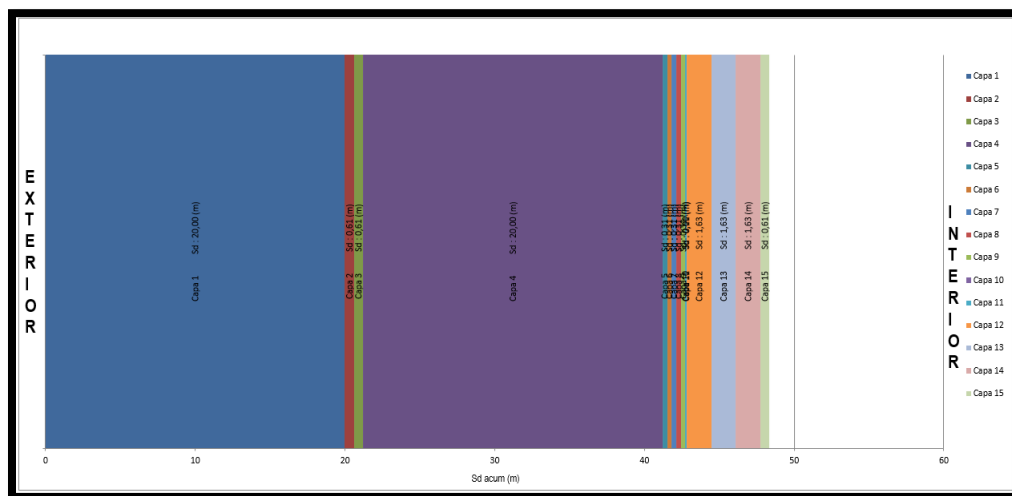


Tabla 53. Tabla Sd acumulado en estudio de condensación intersticial caso proyectado – sección favorable

Fuente: Elaboración propia

**Caso Proyectado – Sección Favorable – Humedad relativa 65%.**

subíndice	$\Theta$ (°C)	Psat (Pa)	sd acum (m)	P1 (Pa)	COND INT1
se	5,94	930,98	0,00	878,78	---
I1	5,94	930,98	20,00	1105,77	SI
I2	6,07	939,46	20,61	1112,63	SI
I3	6,21	948,00	21,21	1119,50	SI
I4	6,21	948,00	41,21	1346,49	SI
I5	7,62	1044,91	41,52	1349,96	SI
I6	9,04	1150,43	41,82	1353,42	SI
I7	10,45	1265,22	42,13	1356,89	SI
I8	11,87	1389,96	42,43	1360,36	NO
I9	13,29	1525,37	42,74	1363,83	NO
I10	13,52	1548,56	42,74	1363,84	NO
I11	13,52	1548,56	42,85	1365,08	NO
I12	15,01	1704,97	44,48	1383,59	NO
I13	16,49	1875,06	46,11	1402,11	NO
I14	17,98	2059,84	47,74	1420,63	NO
si	18,21	2090,01	48,35	1427,50	---

Tabla 54. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso proyectado – sección favorable - humedad relativa 65%

Fuente: Elaboración propia

**Caso Proyectado – Sección Favorable – Humedad relativa 75%.**

subíndice	$\Theta$ (°C)	Psat (Pa)	sd acum (m)	P1 (Pa)	COND INT1
se	5,94	930,98	0,00	878,78	---
I1	5,94	930,98	20,00	1196,61	SI
I2	6,07	939,46	20,61	1206,23	SI
I3	6,21	948,00	21,21	1215,84	SI
I4	6,21	948,00	41,21	1533,68	SI
I5	7,62	1044,91	41,52	1538,54	SI
I6	9,04	1150,43	41,82	1543,39	SI
I7	10,45	1265,22	42,13	1548,25	SI
I8	11,87	1389,96	42,43	1553,10	SI
I9	13,29	1525,37	42,74	1557,96	SI
I10	13,52	1548,56	42,74	1557,98	SI
I11	13,52	1548,56	42,85	1559,71	SI
I12	15,01	1704,97	44,48	1585,64	NO
I13	16,49	1875,06	46,11	1611,57	NO
I14	17,98	2059,84	47,74	1637,50	NO
si	18,21	2090,01	48,35	1647,11	---

Tabla 55. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso proyectado – sección favorable - humedad relativa 75%

Fuente: Elaboración propia

**Caso Proyectado – Sección Favorable – Humedad relativa 80%.**

subíndice	$\Theta$ (°C)	Psat (Pa)	sd acum (m)	P1 (Pa)	COND INT1
se	5,94	930,98	0,00	878,78	---
I1	5,94	930,98	20,00	1242,04	SI
I2	6,07	939,46	20,61	1253,03	SI
I3	6,21	948,00	21,21	1264,02	SI
I4	6,21	948,00	41,21	1627,28	SI
I5	7,62	1044,91	41,52	1632,83	SI
I6	9,04	1150,43	41,82	1638,38	SI
I7	10,45	1265,22	42,13	1643,93	SI
I8	11,87	1389,96	42,43	1649,48	SI
I9	13,29	1525,37	42,74	1655,03	SI
I10	13,52	1548,56	42,74	1655,05	SI
I11	13,52	1548,56	42,85	1657,02	SI
I12	15,01	1704,97	44,48	1686,66	NO
I13	16,49	1875,06	46,11	1716,30	NO
I14	17,98	2059,84	47,74	1745,93	NO
si	18,21	2090,01	48,35	1756,92	---

Tabla 56. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso proyectado – sección favorable - humedad relativa 80%

Fuente: Elaboración propia

**Caso Proyectado – Sección Desfavorable.**


Versión 2.17 DITEC	N° capas de la sección	14					
		Resistencia térmica R (m²K/W)	Espesor d (m)	Permeabilidad al vapor de agua $\delta p$ (Kg/msPa)	Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua $\mu$	Espesor de arie equivalente frente a la difusión del vapor de agua Sd (m)	
EXTERIOR	se	0,040	-	-	-	-	-
	Aluminio	0	0,0002	2,20E-15	100000	20,00000001	20,00000001
	Aire Estanco	0,0215	0,01	3,64E-12	60,50001059	0,605000106	0,605000106
	Aire Estanco	0,0215	0,01	3,64E-12	60,50001059	0,605000106	0,605000106
	Aluminio	0	0,0002	2,20E-15	100000	20,00000001	20,00000001
	Poliestireno Expa	0,2326	0,01	7,2E-12	30,55555556	0,305555556	0,305555556
	Poliestireno Expa	0,2326	0,01	7,2E-12	30,55555556	0,305555556	0,305555556
	Poliestireno Expa	0,2326	0,01	7,2E-12	30,55555556	0,305555556	0,305555556
	Poliestireno Expa	0,2326	0,01	7,2E-12	30,55555556	0,305555556	0,305555556
	Poliestireno Expandi	0,233	0,01	7,2E-12	30,55555556	0,305555556	0,305555556
	PEAD	0,038	0,005	0,000000001	0,22	0,0011	0,0011
	Filtro M3	0,000	0,00037	7,48443E-13	293,9435602	0,108759117	0,108759117
	Aires estanco	0,165	0,038	3,63636E-12	60,50001059	2,299000402	2,299000402
	Aires estanco	0,165	0,038	3,63636E-12	60,50001059	2,299000402	2,299000402
	Yeso Carton	0,038	0,01	1,12233E-11	19,60207782	0,196020778	0,196020778
INTERIOR	si	0,130	-	-	-	-	#N/D

Tabla 57. Tabla de datos condensación intersticial caso proyectado – sección desfavorable

Fuente: Elaboración propia

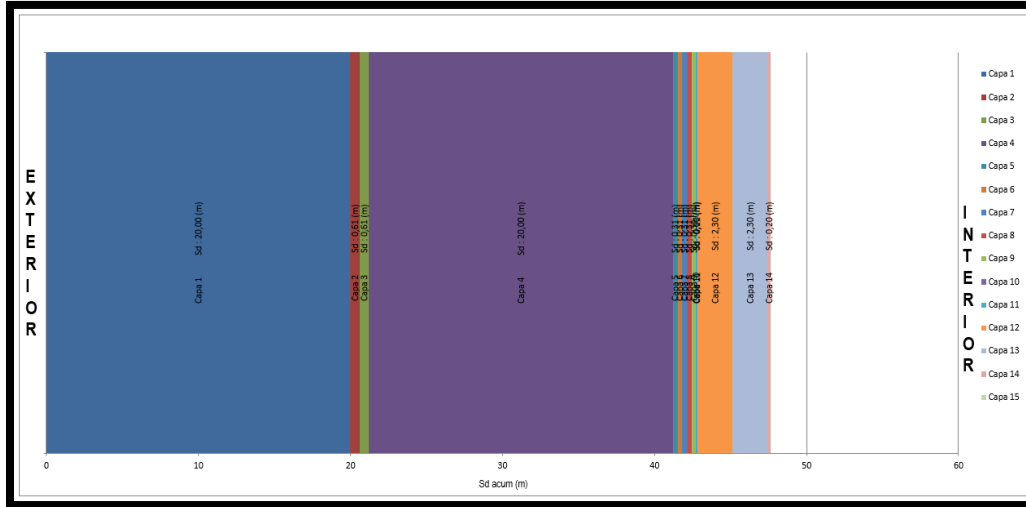


Tabla 58. Tabla Sd acumulado en estudio de condensación intersticial caso proyectado – sección favorable

Fuente: Elaboración propia

**Caso Proyectado – Sección Desfavorable – Humedad relativa 65%.**

subíndice	$\theta$ (°C)	P <sub>sat</sub> (Pa)	sd acum (m)	P <sub>1</sub> (Pa)	COND INT1
se	6,00	934,53	0,00	878,78	---
I1	6,00	934,53	20,00	1109,13	SI
I2	6,16	944,97	20,61	1116,10	SI
I3	6,32	955,50	21,21	1123,07	SI
I4	6,32	955,50	41,21	1353,42	SI
I5	8,06	1076,27	41,52	1356,94	SI
I6	9,79	1210,27	41,82	1360,46	SI
I7	11,53	1358,73	42,13	1363,98	SI
I8	13,26	1522,96	42,43	1367,50	NO
I9	15,00	1704,36	42,74	1371,02	NO
I10	15,28	1735,73	42,74	1371,03	NO
I11	15,28	1735,73	42,85	1372,28	NO
I12	16,51	1877,88	45,15	1398,76	NO
I13	17,75	2030,13	47,45	1425,24	NO
si	18,03	2066,69	47,64	1427,50	---

Tabla 59. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso proyectado – sección desfavorable - humedad relativa 65%

Fuente: Elaboración propia

### Caso Proyectado – Sección Desfavorable – Humedad relativa 75%.

subíndice	$\theta$ (°C)	Psat (Pa)	sd acum (m)	P1 (Pa)	COND INT1
se	6,00	934,53	0,00	878,78	---
I1	6,00	934,53	20,00	1201,33	SI
I2	6,16	944,97	20,61	1211,08	SI
I3	6,32	955,50	21,21	1220,84	SI
I4	6,32	955,50	41,21	1543,39	SI
I5	8,06	1076,27	41,52	1548,32	SI
I6	9,79	1210,27	41,82	1553,24	SI
I7	11,53	1358,73	42,13	1558,17	SI
I8	13,26	1522,96	42,43	1563,10	SI
I9	15,00	1704,36	42,74	1568,03	NO
I10	15,28	1735,73	42,74	1568,04	NO
I11	15,28	1735,73	42,85	1569,80	NO
I12	16,51	1877,88	45,15	1606,88	NO
I13	17,75	2030,13	47,45	1643,95	NO
si	18,03	2066,69	47,64	1647,11	---

Tabla 60. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso proyectado – sección desfavorable - humedad relativa 75%

Fuente: Elaboración propia

### Caso Proyectado – Sección Desfavorable – Humedad relativa 80%.

subíndice	$\theta$ (°C)	Psat (Pa)	sd acum (m)	P1 (Pa)	COND INT1
se	6,00	934,53	0,00	878,78	---
I1	6,00	934,53	20,00	1247,42	SI
I2	6,16	944,97	20,61	1258,57	SI
I3	6,32	955,50	21,21	1269,73	SI
I4	6,32	955,50	41,21	1638,37	SI
I5	8,06	1076,27	41,52	1644,00	SI
I6	9,79	1210,27	41,82	1649,64	SI
I7	11,53	1358,73	42,13	1655,27	SI
I8	13,26	1522,96	42,43	1660,90	SI
I9	15,00	1704,36	42,74	1666,53	NO
I10	15,28	1735,73	42,74	1666,55	NO
I11	15,28	1735,73	42,85	1668,56	NO
I12	16,51	1877,88	45,15	1710,93	NO
I13	17,75	2030,13	47,45	1753,31	NO
si	18,03	2066,69	47,64	1756,92	---

Tabla 61. Tabla de capas que sufren o no de condensación intersticial en caso proyectado – sección desfavorable - humedad relativa 80%

Fuente: Elaboración propia

## Resumen de Resultados.

### Sección Desfavorable.

CONDENSACIÓN SUPERFICIAL			CONDENSACIÓN INTERSTICIAL					
HR 65%	HR 75%	HR 80%	HR 65%	HR 75%	HR 80%			
MURO	Caso Base	Sección Desfavorable (estructura)	NO	NO	SI	0	0	2
	Caso Proyectado	Sección Desfavorable (estructura)	NO	NO	NO	0	0	0

Tabla 62. Resultados sección desfavorable

Fuente: Elaboración propia

% Disminución Condensación Superficial	% Disminución Condensación Intersticial	RESULTADO
100%	100%	Disminuye el Riesgo de Condensación

Tabla 63. Resumen resultados sección desfavorable

Fuente: Elaboración propia

Sección Favorable.

CONDENSACIÓN SUPERFICIAL			CONDENSACIÓN INTERSTICIAL					
HR 65%	HR 75%	HR 80%	HR 65%	HR 75%	HR 80%			
MURO	Caso Base	Sección Favorable (aislante)	NO	NO	NO	0	0	0
	Caso Proyectado	Sección Favorable (aislante)	NO	NO	NO	0	0	0

Tabla 64. Resultados sección favorable

Fuente: Elaboración propia

% Disminución Condensación Superficial	% Disminución Condensación Intersticial	RESULTADO
0%	0%	NO Disminuye el Riesgo de Condensación

Tabla 65. Resumen resultados sección favorable

Fuente: Elaboración propia

## CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS.

Para determinar el consumo de calefacción de la vivienda en estudio, es necesario evaluar su consumo energético. Para ello, se utilizarán las “**Herramientas de Cálculo de la Calificación Energética de Viviendas (CEV)**” proporcionadas por el “**Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU)**”. Estas herramientas permiten analizar el desempeño energético de la vivienda en base a su diseño, materiales constructivos y condiciones climáticas, facilitando la obtención de una calificación energética que refleja su eficiencia en el uso de energía.

## Características del Caso de Estudio

La vivienda en estudio fue construida en el año 2010, posterior al terremoto que afectó a la Región del Biobío. Originalmente, la vivienda tenía como finalidad ser utilizada de manera temporal; sin embargo, hasta la fecha, sigue siendo habitada de forma permanente.

A lo largo del tiempo, se han implementado las siguientes modificaciones en la estructura:

- **Cambio del revestimiento interior:** Se reemplazó el revestimiento original por planchas de yeso cartón.
- **Incorporación de aislamiento térmico:** Se añadió poliestireno expandido (EPS) de 100 mm de espesor en la techumbre, con el objetivo de mejorar la eficiencia energética y el confort térmico de la vivienda.

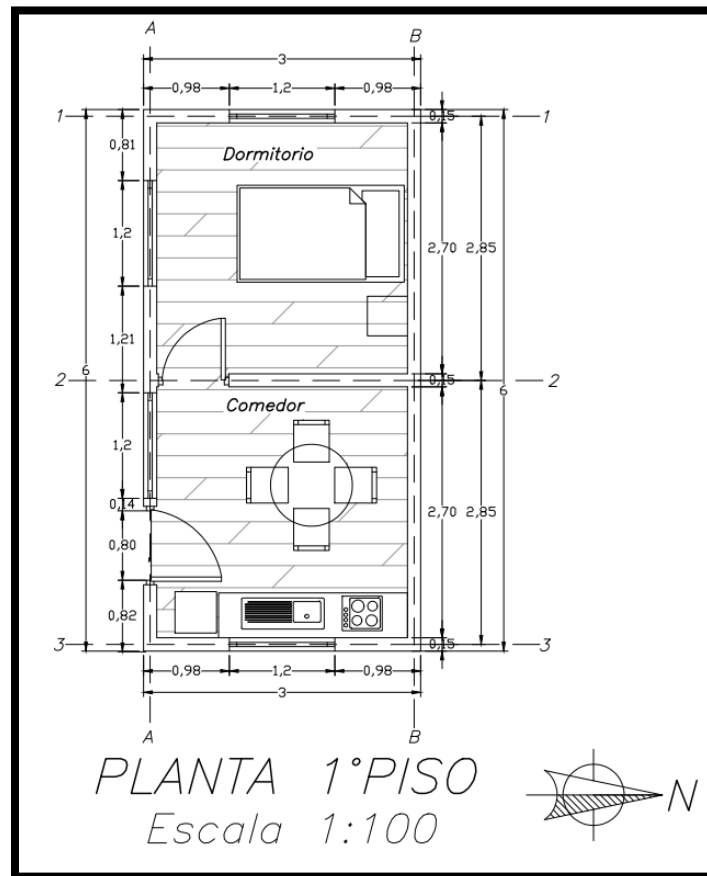
La vivienda está ubicada en la calle Hernán del Solar 1640 Concepción, Región del Biobío.



*Ilustración 38. Emplazamiento vivienda en estudio*

*Fuente: Google Maps*

Dado que la vivienda en estudio carecía de planos originales, fue necesario elaborar un plano detallado de la misma. Este plano permitió obtener una representación precisa de las dimensiones, distribución y características constructivas.



*Ilustración 39. Plano vivienda en estudio*

*Fuente: Elaboración Propia*

### **Detalles Constructivos.**

#### **Muros.**

Para los muros de la vivienda en estudio, se analizarán dos configuraciones constructivas con el objetivo de comparar las diferencias en el consumo energético:

1. Caso original: Se considera la construcción inicial de los muros, representada en la Imagen N°39, sin modificaciones ni mejoras en términos de aislamiento térmico.

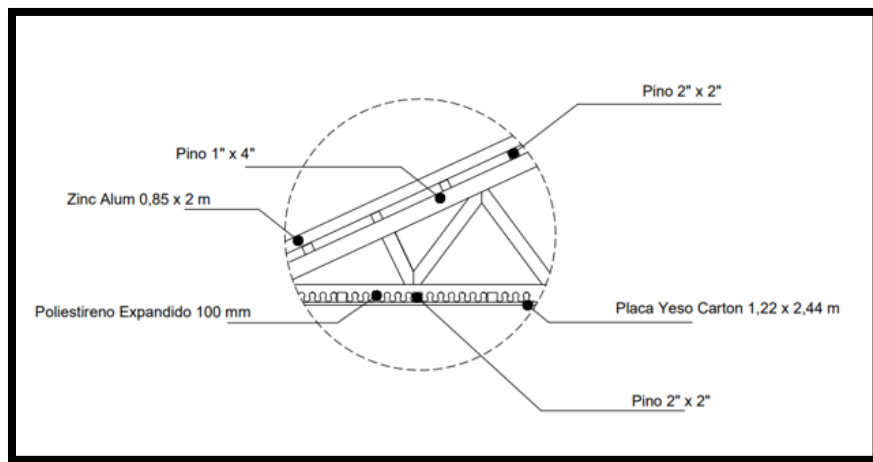
2. Caso reacondicionado: Se evaluará el caso base con la incorporación de un sistema de reacondicionamiento térmico elaborado a partir de polietileno de alta densidad (PEAD) reciclado, representado en la *Imagen N°40*.

Ambos casos serán comparados en términos de su desempeño energético, con el propósito de determinar la efectividad del sistema de reacondicionamiento térmico propuesto.

### **Techumbre.**

Se desarrolló un detalle constructivo con el objetivo de ilustrar los diferentes elementos que componen la estructura de los muros en estudio. Este detalle permite identificar las capas y materiales que conforman tanto el caso original como el sistema reacondicionado, facilitando el análisis técnico y energético de la vivienda.

El detalle incluye los siguientes componentes:



*Ilustración 40. Detalle de techumbre*

*Fuente: Elaboración propia*

Su transmitancia térmica es la siguiente:

Cálculo de transmitancia térmica			
U1 (Terciado - Estructura de madera)			
Elemento	Espesor	Conductividad	Valor
Rsi		0,1	0,1
Terciado ranurado	0,009	0,28	0,03
Pino	0,051	0,104	0,49
Rse		0,1	0,1
		Rt	0,72
		<b>U1</b>	<b>1,39</b>
U2 (Terciado - Poliestireno)			
Elemento	Espesor	Conductividad	Valor
Rsi		0,1	0,1
Polestireno Expandido	0,01	0,043	0,23
Camara de Aire	0,1	0,041	2,44
Rse		0,1	0,1
		Rt	2,9
		<b>U2</b>	<b>0,3</b>
		<b>U ponderado</b>	<b>0,38 (w/m2k)</b>
	<b>Valor</b>	<b>%</b>	
U1	1,39	3%	
U2	0,3	97%	

Tabla 66. Cálculo de transmitancia térmica para techumbre

Fuente: Elaboración propia

## Piso Ventilado.

El piso ventilado de la vivienda está compuesto principalmente por los siguientes elementos estructurales:

- Entablado: Construido con tablas de 1x4 pulgadas, proporcionando la superficie principal de apoyo y terminación.
- Vigas: Estructura de soporte conformada por vigas de madera de 2x6 pulgadas, diseñadas para resistir las cargas y permitir la ventilación adecuada bajo el piso.

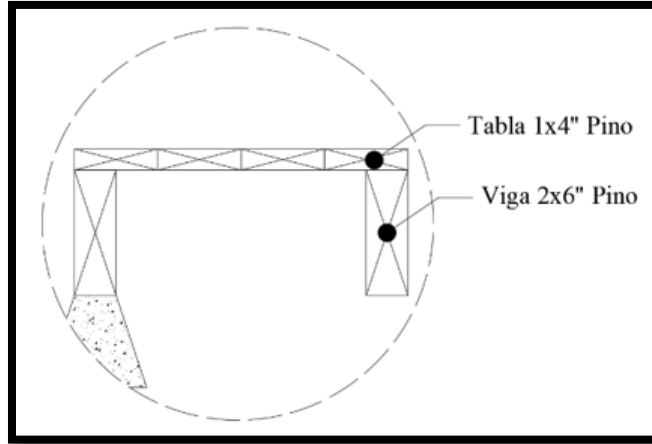


Ilustración 41. Detalle de Piso Ventilado

Fuente: Elaboración Propia

Su transmitancia térmica es la siguiente:

Cálculo de Resistencia Térmica			
<b>U1 (Viga 2x6" - Entablado 1x4")</b>			
Elemento	Espesor	Conductividad	Valor
Rsi		0,09	0,09
Viga 2X6"	0,15	0,104	1,44
Entablado 1x4"	0,025	0,104	0,24
Rse		0,05	0,05
R1			1,82
<b>U1 (Entablado 1x4")</b>			
Elemento	Espesor	Conductividad	Valor
Rsi		0,09	0,09
Entablado 1x4"	0,025	0,104	0,24
Rse		0,05	0,05
R2			0,50
U2			2,0
U1	0,55		15%
U2	2,0		85%
<b>U Ponderado</b>			<b>1,78 (m2k/W)</b>

Tabla 67. Calculo de transmitancia térmica para piso ventilado

Fuente: Elaboración Propia

## Ventanas.

La vivienda cuenta con tres ventanas fabricadas en aluminio monolítico, cada una con un sistema de apertura corredera. Las dimensiones de cada ventana son de 1,20 x 1,20 metros.



*Ilustración 42. Imagen de referencia - ventana caso estudio*

*Fuente: Imagen web – Sodimac.cl*

Para su transmitancia térmica se utilizarán los valores propuestos en las tablas del **Sistema de Calificación Energética de Viviendas (CEV)** del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).

## **Puertas.**

La vivienda cuenta una puerta exterior de 80 cm de ancho x 200 cm de alto, maciza de pino radiata.



*Ilustración 43. Imagen de referencia - puerta caso estudio*

*Fuente: Imagen web – Sodimac.cl*

Para su transmitancia térmica se utilizarán los valores propuestos en las tablas del **Sistema de Calificación Energética de Viviendas (CEV)** del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).

## **Completado de Datos.**

Para realizar la Calificación Energética de Viviendas (CEV) es necesario completar tres planillas específicas, cada una diseñada para recopilar y procesar datos relevantes sobre la vivienda en estudio. A continuación, se describen las características y funciones de cada planilla:

1. Planilla de Datos de Arquitectura: En esta planilla se incorporan todos los datos arquitectónicos de la vivienda, incluyendo:
  - La transmitancia térmica de los diferentes paramentos constructivos (muros, techumbre, pisos), así como de puertas y ventanas.
  - La orientación de la vivienda y de las ventanas, factores clave para analizar el impacto de la radiación solar.
  - La superficie construida total y los datos específicos de la propiedad.
2. Planilla del Motor de Cálculo de Demanda de Energía: Esta planilla genera automáticamente los cálculos necesarios para evaluar la demanda energética de la vivienda. Incluye simulaciones basadas en los datos arquitectónicos y climáticos para determinar el consumo estimado en calefacción, refrigeración y ventilación.
3. Planilla de Datos de Equipos y Resultados: En esta planilla se registran los resultados calculados en la planilla del Motor de Cálculo de Demanda de Energía. También se incorporan los datos de los equipos de climatización utilizados, permitiendo obtener la calificación energética final de la vivienda.

## Resultados Caso Base.

Los resultados de calificación energética y su demanda son los siguientes:

Demanda									
Caso	Demanda Calefacción [kWh-año]	Demanda Refrigeración [kWh-año]	Demanda Calefacción [kWh/m2-año]	Demanda Refrigeración [kWh/m2-año]	% ahorro Demanda Calefacción	% ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total [kWh/m2-año]	% Ahorro Total [kWh/m2-año]	Letra
Caso Base Oficial	3.3718	67,5	178,4	3,6	no aplica	no aplica	181,97		
Caso Propuesto	7.210,2	84,6	381,5	4,5	-114%	-25%	386,0	<b>-112%</b>	<b>G</b>

Caso	Horas Discomfort frio HD [-]	Horas Discomfort calor HD [-]	Tiempo en Discomfort total HD [-]	Tiempo en Discomfort total HD [+]
Caso Base	178,0	9,3	62%	3%
Caso Propuesto	220,0	4,0	76%	1%

Tabla 68. Resumen calificación energética – caso base

Fuente: Elaboración Propia.

Caso		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
<b>Demanda</b>	Calefacción - Vivienda	191.4	192.7	310.8	###	774.6	963.0	###	991.2	770.4	618.7	312.3	204.0	7,210.2
<b>Calefacción [kWh]</b>	Calefacción - Base	16.9	23.1	62.9	###	412.9	538.3	689.7	542.3	404.4	299.0	59.6	17.5	3,371.8
<b>Demanda</b>	Refrigeración - Vivienda	- 54.5	- 12.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	- 17.6	- 84.6
<b>Refrigeración [kW]</b>	Refrigeración - Base	- 26.5	- 10.4	- 3.0	-	-	-	-	-	-	- 8.9	- 6.0	- 12.5	- 67.5
<b>HD (+) [hrs]</b>	Enfriamiento: HD(-) - Vivienda	10.0	11.0	15.0	20.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	19.0	14.0	11.0	220.0
	Enfriamiento: HD(-) - Base	2.5	3.8	7.8	19.0	24.0	24.0	24.0	24.0	22.5	16.8	6.8	3.0	178.0
<b>HD (-) [hrs]</b>	Sobrecalentamiento: HD(+) - Vivienda	4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.0
	Sobrecalentamiento: HD(+) - Base	4.3	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0	2.0	9.3

<b>Demanda</b>	Caso Propuesto Con Clima	191.4	192.7	310.8	###	774.6	963.0	###	991.2	770.4	618.7	312.3	204.0	7,210.2
<b>Calefacción [kWh]</b>	Caso Base 0° Con Clima	9.9	16.6	60.0	###	408.9	530.3	683.1	540.2	402.1	296.4	51.3	8.8	3,310.9
	Caso Base 90° Con Clima	27.2	37.8	83.3	###	436.7	561.1	716.3	573.4	430.1	318.9	83.9	31.5	3,626.2
	Caso Base 180° Con Clima	22.8	26.0	63.6	###	411.4	542.2	691.6	537.9	405.7	303.1	66.1	23.7	3,398.4
	Caso Base 270° Con Clima	7.7	11.9	44.4	###	394.8	519.7	667.7	517.8	379.8	277.7	37.3	6.1	3,151.6
<b>Demanda</b>	Caso Propuesto Con Clima	- 54.5	- 12.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	- 17.6	- 84.6
<b>Refrigeración [kW]</b>	Caso Base 0° Con Clima	- 15.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	- 0.3	- 15.5
	Caso Base 90° Con Clima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Caso Base 180° Con Clima	- 19.3	- 3.0	-	-	-	-	-	-	- 4.1	-	-	-	- 26.4
	Caso Base 270° Con Clima	- 71.4	- 38.8	- 12.2	-	-	-	-	-	- 31.6	- 24.2	- 49.9	-	- 228.1

<b>HD (-) [hrs]</b>	Caso Propuesto Sin Clima	10.0	11.0	15.0	20.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	19.0	14.0	11.0	220.0
	Caso Base 0° Sin Clima	2.0	3.0	8.0	19.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	17.0	6.0	2.0	177.0
	Caso Base 90° Sin Clima	4.0	6.0	11.0	21.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	19.0	11.0	5.0	197.0
	Caso Base 180° Sin Clima	3.0	4.0	7.0	19.0	24.0	24.0	24.0	24.0	22.0	17.0	7.0	4.0	179.0
	Caso Base 270° Sin Clima	1.0	2.0	5.0	17.0	24.0	24.0	24.0	24.0	20.0	14.0	3.0	1.0	159.0
<b>HD (+) [hrs]</b>	Caso Propuesto Sin Clima	4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.0
	Caso Base 0° Sin Clima	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.0
	Caso Base 90° Sin Clima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Caso Base 180° Sin Clima	4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.0
	Caso Base 270° Sin Clima	10.0	8.0	-	-	-	-	-	-	-	-	4.0	8.0	30.0

Tabla 69. Requerimiento energético – caso base

Fuente: Elaboración Propia.

## Resultados Caso Propuesto

Los resultados de calificación energética y su demanda son los siguientes:

Caso	Demanda Calefacción [kWh-año]	Demanda Refrigeración [kWh-año]	Demanda Calefacción [kWh/m2-año]	Demanda Refrigeración [kWh/m2-año]	% ahorro Demanda Calefacción	% ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total [kWh/m2-año]	% Ahorro Total [kWh/m2-año]	Letra
Caso Base Oficial	3.309,6	- 64,9	175,1	3,4	no aplica	no aplica	178,54	-51%	G
Caso Propuesto	5.089,4	-	269,3	-	-54%	100%	269,3		

Caso (con un máximo de 24hrs x 12 meses) Total = 288hrs	Horas Discomfort frío HD (-)	Horas Discomfort calor HD (+)	Tiempo en Discomfort del total HD (-)	Tiempo en Discomfort del total HD (+)
Caso Base	178,8	9,0	62%	3%
Caso Propuesto	237,0	-	82%	0%

Tabla 70. Resumen calificación energética – caso propuesto

Fuente: Elaboración Propia.

Caso		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
<b>Demanda Calefacción [kWh]</b>	Calefacción - Vivienda	107,8	116,9	198,2	###	567,6	704,9	888,9	743,1	577,4	445,1	199,1	113,1	5.089,4
	Calefacción - Base	16,3	22,5	61,7	###	405,2	529,1	678,0	533,0	397,1	292,5	58,0	17,0	3.309,6
<b>Demanda Refrigeración [kW]</b>	Refrigeración - Vivienda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Refrigeración - Base	- 25,8	- 10,1	- 2,8	-	-	-	-	-	-	- 8,2	- 5,8	- 12,2	- 64,9
<b>HD (+) [hrs]</b>	Enfriamiento: HD(-) - Vivienda	10,0	11,0	18,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	18,0	12,0	237,0
	Enfriamiento: HD(-) - Base	2,5	3,8	7,8	19,5	24,0	24,0	24,0	24,0	22,8	16,8	6,8	3,0	178,8
<b>HD (-) [hrs]</b>	Sobrecalentamiento: HD(+) - Vivienda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sobrecalentamiento: HD(+) - Base	4,3	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	2,0	9,0
<b>Demanda Calefacción [kWh]</b>	Caso Propuesto Con Clima	107,8	116,9	198,2	###	567,6	704,9	888,9	743,1	577,4	445,1	199,1	113,1	5.089,4
	Caso Base 0° Con Clima	9,2	16,1	58,9	###	401,4	521,4	671,7	531,1	394,7	289,9	49,6	8,2	3.249,6
	Caso Base 90° Con Clima	26,8	37,3	82,4	###	429,0	551,5	704,3	564,3	423,1	313,2	82,6	31,1	3.565,8
	Caso Base 180° Con Clima	22,0	25,2	62,5	###	403,8	533,2	680,2	528,6	398,3	296,2	64,3	23,0	3.335,7
	Caso Base 270° Con Clima	7,1	11,3	43,1	###	386,8	510,1	655,7	508,2	372,4	270,9	35,4	5,6	3.087,2
<b>Demanda Refrigeración [kW]</b>	Caso Propuesto Con Clima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Caso Base 0° Con Clima	- 14,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	- 14,6
	Caso Base 90° Con Clima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Caso Base 180° Con Clima	- 18,5	- 2,5	-	-	-	-	-	-	-	- 3,2	-	-	- 24,2
	Caso Base 270° Con Clima	- 70,0	- 37,8	- 11,4	-	-	-	-	-	-	- 29,5	- 23,1	- 48,7	- 220,6
<b>HD (-) [hrs]</b>	Caso Propuesto Sin Clima	10,0	11,0	18,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	18,0	12,0	237,0
	Caso Base 0° Sin Clima	2,0	3,0	8,0	19,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	17,0	6,0	2,0	177,0
	Caso Base 90° Sin Clima	4,0	6,0	11,0	23,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	19,0	11,0	5,0	199,0
	Caso Base 180° Sin Clima	3,0	4,0	7,0	19,0	24,0	24,0	24,0	24,0	23,0	17,0	7,0	4,0	180,0
	Caso Base 270° Sin Clima	1,0	2,0	5,0	17,0	24,0	24,0	24,0	24,0	20,0	14,0	3,0	1,0	159,0
<b>HD (+) [hrs]</b>	Caso Propuesto Sin Clima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Caso Base 0° Sin Clima	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0
	Caso Base 90° Sin Clima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Caso Base 180° Sin Clima	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0
	Caso Base 270° Sin Clima	10,0	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0	8,0	29,0

Tabla 71. Requerimiento energético – caso propuesto

Fuente: Elaboración Propia.

## CÁLCULOS DE CONSUMO DE CALEFACCIÓN.

Para este estudio, se consideran los mayores consumos de calefacción, los cuales corresponden a los períodos de invierno, específicamente los meses de junio, julio y agosto.

### Consumo Energético de Estufa a Leña.

De acuerdo con la página “*Top ten.cl*” esta establece como la estufa a leña más vendida en Chile la estufa Amesti Nordic 450, dicha estufa por cada kilogramo de leña seca esta genera 13 Kw/h de calefacción.



Imagen n°47:

Ilustración 44. Estufa Amesti Nordic 450

Fuente: Elaboración propia

### Caso Base

De acuerdo con la tabla N°64 esta establece un consumo en junio de  $704,9 \frac{kw}{h}$  julio de  $1278,2 \frac{kw}{h}$  y agosto de  $991,2 \frac{kw}{h}$ , lo que equivale a  $3232,4 \frac{kw}{h}$  de consumo en los 3 periodos.

Utilizando la regla de tres, la vivienda necesitaría la siguiente cantidad de leña por hora:

$$1 \text{ kilogramos de leña seca} = 13 \frac{kw}{h}$$

$$249 \text{ kilogramos de leña seca} = 3232,4 \frac{kw}{h}$$

Tomando en consideración un saco de leña de 25 kg que en Sodimac tiene un valor de \$6.990, para el caso base la vivienda necesitara la siguiente cantidad de sacos para los meses de invierno (Junio – Julio – Agosto).

Cantidad de sacos de leña

$$1 \text{ saco de leña} = 25 \text{ kg}$$

$$9,96 \text{ sacos de leña} = 249 \text{ kg}$$

Por lo tanto, se necesitarán 10 sacos de 25 kilogramos con un costo total de \$69.990 pesos para los meses de invierno.

### Caso Propuesto

De acuerdo con la tabla N°66 esta establece un consumo en junio de  $963 \frac{kw}{h}$  julio de  $888,9 \frac{kw}{h}$  y agosto de  $743,1 \frac{kw}{h}$ , lo que equivale a  $2595 \frac{kw}{h}$  de consumo en los 3 periodos.

utilizando la regla de tres, la vivienda necesitaría la siguiente cantidad de leña por hora:

$$1 \text{ kilogramos de leña seca} = 13 \frac{kw}{h}$$
$$200 \text{ kilogramos de leña seca} = 2595 \frac{kw}{h}$$

Tomando en consideración un saco de leña de 25 kg que en Sodimac tiene un valor de \$6.990, para el caso base la vivienda necesitara la siguiente cantidad de sacos para los meses de invierno (Junio – Julio – Agosto).

Cantidad de sacos de leña

$$1 \text{ saco de leña} = 25 \text{ kg}$$
$$8 \text{ sacos de leña} = 200 \text{ kg}$$

Por lo tanto, se necesitarán 8 sacos de 25 kilogramos con un costo total de \$55.920 pesos para los meses de invierno.

## **CAPITULO 2: DISEÑAR UN SISTEMA DE AISLACIÓN TÉRMICA EXTERIOR EN BASE A PEAD RECICLADO Y COMPARAR SU RENDIMIENTO CON SISTEMAS CONVENCIONALES COMO EIFS.**

### **Generalidades**

En este capítulo se abordará el diseño de un sistema de aislamiento térmico utilizando PEAD, mediante el uso del software Inventor, en el cual se definirán las dimensiones, tipos de fijaciones y todos los aspectos relacionados con la instalación de este sistema. Finalmente, se elaborará una muestra y se comparará su rendimiento constructivo con el sistema EIFS.

### **SOFTWARE INVENTOR**

Autodesk Inventor es un software de diseño asistido por computadora (CAD) desarrollado por Autodesk, ampliamente utilizado en el diseño y modelado 3D para ingeniería mecánica, diseño de productos y fabricación. Se emplea principalmente para crear y simular piezas, ensamblajes y sistemas complejos en tres dimensiones. Inventor permite a los ingenieros y diseñadores visualizar, analizar y optimizar diseños antes de la fabricación, lo cual contribuye a reducir errores, optimizar el uso de materiales y mejorar la eficiencia de producción.

Principales aplicaciones de Autodesk Inventor

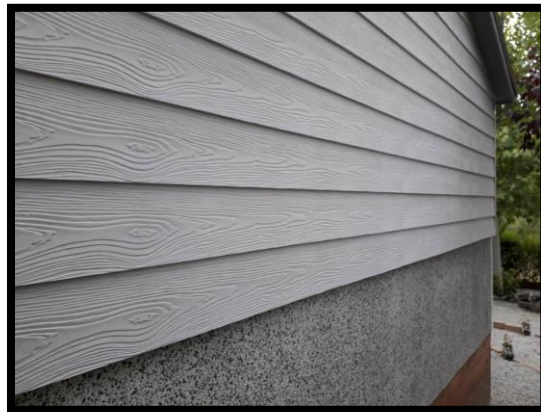
1. **Modelado 3D de piezas y ensamblajes:** Permite crear modelos detallados de piezas individuales y ensamblar múltiples componentes, simulando su interacción en un entorno virtual.
2. **Simulación y análisis:** Realiza simulaciones de movimiento, análisis de tensiones, vibraciones y cargas para validar el rendimiento de un diseño bajo diferentes condiciones.

3. **Documentación técnica:** Genera dibujos técnicos, planos y especificaciones detalladas a partir de modelos 3D para su uso en fabricación y ensamblaje.
4. **Prototipado digital:** Facilita la creación de prototipos virtuales, permitiendo probar diferentes iteraciones de un diseño sin necesidad de fabricar básicamente cada versión.
5. **Diseño paramétrico:** Los diseños en Inventor son paramétricos, lo que significa que están basados en dimensiones y relaciones entre componentes, facilitando modificaciones rápidas y precisas.
6. **Integración con otros programas de Autodesk:** Trabaja en conjunto con otros productos de Autodesk como AutoCAD, Fusion 360 y Revit, facilitando flujos de trabajo colaborativos y multidisciplinarios.

## DISEÑO DE PIEZAS

### Inspiración de Diseño.

El diseño de este sistema busca imitar la apariencia de la madera, manteniendo dimensiones similares a las del siding como material de terminación, con adaptaciones específicas para su uso con PEAD.



*Ilustración 45. Siding fibrocemento*

*Fuente: Imagen Web*

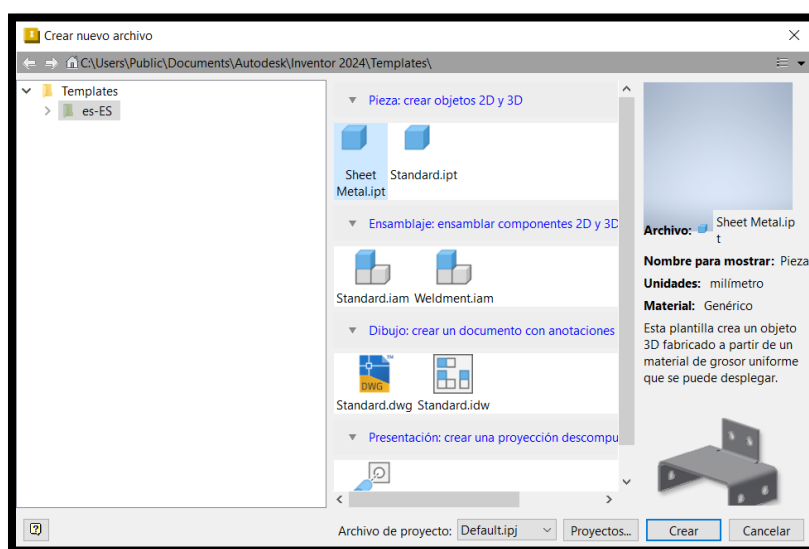
## Piezas Por Diseñar

Para este sistema basado en PEAD reciclado, se estipulará una pieza base o pieza de inicio, así como una pieza de continuación.

### Diseño Piezas.

Lo primero es seleccionar en el software Inventor nuevo y elegir entre dos plantillas predeterminadas dependiendo del tipo de pieza a desarrollar.

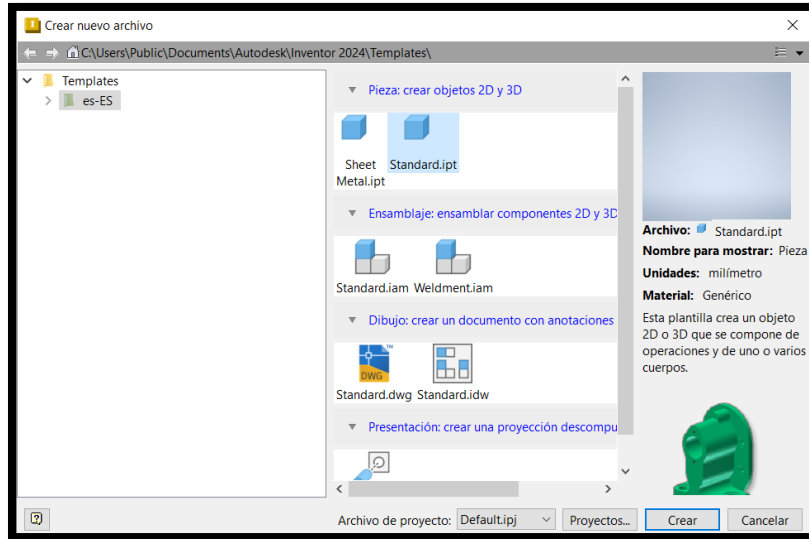
Plantilla Sheet Metal: Este tipo de plantilla esta desarrollada para crear un objeto 3D fabricado a partir de un material de grosor uniforme que se puede desplegar.



*Ilustración 46. Plantilla sheet metal*

*Fuente: Software Inventor*

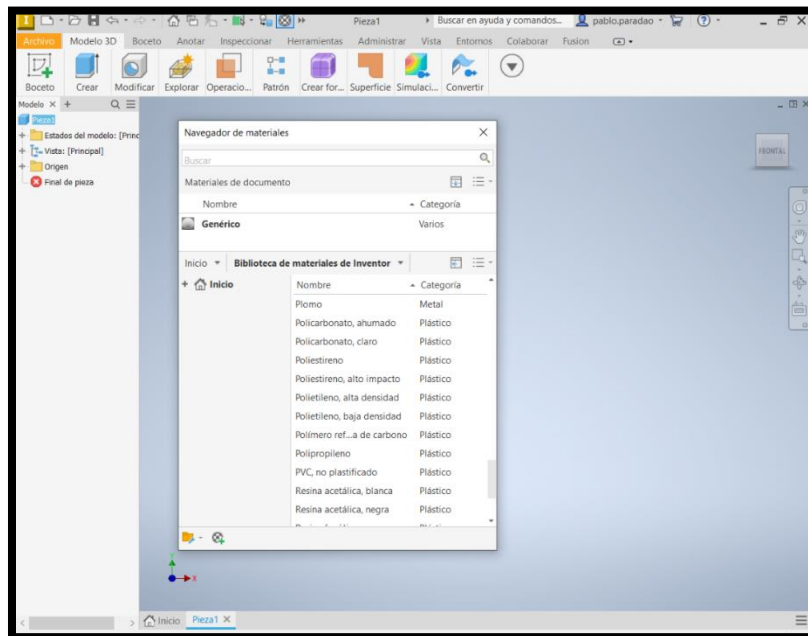
Plantilla Standar: En esta plantilla, se creará un objeto 2D o 3D compuesto por operaciones de uno o varios cuerpos. Esta opción ha sido seleccionada para el desarrollo de las piezas, ya que permite diseñar un boceto en 2D y luego transformarlo en un objeto 3D, ofreciendo mayor libertad en el proceso de desarrollo.



*Ilustración 47. Plantilla estándar*

*Fuente: Software Inventor*

Luego de seleccionar el tipo de plantilla, es necesario elegir el material a utilizar en el diseño, en este caso, polietileno de alta densidad. Esto es fundamental, ya que, al realizar un análisis de elementos finitos, el software podrá reconocer todas las propiedades mecánicas de este material.



*Ilustración 48. Selección de tipo de material*

*Fuente: Software Inventor*

Como opcional, al lado derecho de la opción de tipo de materiales, puedo cambiar el aspecto de la pieza a diseñar.

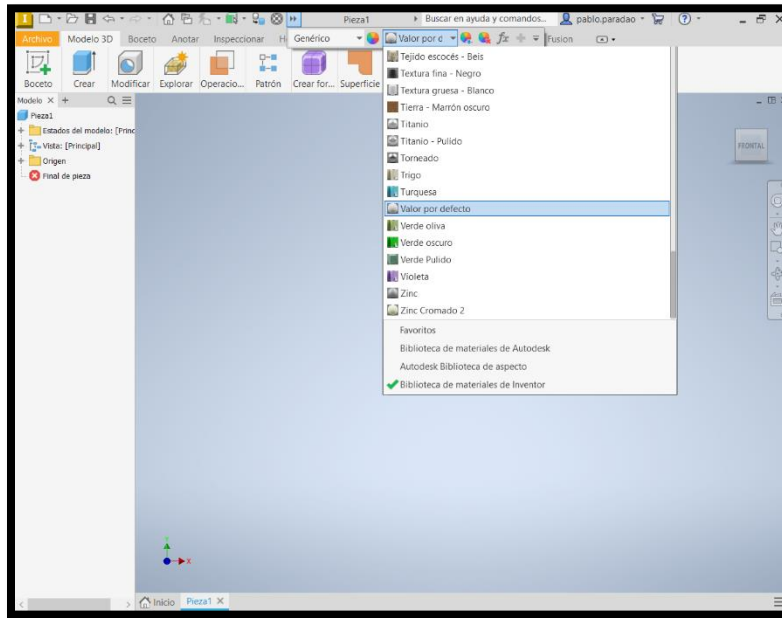


Ilustración 49. Selección de aspecto

Fuente: Software Inventor

Posteriormente se puede comenzar con el boceto 2D a desarrollar, seleccionando la herramienta boceto y dando las dimensiones de tanto para la pieza base como la pieza de continuación.

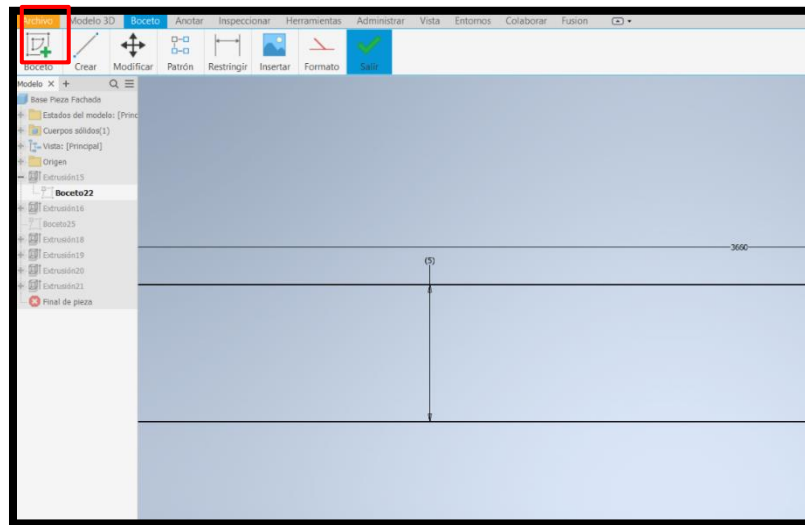


Ilustración 50. Desarrollo de boceto

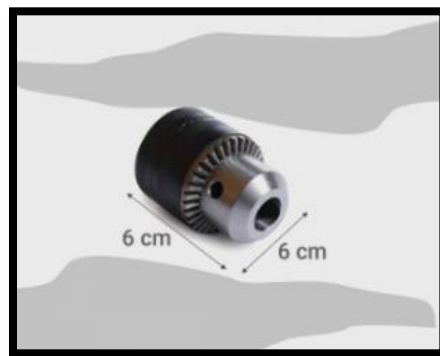
Fuente: Software Inventor

El espesor de los elementos que conforman esta pieza será de 5 mm, con un largo de 3660 mm y un alto de 190 mm, dimensiones que se asemejan a las del revestimiento Siding.

El ancho de la cámara es de 80 mm, de acuerdo con lo propuesto en el cálculo de transmitancia térmica que mostró mejores resultados.

Además, en la parte superior e inferior para la pieza de continuación y superior para la pieza base habrá un traslape de 50 mm para la unión entre piezas. Esta medida se debe a que, al momento de atornillar la pieza, parte del mandril del atornillador debe ingresar.

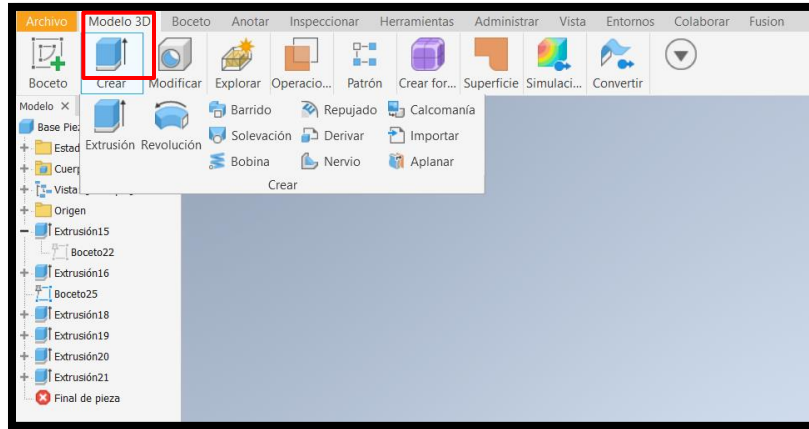
Las medidas estándar del mandril de un atornillador son las siguientes medidas:



*Ilustración 51. Dimensiones mandril atornillador*

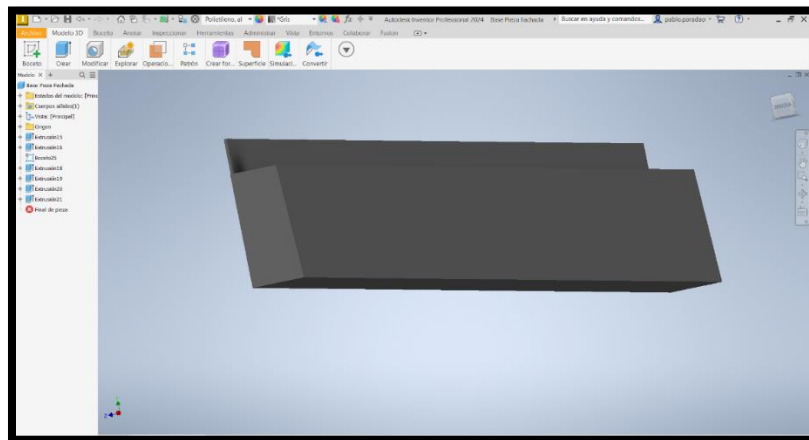
*Fuente: Software Inventor*

Al momento de finalizar el croquis 2D podemos llevar este boceto a 3 dimensiones a través de la herramienta extrusión.

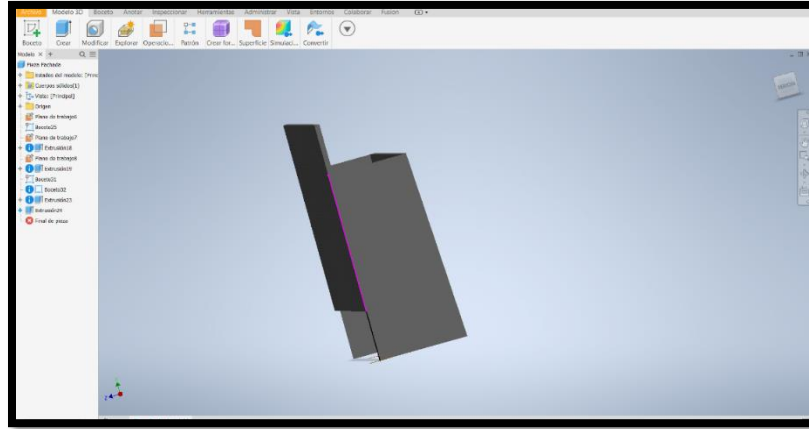


*Ilustración 52. Selección de herramienta extrusión*  
*Fuente: Software Inventor*

Finalmente se diseña la pieza base y de continuación.



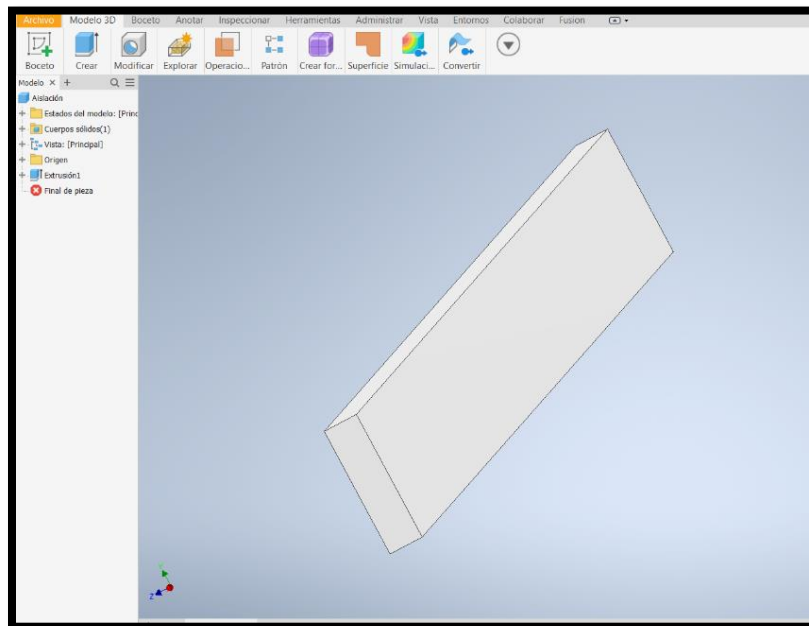
*Ilustración 53. Diseño pieza base*  
*Fuente: Software Inventor*



*Ilustración 54. Diseño pieza continuación*

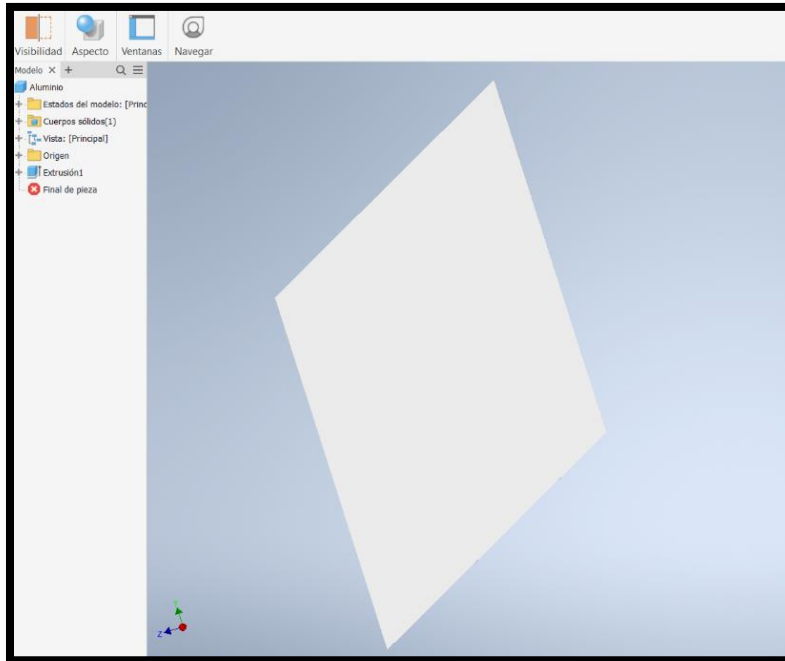
*Fuente: Software Inventor*

Para poder incorporar los otros componentes como la aislación y las caras aluminizadas se deben trabajar en archivos independientes.



*Ilustración 55. Diseño aislación térmica*

*Fuente: Software Inventor*

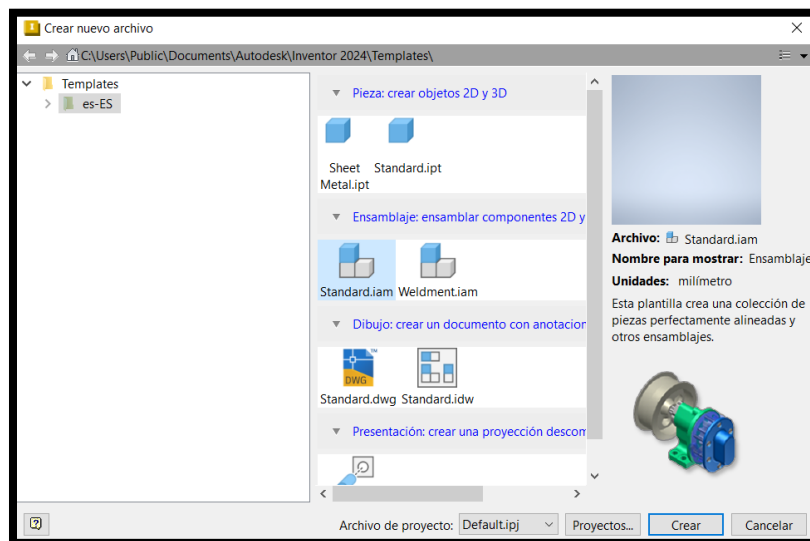


*Ilustración 56. Diseño cara aluminizada*

*Fuente: Software Inventor*

Luego se debe añadir los diferentes materiales en una nueva planilla, las cuales existen dos:

Plantilla de ensamble estándar: Esta planilla crea una colección de piezas perfectamente alineadas y otros ensamblajes, en este caso se utilizará esta planilla.



*Ilustración 57. Plantilla ensamble estándar*

*Fuente: Software Inventor*

Plantilla de ensamble Weldment: Esta plantilla está dedicada a lo que es ensamble de piezas metálicas unidas mediante soldadura.

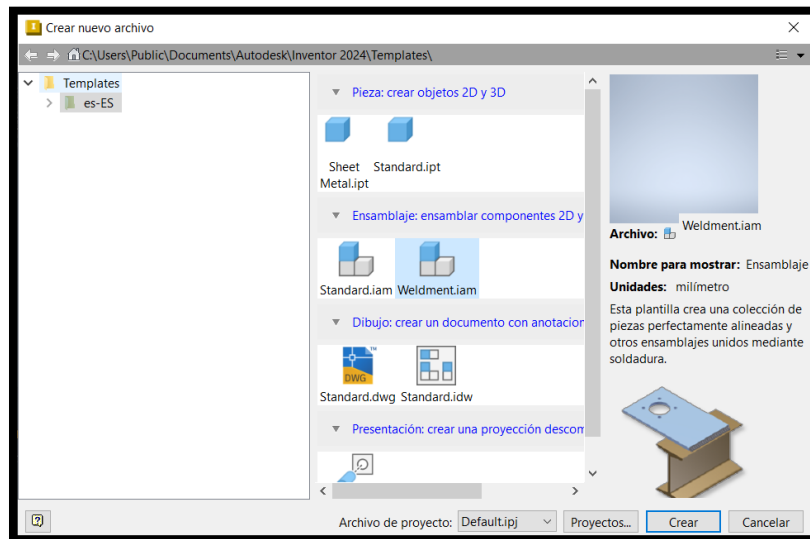


Ilustración 58. Plantilla ensamble weldment

Fuente: Software Inventor

Posteriormente a través de la herramienta componente – insertar puedo añadir cada material.

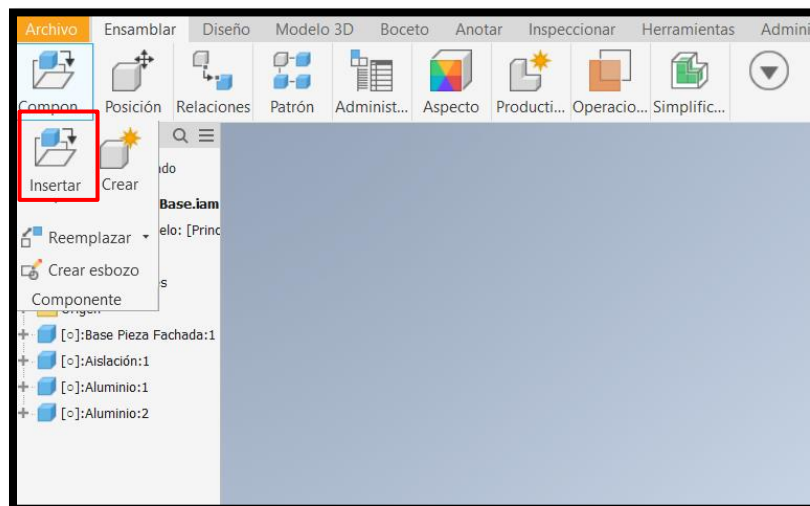
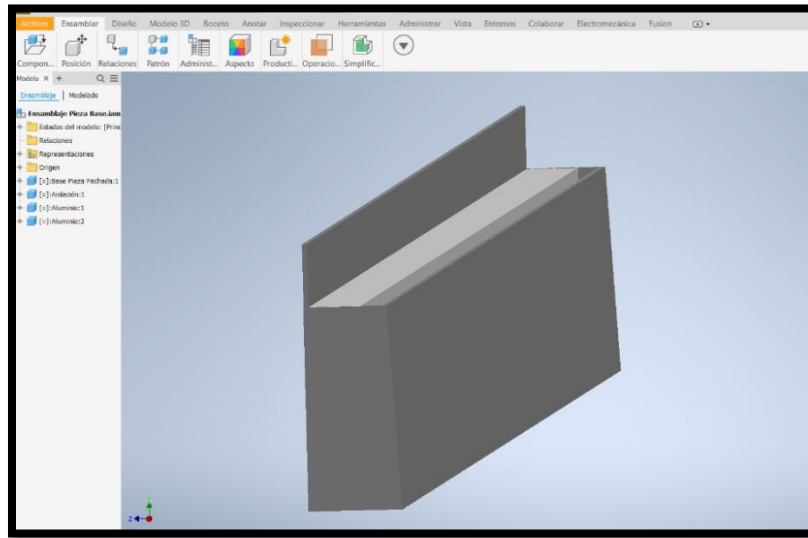


Ilustración 59. Insertar piezas

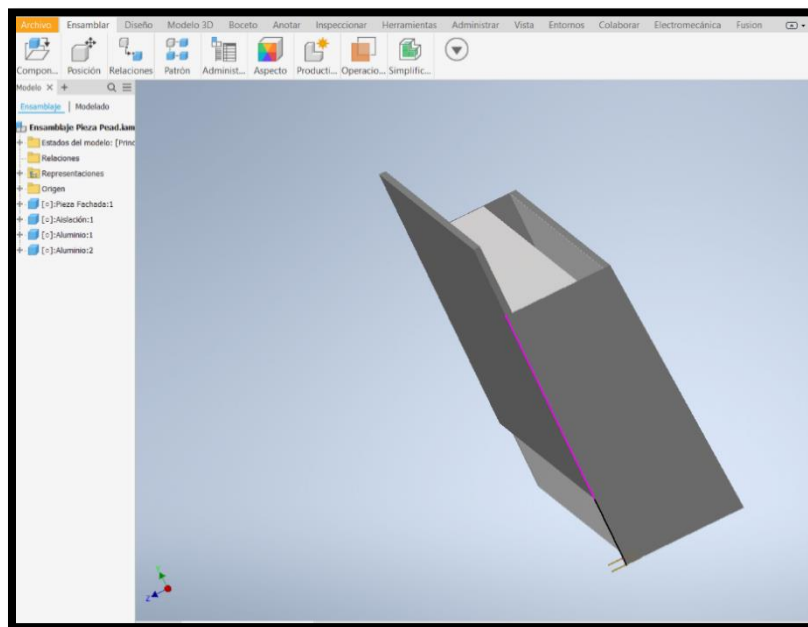
Fuente: Software Inventor

Finalmente se inserta cada materialidad tanto a la pieza base como la de continuación.



*Ilustración 60. Diseño pieza base ensamble*

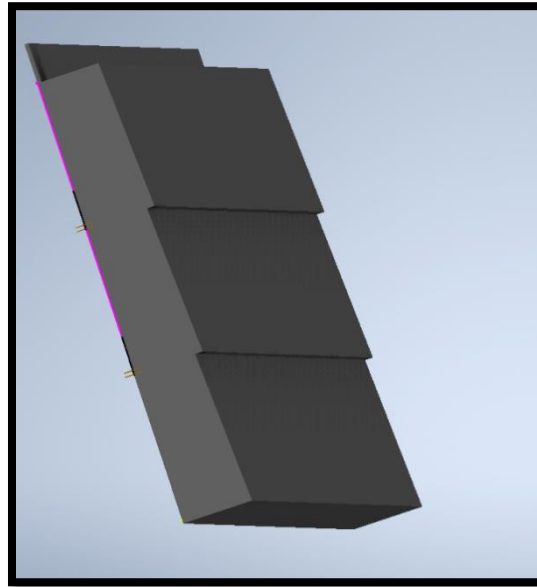
*Fuente: Software Inventor*



*Ilustración 61. Diseño pieza continuación - ensamble*

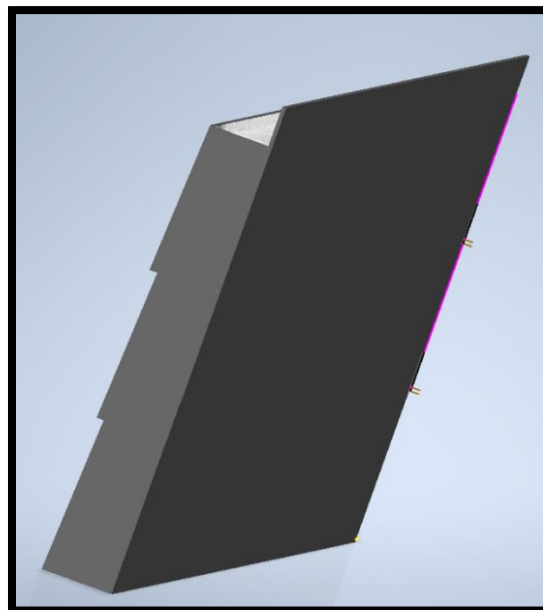
*Fuente: Software Inventor*

Para terminar, se ensamblan tanto la pieza base como la pieza continuación para verificar el correcto ensamble de ambas piezas.



*Ilustración 62. Muro PEAD - vista frontal*

*Fuente: Elaboración propia*



*Ilustración 63. Muro PEAD - vista posterior*

*Fuente: Elaboración propia*

## ELEMENTOS DE FIJACIÓN.

Como elemento de fijación para cada pieza se empleará el mismo tipo de tornillo utilizado en las instalaciones de revestimiento Siding. La selección del tornillo dependerá de las características específicas de la superficie a perforar. A continuación, se presentan en la Tabla N°67 las características y especificaciones del sistema de fijación según el tipo de superficie:

TORNILLOS FIBROCEMENTO										CARACTERÍSTICAS
<b>Fibrocemento Punta Espada</b>										<p>- La herramienta para su utilización es el atornillador eléctrico con regulador de profundidad y velocidad máxima de 2500 rpm, similar al utilizado en la instalación de planchas de yeso cartón.</p> <p>- La cabeza del tornillo se puede empastar, con masilla de cualquier tipo compatibles con la plancha (acrilicas, poliéster etc.).</p>
Código	Díametro mm	Largo "L"	Envase	Díametro mm Cabeza "A"	Díametro mm Rosca "D"	Espesor mín. fibrocemento mm	Ranura Phillips	Estilo de Punta		
<b>Ruspert</b>										
10TFCW	#10	1 1/4	100 U	10,00	Hi-Lo 4,8	4,00	#2	Espada		
20TFCW	#10	1 3/4	100 U							
<b>Fibrocemento Punta Broca</b>										
Código	Díametro mm	Largo "L"	Envase	Díametro mm Cabeza "A"	Díametro mm Rosca "D"	Espesor mín. plancha mm	Ranura Phillips	Numero Punta		
<b>Fosfatizado</b>										
100TFCA	#7(3,9)	1 1/4	100 U	7,0	Hi-Lo 3,9	4,00	#2	#2		
120TFCA	#7(3,9)	1 3/4	100 U							
<b>Fibrocemento Punta Fina</b>										
Código	Díametro mm	Largo "L"	Envase	Díametro mm Cabeza "A"	Díametro mm Rosca "D"	Espesor mín. plancha mm	Ranura Phillips			
<b>Fosfatizado</b>										
100TFCF	#7(3,9)	1 1/4	100 U	7,0	Hi-Lo 3,9	4	#2			
120TFCF	#7(3,9)	1 3/4	100 U							

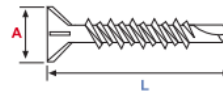


Tabla 72. Especificaciones tipos de fijaciones

Fuente: Ficha técnica Mamut

Además, de acuerdo con la ficha técnica recomendaciones del fabricante "Mamut", se establecen específicas para la correcta fijación de los tornillos, incluyendo la consideración de distanciamientos mínimos entre los puntos de fijación. Estas directrices son fundamentales para garantizar la estabilidad y el desempeño adecuado de la instalación.

### DATOS TECNICOS

**Instalación Correcta**

Los Fabricantes de estas planchas de Fibrocemento recomiendan que estas fijaciones deban quedar separadas entre si a una distancia máxima de 30cm.

Las fijaciones perimetrales de las placas deben estar a una distancia mínima del borde de 15mm.

**Instalación Incorrecta**

Correcto	✓	Incorrecto	✗

*Ilustración 64. Datos técnicos de fijación correcta*

*Fuente: Ficha técnica Mamut*

### COMO SE USA

Coloque el tornillo perpendicular a la zona de trabajo. Accione el atornillador lentamente.

Perfore el perfil y aumente la velocidad.

Se inicia el avellanado de la plancha para esconder la cabeza.

La operación se termina cuando la cabeza del tornillo queda escondida en la plancha.

Fin de la operación.

*Ilustración 65. Método de fijación*

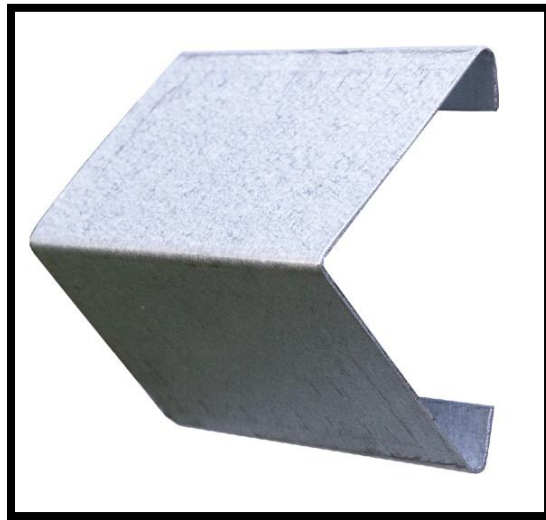
*Fuente: Ficha técnica Mamut*

## **PERFILES.**

Los perfiles seleccionados para los encuentros, ya sea entre muros, ventanas y puertas, así como los perfiles de inicio y término, son los siguientes:

### **Perfil Esquinero**

Se utilizan en las esquinas de fachadas con revestimiento para proteger y rematar las uniones.



*Ilustración 66. Perfil esquinero  
Fuente: Imagen Web - Volcan*

## **Perfil J**

Se utiliza para rematar los bordes expuestos del revestimiento, especialmente en las zonas donde termina la instalación, como esquinas, ventanas o puertas. Su diseño en forma de "J" permite un cierre limpio y profesional.

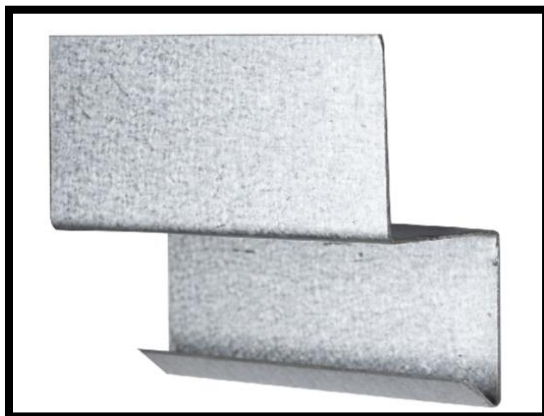


*Ilustración 67. Perfil J*

*Fuente: Imagen Web - Volcan*

## **Perfil Corta Gotera**

Su diseño está pensado para redirigir el agua de lluvia o humedad lejos de las superficies verticales y prevenir filtraciones hacia el interior de la estructura.



*Ilustración 68. Perfil corta gotera*

*Fuente: Imagen Web - Volcan*

## ELABORACIÓN DE PROTOTIPO

Para la elaboración del prototipo, es fundamental determinar el material del molde a utilizar. Con este propósito, se evaluarán tres opciones con el fin de seleccionar la alternativa más viable en términos de costos, durabilidad y eficiencia en el proceso de fabricación.

### Molde en Base a Zinc Liso Galvanizado

Para la elaboración del molde, se utilizó una plancha de 0,35 mm de espesor. Posteriormente, mediante el uso de una plegadora, se procedió a darle la forma requerida de acuerdo con las especificaciones del diseño.



*Ilustración 69. Fabricación molde – Zinc liso*

*Fuente: Elaboración propia*

Durante el proceso de fabricación del molde, se presentó un problema debido a que algunos plegados requerían dimensiones de 5 mm. La plegadora no logró generar ángulos de 90°, y, además, debido al reducido espesor de la plancha (0,35 mm), el material no logró mantener la forma diseñada. Por estas razones, se descartó esta opción como viable para la elaboración del molde.



*Ilustración 70. Desperfecto – Proceso de plegado*

*Fuente: Elaboración propia*

### **Molde en Base a Cemento o Yeso**

La siguiente alternativa consistió en la elaboración de un molde utilizando cemento o yeso, con el objetivo de trabajar el polietileno de alta densidad (PEAD) reciclado mediante el método de vaciado en caliente. Para ello, se fabricó un molde que imitaba el diseño requerido, permitiendo evaluar su viabilidad en términos de forma y funcionalidad.



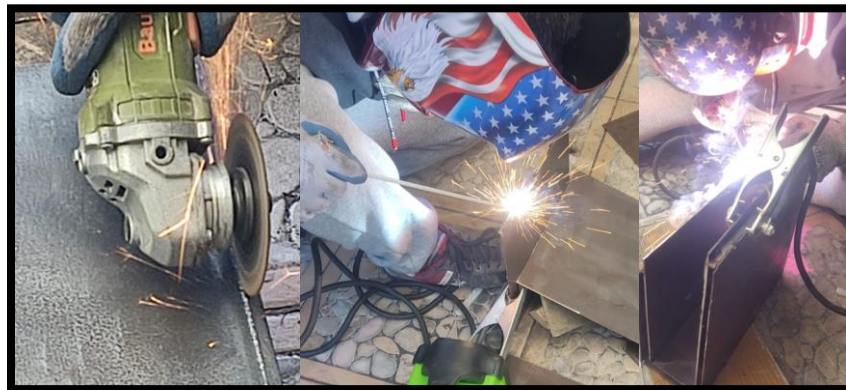
*Ilustración 71. Fabricación molde - Cemento*

*Fuente: Elaboración propia*

Los problemas que hicieron inviable este método fueron, en primer lugar, la alta probabilidad de que el molde se rompiera durante la extracción de la pieza, lo que impidió su reutilización. En segundo lugar, al calentar el material y verterlo en el molde, el polietileno de alta densidad (PEAD) reciclado se solidificaba en un tiempo aproximado de dos minutos, dificultando su correcta distribución, especialmente en piezas con espesores de 5 mm. Estas limitaciones evidencian que el método no resulta adecuado para lograr los resultados esperados.

### **Molde en Base a Placas Soldadas**

La última opción consistió en la elaboración de un molde utilizando láminas de acero de 2 mm de espesor, unidas mediante soldadura al arco. El proceso incluyó el corte preciso de las piezas requeridas y su posterior ensamblaje a través de soldadura, permitiendo obtener la forma final del molde de acuerdo con el diseño especificado.



*Ilustración 72. Fabricación molde – Placas soldadas*

*Fuente: Elaboración propia*

Si bien el molde no generó complicaciones durante su uso, se identificaron dificultades en el proceso de fundición debido a las limitaciones del horno empleado. El principal inconveniente fue la necesidad de fundir el polietileno de alta densidad (PEAD) en partes y posteriormente rellenar el molde de forma gradual. Este procedimiento resultó ineficiente, ya que prolongó significativamente los tiempos de fabricación. En concreto, se logró completar únicamente la mitad de una probeta después de un tiempo de operación de aproximadamente cinco horas.

## **CAPITULO 3: EVALUAR LA VIABILIDAD ECONÓMICA DEL SISTEMA DE AISLACIÓN TÉRMICA UTILIZANDO PEAD RECICLADO EN TÉRMINOS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN.**

### **Generalidades**

En el presente capítulo se evaluarán los costos asociados a la producción de un sistema constructivo basado en polietileno de alta densidad (PEAD) reciclado. El análisis se realizará en términos de costos de producción, considerando una simulación de la creación de una miniempresa. Esta simulación incluye la definición de su ubicación, personal requerido, herramientas, equipos necesarios y otros recursos que permitan estimar de manera precisa y cercana los costos asociados.

Como referencia metodológica, se utilizarán los pasos y lineamientos propuestos por la iniciativa "Precious Plastic", una plataforma de código abierto que ofrece guías detalladas sobre cómo establecer empresas enfocadas en el segundo uso del plástico reciclado (Precious Plastic, s.f.). Este enfoque permitirá estructurar la evaluación con base en experiencias probadas y en un marco práctico aplicable a proyectos de reciclaje de plástico.

### **MERCADO OBJETIVO**

#### **Clientes potenciales:**

- Constructoras: Interesados en proyectos eficientes y sostenibles.
- Propietarios de Viviendas: Enfocados en reducir costos de calefacción y mejorar la eficiencia energética.
- Instituciones Gubernamentales: Que promuevan subsidios para reacondicionamiento térmico en viviendas sociales.

### **Segmentación geográfica:**

- Concepción Metropolitano y alrededores.

### **Tamaño del mercado:**

- Según estimaciones del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), más del 40% de las viviendas en Concepción no cumplen con estándares óptimos de aislación térmica.

### **Análisis de la Competencia**

- **Competidores directos:**
  - Empresas que fabrican sistemas EIFS (sistema de aislamiento exterior).
  - Proveedores de paneles de aislamiento tradicionales (lana mineral, poliestireno expandido).
- **Competidores indirectos:**
  - Materiales convencionales como madera o revestimiento vinílico.
- **Diferenciación:**
  - Producto fabricado con PEAD reciclado, más sostenible que las alternativas actuales.
  - Menor huella de carbono y costos competitivos frente a materiales tradicionales.

## **Factores de demanda**

- **Tendencias:**
  - Aumento en la implementación de normativas térmicas según la OGUC.
  - Consumidores más conscientes del impacto ambiental y los beneficios económicos de la eficiencia energética.
- **Motivaciones del cliente:**
  - Reducción de costos de calefacción y refrigeración.
  - Cumplimiento de requisitos para subsidios de reacondicionamiento térmico.
  - Mayor confort habitacional.

## **Estrategia comercial**

- **Propuesta de valor:**
  - Revestimientos que ofrecen doble beneficio: estética y aislamiento térmico eficiente.
  - Producto sostenible que apoya la economía circular y cumple con normativas térmicas chilenas.
- **Segmentación de precios:**
  - Enfocados en ser competitivo frente a sistemas tradicionales, destacando beneficios a largo plazo (ahorro energético).
- **Canales de distribución:**
  - Venta directa a constructoras e inmobiliarias.
  - Alianzas con distribuidores de materiales de construcción.

- Programas gubernamentales de reacondicionamiento térmico.
- **Marketing:**
  - Campañas informativas sobre los beneficios de los revestimientos en PEAD reciclado.
  - Certificaciones de sostenibilidad y eficiencia térmica.
  - Demostración de casos de éxito locales.

## ANÁLISIS FODA

### Fortalezas (F)

1. **Cumplimiento normativo:** Cumple con las exigencias térmicas chilenas establecidas en la OGUC y con políticas del PDA.
2. **Eficiencia energética:** Producto con propiedades aislantes que mejoran el rendimiento térmico de las viviendas.
3. **Disponibilidad de materia prima:** Abundancia de residuos plásticos en la Región del Biobío, asegurando un suministro constante y económico.
4. **Innovación:** Poca competencia en el mercado de revestimientos térmicos fabricados con plástico reciclado.

## **Oportunidades (O)**

1. **Demanda creciente de construcción sostenible:** Consumidores y constructoras buscan materiales ecológicos y eficientes.
2. **Subsidios y apoyo gubernamental:** Acceso a financiamiento estatal para proyectos de reacondicionamiento térmico.
3. **Conciencia ambiental:** Incremento en la preferencia por materiales que contribuyen a la mitigación del cambio climático.
4. **Expansión de mercado:** Posibilidad de diversificar productos para otras aplicaciones térmicas e industriales.
5. **Alianzas estratégicas:** Potencial para establecer acuerdos con recicladores base, municipios y constructoras.

## **Debilidades (D)**

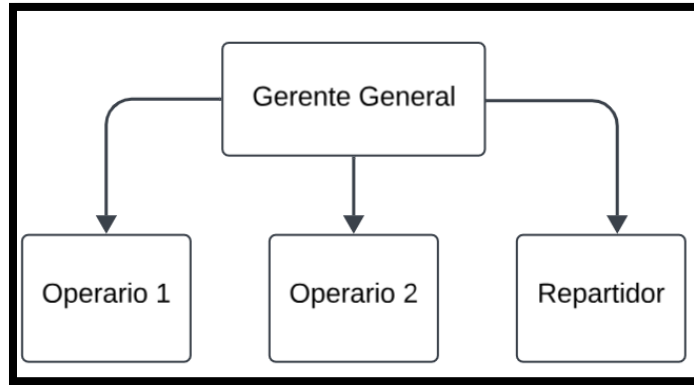
1. **Falta de reconocimiento de marca:** Producto nuevo en un mercado dominado por materiales tradicionales.
2. **Resistencia al cambio:** Consumidores y constructoras pueden ser reacciones a probar materiales innovadores.
3. **Logística compleja:** Recolección y transporte de PEAD reciclado puede requerir infraestructura adicional.

## **Amenazas (A)**

1. **Competencia de materiales convencionales:** Sistemas como EIFS y siding tienen amplia aceptación y reputación consolidada.
2. **Volatilidad del mercado de plásticos reciclados:** Cambios en la oferta y demanda de PEAD reciclado pueden afectar costos.
3. **Regulaciones adicionales:** Normas más estrictas o impuestos pueden aumentar los costos operativos.
4. **Condiciones económicas:** Las fluctuaciones en el sector de construcción afectan la demanda de materiales.
5. **Competencia emergente:** Otras empresas podrían entrar al mercado con productos similares.

## **ORGANIGRAMA**

El tipo de organigrama diseñado para la miniempresa es **lineal**, lo que implica que cada miembro del equipo tiene una relación directa y jerárquica con un superior inmediato. Esta estructura se adapta a las necesidades de una pequeña empresa, permitiendo una toma de decisiones ágil y una clara delimitación de funciones.



*Ilustración 73. Organigrama*

*Fuente: Elaboración propia*

## UBICACIÓN

Se identificó un local ubicado en **Manuel Gutiérrez 356, Concepción**, que cumple con los criterios de proximidad a diversos locales de venta de materiales de construcción, facilitando el comercio de los productos elaborados.

Las características principales del local son las siguientes:

- **Superficie:** 55 m<sup>2</sup>.
- **Costo mensual:** \$800.000 CLP.

La ubicación estratégica y las características del local lo convierten en una opción viable para establecer la miniempresa, considerando tanto la logística de suministro como el espacio disponible para las operaciones.

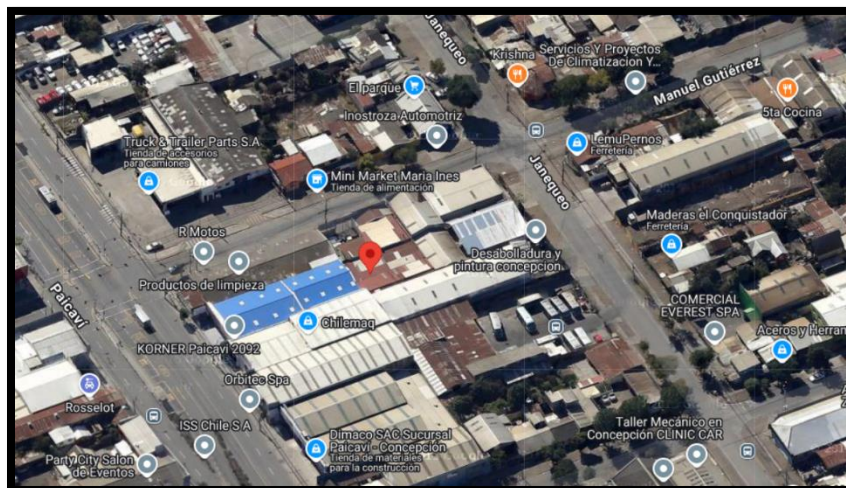


Ilustración 74. Ubicación local

Fuente: Google Maps

## MAQUINARIA Y EQUIPOS

Para garantizar el funcionamiento óptimo del sistema de reacondicionamiento térmico basado en polietileno de alta densidad (PEAD) reciclado, se recomienda emplear las siguientes maquinarias esenciales, de acuerdo con las guías propuestas por (Precious Plastic, s.f.).

**Balanza Industrial:** Herramienta indispensable para medir con precisión las cantidades de material reciclado utilizadas en cada lote de producción, asegurando consistencia en el producto final.

En este caso se utilizará como referencia una balanza digital de 300 kg acero diamantado B-300A Ventus, de un costo de \$55.990.



*Ilustración 75. Balanza digital B-300A*

*Fuente: Imagen web*

**Trituradora de Plástico:** Responsable de reducir los residuos de PEAD reciclados en partículas más pequeñas, facilitando su procesamiento en la extrusora.

La trituradora de referencia a utilizar es la Trituradora pro de Precious Plastic con un valor de \$2.274.756.



*Ilustración 76. Trituradora pro*

*Fuente: [www.PreciousPlastic.com](http://www.PreciousPlastic.com)*

Sus características son las siguientes:

- Dimensiones: 1205 x 550 x 1512 mm.
- Peso: 340 Kilogramos.
- Potencia: 2.200 W
- Rendimiento: 50 kg por hora.

**Máquina Extrusora:** Permite fundir el plástico triturado y moldearlo en la forma deseada. Es una herramienta clave para la producción de elementos uniformes y de alta calidad.

La extrusora de referencia a utilizar es la Extrusión Pro de Precious Plastic con un valor de \$2.067.960.



*Ilustración 77. Extrusión pro  
Fuente: [www.PreciousPlastic.com](http://www.PreciousPlastic.com)*

Sus características son las siguientes:

- Dimensiones: 1500 x 600 x 1550 mm.
- Peso: 110 kilogramos.
- Potencia: 5.000 W
- Rendimiento: 20kg por hora.

**Ingleteadora:** Maquina utilizada para el perfilado de piezas retiradas de la extrusora.

Se usará como referencia una maquina ingleteadora de la marca Makita modelo Ls110Of de un valor de \$ 495.944.



*Ilustración 78. Makita modelo Ls110Of*

*Fuente: Imagen web*

Sus características son las siguientes:

- Dimensiones: 740 x 490 mm.
- Potencia: 1450 W

## **COSTOS FIJOS**

Los costos fijos asociados a la producción del sistema de reacondicionamiento térmico basado en PEAD reciclado se han definido de forma aproximada, considerando los siguientes elementos:

**Consumo de maquinaria y equipos:** Energía requerida para el funcionamiento de trituradoras, extrusoras y hornos.

**Servicios básicos:** Internet, agua y electricidad necesarios para la operación.

**Publicidad:** Promoción del producto mediante marketing digital y materiales publicitarios.

**Arriendo:** \$800.000 CLP mensuales por el local en Manuel Gutiérrez 356, Concepción (55 m<sup>2</sup>).

**Mantenición:** Se considera la realización de mantenciones preventivas para la máquina extrusora y la trituradora. Según (rpi Chile, s.f.), el costo por mantención preventiva es de \$384.156 + IVA por equipo. Estas mantenciones se programarán con una periodicidad semestral para garantizar el correcto funcionamiento y la durabilidad de las maquinarias.

Costos Fijos		
Nombre	Costo Mensual	Costo x Hora
Electricidad	\$ 1.000.000	\$ 6.250
Agua	\$ 70.000	\$ 438
Arriendo	\$ 800.000	\$ 5.000
Mantenición	\$ 152.382	\$ 952
Internet	\$ 50.000	\$ 313
Publicidad RRSS	\$ 30.000	\$ 188
	Total	\$ 13.140

*Tabla 73. Costos fijos*

*Fuente: Elaboración propia*

## COSTOS DE PRODUCCIÓN

Se determinarán los costos de producción para la elaboración de una pieza, considerando las materias primas necesarias, las cuales incluyen lo siguiente:

Costos de Producción		
Material	Costo Pieza Base	Costo Pieza Continuación
Poliestireno Expandido	\$ 2.454	\$ 2.454
Aluminio	\$ 609	\$ 609
PEAD	\$ 3.600	\$ 3.000
Adhesivo Montaje	\$ 1.856	\$ 1.856
Total	\$ 8.519	\$ 7.919

Tabla 74. Costos de producción

Fuente: Elaboración propia

## GASTOS POR PLANILLA

Los sueldos por trabajador de acuerdo con el organigrama transformados en horas son los siguientes:

Gastos por Planilla		
Cargo	Sueldo Mensual Base	Sueldo x Hora
Operario 1	\$ 500.000	\$ 3.125
Operario 2	\$ 500.000	\$ 3.125
Gerente General	\$ 900.000	\$ 5.625
Total	\$ 1.900.000	\$ 11.875

Tabla 75. Gastos por planilla

Fuente: Elaboración propia

## TIEMPOS DE FABRICACIÓN

Se determinarán los costos de producción para la elaboración de una pieza, considerando las materias primas necesarias, las cuales incluyen:

Tiempo de Fabricación de Productos	
Producto	Horas de Dedicación
Pieza Base	0,15
Pieza Continuación	0,13

Tabla 76. Tiempos de fabricación

Fuente: Elaboración propia

## DEPRECIACIÓN.

De acuerdo con la página del Servicio de Impuestos Internos (SII, s.f.), la vida útil de las maquinarias y equipos utilizados en el proceso de producción se define según las categorías establecidas en las normativas tributarias chilenas. Estas directrices permiten calcular la depreciación anual y determinar los costos asociados durante su periodo de uso proyectado.

Depreciación				
Nombre	Inversión	Vida Útil (Años)	Depreciación (Año)	Depreciación (Hora)
Vehiculo	\$ 24.978.100	7	\$ 3.568.300	\$ 407
Extrusora	\$ 2.067.960	10	\$ 206.796	\$ 24
Trituradora de Plastico	\$ 2.274.756	10	\$ 227.476	\$ 26
Ingleteadora	\$ 495.944	3	\$ 165.315	\$ 19
Mobiliario	\$ 1.500.000	7	\$ 214.286	\$ 24
Balanza Industrial	\$ 55.900	3	\$ 18.633	\$ 2
Computador	\$ 300.000	3	\$ 100.000	\$ 11
Total			\$ 4.500.805	\$ 514

Tabla 77. Depreciación

Fuente: Elaboración propia

## INSUMOS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

De acuerdo con el personal operacional mencionado en la Imagen N°76, se definen los elementos de protección personal (EPP) requeridos para cada trabajador, junto con los siguientes insumos esenciales:

Insumos y Elementos de Protección Personal						
Elemento	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	Vida Util Estimada (Años)	Depreciación (Años)	Depreciación (Horas)
Casco	3	\$ 2.600	\$ 7.800	3	\$ 2.600	\$ 1,0
Zapatos de Seguridad	3	\$ 25.000	\$ 75.000	1	\$ 75.000	\$ 9
Antiparras	18	\$ 4.000	\$ 72.000	1	\$ 72.000	\$ 8
Máscara 3m 6300	3	\$ 39.890	\$ 119.670	3	\$ 39.890	\$ 5
Filtro Mascara 3m	9	\$ 12.590	\$ 113.310	1	\$ 113.310	\$ 13
Articulos de Oficina	1	\$ 400.000	\$ 400.000	1	\$ 400.000	\$ 46
Caja Organizadora	20	\$ 12.000	\$ 240.000	1	\$ 240.000	\$ 27
Total					\$ 942.800	\$ 108

Tabla 78. Insumos y elementos de protección personal

Fuente: Elaboración propia

## COSTO DE FABRICACIÓN

### Resumen de costos

De acuerdo con los datos anteriores se logra obtener el siguiente costo de fabricación por hora.

Resumen de Costos		
N°	Item	Costos Hora
1	Costos Fijos	\$ 13.140
2	Costos por Planilla	\$ 11.875
3	Maquinarias y Equipos	\$ 514
4	Permisos	\$ 2
5	Insumos y EPP	\$ 108
Sumatoria Total:		\$ 25.639

Tabla 79. Resumen de costos

Fuente: Elaboración propia

### Costo fabricación pieza base

De acuerdo con los datos recopilados en las Tablas N°74, 76 y 79, se ha definido el costo de producción correspondiente a la pieza base.

Costo de Fabricación Pieza Base		
N°	Item	Costo Unitario
1	Materiales	\$ 8.519
2	Costos de Producción	\$ 3.846
Costo Total:		\$ 12.365

Tabla 80. Costo de fabricación pieza base

Fuente: Elaboración propia

### Costo fabricación pieza continuación

De acuerdo con los datos recopilados en las Tablas N°74, 76 y 79, se ha definido el costo de producción correspondiente a la pieza de continuación.

Costo de Fabricación Pieza de Continuación		
N°	Item	Costo Unitario
1	Materiales	\$ 7.919
2	Costos de Producción	\$ 3.333
Costo Total:		\$ 11.252

Tabla 81. Costo de fabricación pieza continuación

Fuente: Elaboración propia

## PRECIO DE VENTA

Para estimar el precio de venta para cada producto se consideró un margen de ganancia del 50% para lo cual se utilizó la siguiente fórmula para definir el valor de venta de cada producto:

$$\text{Costo del producto} / (1 - \% \text{ de ganancia})$$

### Precio de venta pieza base

El valor de venta correspondiente a la pieza base corresponde a lo siguiente:

Pieza Base	
Precio Venta	\$ 24.730
Costo Venta	\$ 12.365
Margen Bruto	\$ 12.365
%Margen de Ganancia	50%
Precio Venta Con IVA	\$ 29.428

Tabla 82. Costo de venta pieza base

Fuente: Elaboración propia

### Precio de venta pieza continuación

El valor de venta correspondiente a la pieza de continuación corresponde a lo siguiente:

Pieza Continuación	
Precio Venta	\$ 22.504
Costo Venta	\$ 11.252
Margen Bruto	\$ 11.252
%Margen de Ganancia	50%
Precio Venta Con IVA	\$ 26.780

Tabla 83. Costo de venta pieza continuación

Fuente: Elaboración propia

## COMPARACIÓN DE PRECIOS

En el siguiente cuadro comparativo se define el valor por metro cuadrado de los materiales constitutivos al sistema EIFS obtenido desde (Mercado Libre, s.f.) logrando el siguiente resultado.



Ilustración 79. Valor sistema EIFS

Fuente: Imagen web

A través de la regla de tres se define el costo por un metro cuadrado de \$85.980 pesos.

Si lo comparamos con el valor por metro cuadrado de la pieza base y de continuación se obtienen los siguientes resultados:

Item	Valor M2
Sistema EIFS	\$ 85.980
Pieza Base PEAD	\$ 42.230
Pieza Continuación PEAD	\$ 38.429
Pieza Base + Continuación	\$ 31.128

Tabla 84. valor metro cuadrado sistema PEAD vs sistema EIFS

Fuente: Elaboración propia

## **CONCLUSIONES POR OBJETIVOS**

### **1. EXAMINAR LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS EN CUANTO A FÍSICA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PEAD RECICLADO COMPARADO CON EL SISTEMA EIFS**

En conclusión, los ensayos de laboratorio realizados demuestran que las propiedades térmicas del PEAD reciclado, por sí solas, no alcanzan los niveles de conductividad térmica necesarios para considerarlo un material aislante eficiente. No obstante, cuando se emplea como componente en un sistema compuesto, su desempeño resulta comparable al del sistema EIFS, logrando incluso mejores niveles de transmitancia térmica con una menor densidad de aislamiento. Además, su implementación permite eliminar en un 100% la generación de condensación en viviendas sin aislamiento en los muros, y reducir en un 20% el consumo de leña durante los meses más desfavorables para la vivienda en estudio. Finalmente, el proceso de fabricación del material, realizado a temperaturas controladas, no genera emisiones de CO<sub>2</sub>, contribuyendo de manera positiva a la sostenibilidad ambiental. Estos resultados posicionan al PEAD reciclado como una alternativa viable y ecoeficiente para aplicaciones en sistemas de aislamiento térmico en construcción.

## **2. DISEÑAR UN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR EN BASE A PEAD RECICLADO**

Se logró diseñar un sistema de aislamiento térmico empleando software CAD, integrando elementos de PEAD reciclados con cámaras de aire, componentes aislantes y capas reflectantes. Este diseño demostró ser técnicamente viable para su producción, requiriendo la fabricación en moldes de placas soldadas como etapa preliminar. Asimismo, se identificó que para elementos con un espesor de 6 mm es necesario utilizar máquinas extrusoras, garantizando así la precisión y la calidad en el proceso de fabricación. Estos resultados validan la aplicabilidad del diseño y su potencial para su implementación en sistemas de aislamiento térmico.

## **3. DISEÑAR UN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR EN BASE A PEAD RECICLADO**

El análisis económico realizado concluyó que el sistema de aislamiento basado en PEAD reciclado es altamente competitivo en comparación con el sistema EIFS, al presentar costos de venta un 36% inferiores. Este diferencial de costos posiciona al sistema como una alternativa económicamente atractiva para el mercado.

## **CONCLUSIÓN GENERAL**

La investigación demuestra que el PEAD reciclado es una alternativa viable para sistemas de aislamiento térmico al combinarse con materiales complementarios como poliestireno expandido. Aunque el PEAD por sí solo no cumple con las exigencias térmicas establecidas, su integración en sistemas compuestos permite alcanzar los estándares de las nuevas exigencias de la OGUC para Concepción Metropolitano, siendo competitivo en el mercado frente a soluciones existentes como el sistema EIFS.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Corporación Nacional Forestal (Conaf). (s.f.).  
3257/2022), (. (2022). *Calidad del Aire Interior (NCh 3257/2022)*.
- ASTM D638. (2022). ASTM International.
- CEDEUS. (22 de Septiembre de 2020). *CEDEUS -UC*. Obtenido de Cedeus.cl:  
[https://www.cedeus.cl/blog/2020/09/22/vivienda-y-pobreza-energetica-en-chile-desafios-contexto-actual/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.cedeus.cl/blog/2020/09/22/vivienda-y-pobreza-energetica-en-chile-desafios-contexto-actual/?utm_source=chatgpt.com)
- El Mundo. (16 de Octubre de 2024). *El Mundo*. Obtenido de elmundo.es:  
<https://www.elmundo.es/extras/energia/2024/10/16/670e970ce4d4d8d84c8b459c.html>
- Greenpeace. (s.f.). *Greenpeace Pacífico Sur 2024*. Obtenido de Greenpeace.org:  
<https://www.greenpeace.org/chile/tag/plasticos/>
- Instituto Nacional de Estadísticas. (s.f.). *INE*. Obtenido de Ine.gob.cl:  
[https://www.ine.gob.cl/estadisticas/sociales/censos-de-poblacion-y-vivienda#:~:text=El%20n%C3%BAmero%20de%20viviendas%2C%20en,0%2C2%25\)%20a%20colectivas.](https://www.ine.gob.cl/estadisticas/sociales/censos-de-poblacion-y-vivienda#:~:text=El%20n%C3%BAmero%20de%20viviendas%2C%20en,0%2C2%25)%20a%20colectivas.)
- Mercado Libre. (s.f.). *Mercado Libre*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-1919372140-mall-sistema-eifs-1-x-50-mtrs-fibra-de-vidrio-envio-gratis-\\_JM#polycard\\_client=search-nordic&position=4&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=ec75cfb0-1c87-4a5e-9de7-2b68b537e0ad](https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-1919372140-mall-sistema-eifs-1-x-50-mtrs-fibra-de-vidrio-envio-gratis-_JM#polycard_client=search-nordic&position=4&search_layout=stack&type=item&tracking_id=ec75cfb0-1c87-4a5e-9de7-2b68b537e0ad)
- NCH 853. (2007). *Acondicionamiento térmico - Envoltente térmica de edificios - Cálculo de resistencia y transmitancias térmicas*. Instituto Nacional de Normalización (INN).
- Oceana Chile. (s.f.). *Oceana*. Obtenido de [chile.oceana.org:  
https://chile.oceana.org/campanas/contaminacion-](https://chile.oceana.org/campanas/contaminacion-)

