



Facultad de Ingeniería

Escuela de Construcción Civil

**Anteproyecto de Mejoramiento Térmico, Lumínico y
de Accesibilidad para la Escuela Rural Heriberto
Bermúdez Cruz – San Felipe**

Por

Yan Franco Videla González

Trabajo de Título para optar al Título de Ingeniero
Constructor

Profesor Guía: Gianella Adofacci Cárdenas

Noviembre, 2023

Dedicatoria

A mis amados padres y hermanos, a mi abuelo Guillermo, y a mis invaluableles amigos: este logro es un reflejo de los valores y la sabiduría que han infundido en mí. Su apoyo constante y su amor incondicional me han guiado a lo largo de este desafiante pero gratificante viaje. Esta tesis es tanto mía como suya, y con profunda gratitud, se las dedico.

Índice General

Dedicatoria	2
Resumen	12
Abstrac.....	13
1. Antecedentes Generales	14
1.1 Planteamiento del problema	14
1.2 Estado del arte	17
1.2.1 Estudios térmicos y de Iluminación	17
1.2.2 Estudios de accesibilidad.....	19
1.2.3 Proyectos públicos para establecimientos educacionales.....	20
1.3 Objetivos	22
1.3.1 Objetivo general.....	22
1.3.2 Objetivos específicos.....	22
1.4 Alcances	22
2. Marco Teórico y Normativo	23
2.1 Escuela Heriberto Bermúdez	23
2.1.1 Reseña Histórica	23
2.1.2 Descripción del establecimiento.....	23
2.1.3 Sostenedor del establecimiento	25
2.1.4 Condiciones particulares de la comuna	25
2.2 Convocatoria a Proyectos de Conservación 2023	26
2.2.1 Actores Principales	26
2.2.2 Líneas de Financiamiento.....	27
2.3 Guía para intervenciones de conservación	28
2.4 Niveles de Iluminación.....	29
2.4.1 Normativa de Niveles de Iluminación.....	29
2.4.2 Teoría de Iluminación.....	31
2.5 Aspecto Térmico	33
2.5.1 Normativa Térmica	34
2.6 Herramientas de simulación	37
2.6.1 Simulación Térmica	37
2.6.2 Simulación Lumínica	37

2.7 Accesibilidad Universal	38
2.7.1 Normativa de Accesibilidad.....	38
2.8 Asbesto	45
2.8.1 Efectos en la salud.....	45
2.8.2 Normativa y Exigencias para el Retiro de Asbesto.....	46
3. Metodología de la Investigación	47
3.1 Fase preliminar:	47
3.2 Fase de recopilación de antecedentes y diseño:	48
3.3 Fase de aplicación.....	49
3.4 Fase de análisis	50
3.5 Fase de propuesta.....	50
4. Presentación y Análisis de Resultados.....	52
4.1 Evaluación del Comportamiento Térmico de la Envolvente Térmica	52
4.1.1 Desarrollo de la Experiencia para la Simulación Térmica.....	52
4.1.2 Desarrollo de la Experiencia y Resultados de Cálculos Normativos ...	60
Cálculos para muros (Caso Hormigón Armado).	65
4.1.3 Análisis de Resultados	70
4.1.4 Balance Energético de la Envolvente Térmica del Establecimiento	
Educacional.....	73
4.1.5 Determinación de Mejores Propuestas Técnicas de Mejora.....	74
4.1.6 Determinación de Propuestas Técnicas a Utilizar.....	88
4.2 Evaluación de las condiciones de accesibilidad	90
4.2.1 Desarrollo de la experiencia	90
4.2.2 Resultados y Análisis de Hallazgos.....	91
4.2.3 Resumen de Soluciones Propuestas	100
4.3 Evaluación del Nivel de Iluminación de Aulas de Clases.....	104
4.3.1 Desarrollo de la Experiencia.....	104
4.3.2 Resultados y Análisis de Hallazgos.....	111
4.3.3 Determinación de Propuestas de Mejora	122
4.4 Propuesta Técnica y Presupuestaria:.....	132
5. Conclusiones	133
5.1 Cumplimiento de Objetivos	133
5.2 Aportes y Futuras Investigaciones	135
Bibliografía	136

Anexos	139
Anexo 1: Registros fotográficos Accesibilidad	139
Anexo 2: Cotizaciones	143
Anexo 3: Itemizado Valorizado y Análisis de Precios Unitarios	144
Anexo 4: Planimetrías.....	158
Anexo 5: Especificaciones Técnicas	164
Anexo 6: Gastos Generales	186
Anexo 7: Programación	187

Índice De Figuras

Figura 1.1: Ventanas metálicas pabellón “b” del establecimiento educacional	15
Figura 1.2: Vista interior de aula de clases	15
Figura 1.3: Acceso al establecimiento	16
Figura 1.4: Tipos de proyectos	20
Figura 2.1: Plan de arquitectura del establecimiento	23
Figura 2.2: Emplazamiento del establecimiento	24
Figura 2.3: Ruta más corta hacia el centro de la comuna	24
Figura 2.4: Comportamiento de la reflexión difusa	32
Figura 2.5: Componentes de la envolvente térmica	34
Figura 2.6: Zonificación climática NCh 1079	35
Figura 2.7: Zonificación térmica nacional 	36
Figura 2.8: Ancho mínimo de circulación ruta accesible	38
Figura 2.9: Radio de giro y ancho de rampa	39
Figura 2.10: Pendientes permitidas en Chile	39
Figura 2.11: Pasamanos de dos alturas en rampa	40
Figura 2.12: Rampa de longitud menor a 1,50 m.....	40
Figura 2.13: Puerta de ingreso a espacio	41
Figura 2.14: Puerta de ingreso a espacio doble.....	41
Figura 2.15: Señalizaciones para baño accesible	42
Figura 2.16: Condiciones mínimas de baño accesible.....	42
Figura 2.17: Condiciones de altura para lavamanos accesible	43
Figura 2.18: Condiciones de altura para inodoro	44
Figura 2.19: Condiciones que deben cumplir accesorios del baño	44
Figura 3.1: Diagrama Metodología	51
Figura 4.1: Modelado Escuela Heriberto Bermúdez Cruz.....	52
Figura 4.2: Latitud y longitud Escuela Heriberto Bermúdez.....	53
Figura 4.3: Datos de ubicación y climáticos en DesingBuilder	54
Figura 4.4: Elevación Caso 1: Sala con Estructura de Madera	55
Figura 4.5: Elevación Caso 2: Sala con Estructura de Hormigón Armado	56
Figura 4.6: Definición de Materiales DesingBuilder	57
Figura 4.7: Definición de Propiedades Físicas Poliestireno Expandido.....	57
Figura 4.8: Programación Escuela HB	58
Figura 4.9: Panel de Configuración de Actividad	60
Figura 4.10: Ecuación Transmitancia Térmica (U) y Resistencia Térmica (RT).....	60
Figura 4.11: Ecuación Completa Transmitancia Térmica(U) y Resistencia Térmica (RT)	61
.....	61
Figura 4.12: Resistencias Térmicas Superficiales Según el Sentido del Flujo de Calor	61
.....	61
Figura 4.13: Sección de Tabique Utilizada para Cálculo	62
Figura 4.14: Emisividad a Considerar Según Cada Caso	63
Figura 4.15: Resistencia Térmica en Cámara de Aire no Ventilada (Caso: flujo horizontal)	63
Figura 4.16: Calculo (U) y (RT) Complejo Muro (Caso Tabique).....	64

Figura 4.17: Calculo (U) y (RT) Techumbre Flujo Ascendente.....	64
Figura 4.18: Calculo (U) y (RT) Techumbre Flujo Descendente.....	65
Figura 4.19: Ecuación Transmitancia Térmica (U) y Resistencia Térmica (RT).....	65
Figura 4.20: Calculo (U) y (RT) Complejo Muro (Caso Muro H.A).....	66
Figura 4.21: Tipología de Ventanas Existentes en Caso de Estudio.....	66
Figura 4.22: Transmitancia Térmica de Materialidades de Ventanas.....	67
Figura 4.23: Calculo (U) y (RT) Complejo Ventana.	67
Figura 4.24: Tipología de Puertas Existentes en Caso de Estudio	68
Figura 4.25: Puerta de Madera Hueca Referencial	68
Figura 4.26: Calculo (U) y (RT) Complejo Puerta Opaca (Caso Puerta Maciza).....	69
Figura 4.27: Calculo (U) y (RT) Complejo Puerta Opaca (Caso Puerta Hueca)	69
Figura 4.28: Calculo (U) y (RT) Propuesta Técnica 1 (Tabiquería).....	75
Figura 4.29: Calculo (U) y (RT) Propuesta Técnica 2 (Tabiquería).....	75
Figura 4.30: Calculo (U) y (RT) Propuesta Técnica 1 (Muro H.A)	79
Figura 4.31: Calculo (U) y (RT) Propuesta Técnica 2 (Muro H.A)	79
Figura 4.32: Calculo (U) y (RT) Propuesta Técnica 1 (Techumbre).....	82
Figura 4.33: Calculo (U) y (RT) Propuesta Técnica 2 (Techumbre).....	83
Figura 4.34: Calculo (U) y (RT) Propuesta Técnica 1 y 2 (Ventanas)	85
Figura 4.35: Ficha de Inspección Visual Rampas	90
Figura 4.36: Pendiente de Rampas Existentes	91
Figura 4.37: Existencia de Pasamanos en Rampas Existentes.....	92
Figura 4.38: Ancho de Rampas Existentes	92
Figura 4.39: Dimensiones de Plano Horizontal de Inicio y Fin.....	92
Figura 4.40: Utilización de Manera Autónoma de Rampas.....	93
Figura 4.41: Cumplimiento Individual y Global de Rampas.....	94
Figura 4.42: Ancho de Puertas Existentes	94
Figura 4.43: Mecanismo de Apertura en Puertas Existentes	95
Figura 4.44: Utilización de Manera Autónoma de Puertas.....	96
Figura 4.45: Cumplimiento Individual y Global de Puertas.....	96
Figura 4.46: Mediciones realizadas en Baño Universal	97
Figura 4.47: Irregularidades en Pabellones.....	98
Figura 4.48: Ancho de Pasillos	98
Figura 4.49: Desplazamiento de manera autónoma y sin dificultades en Pabellones ...	99
Figura 4.50: Cumplimiento Individual y Global de Pabellones y Acceso al Establecimiento.....	99
Figura 4.51: Sala de Clases 04 Escuela HB (Según Planta de Arquitectura)	105
Figura 4.52: Sala de Clases 04 Modelada en Dialux.....	105
Figura 4.53: Tipología 1 (Tipo “Ajedrez”)	107
Figura 4.54: Tipología 2 (Tipo “con bordes”).....	108
Figura 4.55: Luminarias Salas de Clases	110
Figura 4.56: Interfaz de Caracterización de Lámparas Dialux	111
Figura 4.57: Modelo 3D Aula 01, Escuela Heriberto Bermúdez	112
Figura 4.58: Modelo 3D Aula 02, Escuela Heriberto Bermúdez	113
Figura 4.59: Modelo 3D Aulas 03 y 04, Escuela Heriberto Bermúdez	114
Figura 4.60: Modelo 3D Aula 05, Escuela Heriberto Bermúdez	115
Figura 4.61: Modelo 3D Aula 06, Escuela Heriberto	116

Figura 4.62: Modelo 3D Aula 05 con Tonalidades de Aula 06	118
Figura 4.63: Modelo 3D Aula de Computación, Escuela Heriberto	119
Figura 4.64: Modelo 3D con Cambio de Color Muros Aula de Computación	120
Figura 4.65: Modelo 3D Aula de Prebásica, Escuela Heriberto	121
Figura 4.66: Modelo 3D Aulas Tipo con Tonalidad Negra.....	123
Figura 4.67: Sala Tipo con Colores Incluidos.....	128
Figura 4.68: Sala Tipo con Colores Incluidos.....	129
Figura 4.69: Sala Tipo con Colores Incluidos.....	130

Índice De Gráficos

Gráfico 1.1: Cantidad de proyectos licitados.....	20
Gráfico 1.2: Problemáticas abordadas por la Municipalidad de San Felipe	21
Gráfico 4.1: Balance Energético Envolvente Térmica (Actual)	73
Gráfico 4.2: Balance Energético Envolvente Térmica (Tabiquería)	77
Gráfico 4.3: Balance Energético Envolvente Térmica (Muros H.A)	81
Gráfico 4.4: Balance Energético Envolvente Térmica (Techumbre)	84
Gráfico 4.5: Balance Energético Envolvente Térmica (Ventanas).....	87
Gráfico 4.6: Resumen de Niveles de Cumplimiento al Decreto N°50	100
Gráfico 4.7: Niveles de Iluminación para cada tonalidad (Cielos)	124
Gráfico 4.8: Niveles de Iluminación para cada tonalidad (Muros).....	125
Gráfico 4.9: Niveles de Iluminación para cada tonalidad (Pisos).....	127

Índice De Tablas

Tabla 2.1: Financiamiento máximo en base a matrícula del establecimiento	27
Tabla 2.2: Presupuesto regional	27
Tabla 2.3: Iluminación mínima en LUX.....	29
Tabla 2.4: Iluminación mínima de edificios educativos en LUX.....	30
Tabla 2.5: Coeficiente de reflexión según tipo de material, superficie y acabado	33
Tabla 2.6: Valores según componente de la envolvente térmica.....	36
Tabla 4.1: Propiedades físicas requeridas para cada materialidad	55
Tabla 4.2: Ocupantes del Establecimiento Educativo Según Jerarquización.....	59
Tabla 4.3: Cálculo Densidad Ocupacional Espacios Mas Ocupados	59
Tabla 4.4: Cuadro Comparativo Complejo de Muro	70
Tabla 4.5: Cuadro Comparativo Complejo de Techumbre	71
Tabla 4.6: Cuadro Comparativo Complejo de Techumbre con Material Aislante	71
Tabla 4.7: Cuadro Comparativo Complejo de Ventana	72
Tabla 4.8: Cuadro Comparativo Complejo de Puerta.....	72
Tabla 4.9: Cuadro Comparativo Propuestas Técnicas	76
Tabla 4.10: Porcentaje de Disminución de Pérdidas y Ganancias de Calor	78
Tabla 4.11: Cuadro Comparativo Propuestas Técnicas (Muro H.A).....	80
Tabla 4.12: Porcentaje de Disminución de Pérdidas y Ganancias de Calor	81
Tabla 4.13: Cuadro Comparativo Propuesta Técnica 1 (Techumbre)	83
Tabla 4.14: Porcentaje de Disminución de Pérdidas y Ganancias de Calor	84
Tabla 4.15: Cuadro Comparativo Propuestas Técnicas (Ventana)	85
Tabla 4.16: Porcentaje de Disminución de Pérdidas y Ganancias de Calor	87
Tabla 4.17.: Resumen de Intervenciones para Rampas	101
Tabla 4.18: Resumen de Intervenciones para Desniveles.....	101
Tabla 4.19: Resumen de Intervenciones para Puertas	102
Tabla 4.20: Resumen de Intervenciones para Baño Universal.....	102
Tabla 4.21: Resumen de Intervenciones para Pasillos.....	103
Tabla 4.22: Características de Muros	106
Tabla 4.23: Características de Cielos.....	107
Tabla 4.24: Características de Pisos	109
Tabla 4.25: Características de Pisos	109
Tabla 4.26: Características Lámparas Fluorescentes Existentes	110
Tabla 4.27: Cuadro Comparativo Sala 03 y 04 Respecto a las Anteriores	114
Tabla 4.28: Cuadro Comparativo Sala 05 Respecto a las Anteriores	116
Tabla 4.29: Cuadro Comparativo Sala 06 Respecto a las Anteriores	117
Tabla 4.30: Cuadro Comparativo Sala de Computación Respecto a las Anteriores...	119
Tabla 4.31: Cuadro Comparativo Sala de Computación Respecto a las Anteriores...	121
Tabla 4.32: Intervalos y Características de Tonalidades Utilizadas	122
Tabla 4.33: Niveles de Iluminación para cada Tonalidad (Cielos)	124
Tabla 4.34: Niveles de Iluminación para cada Tonalidad (Muros)	125
Tabla 4.35: Niveles de Iluminación para cada Tonalidad (Pisos)	126
Tabla 4.36: Tonalidades Utilizadas en Propuestas Números	128
Tabla 4.37: Tonalidades Utilizadas en Propuestas Números	129

Tabla 4.38: Tonalidades Utilizadas en Propuestas Números	130
Tabla 4.39: Niveles de Iluminación Obtenidos en Aula con Entretecho	131
Tabla 4.40: Niveles de Iluminación Obtenidos en Aula sin Entretecho	131

Resumen

Este estudio se enfoca en la elaboración de un anteproyecto con el objetivo de mejorar las condiciones térmicas, los niveles de iluminación y la accesibilidad universal de la Escuela Heriberto Bermúdez Cruz. La metodología de investigación empleada incluyó cálculos normativos basados en la NCh 853 of 2007 para determinar la transmitancia y resistencia térmica de la envolvente térmica, simulaciones computacionales utilizando el software DesignBuilder para el análisis térmico, y simulaciones de iluminación con el software Dialux Evo, ambos bajo licencias educativas. Para evaluar la accesibilidad universal, se utilizaron fichas de inspección visual diseñadas de acuerdo con la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones para edificios de uso público, complementadas con las recomendaciones del manual “Ciudades y espacios para todos, Manual de Accesibilidad Universal” proporcionado por SENADIS.

El análisis de los datos recopilados reveló incumplimientos normativos en los aspectos térmicos y de accesibilidad universal. Específicamente, todos los cerramientos de la envolvente térmica del edificio educativo no cumplen con lo mínimo exigido por la norma NCh 1079 of 2018, a excepción de las puertas denominadas como “Macizas”. En cuanto a la accesibilidad universal, se identificó un porcentaje de accesibilidad promedio del 38.8%, resaltando la necesidad de generar propuestas técnicas para mejorar las condiciones actuales en ambos casos.

Respecto a la iluminación, pese a que las luminarias existentes en el inmueble cumplen con los mínimos exigidos por la normativa chilena en el Pliego Técnico RIC N°10, se generaron propuestas “pasivas” que buscan mejorar los niveles de iluminación al utilizar tonalidades con coeficientes de reflexión más altos en las superficies interiores, logrando un aumento promedio de un 4.65%.

Finalmente, con el objetivo de proporcionar alternativas constructivas a las deficiencias normativas identificadas y materializar las propuestas pasivas realizadas, se presentó una propuesta presupuestaria con un costo total directo de \$271.403.631. Además, se proporcionaron planimetrías y especificaciones técnicas que deben cumplirse a cabalidad, en donde finalmente se estableció a través de la programación que la duración de la materialización de las propuestas establecidas debe ser de 60 días corridos.

Palabras claves: Accesibilidad Universal- Niveles de Iluminación – Transmitancia y Resistencia térmica

Abstrac

This study focuses on the development of a preliminary project with the objective of improving the thermal conditions, lighting levels and universal accessibility of the Heriberto Bermúdez Cruz School. The research methodology employed included normative calculations based on NCh 853 of 2007 to determine the thermal transmittance and thermal resistance of the thermal envelope, computational simulations using DesignBuilder software for thermal analysis, and lighting simulations with Dialux Evo software, both under educational licenses. To assess universal accessibility, visual inspection sheets designed in accordance with the General Ordinance of Urbanism and Construction for public buildings were used, complemented with the recommendations of the manual "Cities and Spaces for All, Universal Accessibility Manual" provided by SENADIS.

The analysis of the data collected revealed regulatory non-compliances in the thermal and universal accessibility aspects. Specifically, all the enclosures of the thermal envelope of the educational building do not comply with the minimum required by the NCh 1079 of 2018 standard, with the exception of the doors referred to as "Solid". Regarding universal accessibility, an average accessibility percentage of 38.8% was identified, highlighting the need to generate technical proposals to improve the current conditions in both cases.

Regarding lighting, despite the fact that the existing lighting fixtures in the building comply with the minimum required by Chilean regulations in the RIC N°10 Technical Specifications, "passive" proposals were generated that seek to improve lighting levels by using shades with higher reflection coefficients in the interior surfaces, achieving an average increase of 4.65%.

Finally, with the objective of providing constructive alternatives to the identified normative deficiencies and materialising the passive proposals made, a budget proposal was presented with a total direct cost of CLP\$271,403,631. In addition, planimetries and technical specifications were provided that must be fully complied with, where it was finally established through programming that the duration of the materialisation of the established proposals should be 60 calendar days.

Keywords: Universal Accessibility - Lighting Levels - Thermal Transmittance and Thermal Resistance

1. Antecedentes Generales

1.1 Planteamiento del problema

En 2012, el Departamento de Infraestructura Escolar del Ministerio de Educación (MINEDUC) llevó a cabo un catastro de establecimientos escolares con el objetivo de conocer y evaluar las condiciones y capacidades de la infraestructura escolar existente de los establecimientos municipales y de administración delegada del país. Se catastraron un total de 5.530 establecimientos, evaluando aspectos como construcciones existentes, situación de instalaciones, servicios y áreas exteriores. Los resultados indicaron que el 20.3% de los establecimientos educacionales a nivel nacional presentaban deterioros en aspectos como cubierta, muros y tabiques, pavimentos, sistema eléctrico, ventanas y puertas, revestimientos, entre otros. Además, el catastro proporcionó información relevante sobre la accesibilidad universal, donde solo el 22.8% de los establecimientos cumplía con dicha condición en su totalidad (Ministerio de Educación, 2013).

El 25 de marzo del presente año 2023, el ministro de educación, Marco Antonio Ávila, junto a la ministra secretaria general de gobierno, Camila Vallejo, anunciaron que el gobierno ha asignado un presupuesto de 100 mil millones de pesos para la elaboración de proyectos de conservación y mejoramiento de la infraestructura escolar del país, con especial énfasis en los establecimientos rurales (Subsecretaría de Educación, 2023).

Considerando este énfasis del gobierno en las escuelas rurales, un caso de estudio interesante es la Escuela Rural Heriberto Bermúdez, ubicada en la comuna de San Felipe. A simple vista se puede apreciar que presenta un deterioro generalizado de la infraestructura. En una conversación con el director del establecimiento, este mencionó dos aspectos que para él y la comunidad educacional de este requieren de una intervención prioritaria:

“Las salas de clases presentan una mala iluminación y existe una mala aislación térmica en el establecimiento, puesto que la temperatura es demasiado alta o baja dependiendo la hora del día” (M. Lineros, comunicación personal, marzo de 2023).

Durante una visita realizada al establecimiento se observaron estas condiciones y otras. En la figura 1.1 se observa que las ventanas existentes en el lado norte tienen marcos de acero corroídos debido a su antigüedad y la constante exposición a la humedad e intemperie. Es conocido que el acero es un material que presenta una alta conductividad térmica, por lo que es probable que las ventanas no sean eficientes y permitan el ingreso y/o salida del calor en las salas de clase (Areacencias, n.d.).

Figura 1.1: Ventanas metálicas pabellón “b” del establecimiento educacional

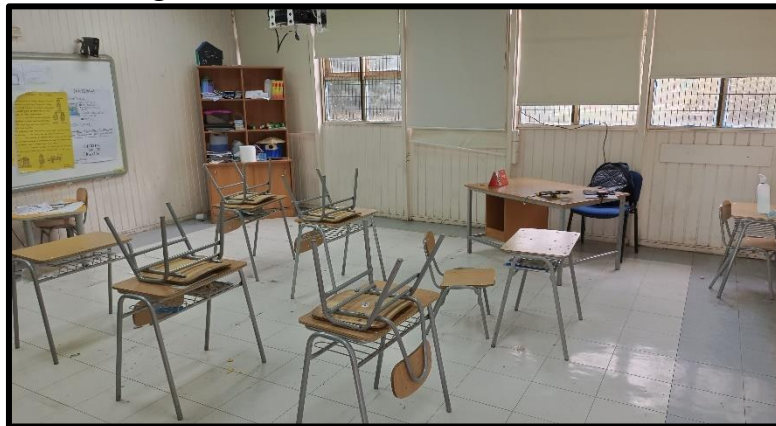


Fuente: Elaboración Propia (2023)

La Figura 1.2 muestra el interior de una de las ocho aulas del establecimiento educativo. A simple vista, parece que hay buenos niveles de iluminación. Sin embargo, algunas aulas con colores más apagados pueden dar la impresión de tener una iluminación insuficiente.

En cuanto a la materialidad de este tipo de aulas (Figura 1.2), su estructura se compone de tabiquería de madera revestida en el exterior con zincalum. El zincalum es una lámina delgada de acero recubierta con aluminio y zinc. Cada uno de estos materiales tiene una alta conductividad térmica por separado, lo que sugiere que el zincalum también posee esta característica. Esto podría tener implicaciones en el rendimiento térmico del aula y, por ende, en el confort térmico de los ocupantes (Areaciencias, n.d.).

Figura 1.2: Vista interior de aula de clases



Fuente: Elaboración Propia (2023)

El revestimiento interior de las aulas está compuesto de terciado ranurado de pino radiata, un material que se caracteriza por su baja conductividad térmica. Sin embargo, se desconoce si existe algún tipo de aislamiento en el interior del tabique y, en caso afirmativo, cuál es su estado actual, especialmente teniendo en cuenta la antigüedad del establecimiento (1963).

En lo que respecta a la techumbre, las aulas con estructura de madera no presentan entretecho, mientras que las que tienen estructura de hormigón armado sí lo tienen. No está claro si existe algún material aislante bajo la cubierta de asbesto cemento y, si existe, cuál es su estado actual.

Estos aspectos térmicos son especialmente relevantes, considerando que en los últimos años la comuna de San Felipe ha presentado temperaturas extremas. En diciembre del año 2022 se registró la temperatura más alta en su historia, alcanzando 41.6° (AS Chile, 2022). En invierno del año pasado se activó el código azul en la comuna por quinto año consecutivo debido a temperaturas menores o iguales a 0. Hasta lo que va del año 2023 (noviembre), la temperatura máxima registrada fue, 36° y la mínima registrada en invierno fue de -2,9° (Accuweather, 2023).

Finalmente, durante un recorrido por el establecimiento se observó que este cuenta con un baño para personas con movilidad reducida. Sin embargo, una persona en esta condición no puede acceder a él ni circular de manera autónoma en la totalidad del establecimiento.

En la figura 1.3 se observa el acceso al colegio a través de peldaños y otras barreras que imposibilitan el desplazamiento de una persona con movilidad reducida.

Figura 1.3: Acceso al establecimiento



Fuente: Secpla, Ilustre Municipalidad de San Felipe, 2022

1.2 Estado del arte

A continuación, se expondrán diversas investigaciones realizadas principalmente en el ámbito nacional y dos en el internacional, así como proyectos públicos llevados a cabo en instituciones educativas en Chile y específicamente en la comuna de San Felipe. Todos ellos relacionados con las problemáticas que se abordarán en esta investigación: aislación térmica, iluminación, accesibilidad y presencia de asbesto cemento en la techumbre.

1.2.1 Estudios térmicos y de Iluminación

Muñoz (2018) en su trabajo de investigación titulado *“Diseño pasivo de aulas escolares para el confort térmico, desde una perspectiva para el cambio climático”* llevó a cabo una investigación cuyo objetivo era analizar el diseño pasivo de los prototipos de “aulas integrales” de la guía “Guía de eficiencia energética para establecimientos educacionales”, en tres zonas climáticas de Chile, en donde la zona Norte fue representada por Copiapó, Centro (Santiago) y Sur (Temuco). El análisis se realizó tanto en un contexto climático actual como en futuros escenarios de cambio climático para los años 2020, 2050 y 2080.

La metodología empleada consistió en utilizar el software DesignBuilder para identificar y analizar el comportamiento térmico de cuatro aulas por cada prototipo.

Los resultados obtenidos por el investigador indican que las aulas integrales no presentan un buen comportamiento térmico y que con el paso del tiempo se necesitará un menor uso de sistemas de calefacción. Sin embargo, no ocurrirá lo mismo con sistemas de enfriamiento, ya que con el paso de los años se utilizarán cada vez más, lo cual implica un mayor consumo energético (Muñoz, 2018).

Por otro lado, un estudio respecto al aspecto lumínico es el presentado por Martínez (2020), en su trabajo de investigación titulado *“Evaluación de las condiciones lumínicas de las aulas del Campus San Felipe”*, llevó a cabo un estudio cuyo objetivo era describir y evaluar las condiciones lumínicas de las aulas del Campus San Felipe de la Universidad de Valparaíso para contribuir a mejorar las condiciones de enseñanza y aprendizaje.

En donde la metodología empleada consistió en realizar mediciones y evaluaciones lumínicas en las aulas del campus utilizando instrumentos especializados de medición llamados “luxómetro” y “Mini luxómetro”. Las mediciones se realizaron bajo tres condiciones de iluminación: cortinas a medio cerrar, cortinas cerradas y cortinas cerradas con luz artificial.

Los resultados obtenidos indicaron que solo 4 de las 8 salas de clases estudiadas cumplían con los 300 lux mínimos exigidos por la normativa Nch Elec. 4/2003. Sin embargo, el estudio presenta limitaciones, ya que solo se pudo evaluar durante la época de primavera.

Finalmente, un estudio que recoge ambas problemáticas es el realizado por Ledezma, Nota, Martínez y Orio (2018) en su investigación titulada “Evaluación y propuestas de mejoras térmicas y lumínicas para aulas de escuelas primarias de reciente construcción en Tucumán - Argentina”, los investigadores llevaron a cabo un estudio cuyo objetivo era evaluar el comportamiento energético-ambiental en aulas de escuelas primarias de la provincia de Tucumán para definir propuestas y soluciones de diseño que posibiliten generar condiciones adecuadas de habitabilidad y disminuir el consumo de energía para acondicionamiento artificial.

Para llevar a cabo el estudio se realizaron mediciones, evaluaciones y simulaciones térmicas, al igual que lumínicas en las aulas, utilizando el mismo instrumento de medición de Martínez (2020) junto con el software Autodesk Ecotec Analysis que permite la simulación lumínica, finalmente los investigadores utilizaron “Ceemakmp.xls”, que es un recurso informático creado por ellos y que les permitió analizar el aspecto térmico. Las simulaciones lumínicas se realizaron bajo tres condiciones climáticas: cielo nublado y cielo despejado, en donde el mes seleccionado por los investigadores fue junio. Mientras que las simulaciones térmicas se aplicaron en las épocas extremas, es decir, verano e invierno.

Este estudio concluye que los edificios escolares que se están construyendo no logran alcanzar condiciones aceptables en cuanto a comportamiento térmico e iluminación en las aulas en la provincia de Tucumán, Argentina (Ledezma et al., 2018).

Todo lo anterior da cuenta que, en los últimos años, se han llevado a cabo estudios térmicos y lumínicos que muestran una brecha respecto a la indicación normativa y la condición real de los inmuebles estudiados. Por otra parte, una excelente herramienta para diagnosticar estas condiciones es el uso de un software de simulación, que permite medir bajo diversas condiciones climáticas y épocas del año. Por esta razón, para esta investigación se utilizará un software de este tipo, que será definido en la metodología.

1.2.2 Estudios de accesibilidad

Muñoz (2018), en su trabajo de investigación titulado “Diagnóstico de la accesibilidad a los edificios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Valparaíso”, llevó a cabo un estudio cuyo objetivo era conocer las condiciones de accesibilidad de dicho inmueble educativo.

En donde la metodología empleada fue a través de listas de chequeo elaboradas por el investigador y aplicadas a los distintos edificios pertenecientes a la facultad de ingeniería, para así, con la información recolectada, obtener el porcentaje de accesibilidad de cada edificio y a base de esto generar propuestas de mejora. La metodología fue dividida en cinco fases:

- Fase introductoria: Revisión Bibliográfica y normativa.
- Fase de diseño: Confección de una lista de chequeo para la obtención de datos.
- Fase de aplicación: Realización de inspección técnica con lista de chequeo.
- Fase de análisis: Recopilación y tabulación de datos, procesados en Excel.
- Fase de propuesta: Elaboración de propuesta constructiva para dar soluciones.

Finalmente, los resultados obtenidos en la investigación indican que los cuatro edificios pertenecientes a la facultad de ingeniería arrojan en promedio un 75,74% de accesibilidad, en donde el costo total de las soluciones presentadas es de 2.483,63 UF (Muñoz, 2018).

Por último, un estudio aplicado a un establecimiento educacional elaborado por Cifuentes (2020), en su trabajo de investigación titulado “Análisis técnico y propuesta de mejoramiento para acceso universal del Colegio Castiliano de Viña del Mar”, llevó a cabo un estudio cuyo objetivo era evaluar el nivel de acceso universal para personas con movilidad reducida en los recintos del Colegio Castiliano de Viña del Mar y elaborar una propuesta de mejoramiento.

La metodología empleada por el investigador fue la misma realizada por Muñoz (2018) en su trabajo de investigación.

En resumen, el investigador concluyó que las dos sedes del Colegio Castiliano en promedio poseen un 46% de accesibilidad y el costo total de las soluciones presentadas es de \$39.357.518 para ese entonces (Cifuentes, 2020).

Para concluir, un estudio internacional realizado por Bonilla, Alcívar, García y Carrillo (2018) titulado “Movilidad y Accesibilidad Universal en la Arquitectura, Caso de Estudio: Universidad San Gregorio de Portoviejo - Ecuador”, el cual tuvo como objetivo evaluar el nivel de accesibilidad universal para personas con movilidad reducida en el edificio en cuestión.

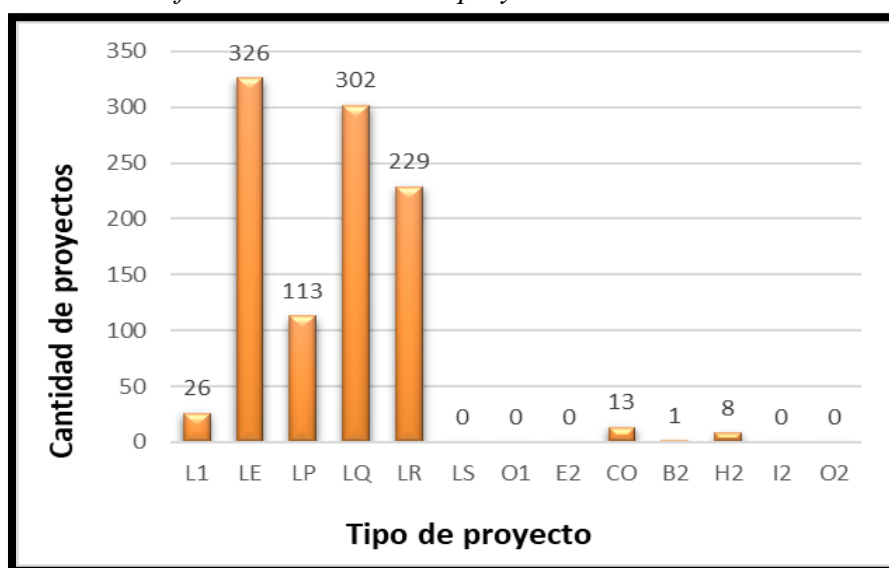
La metodología empleada por los investigadores consistió en la recolección de datos y observaciones in situ mediante el uso de fichas de inspección, junto con encuestas realizadas a la comunidad del establecimiento. En resumen, los investigadores concluyeron que la universidad posee un 60,33% de accesibilidad (Bonilla et al., 2018).

Por lo tanto, estos estudios nacionales e internacionales evidencian la necesidad de realizar investigaciones que permitan mejorar el grado de inclusión en los edificios en general y, en particular, en los entornos educativos.

1.2.3 Proyectos públicos para establecimientos educacionales

En los últimos cinco años en Chile se han licitado aproximadamente 1.018 proyectos de conservación para establecimientos educacionales en la plataforma Mercado Público. De estos proyectos, el 9.24% pertenecen a la región de Valparaíso (ChileCompra, n.d.). En el gráfico 1.1 se muestra la cantidad de proyectos licitados según el tipo de proyecto.

Gráfico 1.1: Cantidad de proyectos licitados



Fuente: Elaboracion Propia, Datos obtenidos de mercadopublico.cl

En donde la figura 1.4 detalla el nombre de cada tipo de proyecto:

Figura 1.4: Tipos de proyectos

Todos los tipos
(L1) Licitación Pública Menor a 100 UTM
(LE) Licitación Pública Entre 100 y 1000 UTM
(LP) Licitación Pública igual o superior a 1.000 UTM e inferior a 2.000 UTM
(LQ) Licitación Pública igual o superior a 2.000 UTM e inferior a 5.000 UTM
(LR) Licitación Pública igual o superior a 5.000 UTM
(LS) Licitación Pública Servicios personales especializados
(O1) Licitación Pública de Obras
(E2) Licitación Privada Inferior a 100 UTM
(CO) Licitación Privada igual o superior a 100 UTM e inferior a 1000 UTM
(B2) Licitación Privada igual o superior a 1000 UTM e inferior a 2000 UTM
(H2) Licitación Privada igual o superior a 2000 UTM e inferior a 5000 UTM
(I2) Licitación Privada Mayor a 5000 UTM
(O2) Licitación Privada de Obras

Fuente: mercadopublico

Por otro lado, la Ilustre Municipalidad de San Felipe ha generado siete proyectos de conservación para establecimientos educacionales en los últimos cinco años, lo cual equivale al 0.69% de los proyectos generados a nivel nacional y al 22% de los 32 recintos educativos de la comuna. Estos proyectos abordan en su mayoría las problemáticas presentes en la escuela Heriberto Bermúdez, como se muestra en el gráfico 1.2 (ChileCompra, n.d.).

Gráfico 1.2: Problemáticas abordadas por la Municipalidad de San Felipe



Fuente: Elaboración Propia, Datos obtenidos de mercadopublico.cl

En este contexto, los recientes estudios sobre las complicaciones presentadas en el establecimiento educacional y la evidencia de que la Ilustre Municipalidad de San Felipe, así como los sostenedores de los distintos edificios educativos públicos del país, muestran una preocupación por subsanar estas problemáticas, esto proporciona los fundamentos necesarios para continuar con este proyecto de investigación con el objetivo de contribuir a través de propuestas técnicas al mejoramiento de las condiciones térmicas, del nivel de iluminación y de las condiciones de accesibilidad universal de la Escuela Rural Heriberto Bermúdez.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Elaborar un anteproyecto para mejorar las condiciones térmicas, la accesibilidad universal y los niveles de iluminación de las salas de clases de la Escuela Rural Heriberto Bermúdez.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar las condiciones térmicas actuales de la envolvente térmica de la Escuela Heriberto Bermúdez.
- Evaluar las condiciones de accesibilidad universal actuales de la Escuela Heriberto Bermúdez.
- Evaluar el nivel de iluminación actual de las salas de clases de la Escuela Heriberto Bermúdez.
- Formular una propuesta técnica y presupuestaria sobre las deficiencias normativas identificados para la Escuela Heriberto Bermúdez.

1.4 Alcances

- Las evaluaciones térmicas se llevarán a cabo exclusivamente en aquellos espacios que la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) clasifica como habitables, según lo estipulado en el artículo 4.1.1.
- El anteproyecto se abordará desde la perspectiva de un proyecto de conservación, adhiriéndose estrictamente a las directrices establecidas en las bases de la convocatoria del año 2023.
- La eliminación del asbesto cemento se abordará de manera secundaria en el marco de esta investigación, dado que es un derivado de uno de los tres ejes fundamentales, que es el estudio del comportamiento térmico de la envolvente del edificio educativo.

2. Marco Teórico y Normativo

2.1 Escuela Heriberto Bermúdez

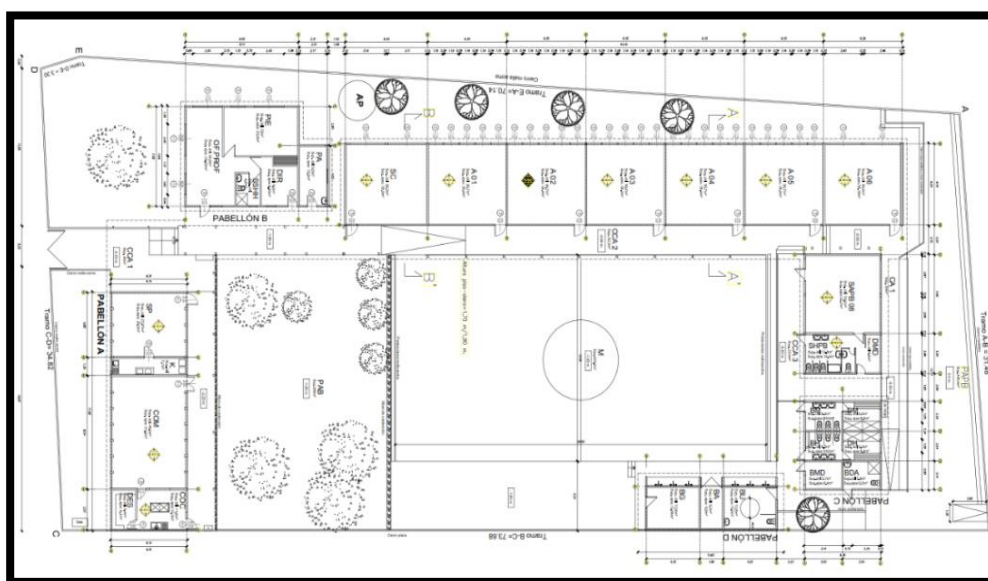
2.1.1 Reseña Histórica

La institución educativa rural “Heriberto Bermúdez Cruz” se fundó en 1953 en la Comuna de San Felipe con el nombre inicial de “Escuela Mixta N.º 8”. Sus primeras actividades se desarrollaron en una casona de adobe ubicada en el sector “Los Pimientos” (hoy conocido como “El Algarrobal”), que pertenecía al agricultor Heriberto Bermúdez Cruz, quien la cedió con la finalidad de promover el desarrollo cultural de los hijos de sus trabajadores. En 1963, se comenzó a edificar la nueva y actual sede de la escuela en los predios que Don Heriberto donó para tal efecto, razón por la cual el nombre de la institución le rinde tributo (Departamento de Administración de Educación Municipal, 2018).

2.1.2 Descripción del establecimiento

El establecimiento dispone de una capacidad para acoger a 60 estudiantes. En la actualidad (2023), registra una matrícula de 58 alumnos. Respecto a la infraestructura, el centro se conforma por cuatro pabellones de planta única, en los que se localizan ocho aulas: seis asignadas al nivel básico, una al nivel prebásico, una para informática y otra para educación diferencial. El aula de informática y los servicios sanitarios son edificaciones de hormigón armado, mientras que el resto de las instalaciones están constituidas por tabiques de madera, en la figura 2.1 se puede observar el plano arquitectónico del establecimiento en donde se especifican todos los espacios de este.

Figura 2.1: Plan de arquitectura del establecimiento



Fuente: Secpla, Ilustre Municipalidad de San Felipe, 2023

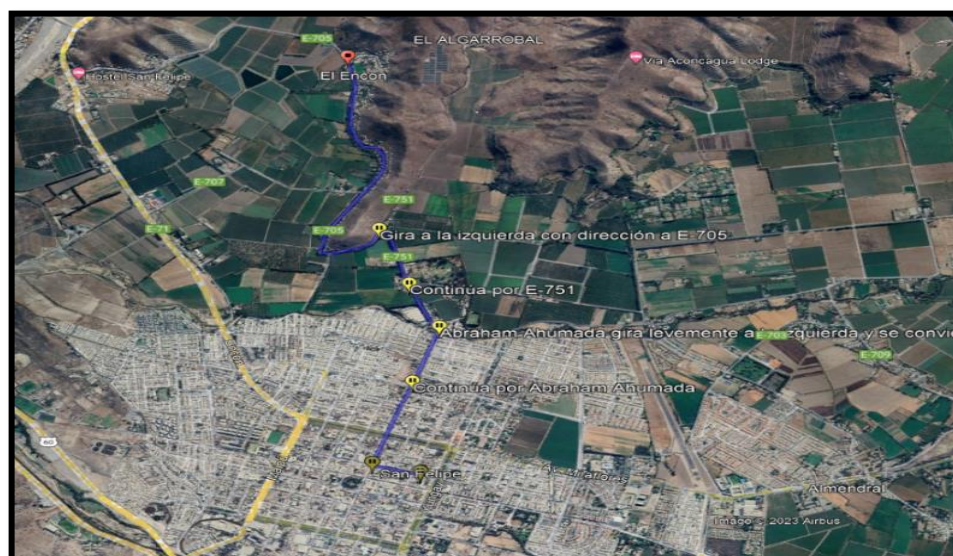
El inmueble cuenta con una superficie edificada total de 511.1 m² y se ubica en un terreno poligonal de 2466.75 m² que limita al este con el pasaje “Los Enamorados”, al norte con un camino rural, al sur con la “Calle Zolio Vargas” y al oeste con la Vía E-705 (Figura 2.2), específicamente la dirección del establecimiento educacional es E-705, El Encon, San Felipe. Asimismo, posee tres alternativas de acceso y salida desde el centro de la comuna de San Felipe. La ruta más próxima se halla a una distancia de 5,1 km, mientras que la más alejada se sitúa a 7,3 km. En la figura 2.3 se ilustra en color azul la ruta más próxima.

Figura 2.2: Emplazamiento del establecimiento



Fuente: Elaboración Propia, Google Earth 2023

Figura 2.5: Ruta más corta hacia el centro de la comuna



Fuente: Elaboración Propia, Google Earth (2023)

2.1.3 Sostenedor del establecimiento

La Ilustre Municipalidad de San Felipe es la entidad responsable del establecimiento educativo. A través del Departamento de Administración de Educación Municipal (DAEM), gestiona los centros educativos públicos de la comuna. Este departamento, en colaboración con la Secretaría de Planificación Comunal (SECPLA), desarrolla los proyectos de conservación para los establecimientos educacionales que lo requieran.

Dicha corporación estatal desempeña el papel de sostenedor de 8 escuelas rurales y 11 urbanas, así como de 5 liceos y 8 jardines infantiles. Sin embargo, con la promulgación de la ley 21.040 del Ministerio de Educación, en noviembre de 2017, se establece que los centros educativos gestionados por los municipios serán transferidos gradualmente a los Servicios Locales de Educación Pública (SLEP) (Ministerio de educación, 2017)(Centro Políticas Públicas UC, 2021).

Estas entidades desempeñarán el papel de responsables de la nueva educación pública y estarán obligadas a garantizar la calidad en aspectos como la contratación de docentes altamente capacitados, la provisión de infraestructura adecuada en los establecimientos educativos, la promoción de la igualdad de oportunidades educativas para todos los miembros de la sociedad, entre otros. Además, estas entidades serán responsables del mejoramiento continuo y la equidad del servicio educativo, teniendo en cuenta las necesidades específicas de cada comunidad educativa (Ministerio de educación, 2017). El Servicio Local de Educación Pública (SLEP) al que estarán adscritos los centros educativos de la comuna de San Felipe será el denominado “Aconcagua” y se espera que este servicio esté operativo en el año 2024 (Preludio Radio, 2023).

2.1.4 Condiciones particulares de la comuna

La comuna de San Felipe se distingue por tener un invierno bien definido con temperaturas extremas que pueden descender hasta los 0 °C o incluso menos. En contraposición, durante el verano las temperaturas pueden superar los 35 °C (Centro de Información de Recursos Naturales - Ministerio de Agricultura, 2020).

En los últimos años, se ha observado un aumento significativo en la temperatura, alcanzando en diciembre de 2022 un máximo histórico de 41,6° (AS Chile, 2022). En invierno, durante los últimos 5 años, se ha activado el código azul en la comuna debido a sus bajas temperaturas. Este código se activa cuando los pronósticos meteorológicos oficiales contemplan temperaturas menores o iguales a 0 °C y/o temperaturas menores a 5 °C con pronóstico de precipitaciones y/o nevadas y/o aguanieve (Publicación de prensa nacional 2018-2022).

Por consiguiente, es de vital importancia inicialmente determinar si el inmueble en su totalidad incumple con los estándares normativos. Una vez identificados los aspectos que requieren mejoras, es imperativo abordar dicha problemática para mitigar los efectos de las temperaturas extremas que la comuna ha experimentado en los últimos años.

2.2 Convocatoria a Proyectos de Conservación 2023

El objetivo de la convocatoria de proyectos de conservación 2023 es optimizar la infraestructura de los establecimientos educativos y jardines infantiles del país. Para ello, se financiarán proyectos de conservación destinados a escuelas y/o jardines que requieran conservaciones y que cumplan con los requisitos especificados en las bases de la convocatoria 2023 (Dirección de Educación Pública - Ministerio de Educación, 2023). En este contexto, el presente anteproyecto se ajusta a lo solicitado en las bases de la convocatoria 2023

2.2.1 Actores Principales

En primer lugar, se identificarán y describirán los agentes clave que participan en la presente convocatoria, con el objetivo de analizar sus roles y funciones en el marco de esta.

- **Dirección de Educación Pública (DEP):** Es un servicio centralizado del Ministerio de Educación que asignará los recursos según la línea presupuestaria correspondiente. La coordinación y el seguimiento serán responsabilidad del departamento de infraestructura perteneciente a la DEP.
- **Secretaría Ministerial de Educación (SECREDOC):** Es responsable de difundir la convocatoria y recibir, analizar, evaluar, visar e informar las condiciones técnicas, financieras y administrativas de los proyectos que postulan a la convocatoria. Además, debe apoyar a la DEP en el proceso de monitoreo de la ejecución de los proyectos financiados.
- **Sostenedor:** Municipio o corporación municipal encargado del funcionamiento del establecimiento educativo. Es responsable de formular, preparar, presentar y ejecutar el proyecto financiado. Además, debe rendir cuentas sobre los recursos que se le transfieren.
- **Comisión de Selección de Proyectos:** Su función es proponer, entre las iniciativas elegibles, aquellas que en base a los criterios y ponderaciones establecidas estén en condiciones de ser seleccionadas y financiadas.

2.2.2 Líneas de Financiamiento

El presupuesto total disponible para la ejecución de proyectos de conservación a nivel nacional es de 100 mil millones de pesos. La DEP financiará un monto máximo por proyecto según lo establecido en la siguiente tabla:

Tabla 2.1: Financiamiento máximo en base a matrícula del establecimiento

MATRÍCULA ESTABLECIMIENTO	MONTO (\$)
Menor o igual a 20 alumnos	150 millones
Entre 21 y 600 alumnos	450 millones
Mayor o igual a 601 alumnos	550 millones

Fuente: Convocatoria 2023 del Ministerio de Educación

Considerando que el establecimiento educacional tiene una matrícula de 58 estudiantes, la propuesta técnica que se presente no deberá superar los 450 millones de pesos, los cuales se podrán subvencionar mediante cuatro posibles líneas de financiamiento que se detallan a continuación:

- Línea regional: Se asignará un marco presupuestario a cada región según la siguiente tabla:

Tabla 2.2: Presupuesto regional

Región	Monto (\$)
Tarapacá	\$977,166,667
Antofagasta	\$1,631,666,667
Coquimbo	\$3,008,500,000
Valparaíso	\$6,002,333,333
Libertador General Bernardo O'Higgins	\$5,074,666,667
Maule	\$5,751,166,667
Biobío	\$5,560,500,000
La Auracanía	\$4,550,333,333
Los Lagos	\$5,749,333,333
Aysén	\$1,043,166,667
Magallanes y Antártica Chilena	\$1,134,833,333
Metropolitana de Santiago	\$8,871,500,000
Los Ríos	\$2,244,000,000
Ñuble	\$3,400,833,333
Total	\$55,000,000,000

Fuente: Elaboración propia, Datos obtenidos de convocatoria 2023 del Ministerio de Educación

- Line SAD: Se destinará a establecimientos de administración delegada, para los cuales se contará con un marco presupuestario de 3 mil millones de pesos.
- Línea diferenciada: Se destinará a escuelas y jardines infantiles vía transferencia de fondos (VFT), escuelas cárcel, centros de educación para adultos, etc. En donde se dispone de un marco presupuestario de 2 mil millones de pesos.
- Línea de anticipación: Destinada a aquellos sostenedores que traspasaran el servicio educativo a los servicios locales de educación pública. En donde se dispone de un marco presupuestario de 40 mil millones de pesos.

La escuela Heriberto Bermúdez podría financiarse a través de la línea regional, ya que no cumple con las características requeridas para los otros tipos de financiamiento.

2.3 Guía para intervenciones de conservación

Mediante la realización de una investigación técnico-normativa, se ha identificado que las problemáticas que afronta el establecimiento educativo pueden ser abordadas mediante la financiación de fondos públicos. En particular, estos problemas pueden ser tratados como un proyecto de conservación. Para este propósito, el Ministerio de Educación (MINEDUC) ha elaborado un documento titulado ‘Guía para Intervenciones de Conservación’. Este documento, publicado inicialmente en 2020 y cuya última versión fue divulgada en septiembre de 2022, servirá como marco de referencia para esta investigación. (Ministerio de Educación, 2022)

Este documento tiene como finalidad mejorar las condiciones de habitabilidad de los inmuebles educativos a través de intervenciones de preservación que no conlleven un incremento de la superficie ya construida. Se definen y orientan cinco áreas principales de intervención, las cuales se detallan a continuación:

1. Mejorar las condiciones de habitabilidad y confort, y reducir los costos operativos.
2. Utilizar los patios escolares como espacios educativos.
3. Fomentar la seguridad y la convivencia
4. Garantizar la accesibilidad universal.
5. Preservar los sistemas.

En el contexto de esta investigación, se abordará parcialmente el área de intervención (1), dado que es muy amplia y contiene orientaciones para otras problemáticas que no se tratarán en este estudio. Las orientaciones que se aplicarán son las referidas a mejorar la iluminación y el comportamiento térmico del edificio. Por otro lado, el área de intervención (4) se abordará de manera integral, garantizando la accesibilidad universal en todo el inmueble.

2.4 Niveles de Iluminación

En el contexto de un proyecto de conservación que contempla la renovación de luminarias, es imperativo adherirse a los estándares de iluminación prescritos en el Pliego Técnico N°10. Este documento proporciona directrices sobre los niveles de iluminación apropiados que deben ser meticulosamente considerados en un establecimiento educacional.

Al seleccionar las luminarias para este propósito, es crucial especificar exhaustivamente sus características técnicas. Estas incluyen, la potencia nominal, la eficiencia lumínica, la temperatura de color correlacionada (CCT), el índice de reproducción cromática (CRI), el factor de potencia, la vida útil estimada y el material de fabricación. Cada uno de estos parámetros juega un papel vital en la definición precisa de las luminarias y, por lo tanto, debe ser cuidadosamente evaluado para garantizar una implementación exitosa del proyecto. (Ministerio de Educación, 2022).

2.4.1 Normativa de Niveles de Iluminación

La ‘Norma Chilena Eléctrica 4/2003’ (NCH Elec. 4/2003) era una normativa que hasta hace poco especificaba el nivel de iluminación requerido en establecimientos educacionales, tal como se detalla en su artículo 11.3. Este artículo establecía que el nivel de iluminación mínimo, dependiendo del tipo de local y la tarea que se desarrolla en él, se determinaría de acuerdo con la siguiente tabla, la cual en color rojo detalla el nivel de iluminancia establecido para las salas de clases de educación básica.

Tabla 2.3: Iluminación mínima en LUX

Tipo de Recinto	Iluminancia [Lux]
Atención administrativa	300
Bibliotecas	400
Cocinas	300
Gimnasios	200
Oficinas	400
Pasillos	100
Policlínicos	300
Salas de cirugía menor	500
Salas de cirugía mayor, quirófanos (*)	500
Salas de clases, párvulos	150
Salas de clases, educación básica	200
Salas de clases, educación media	250
Salas de clases, educación superior	300
Salas de Dibujo	600
Salas de Espera	150
Salas de Pacientes	100
Salas de Profesores	400

(*) Corresponde a la iluminación general del recinto, no considera el aporte de la lámpara quirúrgica.

Fuente: Nch. Eléctrica 4/2003

No obstante, esta normativa fue reemplazada el 21 de julio de 2021 por el Decreto N.º 8 del Ministerio de Energía “Reglamento de seguridad de las instalaciones de consumo de energía eléctrica”. En este nuevo reglamento, el “Pliego Técnico Normativo RIC N.º.10”, en su anexo 10.1, hace referencia al alumbrado mínimo requerido en las aulas de los edificios educativos (Superintendencia de Electricidad y Combustibles, 2021).

Tabla 2.4: Iluminación mínima de edificios educativos en LUX

6.2. Edificios educativos	
Tipo de interior, tarea y actividad	Em Lux
Aulas, aulas de tutoría	300
Aulas para clases nocturnas y educación de adultos	500
Auditorium, sala de lectura	500
Pizarras negras, verdes y blancas	500
Mesa de demostraciones	500
Aulas de arte	500
Aulas de arte en escuelas de arte	750
Aulas de dibujo técnico	750
Aulas de prácticas y laboratorios	500
Aulas de manualidades	500
Talleres de enseñanza	500
Aulas de prácticas de música	300
Aulas de prácticas de informática	300
Laboratorio de lenguas	300
Aulas de preparación y talleres	500
Hall o vestíbulo de entrada	200
Áreas de circulación, pasillos	100
Escaleras	150
Aulas comunes de estudio y aulas de reunión	200
Sala de profesores	300
Biblioteca: estanterías	200
Biblioteca: salas de lectura	500
Almacenes de material de profesores	100
Salas de deportes, gimnasios, piscinas	300
Cantinas escolares	200
Cocina	500

Fuente: Pliego Técnico Normativo RIC N.º10.

En resumen, la Tabla 2.4 evidencia que hubo un aumento en los niveles de iluminación establecidos respecto a la normativa anterior de 100 lux, dejando así un total de 300 lux de exigencia como mínimo.

2.4.2 Teoría de Iluminación

Dado que este proyecto se enmarca en una investigación aplicada, se incluirá únicamente información que sea de relevancia para el desarrollo de esta. En este sentido, se abordarán específicamente aquellos aspectos que estén directamente relacionados con las problemáticas que se pretenden resolver en el marco del presente proyecto. Esta estrategia garantiza un enfoque centrado y eficiente, evitando la inclusión de información que podría desviar la atención de los objetivos centrales de la investigación.

2.4.2.1 Fuentes de iluminación. Las fuentes de iluminación pueden ser naturales o artificiales, en donde las diferencias entre una u otra son detalladas a continuación:

Luz Natural: La luz natural es aquella que tiene su origen en la naturaleza, siendo el sol su principal fuente. Una exposición moderada a los rayos solares puede tener efectos positivos en los seres humanos, como aumentar los niveles de energía y el metabolismo, fortalecer el sistema inmune y contribuir a la producción de vitamina D. Sin embargo, esta fuente de energía natural es impredecible y no puede ser controlada, ya que depende de factores como el clima, la estación del año y el tiempo (Iluminadecora, 2015).

Luz Artificial: La luz artificial es producida por el ser humano, con las bombillas y lámparas como sus principales fuentes. Una de las ventajas de la luz artificial es que puede ser regulada a voluntad (Iluminadecora, 2015).

Para este último tipo de fuente de iluminación, es precisamente para el cual la normativa chilena establece requisitos regulatorios específicos.

2.4.2.2 Ambiente Luminoso. Para una implementación efectiva de la iluminación, es esencial cumplir tanto con las necesidades cualitativas como cuantitativas, además de satisfacer la iluminancia requerida. Los requisitos de iluminación se determinan en función de la satisfacción de tres necesidades humanas fundamentales: el confort visual, el rendimiento visual y la seguridad. Estos elementos son cruciales para garantizar una experiencia de iluminación óptima y deben ser considerados cuidadosamente en cualquier proyecto de iluminación. (Superintendencia de Electricidad y Combustibles, 2021).

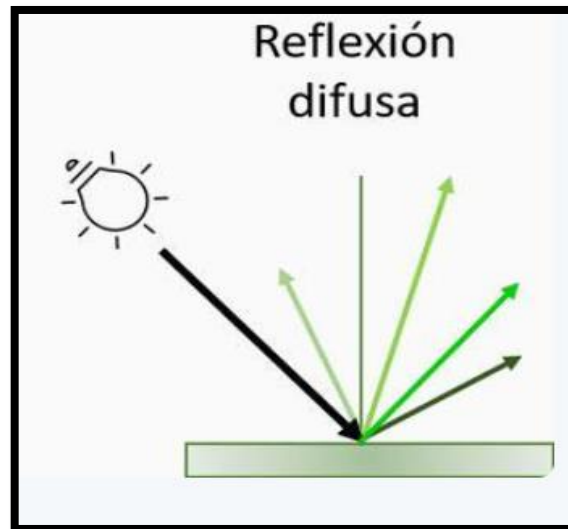
El confort visual se refiere a la sensación de bienestar que experimentan las personas en un entorno iluminado adecuadamente, lo que puede contribuir indirectamente a un alto nivel de productividad. Este aspecto es crucial, ya que una iluminación confortable puede reducir la fatiga visual y mejorar el bienestar general. El rendimiento visual, por otro lado, se refiere a la capacidad de las personas para realizar sus tareas visuales de manera eficiente, incluso en condiciones de iluminación desafiantes y durante períodos prolongados. Una iluminación adecuada puede mejorar significativamente el rendimiento visual al reducir la tensión ocular y permitir una visión clara y nítida. Por último, la seguridad es un aspecto fundamental de cualquier sistema de iluminación. Una iluminación adecuada puede prevenir accidentes y lesiones al proporcionar una visibilidad suficiente y eliminar las áreas oscuras que pueden ocultar peligros potenciales. (Superintendencia de Electricidad y Combustibles, 2021).

Por lo tanto, es esencial considerar estos tres aspectos - confort visual, rendimiento visual y seguridad - al diseñar e implementar un sistema de iluminación y no verlo solo como un simple cambio de luminarias.

2.4.2.3 Coeficiente de Reflexión. Una selección efectiva de los acabados interiores puede mejorar significativamente el rendimiento de la luz artificial y natural. Las características de las superficies interiores, como su material, color y textura, tienen una influencia directa en la reflexión y distribución de la luz. La capacidad de reflejar la luz se mide por el coeficiente de reflexión, basado en una escala de 0 a 100, donde 0 corresponde a la luz totalmente absorbida (color negro) y 100 cuando toda la luz es reflejada (color blanco). La textura influye directamente en el grado de dispersión de la luz (CITEC UBB, 2012).

Existen tres parámetros para describir los grados de reflexión de la luz de las superficies más comunes. Uno de ellos es la reflexión difusa (Figura 2.4), que permite difundir la luz de manera homogénea y uniforme. Estos materiales son ideales para lugares en donde es importante mantener una iluminación constante sin variaciones, como es el caso de los establecimientos educacionales (CITEC UBB, 2012).

Figura 2.4: Comportamiento de la reflexión difusa



Fuente: Laboratorios Eyco (2022)

A continuación, en la tabla 2.5 se muestra el coeficiente de reflexión tabulada según los tipos de materiales, las superficies y acabado:

Tabla 2.5: Coeficiente de reflexión según tipo de material, superficie y acabado

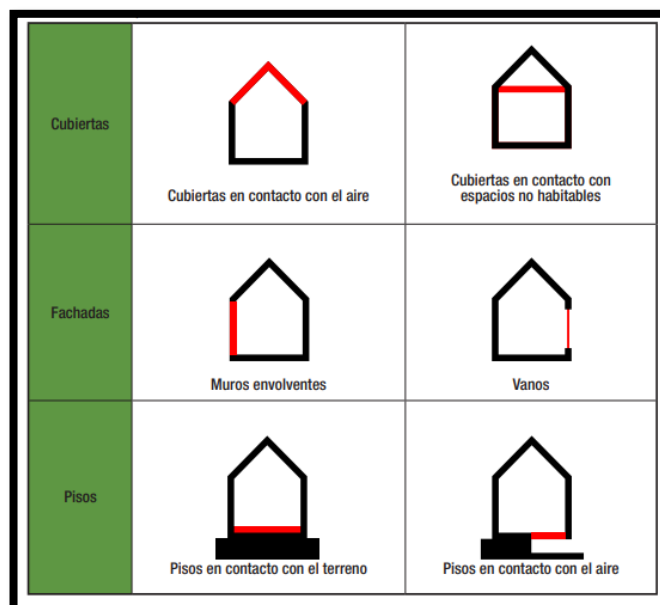
COLORES	REFLECTANCIA	MATERIALES	REFLECTANCIA
Blanco	0,70 – 0,85	Pintura blanca nueva	0,65 – 0,75
Amarillo	0,50 – 0,75	Hormigón	0,25 – 0,50
Azul	0,40 – 0,55	Ladrillo claro	0,45 – 0,50
Verde	0,45 – 0,65	Ladrillo oscuro	0,30 – 0,40
Rojo	0,30 – 0,50	Mármol blanco	0,60 – 0,70
Granito	0,15 – 0,25	Madera	0,25 – 0,50
Marrón	0,30 – 0,40	Espejos	0,80 – 0,90
Gris oscuro	0,10 – 0,20	Acero pulido	0,50 – 0,65
Negro	0,03 – 0,07	Vidrio reflectante	0,20 – 0,30
		Vidrio transparente	0,07 – 0,08

Fuente: Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética (2012)

2.5 Aspecto Térmico

Para tener un mejor confort térmico, disminuir la ocurrencia de condensación y tener una mayor durabilidad de los edificios escolares, es fundamental llevar a cabo intervenciones en los cerramientos exteriores del edificio con el objetivo de mejorar el desempeño térmico. Esto puede lograrse mediante la incorporación de aislamiento térmico junto con la instalación de ventanas de menor transmitancia térmica e incluso mediante la implementación de estrategias de calentamiento pasivo en las fachadas del inmueble. Es importante destacar que las soluciones propuestas deben cumplir con los valores de transmitancia térmica especificados en la propuesta de actualización en trámite del Artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, para cada elemento arquitectónico que conforma la envolvente térmica del edificio (Figura 2.5), teniendo en cuenta la zona climática en la que se ubique el establecimiento educacional (Ministerio de Educación, 2022).

Figura 2.5: Componentes de la envolvente térmica



Fuente: Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética (2012)

2.5.1 Normativa Térmica

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) establece en su artículo 4.1.10 exigencias de acondicionamiento térmico para viviendas o edificios residenciales, considerando techumbre, muros perimetrales y pisos (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 1992). Sin embargo, no se mencionan los edificios educativos.

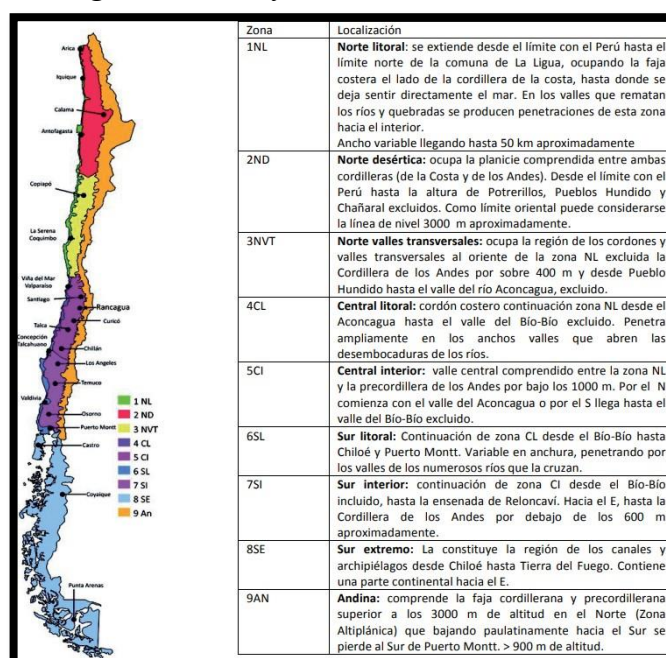
No obstante, el Decreto N.º 560 del MINEDUC promulgado el 24 de diciembre de 2010, indica en su artículo N.º 9 específicamente en el punto N.º 7 que la infraestructura de los establecimientos educacionales deberá cumplir con las siguientes exigencias:

“Los locales escolares y complementarios deberán mantener en los recintos de uso de los párvulos y alumnos, excluidos los servicios higiénicos y patios, las siguientes temperaturas mínimas, en las zonas del país que se indican (NCh 1079 of 2008), durante el tiempo de permanencia de los párvulos y alumnos, las que deberán lograrse idealmente mediante estrategias pasivas, o en su defecto con sistemas de refrigeración y/o calefacción, con ductos de evacuación de gases al exterior y provisto de elementos de protección contra las quemaduras:

- a. Educación Parvularia, una temperatura de 15° C en las zonas: andina, central interior del río Maipo al sur, sur litoral, sur interior y sur extrema.
- b. Educación Básica y Media, una temperatura de 12° C en las zonas: andina, central al interior de los ríos Ñuble e Itata al Sur, sur litoral, sur interior y sur extrema.
- c. Hogares Estudiantiles, una temperatura de 15° C en las zonas: andina, central interior del río Maipo al sur, sur litoral, sur interior y sur extrema (Ministerio de Educación, 2011).”

De acuerdo con la zonificación climática habitacional establecida en la norma NCh 1079 of 2008, la comuna de San Felipe pertenece a la zona 5 Central Interior, por lo que no pertenece a las zonas indicadas en el decreto N.º560. Por este motivo, se hace evidente el uso del artículo mencionado en la guía debido a que contempla a los establecimientos educacionales.

Figura 2.6: Zonificación climática NCh 1079



Fuente: Norma Nch 1079 (2008)

NCh 1079 of 2019. Esta norma establece los valores máximos de transmitancia térmica (U) y mínimos de resistencia térmica (RT) para los elementos que componen la envolvente térmica de un edificio educacional, como se puede apreciar en la tabla 4. Estos valores pueden ser calculados a través de la metodología establecida en NCh 853 of 2007 “Acondicionamiento Térmico”.

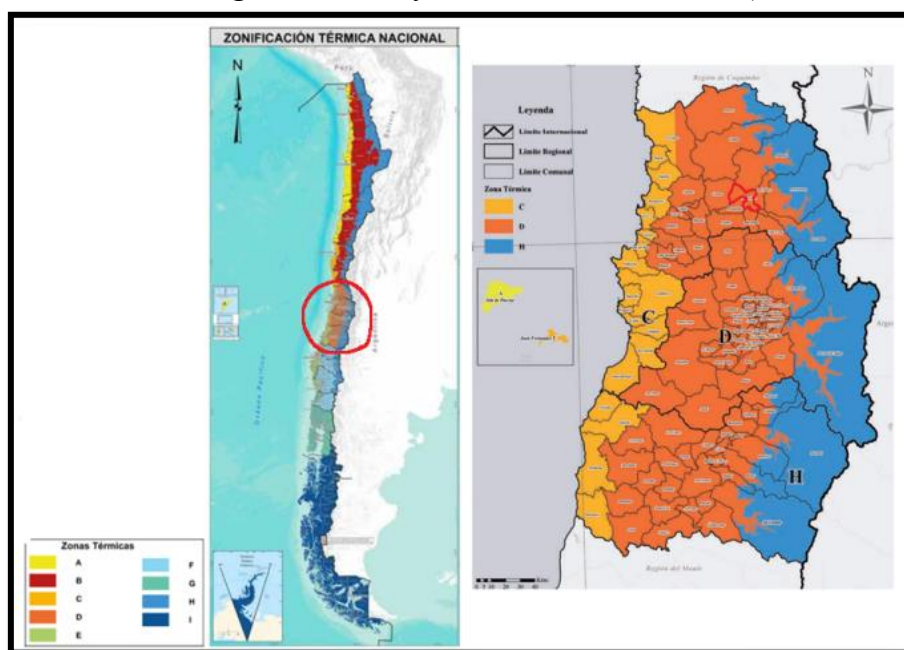
Tabla 2.6: Valores según componente de la envolvente térmica

ZONA TÉRMICA	Complejo Techumbre		Complejo de Muro		Complejo de Piso Ventilado		Puertas Opacas	
	U	Rt	U	Rt	U	Rt	U	Rt
	W/m²K	m²K/W	W/m²K	m²K/W	W/m²K	m²K/W	W/m²K	m²K/W
A	0,84	1,19	2,00	0,50	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	0,60	1,67	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

Fuente: Guía para intervenciones de conservación, MINEDUC (2022)

Junto con la actualización de las exigencias térmicas, también se generó una actualización de las zonas térmicas de Chile. En la figura 2.7 se pueden apreciar las nuevas zonas térmicas, donde la comuna de San Felipe estaría perteneciendo a la zona térmica “D”, la cual se encuentra demarcada en color verde.

Figura 2.7: Zonificación térmica nacional



Fuente: Guía para intervenciones de conservación, MINEDUC (2022)

2.6 Herramientas de simulación

En la siguiente sección, se proporcionará una justificación detallada para la selección de los programas computacionales que se utilizarán para las simulaciones en esta investigación.

2.6.1 Simulación Térmica

Según el manual del Ministerio de Vivienda y Urbanismo “Estándares de Construcción Sustentable Para Viviendas de Chile”, existen dos alternativas para determinar las demandas energéticas de un inmueble, ya sea a través del uso de planillas de balance térmico dinámico (PBTD) otorgadas por la Calificación Energética de Viviendas o el uso de software de simulación energética de libre elección.

Además, el software de simulación energética que se utilice deberá estar acreditado mediante el método estandarizado para la evaluación de programas computacionales de análisis energético de edificios, ANSI/ASHRAE Standard 140-2014. Algunos programas de referencia son: Desing Builder, IES Virtual Environment, IDA ICE o EDSL. Por ejemplo, Desing Builder usado por Muñoz (2018) en su investigación, es un software de simulación avanzada de edificios que se caracteriza por su estructura modular y su capacidad para adaptarse a las necesidades específicas del usuario. El programa cuenta con nueve módulos distintos, cada uno está diseñado para llevar a cabo un tipo de tarea o análisis en particular. Entre las características del software se encuentra su avanzado modelador 3d y su capacidad para trabajar con EnergyPlus 9.4 y el motor de simulación energética líder en el mundo (DesingBuilder Latinoamérica, n.d.). Dado que cumple con lo establecido en el manual y dio buenos resultados en la investigación realizada en 2018 se utilizará en este proyecto.

2.6.2 Simulación Lumínica

Dado que Martínez (2020) en su trabajo de investigación señaló que una limitación presentada en su estudio fue que, al realizar mediciones in situ, los resultados obtenidos quedaron limitados únicamente a la época en que fueron realizados, se hace evidente la necesidad de utilizar algún software de simulación para poder simular bajo distintos escenarios y distintas épocas del año.

Un ejemplo de investigación reciente en la que se aplicó esta metodología (simulación) fue el trabajo realizado por Durán (2021), titulado “Estudio del comportamiento lumínico de la Escuela de Derecho perteneciente a la Universidad de Valparaíso”. En este estudio, el uso del software DIALux permitió al investigador cumplir con los objetivos planteados y conocer el comportamiento lumínico del edificio en cuestión (Durán, 2021), motivo por el cual se utilizará en esta investigación.

DIALux es un programa gratuito desarrollado por la empresa alemana DIAL GmbH (Escuela Británica de Artes Creativas y Tecnología, 2023). Este software permite planificar, visualizar y simular la iluminación dentro de un inmueble permitiendo identificar distintas variables, dentro de las cuales se encuentra la exigida por la normativa chilena (Nivel de iluminación).

2.7 Accesibilidad Universal

Las intervenciones que buscan mejorar la condiciones de accesibilidad universal de un establecimiento educacional pueden plantearse bajo dos aspectos, detallados a continuación:

- a) **Mantenimiento:** incluye elementos mecánicos existentes, como ascensores y rampas mecánicas, o la habilitación de rampas existentes que no cumplan con la pendiente mínima o que se encuentren en condiciones inseguras. También incluye la reposición de señalética, antideslizante en circulaciones verticales y rampas, pavimentos en mal estado y barandas no escalables.
- b) **Construcción:** como parte de la ruta accesible, puede incluir la construcción de rampas u otras soluciones que aseguren la accesibilidad en el establecimiento educacional, siempre y cuando existan espacios disponibles y el terreno lo permita.

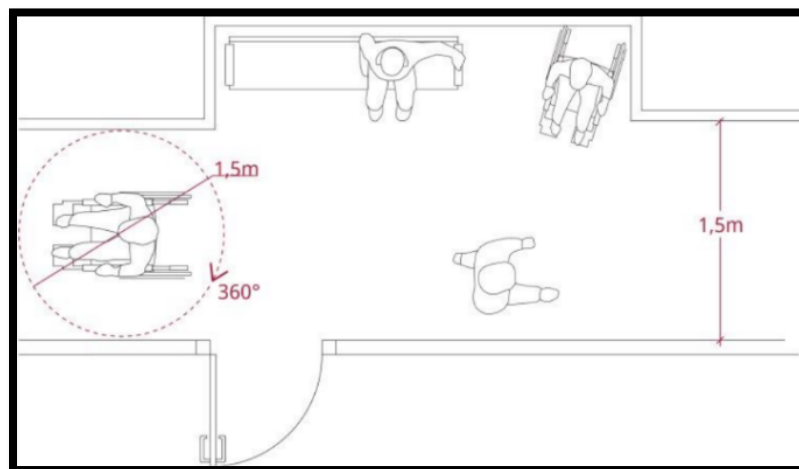
2.7.1 Normativa de Accesibilidad

A continuación, se detallarán algunas de las exigencias establecidas en el Decreto Supremo N°50 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Artículo 4.1.7. Este artículo establece que todos los edificios de uso público y aquellos que presten un servicio a la comunidad, independientemente de su carga ocupacional deben ser accesibles y utilizables de manera autónoma y sin dificultades por personas con movilidad reducida. Por esta razón se debe incorporar una ruta accesible que para el caso de los establecimientos educacionales debe conectar los accesos del edificio con las aulas, talleres, laboratorios, bibliotecas, comedores, servicios higiénico, patios y otros recintos que pertenezcan al inmueble (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2016).

La figura 2.8 muestra un pasillo dentro de un edificio que forma parte de la ruta accesible. Este pasillo debe tener un ancho mínimo de 1,50 m y debe permitir un giro 360° a una persona en silla de ruedas.

Figura 2.8: Ancho mínimo de circulación ruta accesible

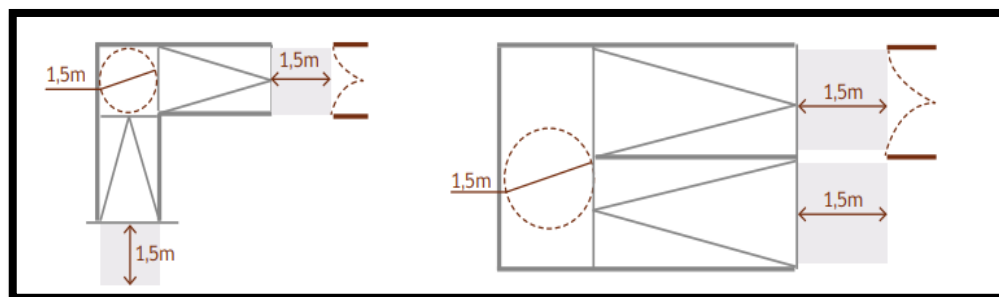


Fuente: Ciudad Accesible, Síntesis Dibujada y Comentada Decreto 50 (2017)

Respecto a los desniveles que puedan presentarse en la ruta accesible, estos deben ser resueltos mediante rampas o planos antideslizantes e inclusive mediante ascensores que permitan su uso de manera autovalente.

En el caso de consultar rampas o planos antideslizantes, su ancho debe ser igual al de la vía de evacuación que enfrenta y debe comenzar y finalizar su recorrido en un plano horizontal del mismo ancho y con una longitud de 1,50 m como mínimo. Los cambios de dirección de la rampa deben proyectarse en el descanso y permitir un giro de 360° de una persona en silla de ruedas. La pendiente transversal no debe superar el 2%. Todo esto se puede apreciar en la figura 2.9.

Figura 2.9: Radio de giro y ancho de rampa



Fuente: Ciudad Accesible, Síntesis Dibujada y Comentada Decreto 50 (2017)

La pendiente de la rampa debe ser de un 8% pudiendo alcanzar un 12% como máximo, en caso de que la rampa supere 9,0 m de longitud esta deberá fraccionarse en tramos de igual longitud, en los que incorporaran descansos con un largo de 1,50 m y su ancho será el de la rampa. La figura 2.10 indica las pendientes permitidas en Chile.

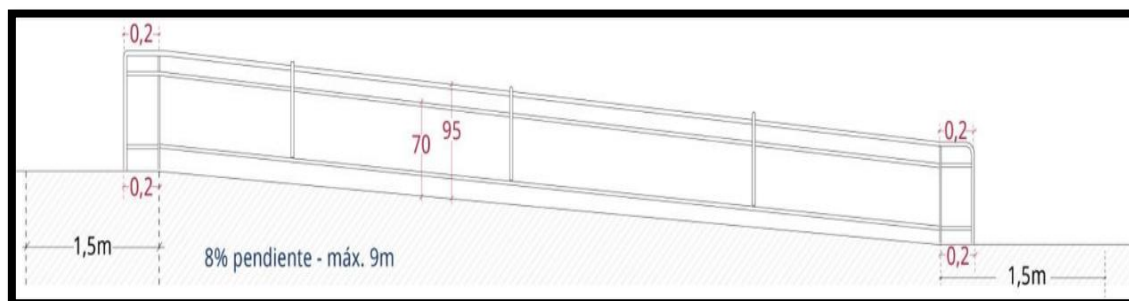
Figura 2.10: Pendientes permitidas en Chile

$i\% = 12,8 - 0,53333L$	
LARGO	FORMULA %
1,5	12,00
2	11,73
2,5	11,47
3	11,20
3,5	10,93
4	10,67
4,5	10,40
5	10,13
5,5	9,87
6	9,60
6,5	9,33
7	9,07
7,5	8,80
8	8,53
8,5	8,27
9	8,00

Fuente: Ciudad Accesible, Síntesis Dibujada y Comentada Decreto 50 (2017)

Si la longitud de la rampa es mayor a 1,50 m, se deben colocar en ambos lados un pasamanos continuo de dos alturas, unos de 0,70 y otro de 0,90 m. Este pasamanos debe prolongarse a los menos 0,20 m en el inicio y fin de la rampa, como se muestra en la figura 2.11.

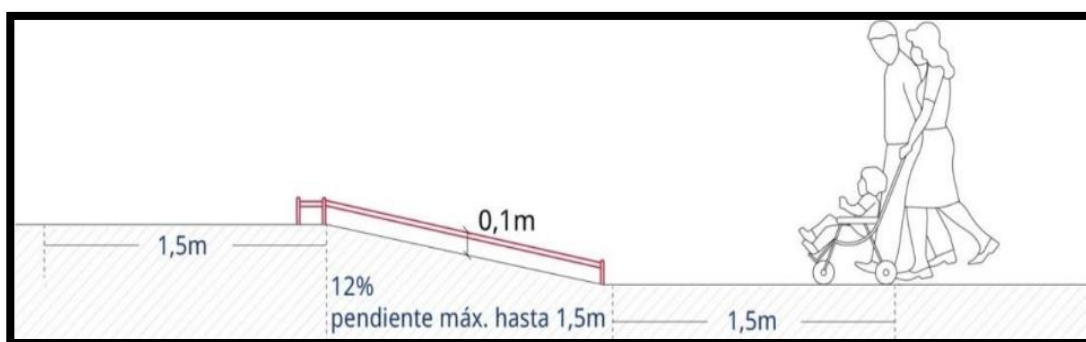
Figura 2.11: Pasamanos de dos alturas en rampa



Fuente: Ciudad Accesible, Síntesis Dibujada y Comentada Decreto 50 (2017)

En la figura 2.12 se puede apreciar la solución para las rampas con una longitud menor a 1,50 m, la cual debe incluir una solera o resalte de 0,10 m como mínimo o una baranda a una altura mínima de 0,95 m.

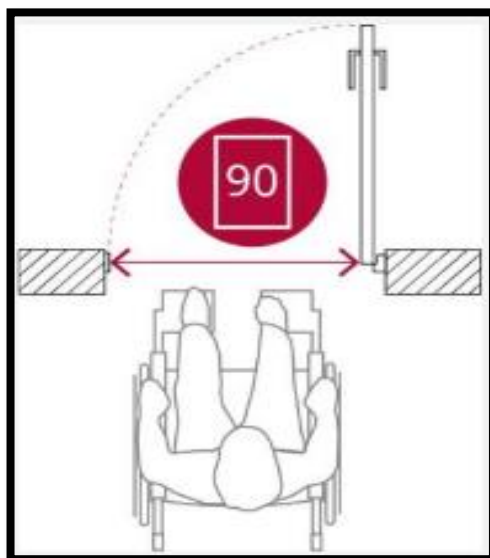
Figura 2.12: Rampa de longitud menor a 1,50 m



Fuente: Ciudad Accesible, Síntesis Dibujada y Comentada Decreto 50 (2017)

Las puertas de acceso a los recintos deben tener un ancho libre de 0,90 m y ser resistentes al impacto. Además, deben contar con un sistema de apertura de manillas tipo palanca ubicadas a una altura de 0,95 m. Esto se ilustra en la figura 2.13.

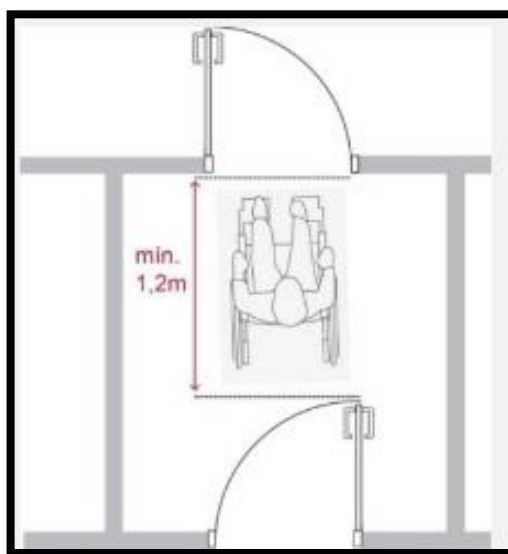
Figura 2.13: Puerta de ingreso a espacio



Fuente: Ciudad Accesible, Síntesis Dibujada y Comentada Decreto 50 (2017)

En caso de existir o contemplarse doble puerta, el espacio libre mínimo entre estas debe ser de 1,20 m y se debe considerar el largo del barrido de ambas puertas, como se muestra en la figura 2.14.

Figura 2.14: Puerta de ingreso a espacio doble



Fuente: Ciudad Accesible, Síntesis Dibujada y Comentada Decreto 50 (2017)

Según el punto 6 del artículo, los edificios que cuenten con servicios higiénicos deben tener al menos uno de uso preferencial para personas con discapacidad, que pueden ser de uso alternativo para ambos sexos, este debe señalizarse con el Símbolo Internacional de Accesibilidad, como se muestra en la figura 2.15.

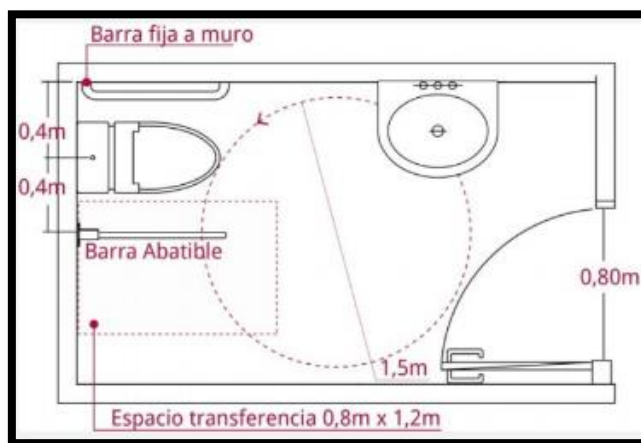
Figura 2.15: Señalizaciones para baño accesible



Fuente: Ciudad Accesible, Síntesis Dibujada y Comentada Decreto 50 (2017)

En la figura 2.16 se muestra un baño accesible, cuyas dimensiones y de los artefactos sanitarios deben permitir giros de 360° de una silla de ruedas, considerando para ellos un diámetro de 1,50 m. El espacio bajo el lavamanos puede considerarse dentro del diámetro siempre y cuando no haya elementos que impidan el giro, como un pedestal u otro elemento. La puerta de acceso al recinto debe tener un ancho mínimo libre de 0,80 m y abrir perfectamente hacia el exterior. En caso de abrir hacia el interior, no debe interrumpir el radio de giro.

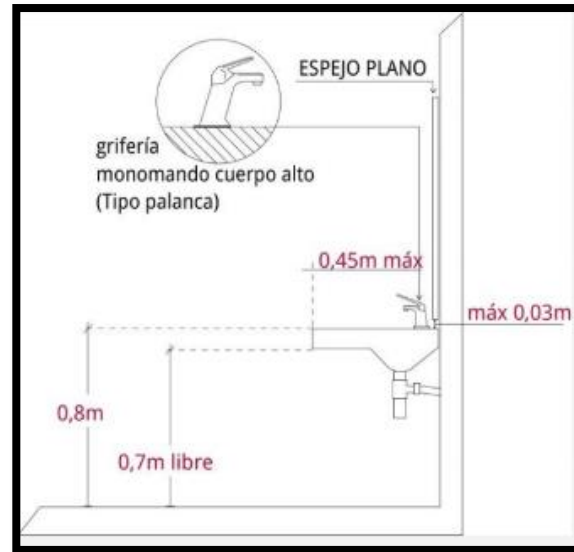
Figura 2.16: Condiciones mínimas de baño accesible



Fuente: Ciudad Accesible, Síntesis Dibujada y Comentada Decreto 50 (2017)

Los artefactos sanitarios deben cumplir ciertas condiciones. El lavamanos debe estar ubicado a una altura de 0,80 m desde el nivel de piso terminado y dejar un espacio libre de 0,70 m bajo su cubierta para permitir la aproximación frontal de una persona en silla de ruedas. La grifería debe ser de palanca, de presión o de acción automática mediante sistema de sensor y no debe estar instalada a más 0,45 m del borde del artefacto. El espejo debe estar instalado a una altura máxima de 4 cm del punto más alto de la cubierta o del lavamanos, como se muestra en la figura 2.17.

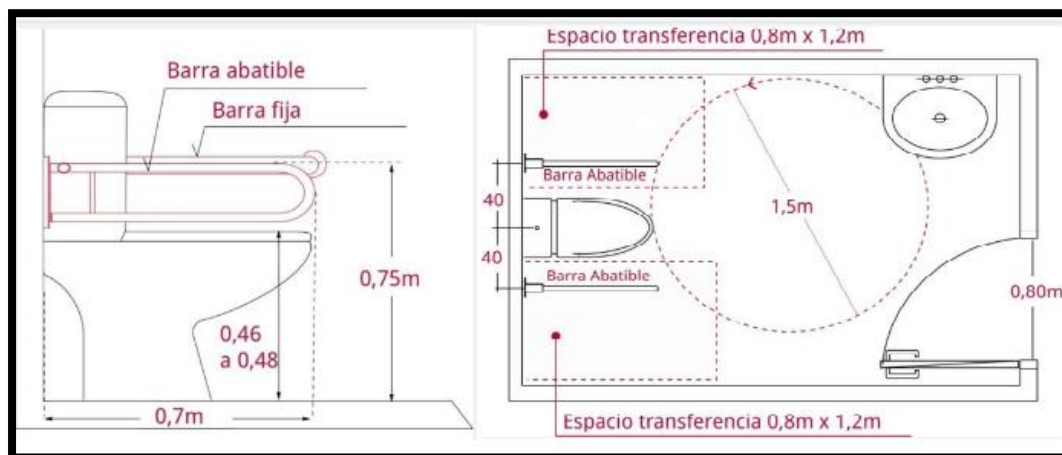
Figura 2.17: Condiciones de altura para lavamanos accesible



Fuente: Ciudad Accesible, Síntesis Dibujada y Comentada Decreto 50 (2017)

El inodoro debe tener al menos un espacio de transferencia lateral y paralelo del al menos 0,80 m de ancho por 1,20 m de largo para permitir la aproximación lateral de un usuario en silla de ruedas. La altura del asiento del inodoro debe ser entre 0,46 a 0,48 m desde el nivel de piso terminado. Si el inodoro se instala junto a un muro, se debe proveer una barra recta de apoyo fija en el muro a un costado del inodoro y una barra abatible al otro costado, ubicada a 0,40 m del eje longitudinal del costado del inodoro. Ambas barras deben ser antideslizantes, tener un diámetro entre 3,5 cm y un largo mínimo de 0,60 m y estar ubicadas a una altura de 0,75 m desde el nivel de piso terminado. Si se provee espacio de transferencia lateral a ambos costados del inodoro, ambas barras serán abatibles. Todo esto se muestra en la figura 2.18

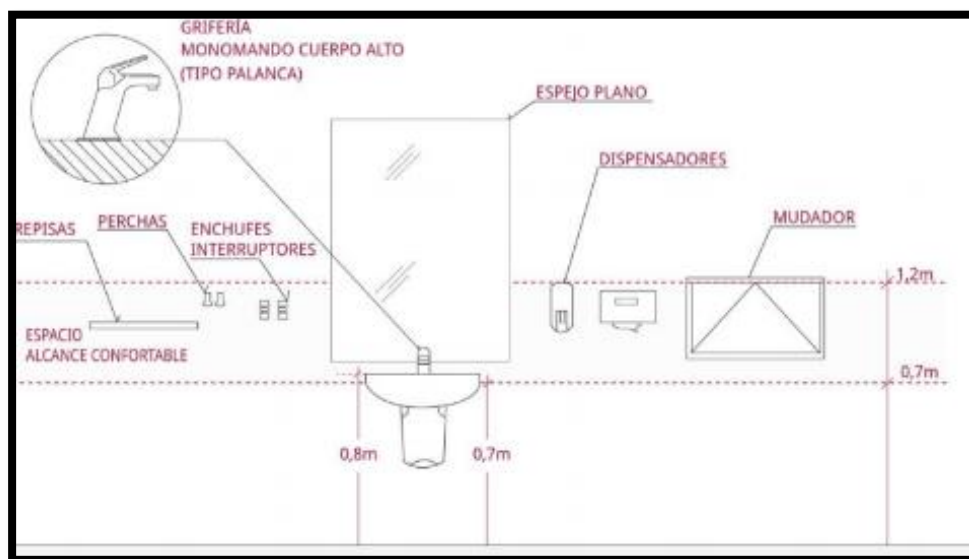
Figura 2.18: Condiciones de altura para inodoro



Fuente: Ciudad Accesible, Síntesis Dibujada y Comentada Decreto 50 (2017)

En la figura 2.19 se aprecian las condiciones que debe cumplir la instalación de accesorios del baño:

Figura 2.19: Condiciones que deben cumplir accesorios del baño



Fuente: Ciudad Accesible, Síntesis Dibujada y Comentada Decreto 50 (2017)

Deben instalarse a una altura máxima de 1,20 m y no deben obstaculizar la circulación o el giro de la silla de ruedas en el baño ni la transferencia hacia el inodoro. Si hay un botón de emergencia, debe estar instalado a una altura de 0,40 m. Los accesorios para el inodoro deben estar a una altura entre 0,40 y 0,80 m. Todas estas se miden desde el nivel de piso terminado.

2.8 Asbesto

Aunque la guía no especifica de manera explícita la necesidad de eliminar este material, y no constituye el eje central de esta investigación, es evidente que, si se identifica que la cubierta del inmueble no cumple con los estándares normativos térmicos, será necesario retirar este material. Por lo tanto, se ha incorporado la información presentada a continuación con el objetivo de concienciar sobre los peligros asociados y el procedimiento adecuado para su eliminación lo cual será de suma importancia para la elaboración de las especificaciones técnicas de este anteproyecto.

2.8.1 Efectos en la salud

La exposición al asbesto puede tener múltiples orígenes, incluyendo fuentes laborales, paralaborales y ambientales. La principal vía de exposición es la inhalación, debido a la liberación de fibras al aire durante actividades como la extracción y procesamiento del mineral, fabricación de productos y materiales que contienen asbesto, entre otras (Abú-Shams & Pascal, 2005).

Actualmente, existe una creciente preocupación por la exposición al asbesto en edificios antiguos. Si estos inmuebles contienen materiales con asbesto, existe un riesgo para la salud humana. Esto se debe a que, si los materiales se deterioran con el tiempo o se dañan, las fibras pueden liberarse y encontrarse en el aire tanto en el interior como en el exterior del edificio. Sin embargo, no existe riesgo si el material se encuentra en perfectas condiciones (American Cancer Society, n.d.).

Además de la exposición respiratoria, también es posible la exposición oral. Las fibras de asbesto pueden ser ingeridas cuando contaminan alimentos y líquidos. La principal causa de contaminación del agua es a través de tuberías confeccionadas con este material y que se encuentran deterioradas (Abú-Shams & Pascal, 2005).

La exposición al asbesto puede afectar la respiración y provocar graves problemas de salud irreversibles. El asbesto ha sido clasificado como una sustancia cancerígena por diversas agencias internacionales, incluyendo el Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos (HHS), la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC). Esta última agencia afirma que hay pruebas suficientes de que el asbesto provoca diversos tipos de cánceres. Además de otros trastornos pulmonares no cancerígenos.

No obstante, las personas expuestas al asbesto no siempre desarrollan estas enfermedades. El riesgo aumenta dependiendo de diversos factores, como la cantidad de asbesto en el aire, la frecuencia y duración de la exposición, el tiempo que ha pasado desde que comenzó la exposición, si la persona ya tiene afecciones pulmonares o respiratorias y si fuma tabaco. En caso de que estas enfermedades sean desarrolladas tardan entre 20 a 30 años en manifestarse. Es por esto por lo que el asbesto se considera como un asesino lento y silencioso (Instituto Nacional del Cáncer, n.d.).

2.8.2 Normativa y Exigencias para el Retiro de Asbesto

El Decreto Supremo N.º 656, promulgado el 12 de septiembre del año 2000 por el Ministerio de Salud de Chile, es un reglamento que prohíbe en el país la producción, importación, distribución, venta y uso de cualquier material o producto que contenga asbesto (Ministerio de Salud, 2001).

En el artículo N°9 del decreto se estableció que:

“Las actividades de demolición, desmantelamiento o modificación relacionadas con edificaciones, equipos, instalaciones, materiales o maquinarias que tuvieran fibras de asbesto friable, requerirán de autorización previa de la autoridad sanitaria correspondiente.

Deberá siempre solicitarse la autorización señalada, si durante el desarrollo de alguna de las actividades referidas se encuentra asbesto friable del que no se hubiere tenido conocimiento al inicio de las obras, paralizando las mismas hasta la obtención de dicho permiso.

En el evento que el asbesto presente en las actividades sea no friable, se deberá notificar a la autoridad sanitaria competente la realización de la actividad, en forma previa a su inicio o tan pronto se encuentre el producto y acompañar el plan de trabajo.”

El asbesto friable se refiere al mineral de asbesto que se encuentra en estado libre, ya sea en mangas, paquetes o como componente de un material, y que presenta condiciones propicias para su desmenuzamiento (Mutual de Seguridad, s. f.).

Por otro lado, el asbesto no friable es aquel que se encuentra encapsulado con un material que impide su desmenuzamiento, como en el caso baldosas vinílicas de asbesto o las planchas de asbesto-cemento. Sin embargo, si se encuentran deterioradas o dañadas, pueden pasar a ser consideradas como asbesto friable debido a que el asbesto ya no se encuentra encapsulado y las fibras pueden liberarse fácilmente al aire (Mutual de Seguridad, n.d.).

Dicho esto, en caso de que la propuesta técnica derivada de esta investigación sea materializada la empresa constructora que se adjudique el proyecto es la responsable de generar dicho plan de trabajo.

3. Metodología de la Investigación

Este proyecto tiene como propósito realizar una evaluación y posterior propuesta de intervención para el establecimiento educacional seleccionado, los cuales son considerados como mixtos, puesto que combinan métodos cuantitativos y cualitativos, con el objetivo de analizar e intervenir si se estima conveniente en un futuro. El método empleado para el desarrollo del proyecto consiste en la recolección de datos empíricos, mediante fichas de inspección visual, y la simulación computacional, mediante el uso de softwares. La información recabada permitirá plantear mejoras en el inmueble con el fin de optimizar su comportamiento térmico, el nivel de iluminación y las condiciones de accesibilidad. La metodología del proyecto se ha estructurado en cinco fases de acción, que se explican a continuación con mayor detalle:

3.1 Fase preliminar:

La primera etapa del proyecto, denominada “Fase Preliminar”, consistió en una revisión bibliográfica exhaustiva. Durante esta revisión, se examinaron diversos temas de interés y se identificó una guía elaborada por el Ministerio de Educación titulada “Guía para Intervenciones de Conservación”. Esta guía permitió conocer diversas problemáticas que se pueden presentar en los establecimientos educacionales del país, las cuales pueden ser abordadas mediante la realización de un “Proyecto de conservación”.

Tras identificar este aspecto fundamental, se procedió a buscar un establecimiento educacional que requiriera de la realización de dicho proyecto. Para ello, se visitó la Municipalidad de San Felipe, donde en el Departamento Secretaría Comunal de Planificación (SECPLA) se mencionó un establecimiento rural con algunas de las problemáticas mencionadas en la guía. Durante la visita al establecimiento, se identificaron tres problemáticas específicas que primeramente requieren ser medidas y cuantificadas para conocer si realmente no cumplen con el estándar normativo, y en caso de que presentes deficiencias estas pueden ser abordadas como proyecto de conservación.

Posteriormente, se continuó con la búsqueda de información para profundizar en cada una de las variables mencionadas y así realizar el planteamiento del problema con una base sólida. Luego se recopilaron antecedentes y estudios nacionales e internacionales que proporcionaron los fundamentos necesarios para seguir adelante con el proyecto de investigación. Para finalizar esta fase, se elaboró un marco teórico centrado principalmente en un marco legal y normativo, ya que se trata de un proyecto aplicado en el que deben cumplirse diversos estándares normativos. Además, se complementó con antecedentes que permiten ver la manera en que se realizarán las evaluaciones a las problemáticas en cuestión y teoría que permita comprender los resultados obtenidos.

3.2 Fase de recopilación de antecedentes y diseño:

La segunda etapa del proyecto consistirá en la recopilación de antecedentes, lo cual implica solicitar información del establecimiento, específicamente la planimetría (planta de arquitectura y elevaciones). Una vez obtenidas las planimetrías en digital, se realizará una comparación entre la información entregada y la recopilada en terreno. Estas medidas serán tomadas con un flexómetro y en caso de existir diferencias, se modificarán utilizando el software AutoCAD. Toda esta recopilación de antecedentes será útil como punto de partida para abordar todas las problemáticas identificadas.

Antes de comenzar con la “Fase de Aplicación”, se deben realizar diversas actividades que, para su mejor comprensión, serán divididas por cada problemática, como se muestra a continuación:

3.2.1 Accesibilidad. Para evaluar este aspecto se debe diseñar una ficha de inspección visual. Esta ficha tiene como objetivo identificar qué aspectos incumplen el Decreto N°50 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Los aspectos que se inspeccionarán son los siguientes: accesos al establecimiento, aulas u oficinas; pendiente de rampas; barreras arquitectónicas; servicios higiénicos; y finalmente la existencia de una ruta accesible que conecte todos los espacios.

3.2.2 Térmico. Para evaluar este aspecto, se utilizará el software de modelación Autodesk Revit y de simulación Desing Builder. Este último permitirá determinar y conocer el comportamiento térmico de la envolvente del inmueble. Para ello, se debe realizar una capacitación previa con el fin de aprender a utilizar ambos software de manera más eficiente. Una vez dominados, se debe realizar una visita previa al establecimiento educacional con la finalidad de registrar todos los materiales pertenecientes a la envolvente térmica del establecimiento.

3.2.3 Iluminación. Para evaluar el nivel de iluminación artificial de las aulas, se utilizará el software de modelación Autodesk Revit y de simulación Dialux. Con el fin de utilizar estos programas de manera eficiente, se llevará a cabo una capacitación previa. Posteriormente, se debe realizar una visita previa al inmueble para registrar características relevantes de las salas, tales como los colores de pisos, muros, cielo y objetos, junto con las dimensiones de estos últimos.

Respecto a las luminarias existentes se requiere la siguiente información sobre las características técnicas de las luminarias, como su distribución, flujo luminoso, potencia, entre otras más. Todas estas características se identificarán en la ficha técnica entregada por el distribuidor.

3.3 Fase de aplicación

La fase de aplicación implica la puesta en práctica de los aprendizajes y herramientas de trabajo desarrolladas en las fases anteriores. Para facilitar la comprensión y el detalle de cada uno de los aspectos, estos se dividirán de la misma manera que en la fase anterior.

Antes de comenzar a evaluar directamente el nivel de iluminación y la transmitancia térmica y/o resistencia térmica de la envolvente térmica del edificio, se llevará a cabo el modelado en el software Autodesk Revit del establecimiento, este archivo será cargado a los programas computacionales Dialux y Design Builder, para continuar con la simulación.

3.3.1 Accesibilidad. Para determinar qué espacios o aspectos del inmueble no cumplen con las exigencias establecidas en el Decreto N°50 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, se llevará a cabo una inspección técnica en el establecimiento utilizando las fichas de inspección visual previamente elaboradas. Esta tarea se realizará durante el horario de clases de los estudiantes, con el fin de minimizar el tránsito y flujo de personas en el establecimiento durante las mediciones.

La inspección abarcará todos los espacios físicos a los que cualquier persona pueda tener acceso, incluyendo baños, pasillos, acceso a aulas, establecimiento, cocina, comedor, entre otros. Durante el recorrido, se debe tener a disposición diversos elementos que permitan realizar la labor de manera más eficiente, tales como, plantas de arquitectura del inmueble, un flexómetro y un dispositivo para tomar fotografías de los elementos que no cumplan los requerimientos técnicos y normativos. Este último elemento es esencial para evidenciar y respaldar los aspectos identificados.

3.3.2 Iluminación. Antes de realizar la simulación con el software Dialux, es necesario realizar la visita al inmueble para identificar los aspectos necesarios mencionados con anterioridad.

Una vez completada esta etapa, se procede a realizar la simulación pertinente con el fin de conocer el nivel de iluminación de las salas de clase.

3.3.3 Térmico. Antes de realizar la simulación con el software Design Builder, es necesario realizar la visita al inmueble para identificar los aspectos necesarios mencionados con anterioridad, en donde una vez identificado cada material se verificarán algunas características físicas necesarias para el software, las cuales se encuentran en su gran mayoría en la Nch 853 Of 2007.

Una vez completada esta etapa, se procede a realizar la simulación con el fin de conocer el comportamiento térmico del establecimiento educacional. Posteriormente, se determinará si la envolvente térmica del edificio cumple con la transmitancia térmica exigida en la propuesta del artículo 4.1.10, utilizando la metodología indicada en la norma Nch 853 Of 2007.

3.4 Fase de análisis

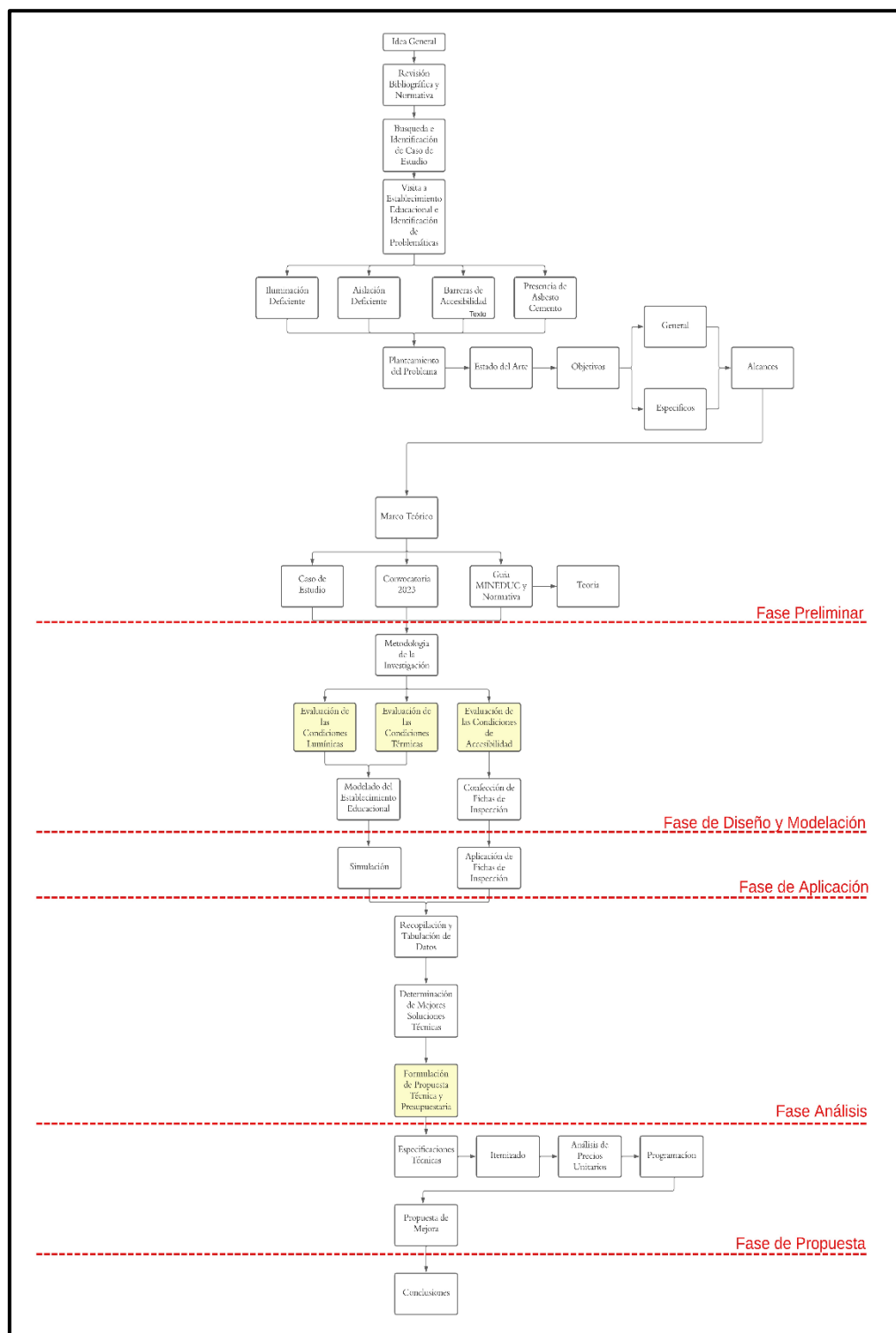
En esta fase, se recopilarán todos los entregables de la etapa anterior, ya sean los obtenidos mediante simulaciones, cálculos en base a normativas o los recopilados in situ a través de las fichas de inspección. Todos estos antecedentes serán sintetizados a través de gráficos y tablas de contenido en el software Microsoft Excel. Posteriormente, se procederá a determinar las mejores soluciones técnicas para subsanar las deficiencias identificadas. Las alternativas que se compararán serán las otorgadas por la Guía para Intervenciones de Conservación y el Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética. Una vez reunidas todas las alternativas, se evaluarán a través de simulaciones y cálculos matemáticos para determinar cuál cumple de mejor manera con las exigencias normativas en cuanto a aspectos térmicos y de nivel de iluminación. Respecto a la accesibilidad, se analizará in situ las mejores soluciones técnicas. Respecto a las materialidades, se indagará en la plataforma Mercado Público con la finalidad de hallar proyectos de conservación para establecimientos educacionales en las que se hayan abordado las problemáticas del inmueble en cuestión, para posteriormente determinar cuál es la mejor materialidad y solución para emplear.

3.5 Fase de propuesta

En esta fase, se elaborará una propuesta técnica y presupuestaria que busca ofrecer soluciones constructivas a los problemas identificados y verificados en las etapas anteriores. Para ello, se confeccionarán las especificaciones técnicas del proyecto, consultando la norma NCh 1156 Of. 1999 para garantizar su correcta realización. Posteriormente, se elaborará el presupuesto mediante el Itemizado y análisis de precios unitarios para cada especificación técnica, identificando los materiales, equipos, herramientas necesarios(as), junto con la mano de obra requerida para llevar a cabo la labor determinada, para así culminar con la programación del anteproyecto. Para la confección del presupuesto y la programación se utilizará el Software Microsoft Excel.

La Figura 3.1 presenta de manera esquemática y resumida las distintas fases del proceso, desde el comienzo hasta el final. Cada cambio de color en la figura representa una fase distinta.

Figura 3.1: Diagrama Metodología



Fuente: Elaboración Propia (2023)

4. Presentación y Análisis de Resultados

En este capítulo se exponen todos los resultados obtenidos junto al desarrollo de estos en el marco de esta investigación. Para facilitar su comprensión, los resultados se han organizado en apartados correspondientes a cada objetivo específico.

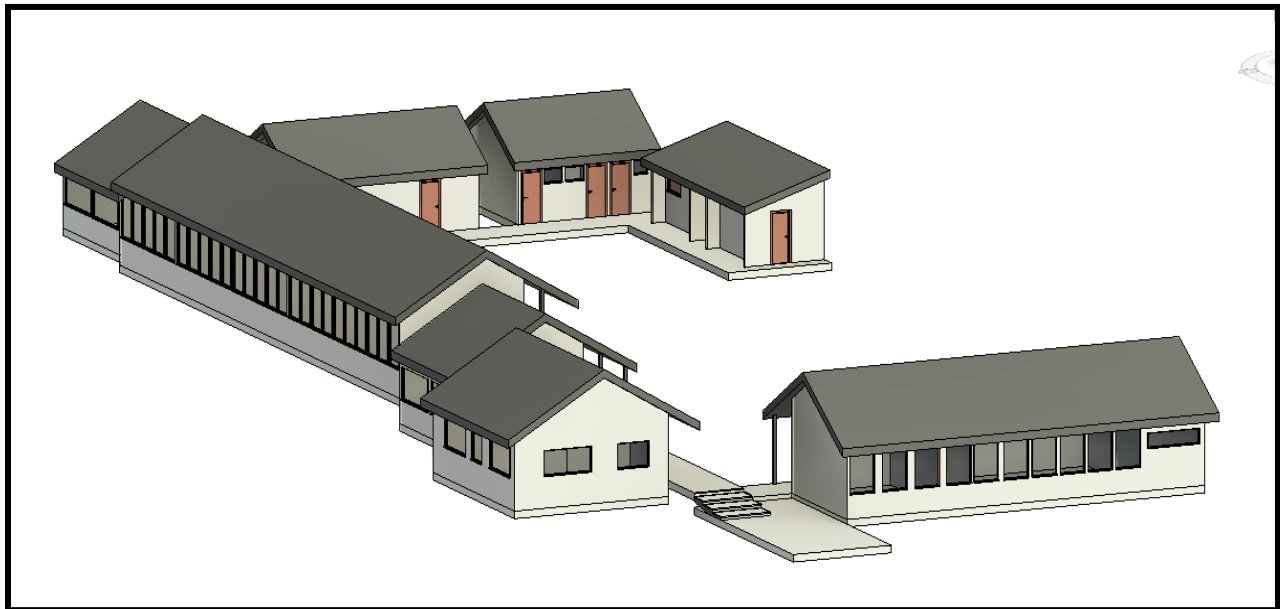
4.1 Evaluación del Comportamiento Térmico de la Envolvente Térmica

Este apartado tiene como objetivo evaluar el desempeño térmico de la envolvente térmica del establecimiento educacional Heriberto Bermúdez Cruz, ubicado en el sector El Encon, calle E-705 de la comuna de San Felipe. Para ello, se realizarán simulaciones y cálculos matemáticos según lo expuesto en el capítulo anterior.

4.1.1 Desarrollo de la Experiencia para la Simulación Térmica

4.1.1.1 Modelado del Establecimiento Educacional. El establecimiento educacional investigado se modeló mediante el programa computacional Autodesk Revit versión 2021, bajo una licencia educacional. Una vez realizado el modelo, el software generó un archivo compatible con los dos programas computacionales empleados en esta investigación (Design Builder v6 y Dialux Evo 9), ambos bajo una licencia gratuita. El modelado en Autodesk Revit se fundamentó en la planimetría expuesta en el anexo N°4 y a través de las mediciones realizadas en terreno con el fin de esclarecer algunas dimensiones faltantes en la planta de arquitectura. A continuación, se exhibe el modelo finalizado del establecimiento educacional.

Figura 4.1: Modelado Escuela Heriberto Bermúdez Cruz

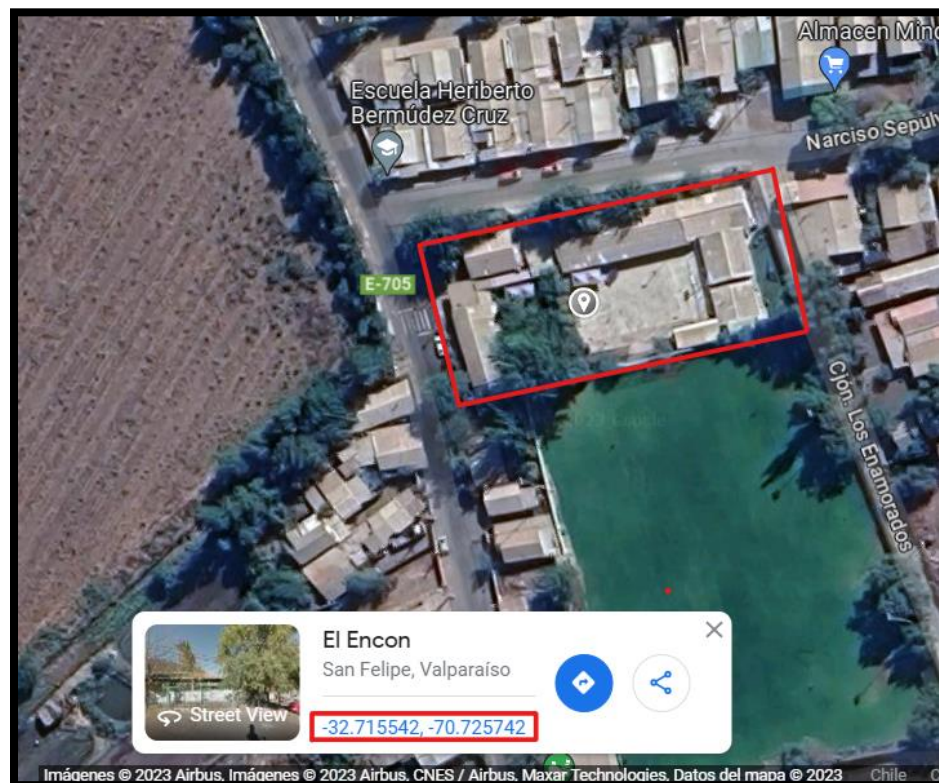


Fuente: Elaboración Propia, a Través de Autodesk Revit 2021

4.1.1.2 Registros Climatológicos. Para realizar una simulación más precisa en el software, se requiere ingresar inicialmente el modelo elaborado en Revit, junto a un archivo climático con datos históricos de la zona de estudio. El archivo climático empleado en esta investigación proviene del sitio web construcción sustentable del MINVU (<https://csustentable.minvu.gob.cl/>), el cual es avalado por el manual “Estándares de construcción Sustentable, Tomo II” elaborado por el mismo ministerio. En este sitio se ofrecen diversos archivos climatológicos para cada zona térmica del país, en donde según la clasificación que se expuso en el capítulo 2 de esta investigación, la comuna de San Felipe pertenece a la zona térmica D.

4.1.1.3 Emplazamiento. El modelo debe contar con la ubicación geográfica del inmueble, especificando la latitud, longitud, orientación y elevación sobre el nivel del mar del edificio para la realización de las simulaciones. La siguiente figura ilustra el emplazamiento de la escuela Heriberto Bermúdez junto con la latitud y longitud requerida.

Figura 4.2: Latitud y longitud Escuela Heriberto Bermúdez



Fuente: Elaboración Propia, a Través de Google Maps.

A continuación, se presenta el archivo climatológico ingresado al programa, junto con los datos de ubicación del establecimiento educacional. Todas las casillas marcadas en el recuadro de color rojo se llenan de forma automática gracias al archivo ingresado.

Figura 4.3: Datos de ubicación y climáticos en DesingBuilder

Modelo		Datos del Sitio	Datos de Región
Plantilla de Sitio			
Plantilla	Zona Termica D (Minvu) Estación Pudahuel		
Ubicación			
Latitud (°)	-32.72		
Longitud (°)	-70.73		
Zona climática ASHRAE	3C		
Detalles del Sitio			
Elevación sobre el nivel del mar (m)	474.0		
Nivel de exposición al viento	2-Normal		
Orientación (°)	0.0		
Varación de Altura del Sitio			
Terreno			
Cielo			
Horizonte			
Temperaturas del Agua de la Red			
Precipitación			
Irigación de Cubiertas Verdes			
CO2 y Contaminantes del Aire Exterior			
Hora y Horario de Verano			
Datos Climáticos para Simulación			
Datos Climáticos para Diseño de Calefacción			
Datos Climáticos para Diseño de Refrigeración			

Fuente: Elaboración Propia, a Través de DesingBuilder

4.1.1.4 Definición de Materialidades. Después de completar los pasos anteriores, se debe establecer la materialidad de cada elemento perteneciente a la envolvente térmica del establecimiento educacional mediante la interfaz de configuración de cerramientos del software. En esta interfaz se puede ingresar de forma detallada los distintos elementos que conforman los cerramientos y particiones del inmueble. Asignando el número de capas del elemento y el tipo de material junto a sus propiedades físicas (conductividad térmica, densidad y calor específico). Una vez determinadas las materialidades, es imprescindible conocer las propiedades físicas de cada una de ellas, las cuales se obtuvieron a través de la norma chilena NCH853 of 2007 y la Guía A del CISBE (Chartered Institution of Building Services Engineers). Las propiedades de cada uno de estos se presentan a continuación:

Tabla 4.1: Propiedades físicas requeridas para cada materialidad

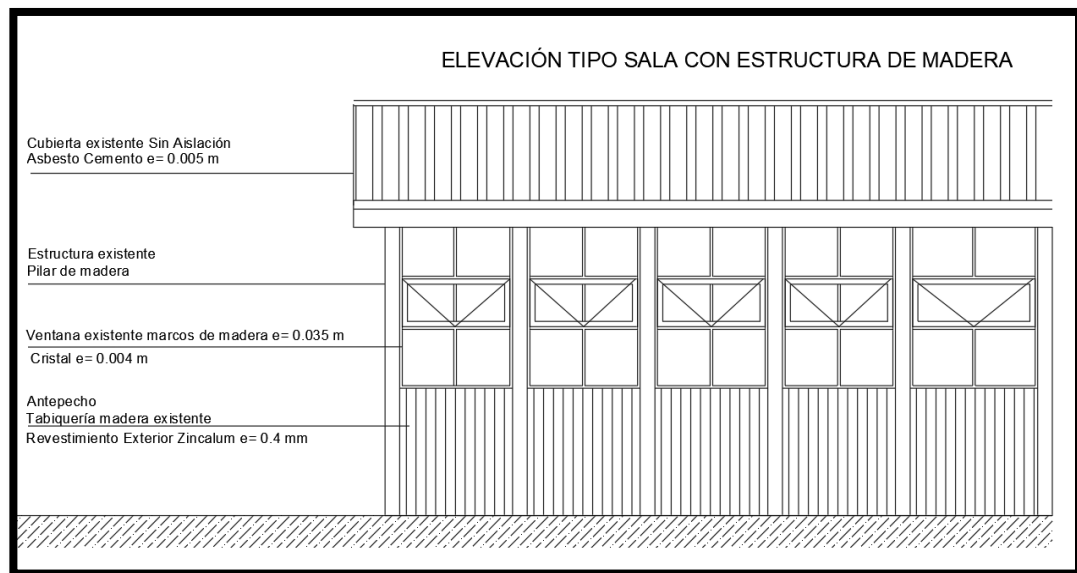
Material	Conductividad Térmica [W/(m ² K)]	Densidad [kg/m ³]	Calor Específico [J/kgK]
Zincalum*	210	7000	390
Poliestireno Expandido	0.043	10	1400
Terciado Ranurado (Pino)	0.104	410	1380
Hormigón Armado	1.63	2400	1000
Asbesto Cemento	1.02	1750	840

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Nch 853 & Guía “A” CISBE

En el caso del Zincalum, debido a la ausencia de datos específicos sobre su conductividad térmica, se optará por considerar esta propiedad termo física del componente predominante en su composición. El Zincalum está compuesto entre un 50-58% de aluminio, un 40-43% de zinc y un 1.2-1.6% de silicio (CYM San Pascual, n.d). Dado que el aluminio constituye la mayor proporción de esta aleación, se utilizará su conductividad térmica, que es de 210 W/m·K, para los cálculos subsiguientes. Cabe destacar que el espesor del material existente en la instalación, que es de 0.4 mm, no tiene un impacto en estos cálculos y, por lo tanto, puede ser despreciado.

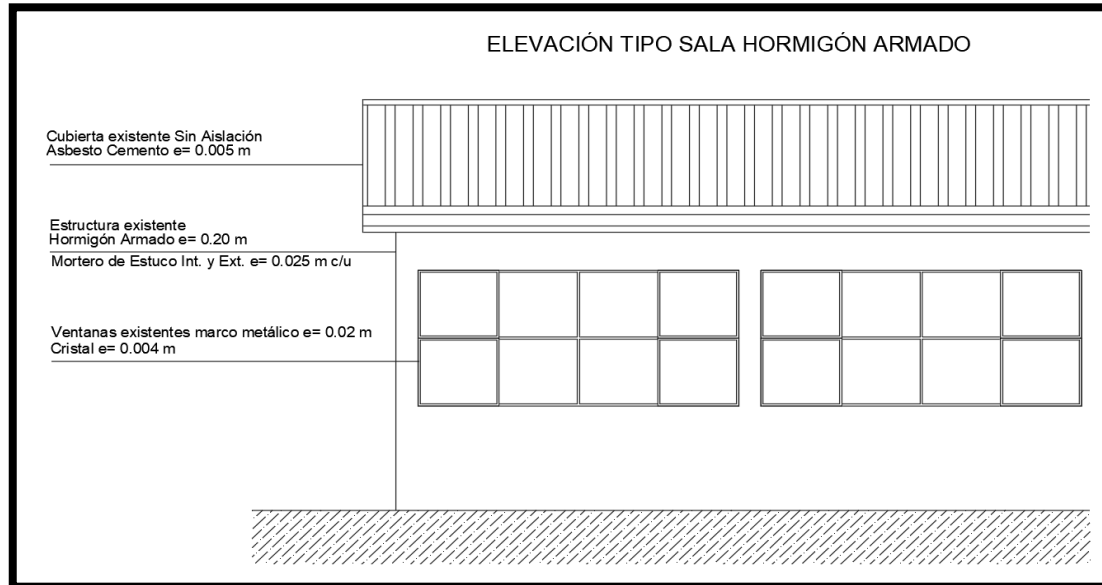
Además de estas propiedades termo físicas, se requiere conocer el espesor de cada material, el cual se obtuvo realizando mediciones en el mismo establecimiento educacional con un Pie de metro digital y un flexómetro. En las figuras que se presentan a continuación se muestran algunas materialidades y sus espesores correspondientes establecidos para esta investigación.

Figura 4.4: Elevación Caso 1: Sala con Estructura de Madera



Fuente: Elaboración Propia, a Través de Autodesk AutoCAD 2023

Figura 4.5: Elevación Caso 2: Sala con Estructura de Hormigón Armado



Fuente: Elaboración Propia, a Través de Autodesk AutoCAD 2023

El revestimiento interior de los diversos espacios que integran el establecimiento educacional están constituidos, para el caso 1, de terciado ranurado con un espesor de 12 mm. A diferencia de la techumbre, la tabiquería sí dispone de un material aislante, consistente en poliestireno expandido de 50 mm de espesor. El cielo también presenta como revestimiento terciado ranurado con el mismo espesor que el del tabique. La estructura de la techumbre está constituida de madera y no cuenta con entretecho.

Por otra parte, los espacios de hormigón armado tienen como revestimiento de cielo planchas de yeso cartón de 12.5 mm de espesor. A diferencia de los elementos más antiguos (caso 1), estos poseen entretecho.

Una vez definidos los requerimientos previamente mencionados, se procede a asignar cada material junto al espesor a su respectivo elemento. En la figura 4.6 se muestra el caso particular de la tabiquería de madera, donde se ingresó cada materialidad junto con su respectivo espesor. Asimismo, en la figura 4.7 se ingresaron las propiedades físicas presentadas anteriormente.

Figura 4.6: Definición de Materiales DesingBuilder

Cerramientos

Capas | Propiedades superficiales | Imagen | Valores calculados | Coste | Análisis de condensación

General

Nombre: **Tabiquería Madera Existente**

Fuente:

Categoría: Muros exteriores

Región: CHILE

Color:

Definición

Método de definición: 1-Capas

Parámetros de cálculo:

Capas

Número de capas: 3

Capa más externa:

Material: Zincalum (Aluzinc) CIBSE

Capa 2:

Material: Poliestireno Expandido NCH853

Capa más interna:

Material: Terciado Ranurado NCH853

Fuente: Elaboración Propia, a Través de DesingBuilder

Figura 4.7: Definición de Propiedades Físicas Poliestireno Expandido

Materiales

General | Propiedades superficiales | Cubierta vegetal | Carbono incorporado | Cambio de fase | Coste

General

Nombre: **Poliestireno Expandido NCH853**

Descripción:

Fuente: NCH 853

Categoría: Materiales aislantes

Región: CHILE

Esesor de la Capa de Material:

☐ Fijar espesor

Propiedades Térmicas

☒ **Detalladas**

Propiedades termofísicas:

Conductividad (W/m-K): 0.0413

Calor específico (J/kg-K): 1400

Densidad (kg/m³): 15.00

☐ Valor R

Fuente: Elaboración Propia, a Través de DesingBuilder

4.1.1.5 Cargas de Ocupación y Programación del Establecimiento. El establecimiento educacional Heriberto Bermúdez posee un horario de actividad entre las 08:00 y las 18:00 horas de lunes a viernes, lapso durante el cual el personal del establecimiento se encuentra en servicio. En lo que respecta a los estudiantes, el horario académico se extiende desde las 08:00 hasta las 16:00 horas. Cabe destacar que, durante los meses de enero y febrero, el establecimiento interrumpe sus actividades debido al periodo de receso estival, aspecto que se refleja en el software tal como se muestra en la figura 4.8. Esta información temporal, junto con la densidad de ocupación (expresada en personas por metro cuadrado) correspondiente a cada sector del colegio, puede ser incorporada al software de análisis, lo cual es crucial para afinar aún más los resultados obtenidos en la simulación.

Figura 4.8: Programación Escuela HB

Mes	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Ene	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Feb	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Mar	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off
Abr	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off
May	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off
Jun	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off
Jul	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off
Ago	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off
Sep	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off
Oct	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off
Nov	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off
Dic	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off	Off

Fuente: Elaboración Propia, a Través de DesingBuilder

Para determinar la densidad de ocupación, se recopiló información sobre el personal total del establecimiento educativo y el número de estudiantes, así como su distribución en los diferentes espacios del establecimiento. Esta información se resume en la siguiente tabla.

Tabla 4.2: Ocupantes del Establecimiento Educacional Según Jerarquización

Ocupantes Establecimiento Educacional	
Alumnos	58
Profesores	12
Asistentes de Educacion	4
Directivos	3
Secretaria	1
PIE	6
Concina	2
Auxiliar de Servicio	2

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

Obtenida esta información y teniendo en cuenta la superficie de cada espacio, se procede a calcular la densidad ocupacional de cada uno, basándose en el número de ocupantes. Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

Tabla 4.3: Calculo Densidad Ocupacional Espacios Mas Ocupados

Instalación	Ocupantes [Per]	Superficie [m2]	Densidad [Per/m2]
Sala 01	10	36.4	0.275
Sala 02	10	36.7	0.272
Sala 03	10	36.7	0.272
Sala 04	10	36.7	0.272
Sala 05	10	36.7	0.272
Sala 06	10	36.7	0.272
Sala SAPB 08	12	34.1	0.352
Sala UTP	1	9.5	0.105
Sala PIE	6	23	0.261
Oficina Profesores	3	24.8	0.121

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

Para el resto de los espacios de este inmueble, se considerará una densidad ocupacional igual a 0, ya que estos espacios no son utilizados de manera continua en el día, a diferencia del resto de las instalaciones que si fueron consideradas.

Finalmente, una vez obtenidos los resultados de la tabla 4.3, estos se incorporan a cada espacio habitado del establecimiento educacional, tal como se ilustra en la figura 4.9. Esta última corresponde al valor ingresado para una de las salas de clases.

Figura 4.9: Panel de Configuración de Actividad



Fuente: Elaboración Propia, a Través de DesingBuilder

4.1.2 Desarrollo de la Experiencia y Resultados de Cálculos Normativos

4.1.2.1 Propiedades Térmicas de la Envolvente Existente. Para evaluar cómo los materiales que forman la envolvente térmica actual del establecimiento educacional afectan en su comportamiento térmico, es esencial conocer sus propiedades térmicas. Esto nos permitirá verificar si los elementos cumplen con las exigencias normativas establecidas por la norma chilena NCH1079 of 2019, que define los valores máximos de transmitancia térmica (U) y mínimos de resistencia térmica (RT) para los elementos que componen la envolvente, en función de la ubicación geográfica del inmueble. Estos parámetros pueden ser calculados utilizando las metodologías descritas en la NCh 853 of 2007.

4.1.2.2 Cálculo de (U) y (RT) Complejo de Muro y Techumbre. Para la cuantificación de los parámetros físicos anteriormente aludidos, resulta esencial la aplicación de la ecuación de transmitancia térmica, tal como se ilustra en la Figura 4.10.

Figura 4.10: Ecuación Transmitancia Térmica (U) y Resistencia Térmica (RT)

Elemento heterogéneo simple

$$U = \frac{U_1 A_1 + U_2 A_2}{A_1 + A_2}$$

$$U = \frac{\sum U_i A_i}{\sum A_i}$$

Flujo de calor

- El elemento heterogéneo tiene composiciones diferentes en la sección.
- Un elementos heterogéneo simple debe cumplir con 2 condiciones:
 - La heterogeneidad queda perfectamente definida por dos planos perpendiculares a las caras del elemento.
 - El conjunto tiene una constitución tal que no se producen flujos térmicos laterales de importancia entre la heterogeneidad y el resto del elemento.

Fuente: SERVIU, Manual Calculo de Transmitancia Térmica

En la figura que se presenta a continuación, se exhiben algunas fórmulas derivadas de la ilustración anterior, las cuales facilitan la comprensión de la metodología de cálculo para este caso en particular.

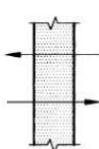
Figura 4.11: Ecuación Completa Transmitancia Térmica(U) y Resistencia Térmica (RT)

Transmitancia Térmica: $U = \frac{U_1 * A_1 + U_2 * A_2}{A_1 + A_2}$ En donde: $U_{1-2} = \frac{1}{RT_{1-2}}$	Resistencia Térmica: $RT_{Elemento} = \frac{RT_1 * A_1 + RT_2 * A_2}{A_1 + A_2}$ En donde: $RT_{1-2} = R_{si} + \sum \frac{e_i}{\lambda_i} + R_{se}$
---	--

Fuente: Elaboración Propia, En base a Manual SERVIU Calculo de (U)

En donde los factores $R_{si} - R_{se}$ se deben determinar de acuerdo con la figura proporcionada a continuación, y su elección depende del sentido del flujo de calor y la situación del elemento.

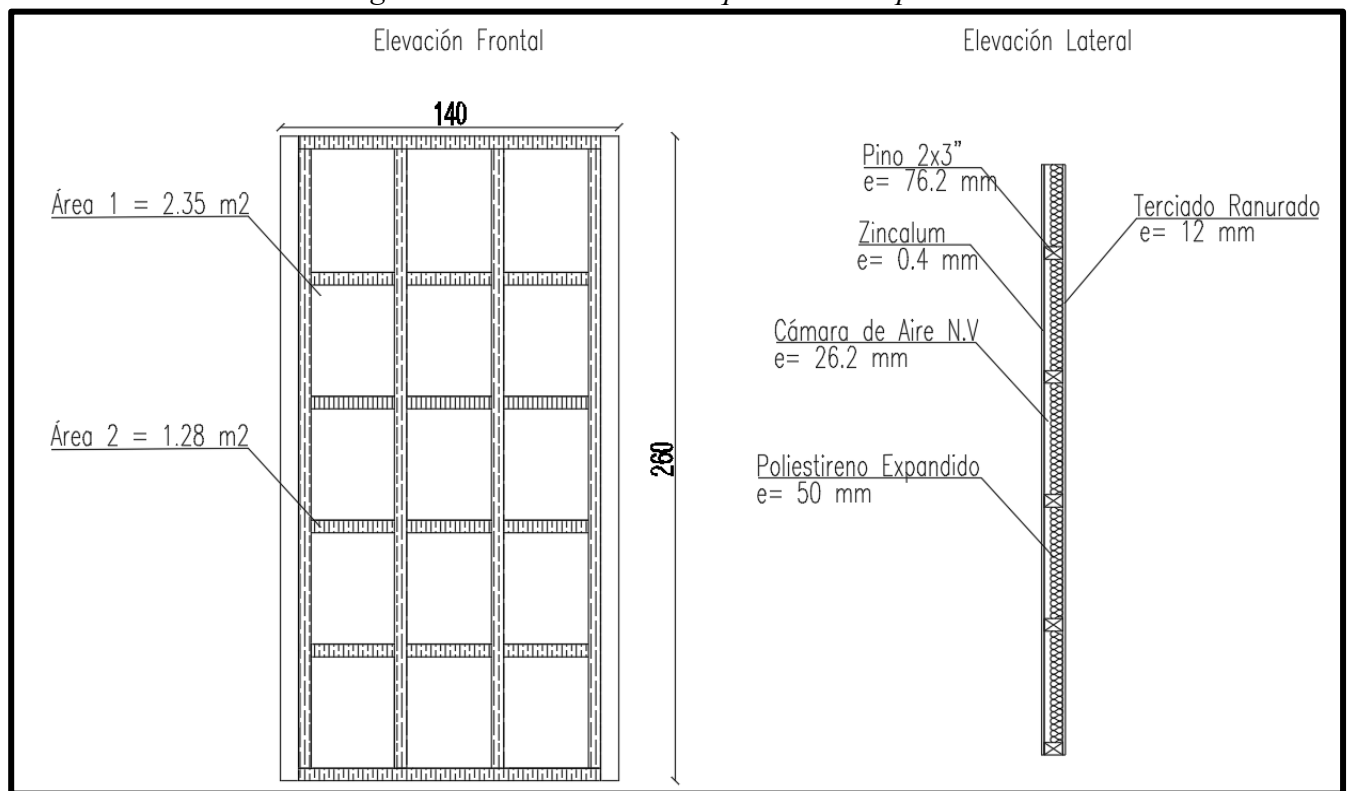
Figura 4.12: Resistencias Térmicas Superficiales Según el Sentido del Flujo de Calor

Resistencias térmicas de superficie en m² x K/W							
Posición del elemento y sentido del flujo de calor		Situación del elemento					
		De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
		R_{si}	R_{se}	$R_{si} + R_{se}$	R_{si}	R_{se}	$R_{si} + R_{se}$
Flujo horizontal en elementos verticales o con pendiente mayor que 60° 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° 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° respecto a la horizontal		0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Fuente: SERVIU, Manual Calculo de Transmitancia Térmica, Extracto Nch853 of 2007

Cálculos para muros (Caso tabiquería de madera). Para la ejecución de los cálculos prescritos por la normativa, se procedió a la elaboración de una sección del tabique, tal como se ilustra en la Figura 4.13. En dicha representación gráfica, se detallan meticulosamente las materialidades que constituyen el tabique, junto con sus respectivos espesores y el área correspondiente a cada parámetro a tener en cuenta para la aplicación de la fórmula. Sin embargo, es crucial enfatizar que el espesor total del tabique (76.2 mm) no es completamente ocupado por el material aislante, resultando en la formación de una cámara de aire no ventilada de 26.2 mm. Este aspecto es de vital importancia y debe ser incorporado en los cálculos térmicos debido a su influencia en el resultado final. Los valores de resistencia térmica a considerar debido para la cámara de aire se determinan en base a lo expuesto en las Figuras 4.14 y 4.15.

Figura 4.13: Sección de Tabique Utilizada para Cálculo



Fuente: Elaboración Propia, a Través de AutoCAD 2023

Figura 4.14: Emisividad a Considerar Según Cada Caso

En general se distinguen cuatro casos característicos, ellos son:	
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.

Fuente: SERVIU, Manual Calculo de Transmitancia Térmica, Extracto Nch853 of 2007

Figura 4.15: Resistencia Térmica en Cámara de Aire no Ventilada (Caso: flujo horizontal)

Tabla C.1 - Resistencia térmica por unidad de superficie de cámaras de aire no ventiladas - Cámaras de aire verticales, flujo térmico horizontal				
Espesor de la cámara, mm	Emisividad total, E			
	0,82	0,20	0,11	0,05
	Resistencia térmica, R_g , $m^2 \times K/W$			
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

Fuente: SERVIU, Manual Calculo de Transmitancia Térmica, Extracto Nch853 of 2007

Con la finalidad de determinar la resistencia térmica atribuida a la cámara de aire no ventilada, se ha considerado el caso general. Esto es particularmente relevante en este escenario, ya que la cámara de aire existente en la tabiquería no se clasifica como brillante. Se considera que una cámara de aire es brillante cuando está compuesta por algún material reflectante, como el aluminio (Servicio de Vivienda y Urbanización, n.d.).

Finalmente, una vez asignados e identificados todos los valores necesarios para la realización del cálculo, a continuación, se detalla la aplicación de la formula presentada en la figura 4.11.

Figura 4.16: Cálculo (U) y (RT) Complejo Muro (Caso Tabique)

$RT_{A1} = 0.12 + \frac{0.004}{113} + \frac{0.050}{0.043} + \frac{0.012}{0.104} + 0.165 + 0.05$ $RT_{A1} = 1.613 \text{ [m}^2\text{K/W]}$ $U_{A1} = 0.620 \text{ [W/m}^2\text{K]}$	$RT_{A2} = 0.12 + \frac{0.004}{113} + \frac{0.0762}{0.104} + \frac{0.012}{0.104} + 0.05$ $RT_{A2} = 1.018 \text{ [m}^2\text{K/W]}$ $U_{A2} = 0.982 \text{ [W/m}^2\text{K]}$
$RT_{\text{Tabiquería}} = \frac{1.613 \cdot 2.35 + 1.018 \cdot 1.28}{2.35 + 1.28}$ $RT_{\text{Tabiquería}} = 1.403 \text{ [m}^2\text{K/W]}$ $U_{\text{Tabiquería}} = \frac{1}{RT_{\text{Tabiquería}}}$ $U_{\text{Tabiquería}} = 0.713 \text{ [W/m}^2\text{K]}$	

Fuente: Elaboración Propia, En base a NCh 853 Of 2007

Cálculos para Techumbre. Para optimizar la metodología de cálculo presentada en la figura 4.16, se han desarrollado tablas de cálculo en Microsoft Excel. Estas tablas han sido diseñadas para ejecutar los cálculos de forma autónoma, basándose en los valores que se les asignen. La funcionalidad de estas tablas se ilustra en el siguiente cuadro.

Figura 4.17: Cálculo (U) y (RT) Techumbre Flujo Ascendente

Cubierta	e (m)	λ (W/(mK))	Rt (m ² K/W)	Tipo de Elemento	Techumbre
Fibrocemento (Asbesto)	0.0050	1.020	0.005	Material	Madera
Pino Insigne	0.0762	0.104	0.733	Área Elemento	7.15
Cámara de Aire	0.0762		0.165	Área 2 [m ²]	0.81
Terciado Ranurado	0.0120	0.104	0.115	Área 1 [m ²]	6.34
Rsi			0.090	% Madera (A2)	11.37%
Rse			0.050	% Restante (A1)	88.63%
RT A2 (m ² K/W)			0.993		
RT A1 (m ² K/W)			0.425		
U A2 (W/m ² K)			1.007		
U A1 (W/m ² K)			2.351		
U Elemento (W/m ² K)			2.042		
RT Elemento (W/m ² K)			0.490		

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

Figura 4.18: Cálculo (U) y (RT) Techumbre Flujo Descendente

Cubierta	e (m)	λ (W/(m·K))	Rt (m²K/W)	Tipo de Elemento	Techumbre
Fibrocemento (Asbesto)	0.0050	1.020	0.005	Material	Madera
Pino Insigne	0.0762	0.104	0.733	Área Elemento	7.15
Cámara de Aire	0.0762		0.165	Área 2 [m²]	0.81
Terciado Ranurado	0.0120	0.104	0.115	Área 1 [m²]	6.34
Rsi			0.170	% Madera (A2)	11.37%
Rse			0.050	% Restante (A1)	88.63%
RT A2 (m²K/W)			1.073		
RT A1 (m²K/W)			0.505		
U A2 (W/m²K)			0.932		
U A1 (W/m²K)			1.979		
U Elemento (W/m²K)			1.755		
RT Elemento (W/m²K)			0.570		

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

En el caso de la techumbre, se ha tenido en cuenta un flujo térmico bidireccional, ascendente y descendente, variando en función de la estación del año (verano o invierno), tal como se especifica en el “Manual de Acondicionamiento Térmico” de la Cámara Chilena de la Construcción. Según este manual, durante la estación estival, se debe considerar un flujo térmico descendente debido a las ganancias térmicas que se generan en las edificaciones. En contraposición, durante el invierno, el flujo térmico es ascendente como resultado de las pérdidas térmicas que se producen (Cámara Chilena de la Construcción, n.d.).

Cálculos para muros (Caso Hormigón Armado). Para la determinación de los parámetros termo físicos de este componente arquitectónico, el procedimiento de cálculo es más simplificado en comparación con el realizado en la tabiquería y la techumbre, ya que se aplica la metodología correspondiente a elementos homogéneos (Servicio de Vivienda y Urbanización, n.d.), tal como se demuestra en la Figura 4.19. En relación a la resistencia térmica, es importante destacar que los componentes señalados en rojo en dicha figura son los que influyen directamente en su cálculo.

Figura 4.19: Ecuación Transmitancia Térmica (U) y Resistencia Térmica (RT)

Transmitancia Térmica, U (W/m² K)

- Flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas entre los dos ambientes separados por dicho elemento. Se expresa en W/(m² x K).

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se}}$$

- R_{si} : Resistencia térmica de superficie al interior, (m² K/W).
- R_{se} : Resistencia térmica de superficie al exterior, (m² K/W).
- e : Espesor del material, (**m**). (es muy importante trabajar en metros).
- λ : Conductividad térmica del material, (W/(m K)).

- Respecto a las soluciones constructivas más comunes, es posible identificar elementos homogéneos y elementos heterogéneos simples.

Fuente: SERVIU, Manual Cálculo de Transmitancia Térmica

Figura 4.20: Cálculo (U) y (RT) Complejo Muro (Caso Muro H.A)

Hormigón Armado	e (m)	λ (W/(m/K))	Rt (m²K/W)
Hormigón (Armado)	0.20	1.630	0.123
Rsi			0.120
Rse			0.050
Rt Total (m²K/W)			0.293
U (W/m²K)			3.416

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

Después de llevar a cabo los cálculos necesarios para cuantificar la transmitancia (U) y la resistencia térmica (Rt) de los componentes que forman la envolvente del edificio, se han elaborado tablas comparativas las cuales se mostraran en el subcapítulo 4.1.3. El objetivo de estas tablas es proporcionar una visión clara de cuánto se desvían los valores obtenidos de los límites mínimos en cuanto a (Rt) o máximos para (U) establecidos por la Norma NCh 1079 Of 2019.

4.1.2.3 Cálculo de (U) y (RT) Complejo de Ventanas y Puertas.

La metodología para cuantificar los valores de transmitancia y resistencia térmica de estos elementos es el proporcionado en la Figura 4.10 y para el caso de las puertas denominadas como macizas se aplicó la metodología de la ilustración 4.19.

Cálculos para Ventanas. Para la ejecución de los cálculos estipulados por la normativa, se procedió a identificar los valores de transmitancia térmica correspondientes a las materialidades que constituyen las dos tipologías de ventanas presentes en el inmueble educativo, específicamente están constituidas por marcos metálicos y de madera.

Figura 4.21: Tipología de Ventanas Existentes en Caso de Estudio



Fuente: Elaboración Propia.

Los valores considerados para este estudio se detallan en la tabla que se presenta a continuación. Posteriormente, se proporcionan los valores obtenidos, junto con los datos considerados para los cálculos correspondientes.

Figura 4.22: Transmitancia Térmica de Materialidades de Ventanas

Material	U (W/m ² K)	Fuente
Vidrio Monolítico Simple 4 mm	5.7	Ventanas Biobío
Marco de Madera	2.6	CChC
Marco Metálico	5.8	CChC

Fuente: Propia, Datos Obtenidos de Ventanas Biobío y CChC “Manual CDT 2016”

Figura 4.23: Calculo (U) y (RT) Complejo Ventana.

Tipo de Vidrio	Vidrio Monolítico Simple	Ventanas con Marco de Madera	
Tipo de Marco	Madera	RT Vidrio (m2K/W)	0.175
Espesor Vidrio [mm]	4	RT Marco (m2K/W)	0.385
Área Ventana [m2]	2.01	U Vidrio (W/m ² K)	5.700
Área Vidrio [m2]	1.56	U Marco (W/m ² K)	2.600
Área Marco [m2]	0.450		
% Vidrio	78%	U Total Ventana (W/m ² K)	5.050
% Marco	22%	RT Total Ventana (W/m ² K)	0.222
Tipo de Vidrio	Vidrio Monolítico Simple	Ventanas con Marco Metálico	
Tipo de Marco	Metálico	RT Vidrio (m2K/W)	0.175
Espesor Vidrio [mm]	4	RT Marco (m2K/W)	0.172
Área Ventana [m2]	3.84	U Vidrio (W/m ² K)	5.700
Área Vidrio [m2]	3.52	U Marco (W/m ² K)	5.800
Área Marco [m2]	0.320		
% Vidrio	92%	U Total Ventana (W/m ² K)	5.708
% Marco	8%	RT Total Ventana (W/m ² K)	0.175

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

Cálculos para Puertas. En relación a las puertas, en el establecimiento educativo existen dos tipologías distintas, las cuales se pueden observar a continuación:

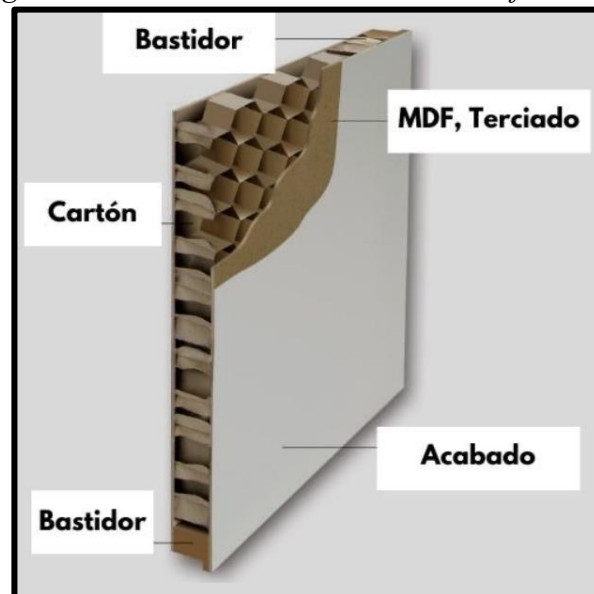
Figura 4.24: Tipología de Puertas Existentes en Caso de Estudio



Fuente: Elaboración Propia.

En el caso de la puerta de madera denominada “Hueca”, esta presenta en su interior un elemento de cartón con una configuración bastante singular, tal como se puede apreciar en la Figura 4.25.

Figura 4.25: Puerta de Madera Hueca Referencial



Fuente: ReformasOndolan.com

Por lo tanto, dado que no existe una metodología consolidada para determinar las propiedades termo físicas de la singular estructura de cartón en el interior de la puerta, y teniendo en cuenta que se conoce que esta tipología de puertas ofrece una aislación térmica deficiente (Homecenter Sodimac, n.d.), para simplificar el análisis se considerará el cartón como si fuera un material continuo y no en forma de “panal”.

Figura 4.26: Calculo (U) y (RT) Complejo Puerta Opaca (Caso Puerta Maciza)

Material	e (m)	λ (W/(m·K))	Rt (m ² K/W)
Madera Pino (Puerta)	0.045	0.104	0.433
Rsi			0.120
Rse			0.050
RT Puerta (m²K/W)			0.603
U Puerta (W/m²K)			1.659

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

Figura 4.27: Calculo (U) y (RT) Complejo Puerta Opaca (Caso Puerta Hueca)

Material	e (m)	λ (W/(m·K))	Rt (m ² K/W)	Tipo de Puerta	Puerta Hueca de Madera
Cartón	0.030	0.065	0.4615	Tipo de Bastidor	Madera
Terciado MDF	0.007	0.14	0.0500	Espesor Puerta [mm]	30
Pino Insige (Bastidor)	0.030	0.104	0.2885	Espesor Bastidor [mm]	30
Rsi			0.120	Área Puerta [m ²]	1.8
Rse			0.050	Área Batidor [m ²]	0.17
RT Puerta (m²K/W)			0.512	% Puerta	80%
RT Marco (m²K/W)			0.508	% Bastidor	8%
U Puerta (W/m²K)			1.955		
U Marco (W/m²K)			1.967		
U Total Elemento Puerta (W/m²K)			2.225		
RT Total Elemento Puerta (W/m²K)			0.449		

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

Tras realizar los cálculos pertinentes para determinar la transmitancia y resistencia térmicas de los elementos puertas y ventanas que componen la envolvente del edificio, se pudo identificar aquellos valores que cumplen o no con lo estipulado en la Norma NCh 1079 Of 2019. Los detalles de estos hallazgos serán analizados en el subcapítulo 4.1.3.

4.1.3 Análisis de Resultados

4.1.3.1 Resultados de Muros. Inicialmente, se ofrecerá una descripción del cuadro resumen confeccionado con el propósito de simplificar su interpretación, lo que permitirá finalizar solo con el resultado obtenido en los cuadros que se mostrarán en etapas posteriores.

En la primera sección de la tabla, denominada como “Exigido”, se definen los estándares establecidos por la normativa para la zona térmica “D”. Posteriormente, en la segunda sección de la tabla, etiquetada como “Existente”, se exhibe inicialmente el resultado alcanzado para cada parámetro (U y RT). Luego en las celdas resaltadas en color rojo y expresadas de manera porcentual, se realiza un contraste entre lo existente y lo exigido.

Respecto a la transmitancia térmica, considerando que la normativa establece un valor máximo a cumplir, el resultado obtenido refleja cuánto excede o está por debajo porcentualmente lo existente a lo establecido, por lo que en caso de que el valor obtenido sea negativo, implica que se debe reducir dicho valor y si es positivo implica que se está dando cumplimiento al estándar normativo. Para el caso de la resistencia térmica, se demandan valores mínimos a cumplir. Por consiguiente, el resultado obtenido en caso de ser negativo implica que se debe hacer un incremento y si es positivo es que se obedece a lo establecido.

Tabla 4.4: Cuadro Comparativo Complejo de Muro

Tabiquería de Madera				Muros de Hormigón Armado			
Exigido				Exigido			
Zona Térmica	Complejo	U Max(W/m ² K)	Rt Min (m ² K/W)	Zona Térmica	Complejo	U Max(W/m ² K)	Rt Min (m ² K/W)
D	Muro	0.60	1.67	D	Muro	0.60	1.67
Existente				Existente			
U (W/m ² K)	Rt (m ² K/W)	(U) Sobre %	(RT) Bajo %	U (W/m ² K)	Rt (m ² K/W)	(U) Sobre %	(RT) Bajo %
0.713	1.403	-15.80%	-19.00%	3.416	0.293	-82.44%	-469.97%

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

A partir de los resultados obtenidos, se constata que ambas materialidades no satisfacen los criterios normativos establecidos. Es particularmente notable que los muros de hormigón armado se desvían significativamente de los límites mínimos y máximos prescritos. Esta discrepancia se atribuye principalmente a la ausencia de un material aislante eficaz en su composición. En contraste, la tabiquería, aunque no cumple plenamente con la normativa, incorpora un material aislante en su estructura interna, lo que se refleja en una menor diferencia en los valores obtenidos. Además, el hormigón, a diferencia de los materiales aislantes, presenta una alta conductividad térmica, lo que lo convierte en un excelente conductor de calor. Por lo tanto, sobre la base de los cálculos realizados, se subraya la imperiosa necesidad de proponer soluciones técnicas para el complejo de muro (en ambos casos) con el fin de reducir la brecha existente entre el estándar normativo y la realidad actual.

4.1.3.2 Resultados de Techumbre.

Tabla 4.5: Cuadro Comparativo Complejo de Techumbre

Techumbre Flujo Ascendente				Techumbre Flujo Descendente			
Exigido				Exigido			
Zona Termica	Complejo	U Max(W/m2K)	Rt Min (m2K/W)	Zona Termica	Complejo	U Max(W/m2K)	Rt Min (m2K/W)
D	Techumbre	0.38	2.63	D	Techumbre	0.38	2.63
Existente				Existente			
U (W/m2K)	Rt (m2K/W)	(U) Sobre %	(RT) Bajo %	U (W/m2K)	Rt (m2K/W)	(U) Sobre %	(RT) Bajo %
2.042	0.490	-81.39%	-436.93%	1.755	0.570	-78.35%	-361.55%

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

Con los resultados obtenidos, se evidencia que en ambos casos (flujo ascendente y descendente) no se da cumplimiento al estándar normativo. Es destacable que la techumbre está considerablemente alejada de lo mínimo o máximo exigido respectivamente, resaltándose a un más lo alejado que está la resistencia térmica, lo cual se traduce en que el elemento no tiene la capacidad de oponerse al flujo de entrada o salida del calor. Esto se debe principalmente a que no cuentan con un material aislante en su composición, tal como ocurre en los muros de hormigón armado.

Por ejemplo, en la tabla 4.6 que se muestra a continuación, se realizó el ejercicio de incorporar un material aislante. El objetivo no es necesariamente cumplir con la normativa, sino más bien demostrar la incidencia en la ecuación de la consideración de este material y, por ende, resaltar la importancia de incorporarlo en cualquier tipo de edificación, y especialmente en el caso de estudio.

El material incorporado consiste en poliestireno expandido de 80 mm de espesor, con una densidad 10 kg/m³, el cual posee una conductividad térmica de 0.0384 W/mk según NCH 853 of 2007.

Tabla 4.6: Cuadro Comparativo Complejo de Techumbre con Material Aislante

Techumbre Flujo Ascendente				Techumbre Flujo Descendente			
Exigido				Exigido			
Zona Termica	Complejo	U Max(W/m2K)	Rt Min (m2K/W)	Zona Termica	Complejo	U Max(W/m2K)	Rt Min (m2K/W)
D	Techumbre	0.38	2.63	D	Techumbre	0.38	2.63
Existente				Existente			
U (W/m2K)	Rt (m2K/W)	(U) Sobre %	(RT) Bajo %	U (W/m2K)	Rt (m2K/W)	(U) Sobre %	(RT) Bajo %
0.429	2.330	-11.42%	-12.88%	0.415	2.410	-8.43%	-9.13%

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

Por lo tanto, en base a los cálculos realizados, y a través de la demostración presentada anteriormente en la que se produjo una disminución significativa respecto al porcentaje obtenido inicialmente, por ejemplo para el caso de flujo ascendente en cuanto a (U) se produjo una disminución de un 79.28% y para (RT) un 382.61%, motivo por el cual se hace aún más evidente la necesidad de proponer soluciones técnicas para el complejo de techumbre con el objetivo de disminuir la considerable brecha existente entre el estándar normativo y lo existente.

4.1.3.3 Resultados de Ventanas.

Tabla 4.7: Cuadro Comparativo Complejo de Ventana

Ventana con Marco Metálico				Ventana con Marco de Madera			
Exigido				Exigido			
Zona Termica	Complejo	U Max(W/m2K)	Rt Min (m2K/W)	Zona Termica	Complejo	U Max(W/m2K)	Rt Min (m2K/W)
D	Ventana	3.60	0.28	D	Ventana	3.60	0.28
Existente				Existente			
U (W/m2K)	Rt (m2K/W)	(U) Sobre %	(Rt) Bajo %	U (W/m2K)	Rt (m2K/W)	(U) Sobre %	(Rt) Bajo %
5.708	0.175	-58.56%	-37.43%	5.050	0.222	-40.28%	-20.62%

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

Con los resultados obtenidos, se evidencia que ambas tipologías de ventanas existentes en el establecimiento no cumplen con los estándares normativos. Las ventanas que poseen un marco metálico se disparan por sobre las de madera, en ambos casos (U y Rt) lo cual se asocia principalmente a que dicho material posee una alta conductividad térmica y no posee la capacidad de oponerse al paso del calor. Por lo tanto, en base a los cálculos realizados, se hace evidente la necesidad de proponer soluciones técnicas para el complejo de ventanas (ambos casos) con el objetivo de disminuir la brecha existente entre el estándar normativo y lo obtenido para las tipologías existentes en el inmueble.

4.1.3.4 Resultados de Puertas

Tabla 4.8: Cuadro Comparativo Complejo de Puerta

Puerta Hueca				Puerta Maciza			
Exigido				Exigido			
Zona Termica	Complejo	U Max(W/m2)	Rt Min (m2K/W)	Zona Termica	Complejo	U Max(W/m2)	Rt Min (m2K/W)
D	Puerta	1.70	0.59	D	Puerta	1.70	0.59
Existente				Existente			
U (W/m2K)	Rt (m2K/W)	(U) Sobre %	(RT) Bajo %	U (W/m2K)	Rt (m2K/W)	(U) Bajo %	(RT) Sobre %
2.225	0.449	-30.88%	-23.82%	1.659	0.603	2.40%	2.15%

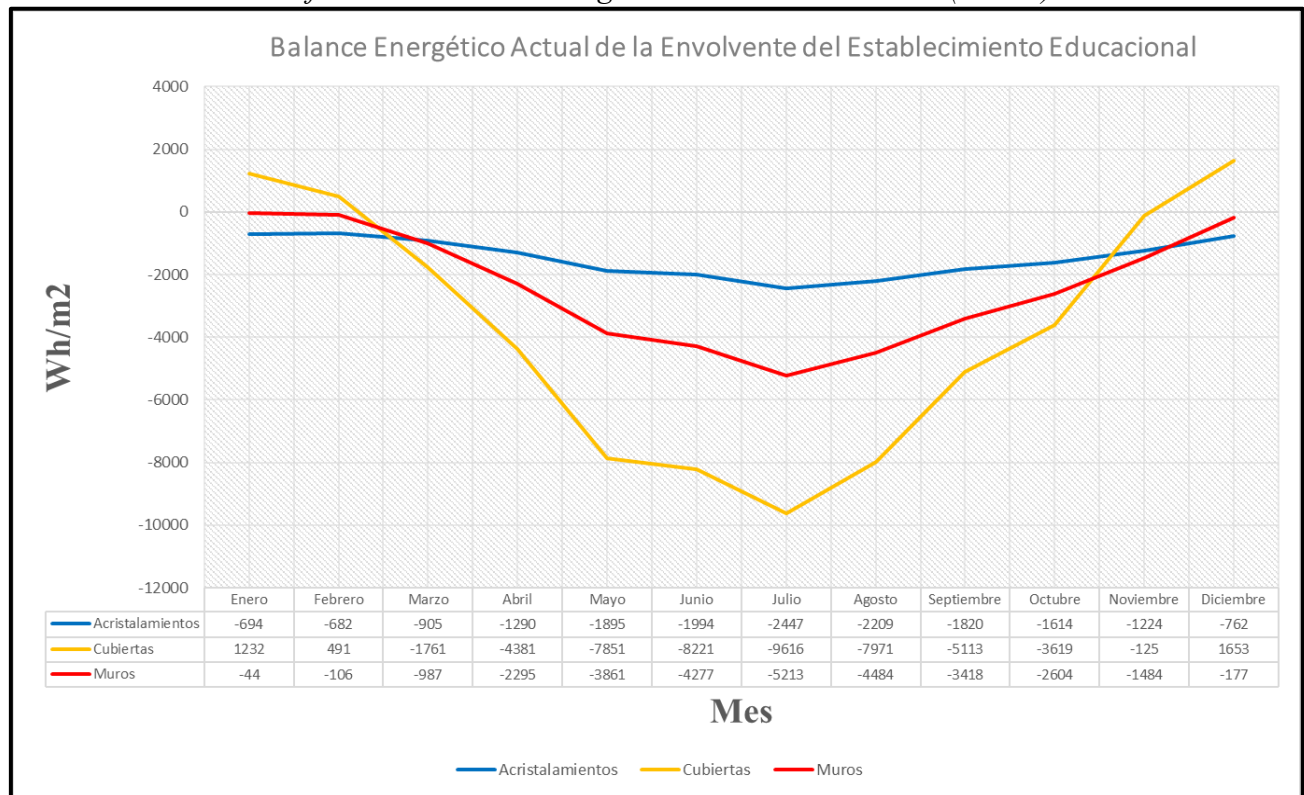
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

Finalmente, en base a los cálculos realizados, se evidencia que las puertas “Huecas” no cumplen con los estándares normativos, dichos valores podrían llegar a ser más deficientes dado que para efectos del cálculo el cartón se consideró como continuo a pesar de que realmente no es así. Por lo tanto, en base a los cálculos realizados, se hace evidente la necesidad de proponer soluciones técnicas con el objetivo de disminuir la brecha existente entre el estándar normativo y lo existente.

4.1.4 Balance Energético de la Envolvente Térmica del Establecimiento Educacional

Tras la ejecución de los cálculos pertinentes, siguiendo la metodología prescrita por la normativa chilena y habiendo identificado que todos los elementos pertenecientes a la envolvente del inmueble no cumplen con el estándar normativo, a excepción de las puertas macizas de madera, se llevó a cabo la primera simulación en el software DesingBuilder. Esta simulación tiene como objetivo principal discernir el comportamiento térmico de la envolvente térmica del establecimiento educativo mediante un balance energético. Este balance energético proporciona una representación cuantitativa de las ganancias y pérdidas de calor que ocurren a través de cada uno de estos elementos de manera individual. Los resultados obtenidos en la simulación se presentan de manera grafica a continuación. En donde el eje Y negativo denota las pérdidas de calor y el eje Y positivo indica las ganancias de calor, mientras que en el eje X se muestra el total de cada mes.

Gráfico 4.1: Balance Energético Envolvente Térmica (Actual)



Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En Base a DesingBuilder

El Gráfico 4.1 ilustra de manera concluyente que las fluctuaciones más significativas en las pérdidas y ganancias de calor se producen a través de la techumbre. Esta última es responsable de un incremento acumulado en las pérdidas y ganancias de calor mensuales de un 158,2% y un 56,2% en comparación con las ventanas y muros, respectivamente. Este fenómeno puede ser atribuido directamente a los cálculos de transmitancia y resistencia térmica previamente realizados, siendo la techumbre el elemento de la envolvente que más se desvía del estándar normativo. Es crucial destacar que el software utilizado para estos cálculos no proporciona datos específicos sobre el comportamiento térmico individual de las puertas.

4.1.5 Determinación de Mejores Propuestas Técnicas de Mejora

Tras la validación matemática que evidencia el incumplimiento del establecimiento educativo con los estándares normativos en términos de transmitancia y resistencia térmica, y habiendo analizado a través de la simulación térmica cómo se manifiesta este incumplimiento en términos de ganancias y pérdidas de calor, se confirma que el establecimiento educativo presenta un inadecuado acondicionamiento térmico. Esto respalda la necesidad de implementar soluciones técnicas que permitan mitigar esta problemática. En consecuencia, se presentarán a continuación una serie de propuestas técnicas para cada elemento con el objetivo de alcanzar los estándares normativos y, sobre todo, satisfacer las demandas del director del establecimiento educativo Heriberto Bermúdez Cruz, y su comunidad educativa.

4.1.3.1 Propuestas de Muros. Para este componente de la envolvente arquitectónica del establecimiento educativo, se han formulado dos propuestas técnicas especializadas para el escenario de la tabiquería de madera y dos alternativas para los muros de hormigón armado. Estas propuestas serán evaluadas con el objetivo de identificar cuál cumple con los requisitos normativos. Las especificaciones detalladas de cada propuesta se presentarán a continuación:

Tabiquería de madera. La propuesta inicial plantea una alteración en la densidad de la capa de poliestireno expandido presente en la infraestructura educativa. Actualmente, dicha capa posee un grosor de 50 mm y una densidad de 10 kg/m³. La estrategia de optimización propone la sustitución de esta capa por una de poliestireno expandido con dimensiones ampliadas a 70 mm de espesor y una densidad incrementada a 30 kg/m³. Este diseño optimiza la utilización de la superficie permitida por la dimensión del tabique, el cual está fabricado con piezas de madera de 2x3". Adicionalmente, se contempla la implementación de OSB seguido de una barrera de humedad y, como revestimiento final, se considera la instalación de un tinglado de fibrocemento (Siding).

Por otro lado, la segunda solución propone la implementación de un sistema de aislamiento térmico mixto (interior-exterior). El sistema mantiene el poliestireno expandido existente, situado en el interior del tabique, conservando también la cámara de aire. Adicionalmente, se considera la incorporación de placas de fibrocemento adosadas a la tabiquería, para que finalmente sobre esta se instale el sistema Eifs (Exterior Insulation and Finishing System). Este sistema incorpora poliestireno expandido de 50 mm, que posee una densidad de 20 kg/m³, dispuesto de manera continua en la cara exterior del tabique.

A continuación, se expondrán los valores obtenidos para ambas soluciones técnicas, fundamentados en la metodología prescrita por la norma chilena NCh 853 of 2007:

Figura 4.28: Calculo (U) y (RT) Propuesta Técnica 1 (Tabiquería)

TABIQUE PROP. 1	e (m)	λ (W/(m/K))	Rt (m ² K/W)	Tipo de Elemento	Tabiquería
Siding	0.006	0.22	0.027	Material	Madera
OSB	0.012	0.140	0.086	Área Elemento	3.63
Pino Insigne	0.0762	0.104	0.733	Área A2 [m2]	1.28
Poliestireno Expandido	0.0500	0.0361	1.385	Área A1 [m2]	2.35
Poliestireno Expandido	0.0200	0.0361	0.554	% A2	35.17%
Terciado Ranurado	0.0120	0.104	0.115	% A1	64.83%
Rsi			0.120		
Rse			0.050		
RT A2 (m2K/W)			1.131		
RT A1 (m2K/W)			2.337		
U A2 (W/m ² K)			0.884		
U A1 (W/m ² K)			0.428		
U Elemento (W/m ² K)			0.523		
RT Elemento (W/m ² K)			1.913		

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

Figura 4.29: Calculo (U) y (RT) Propuesta Técnica 2 (Tabiquería)

TABIQUE PROP. 2	e (m)	λ (W/(m/K))	Rt (m ² K/W)	Tipo de Elemento	Tabiquería
Pino Insigne	0.0762	0.104	0.733	Material	Madera
Poliestireno Expandido	0.0500	0.0430	1.163	Área Elemento	3.63
Terciado Ranurado	0.0120	0.104	0.115	Área A2 [m2]	1.28
Cámara de Aire	0.0200		0.165	Área A1 [m2]	2.35
Fibrocemento	0.0040	0.220	0.018	% A2	35.17%
Poliestireno Expandido	0.0500	0.0384	1.302	% A1	64.83%
Rsi			0.120		
Rse			0.050		
RT A2 (m2K/W)			2.338		
RT A1 (m2K/W)			2.933		
U A2 (W/m ² K)			0.428		
U A1 (W/m ² K)			0.341		
U Elemento (W/m ² K)			0.367		
RT Elemento (W/m ² K)			2.724		

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

Tras realizar los cálculos pertinentes para determinar la transmitancia y resistencia térmicas de las propuestas generadas, se pudo identificar aquellos valores que cumplen o no con lo estipulado en la norma NCh 1079 Of 2019. Los detalles de estos hallazgos serán analizados a continuación:

Tabla 4.9: Cuadro Comparativo Propuestas Técnicas

Tabiquería de Madera Propuesta 1				Tabiquería de Madera Propuesta 2			
Exigido				Exigido			
Zona Termica	Complejo	U Max(W/m2K)	Rt Min (m2K/W)	Zona Termica	Complejo	U Max(W/m2K)	Rt Min (m2K/W)
D	Muro	0.60	1.67	D	Muro	0.60	1.67
Existente				Existente			
U (W/m2K)	Rt (m2K/W)	(U) Bajo %	(RT) Sobre %	U (W/m2K)	Rt (m2K/W)	(U) Bajo %	(RT) Sobre %
0.523	1.913	14.79%	12.71%	0.367	2.724	63.45%	38.70%

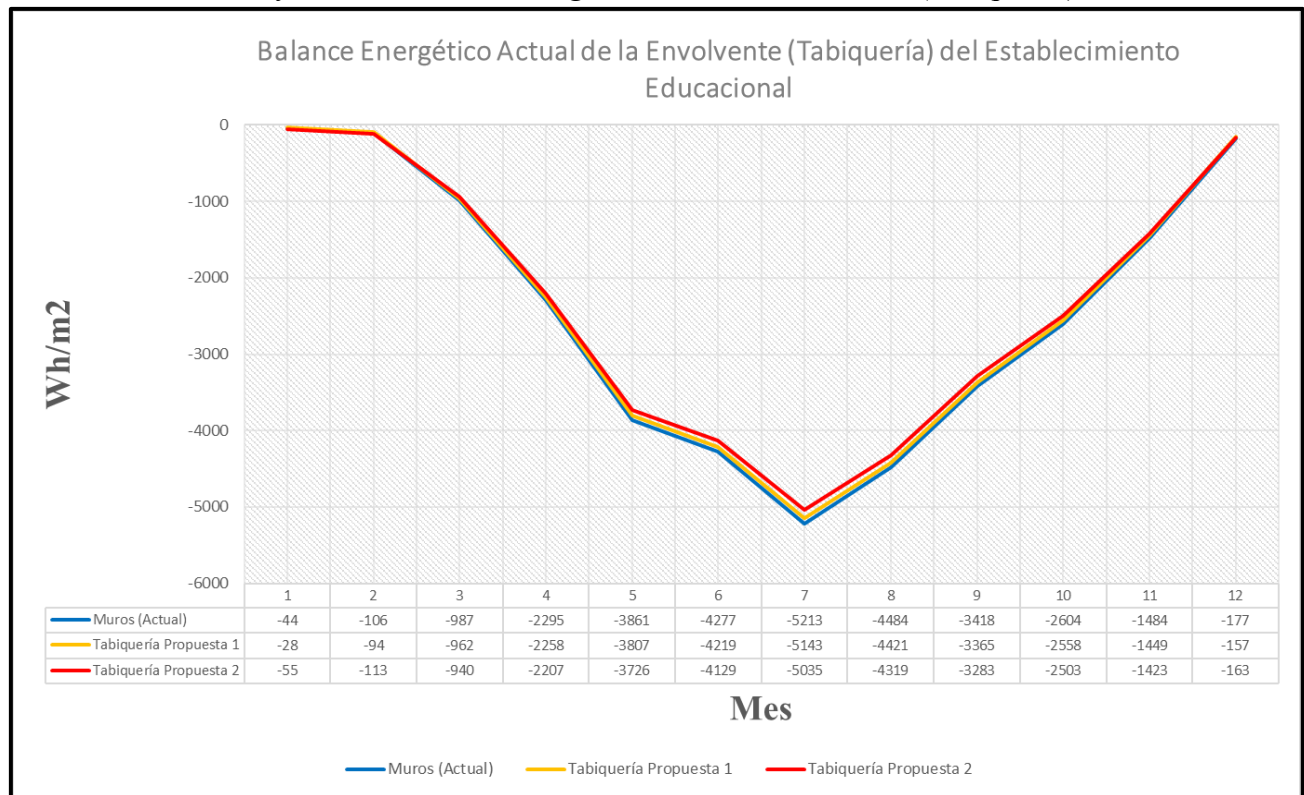
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

A partir de la Tabla 4.9, se puede inferir que para la propuesta uno, los valores obtenidos están un 14.79% por debajo del máximo establecido para la Transmitancia Térmica (U) y un 12.71% por encima del mínimo establecido para la Resistencia Térmica Total (Rt). En comparación con los valores existentes (Figura 4.16), se observa una mejora del 26.67% en términos de (U) y del 36.35% en términos de (Rt). Por lo tanto, se puede concluir que la Propuesta Técnica Número Uno cumple con el estándar normativo.

En cuanto a la propuesta dos, se deduce que los valores obtenidos están un 63.45% por debajo del máximo establecido para la Transmitancia Térmica (U) y un 38.70% por encima del mínimo establecido para la Resistencia Térmica Total (Rt). En comparación con los valores existentes (Figura 4.16), se observa una mejora del 48.53% en términos de (U) y del 94.16% en términos de (Rt). Por lo tanto, se puede concluir que la Propuesta Técnica Número Dos cumple con el estándar normativo.

Balance Energético de la Envolvente Térmica del Establecimiento Educacional. Tras la realización de los cálculos correspondientes, de acuerdo con la metodología estipulada por la normativa chilena, y habiendo verificado que todas las propuestas técnicas para la tabiquería de madera cumplen con el estándar normativo, se procedió a realizar una simulación en el software DesignBuilder. El objetivo principal de esta simulación es analizar el comportamiento térmico de las propuestas técnicas mediante un balance energético. Este balance energético ofrece una representación cuantitativa de las ganancias y pérdidas de calor que se producen en cada una de estas propuestas de manera individual. Por lo tanto, la simulación se llevó a cabo únicamente modificando la materialidad de la propuesta, mientras que el resto se mantuvo bajo el escenario actual. Se espera que el impacto de las soluciones no sea significativo en algunos casos. Sin embargo, al finalizar este estudio y una vez definidas las propuestas, se realizará una última simulación para observar el comportamiento global del edificio tras la aplicación de todas las reformas. Los resultados obtenidos en la simulación se presentan gráficamente a continuación.

Gráfico 4.2: Balance Energético Envolvente Térmica (Tabiquería)



Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En Base a DesingBuilder

El gráfico, que destaca en tonalidades azules los elementos existentes, permite una visualización nítida de cómo las dos propuestas técnicas inciden en el balance energético, generando una reducción en las pérdidas y ganancias de calor. Esta disminución se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 4.10: Porcentaje de Disminución de Pérdidas y Ganancias de Calor

Propuesta	Disminución
1	1.69%
2	3.64%

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En Base a DesingBuilder

En términos conclusivos, ambas propuestas son factibles desde una perspectiva normativa. En lo que respecta a las pérdidas y ganancias térmicas, la disminución en comparación con los valores existentes sugiere que las propuestas generan una resistencia al flujo de calor. Esto se atribuye a la reducción y aumento de la resistencia y transmitancia térmica respectivamente. Es importante enfatizar que el impacto no es tan significativo, ya que la modificación de las propuestas solo se aplicó a los muros constituidos por una tabiquería de madera, manteniéndose los muros de hormigón armado en su estado actual.

No obstante, la propuesta más optimista de las dos no será utilizada como solución, ya que, desde el punto de vista normativo, todas poseen la misma validez. Por lo tanto, la decisión sobre qué solución implementar en el establecimiento educacional se basará en una evaluación desde el punto de vista presupuestario.

Muros de Hormigón Armado. El primer enfoque para el aislamiento térmico de muros de hormigón armado implica la implementación de un sistema EIFS (Exterior Insulation and Finish System). Este sistema comprende un revestimiento térmico que incorpora una capa de poliestireno expandido con un espesor de 50 mm y una densidad de 30 kg/m³, adherida al muro mediante un adhesivo específico para poliestireno. Posteriormente, se aplica otra capa de adhesivo reforzada con una malla de fibra de vidrio incrustada en el propio adhesivo. Finalmente, se aplica una capa de imprimación acrílica de terminación lisa con un color incorporado.

Por otro lado, la segunda propuesta implica la instauración de un sistema alternativo de aislamiento térmico exterior. Este sistema se caracteriza por la inclusión de un revestimiento térmico compuesto por una capa de poliestireno expandido con un espesor de 70 mm y una densidad de 15 kg/m³. Dicha capa se adhiere al muro de hormigón mediante un adhesivo especializado y se sitúa entre piezas de madera de 2x3, fijadas a la estructura existente.

A continuación, se expondrán los valores derivados de ambas soluciones técnicas. Posteriormente, se presentará un cuadro comparativo que contrastará los requisitos establecidos y las propuestas presentadas. Todo este análisis se basa en la metodología prescrita por la Norma Chilena Nch 853 Of 2007.

Figura 4.30: Calculo (U) y (RT) Propuesta Técnica 1 (Muro H.A)

Hormigón Armado	e (m)	λ (W/(m/K))	Rt (m ² K/W)
Hormigón Armado	0.200	1.6300	0.123
Poliestireno Expandido	0.050	0.0361	1.385
Rsi			0.120
Rse			0.050
Rt Total (m²K/W)			1.678
U (W/m²K)			0.596

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

Figura 4.31: Calculo (U) y (RT) Propuesta Técnica 2 (Muro H.A)

Hormigón Armado	e (m)	λ (W/(m/K))	Rt (m ² K/W)	Tipo de Elemento	Sistema Exterior
Hormigón Armado	0.2000	1.63	0.12	Material	Hormigón Armado
Poliestireno Expandido	0.0700	0.0413	1.69	Área Elemento	2.96
OSB	0.0110	0.140	0.079	Área A2 [m2]	0.59
Tinglado Fibrocemento (Siding)	0.0060	0.22	0.03	Área A1 [m2]	2.37
Pino Insigne	0.0762	0.104	0.733	% A2	19.93%
Rsi			0.120	% A1	80.07%
Rse			0.050		
RT A2 (m2K/W)			1.131		
RT A1 (m2K/W)			2.093		
U A2 (W/m²K)			0.884		
U A1 (W/m²K)			0.478		
U Elemento (W/m²K)			0.526		
RT Elemento (W/m²K)			1.902		

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

Tabla 4.11: Cuadro Comparativo Propuestas Técnicas (Muro H.A)

Muro de Hormigón Armado Propuesta 1				Hormigón Armado Propuesta 2			
Exigido				Exigido			
Zona Termica	Complejo	U Max(W/m2K)	Rt Min (m2K/W)	Zona Termica	Complejo	U Max(W/m2K)	Rt Min (m2K/W)
D	Muro	0.60	1.67	D	Muro	0.60	1.67
Propuesto				Propuesto			
U (W/m2K)	Rt (m2K/W)	(U) Bajo %	(RT) Sobre %	U (W/m2K)	Rt (m2K/W)	(U) Bajo %	(RT) Sobre %
0.596	1.678	0.67%	0.46%	0.526	1.902	14.10%	12.18%

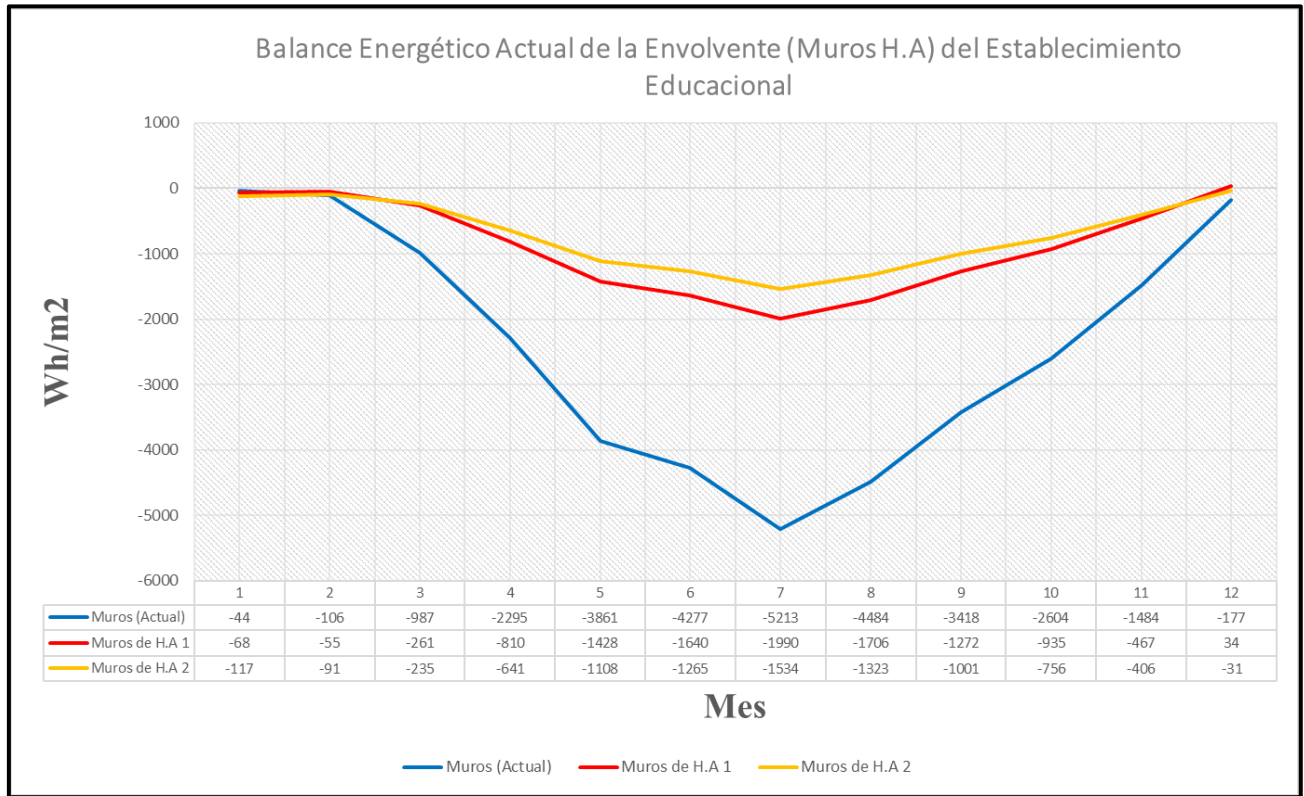
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

A partir de la Tabla 4.11, se deduce que los valores obtenidos para la propuesta uno está un 0.67% por debajo del máximo establecido para la transmitancia térmica (U) y un 0.46% por encima del mínimo establecido para la resistencia térmica total (Rt). En comparación con los valores existentes (Figura 4.20), se observa una mejora del 82.55% en términos de (U) y del 472.70% en términos de (Rt). Por lo tanto, se puede concluir que la propuesta técnica número uno cumple con el estándar normativo y mejora significativamente lo existente.

Respecto a la propuesta dos, se deduce que los valores obtenidos están un 14.10% por debajo del máximo establecido para la transmitancia térmica (U) y un 12.18% por encima del mínimo establecido para la resistencia térmica total (Rt). En comparación con los valores existentes (Figura 4.20), se observa una mejora del 84.60% en términos de (U) y del 549.15% en términos de (Rt). Por lo tanto, se puede concluir que la propuesta técnica número dos cumple con el estándar normativo y mejora significativamente lo existente, principalmente en cuanto a resistencia térmica.

Balance Energético de la Envolvente Térmica del Establecimiento Educacional.

Gráfico 4.3: Balance Energético Envolvente Térmica (Muros H.A)



Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En Base a DesingBuilder

El gráfico, que destaca en tonalidades azules los elementos existentes, permite una visualización nítida de cómo las dos propuestas técnicas inciden en el balance energético, generando una reducción en las pérdidas y ganancias de calor. Esta disminución se evidencia en la tabla siguiente:

Tabla 4.12: Porcentaje de Disminución de Pérdidas y Ganancias de Calor

Propuesta	Disminución
1	63.39%
2	70.61%

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En Base a DesingBuilder

Para concluir, ambas propuestas son factibles desde un punto de vista normativo. En lo que respecta a las pérdidas y ganancias de calor, la disminución en comparación con los valores existentes sugiere que las propuestas introducen una resistencia al flujo de calor. Es evidente que esta solución tuvo un impacto más significativo en comparación con las propuestas generadas para la estructura compuesta de tabiquería de madera. La razón de este mayor impacto se atribuye a que los espacios compuestos de hormigón armado, como se demostró en la Figura

4.20, poseen una resistencia térmica baja y una alta conductividad térmica en comparación con los valores obtenidos en la Figura 4.16 correspondientes a la tabiquería de madera. Esta última está considerablemente más cerca del estándar normativo mínimo en comparación con los muros de hormigón armado.

4.1.3.2 Propuestas de Techumbre. Para este componente de la envolvente arquitectónica del establecimiento educacional, se han desarrollado dos propuestas técnicas detalladas a continuación, en donde los cálculos realizados se realizaron solamente considerando el flujo del calor como ascendente, dado que es el que tiene un comportamiento más desfavorable según lo calculado en la figura 4.17.

La primera propuesta implica la implementación de un sistema de aislamiento térmico, en respuesta a la ausencia previa de tal mecanismo en el componente en cuestión. Este sistema consiste en la instalación de un panel compuesto por zincalum y poliestireno expandido, denominado Polpanel. Este panel representa una solución viable para la cubierta que debe ser reemplazada por la existente, que es de asbesto cemento. Además, proporciona aislamiento térmico gracias a su núcleo de poliestireno expandido con un espesor de 100 mm y una densidad de 20 kg/m³ y también actúa como barrera de humedad. Este panel se fija sobre las costaneras existentes.

La segunda propuesta implica la instalación de una capa de aislamiento dispuesta entre las costaneras que deben ser de 2x4" y deben reemplazar a las existentes. Dicho aislamiento está compuesto por lana vidrio con un espesor de 100 mm. Posteriormente, sobre las costaneras se fija una placa OSB. Finalmente, sobre el OSB se considera la instalación de una barrera de humedad y como revestimiento exterior (cubierta), se contempla el uso de planchas de zincalum con un espesor de 0.40 mm.

Figura 4.32: Calculo (U) y (RT) Propuesta Técnica 1 (Techumbre)

Techumbre	e (m)	λ (W/(m·K))	Rt (m ² K/W)	Tipo de Elemento	Techumbre
Polpanel 4	0.1000		2.795	Material	Madera
Pino Insigne	0.0762	0.104	0.733	Área Elemento	7.15
Cámara de Aire	0.0762		0.165	Área Piezas (A2) [m ²]	0.81
Terciado Ranurado	0.0120	0.104	0.12	Área Restante (A1) [m ²]	6.34
				% Madera	11.37%
				% Restante	88.63%
Rsi			0.090		
Rse			0.050		
RT A2 (m ² K/W)			3.783		
RT A1 (m ² K/W)			3.215		
U A2 (W/m ² K)			0.264		
U A1 (W/m ² K)			0.311		
U Elemento (W/m ² K)			0.305		
RT Elemento (W/m ² K)			3.280		

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

Figura 4.33: Cálculo (U) y (RT) Propuesta Técnica 2 (Techumbre)

Techumbre	e (m)	λ (W/(m·K))	Rt (m ² K/W)	Tipo de Elemento	Techumbre
Zincalum	0.0004	113	0.0000035	Material	Madera
Pino Insigne	0.1016	0.104	0.977	Área Elemento	7.15
OSB	0.011	0.140	0.08	Área Piezas (A2) [m ²]	0.81
Lana de Vidrio	0.100	0.042	2.38	Área Restante (A1) [m ²]	6.34
Terciado Ranurado	0.012	0.104	0.12	% Madera	11.37%
Rsi			0.090	% Restante	88.63%
Rse			0.050		
RT A2 (m ² K/W)			1.311		
RT A1 (m ² K/W)			2.715		
U A2 (W/m ² K)			0.763		
U A1 (W/m ² K)			0.368		
U Elemento (W/m ² K)			0.391		
RT Elemento (W/m ² K)			2.555		

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

Tabla 4.13: Cuadro Comparativo Propuestas Técnicas (Techumbre)

Techumbre Propuesta 1				Techumbre Propuesta 2			
Exigido				Exigido			
Zona Térmica	Complejo	U Max(W/m ² K)	Rt Min (m ² K/W)	Zona Térmica	Complejo	U Max(W/m ² K)	Rt Min (m ² K/W)
D	Techumbre	0.38	2.63	D	Techumbre	0.38	2.63
Propuesta				Propuesta			
U (W/m ² K)	Rt (m ² K/W)	(U) Bajo %	(RT) Sobre %	U (W/m ² K)	Rt (m ² K/W)	(U) Sobre %	(RT) Bajo %
0.305	3.280	24.64%	19.82%	0.391	2.555	-2.90%	-2.92%

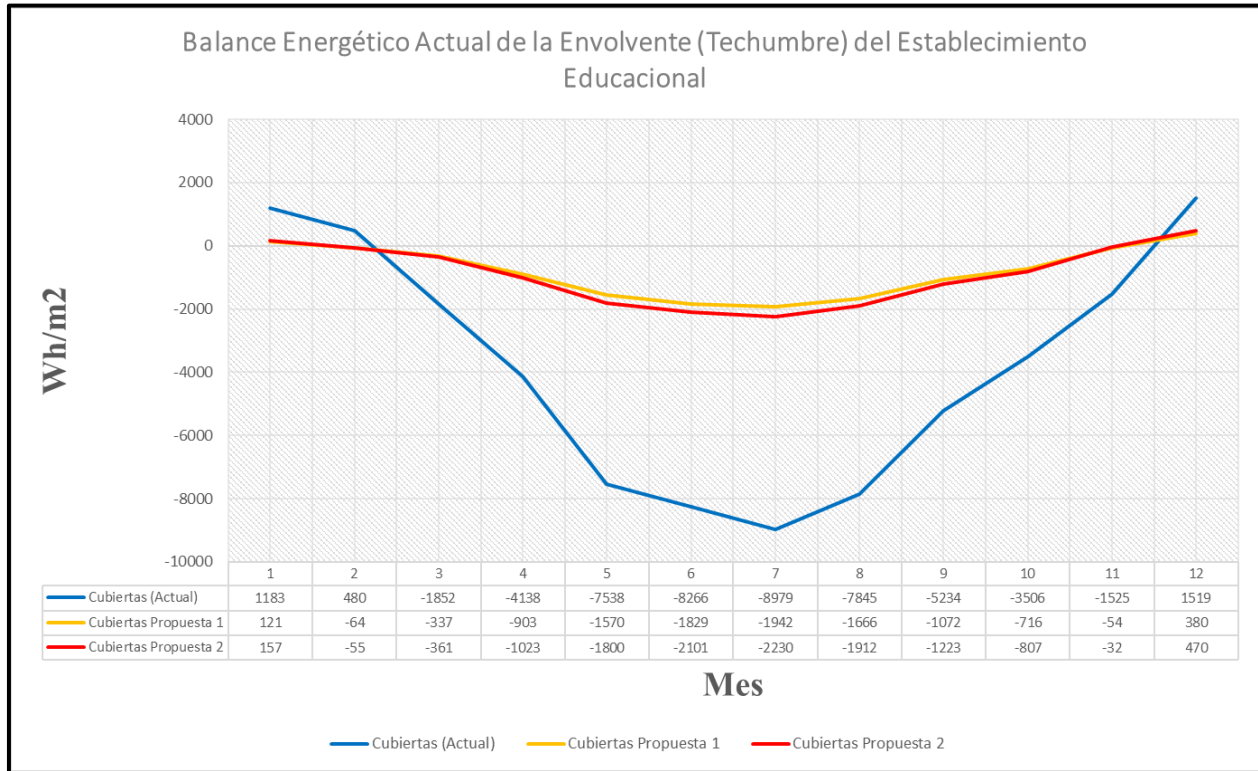
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

A partir de la Tabla 4.13, se puede inferir que los valores obtenidos para la primera solución técnica están un 24.64% por debajo del máximo establecido para la transmitancia térmica (U) y un 19.82% por encima del mínimo establecido para la resistencia térmica total (Rt). En comparación con los valores existentes (Figura 4.17), se observa una mejora del 85.06% en términos de (U) y del 569.39% en términos de (Rt). Por lo tanto, se puede concluir que la propuesta técnica número uno para techumbre cumple con el estándar normativo.

En cuanto a la segunda propuesta, los valores obtenidos están un 2.90% por encima del máximo establecido para la transmitancia térmica (U) y un 2.92% por debajo del mínimo establecido para la resistencia térmica total (Rt). En comparación con los valores existentes (Figura 4.17), se observa una mejora del 80.85% en términos de (U) y del 421.43% en términos de (Rt). Sin embargo, a pesar de que esta propuesta supera significativamente lo existente en el establecimiento educacional, desde el punto de vista normativo, la propuesta técnica dos está fuera del estándar, por lo que no puede ser considerada como una alternativa de solución.

Balance Energético de la Envolvente Térmica del Establecimiento Educativo.

Gráfico 4.4: Balance Energético Envolvente Térmica (Techumbre)



Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En Base a DesingBuilder

El gráfico, que destaca en tonalidades azules los elementos existentes, permite una visualización nítida de cómo las tres propuestas técnicas inciden en el balance energético, generando una reducción en las pérdidas y ganancias de calor. Esta disminución se evidencia en la tabla siguiente:

Tabla 4.14: Porcentaje de Disminución de Pérdidas y Ganancias de Calor

Propuesta	Disminución
1	78.88%
2	76.11%

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En Base a DesingBuilder

En resumen, solamente la propuesta número uno es factible desde un enfoque normativo. En cuanto a las pérdidas y ganancias térmicas, la disminución en comparación con los valores existentes sugiere que las propuestas introducen una resistencia al flujo de calor. Este fenómeno se observó también en las simulaciones realizadas en los muros de hormigón armado, ya que, al no existir un material aislante en la techumbre, la implementación de uno genera un impacto significativo en los resultados obtenidos, tal como se verificó en la tabla 4.6 de esta investigación.

4.1.3.3 Propuestas de Ventanas. Para esta componente de la envolvente arquitectónica del establecimiento educacional, se han desarrollado dos propuestas técnicas. Las especificaciones detalladas se presentarán a continuación:

Las estrategias propuestas para optimizar este parámetro implican la adopción de sistemas de ventanas de doble acristalamiento, también conocidas como ventanas termopanel, con marcos fabricados en Policloruro de Vinilo (PVC). Se han considerado dos configuraciones distintas para las ventanas propuestas. La primera configuración consiste en un sistema de doble acristalamiento con un espesor de vidrio de 4 mm para cada panel, separados por una cámara de aire de 6. La segunda configuración propone una variación en el espesor de la cámara de aire, incrementándola a 8 mm, mientras que el espesor del vidrio se mantiene en 4 mm. En términos de sus propiedades termo físicas, estas configuraciones presentan valores de transmitancia térmica de 2,5 y 2,1 W/m²K respectivamente. En cuanto al marco de PVC, se ha seleccionado un modelo con dos cámaras de aire que presenta una conductividad térmica de 2.2 W/m²K.

A continuación, se expondrán los valores obtenidos para cada una de las soluciones técnicas, fundamentados en la metodología prescrita por la Norma Chilena NCh 853 of 2007:

Figura 4.34: Calculo (U) y (RT) Propuesta Técnica 1 y 2 (Ventanas)

Propuesta 1		Propuesta 2	
RT Vidrio (m ² K/W)	0.400	RT Vidrio (m ² K/W)	0.476
RT Marco (m ² K/W)	0.455	RT Marco (m ² K/W)	0.455
U Vidrio (W/m ² K)	2.500	U Vidrio (W/m ² K)	2.100
U Marco (W/m ² K)	2.200	U Marco (W/m ² K)	2.200
U Total Ventana (W/m ² K)	2.45	U Total Ventana (W/m ² K)	2.12
RT Total Ventana (W/m ² K)	0.409	RT Total Ventana (W/m ² K)	0.473

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

Tabla 4.15: Cuadro Comparativo Propuestas Técnicas (Ventana)

Ventanas Propuesta 1				Ventanas Propuesta 2			
Exigido				Exigido			
Zona Termica	Complejo	U Max(W/m ² K)	Rt Min (m ² K/W)	Zona Termica	Complejo	U Max(W/m ² K)	Rt Min (m ² K/W)
D	Ventana	3.60	0.28	D	Ventana	3.60	0.28
Propuesto				Propuesto			
U (W/m ² K)	Rt (m ² K/W)	(U) Bajo %	(RT) Sobre %	U (W/m ² K)	Rt (m ² K/W)	(U) Bajo %	(RT) Sobre %
2.451	0.409	46.86%	31.52%	2.116	0.473	70.11%	40.76%

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En base a NCh 853 Of 2007

A partir de los datos presentados en la Tabla 4.15, se puede inferir que los valores obtenidos para la primera solución técnica se encuentran un 46.86% por debajo del límite superior establecido para la transmitancia térmica (U), y un 31.52% por encima del límite inferior establecido para la resistencia térmica total (Rt). Al comparar estos resultados con los valores existentes (Figura 4.23), se observa una mejora significativa respecto a las ventanas con marco de madera, con un incremento del 51.46% en términos de U y del 84.23% en términos de Rt. En el caso de las ventanas con marco metálico, la mejora es aún más notable, con un aumento del 57.06% y un 133.71% respectivamente.

En cuanto a la segunda propuesta, los valores obtenidos se encuentran un 70.11% por debajo del límite superior establecido para la transmitancia térmica (U), y un 40.76% por encima del límite inferior establecido para la resistencia térmica total (Rt). Al comparar estos resultados con los valores existentes (Figura 4.23), se observa una mejora aún mayor en comparación con las ventanas con marco de madera, con un incremento del 58.10% en términos de U y del 113.06% en términos de Rt. En el caso de las ventanas con marco metálico, la mejora es extraordinaria, con un aumento del 62.93% y un 170.29% respectivamente.

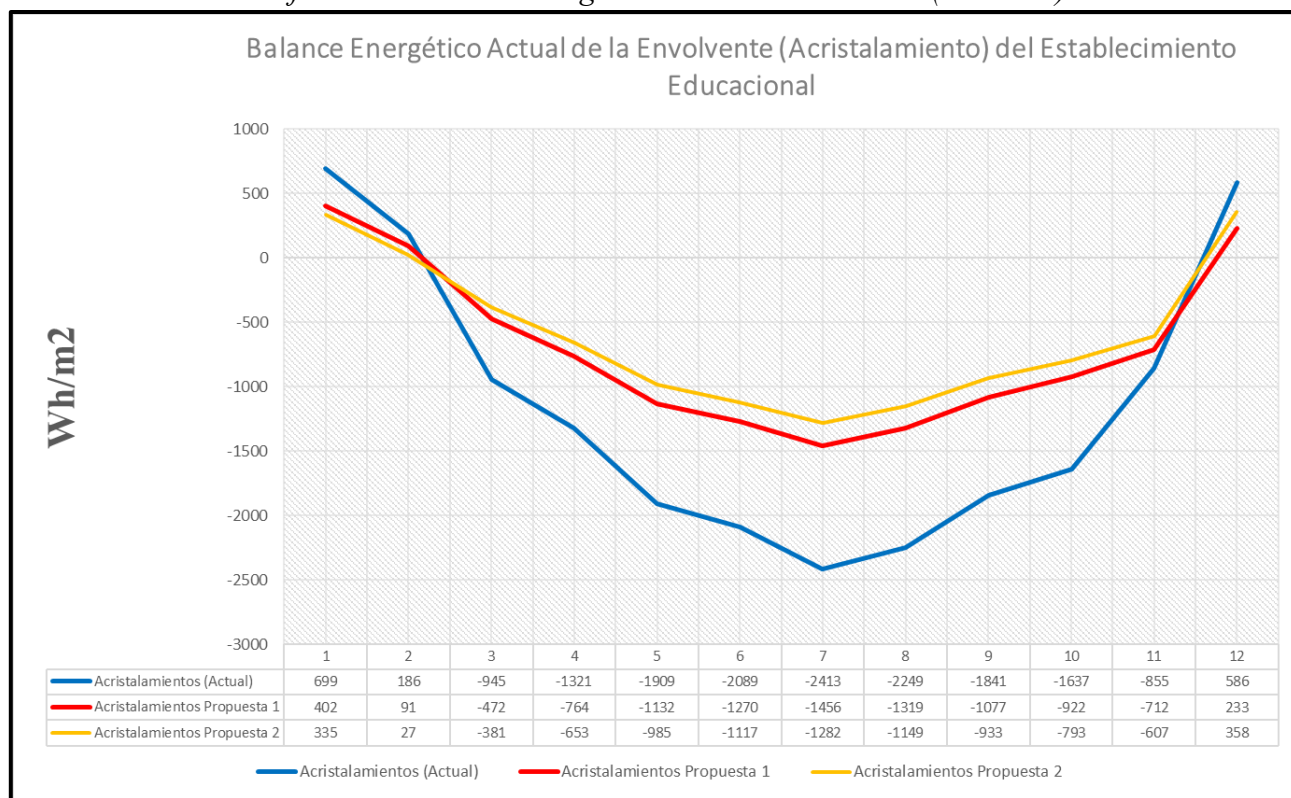
Para el caso de las ventanas con marco de metal se obtiene una mayor mejora en términos de resistencia térmica, esto se debe principalmente a que el metal es un material que posee una alta conductividad térmica, lo cual implica que posee una baja resistencia térmica y por ende no tiene la capacidad de oponerse al paso del calor y al cambiarse esta materialidad por una de mejor comportamiento se mejora significativamente dicha condición.

Finalmente, en conclusión, ambas propuestas cumplen con el estándar normativo exigido para el complejo de “Ventana”

A continuación, se expondrán los valores obtenidos para cada una de las soluciones técnicas, fundamentados en la metodología prescrita por la Norma Chilena NCh 853 of 2007:

Balance Energético de la Envolvente Térmica del Establecimiento Educativo.

Gráfico 4.5: Balance Energético Envolvente Térmica (Ventanas)



Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En Base a DesingBuilder

El gráfico, que destaca en tonalidades azules los elementos existentes para ambas tipología de ventanas en conjunto, permite una visualización nítida de cómo las dos propuestas técnicas inciden en el balance energético, generando una reducción en las pérdidas y ganancias de calor. Esta disminución se evidencia en la tabla siguiente:

Tabla 4.16: Porcentaje de Disminución de Pérdidas y Ganancias de Calor

Propuesta	Disminución
1	39.09%
2	47.93%

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En Base a DesingBuilder

En conclusión, las dos propuestas son viables desde una perspectiva normativa. En términos de pérdidas y ganancias de calor, la disminución en comparación con los valores existentes indica que las propuestas generan una resistencia al flujo de calor. Esto se debe a la reducción junto al aumento de la transmitancia y resistencia térmica respectivamente.

4.1.3.4 Propuestas de Puertas. Para este componente de la envolvente arquitectónica del establecimiento educacional, se ha decidido utilizar la tipología de puertas que cumple con el estándar normativo con la finalidad de conservar la misma tipología de puertas en todos los espacios en donde se apliquen las reformas.

4.1.6 Determinación de Propuestas Técnicas a Utilizar

A continuación, se llevará a cabo un análisis desde una perspectiva presupuestaria con el objetivo de determinar qué propuesta técnica es la más adecuada para implementar en el establecimiento educacional. Dado que la mayoría de las propuestas técnicas presentadas cumplen con los estándares normativos, todas ellas poseen una validez equiparable. Por lo tanto, la elección de cada una se basará en aquella que genere el menor costo en el marco de la materialización del proyecto. Para este fin, se han realizado análisis de precios unitarios (Anexo N°2) y se han obtenido cotizaciones (Anexo N°3) para las ventanas, teniendo en cuenta la fabricación, transporte e instalación de estas en el establecimiento educacional.

4.1.4.1 Soluciones Técnicas para Tabiquería de Madera. En el contexto de la tabiquería de madera, la primera estrategia de intervención implicaría una serie de pasos meticulosamente orquestados. Inicialmente, se debe proceder a la extracción cuidadosa de la aislación existente en el interior del tabique, específicamente el poliestireno, así como del revestimiento exterior, Zinalum, debido al deterioro evidente de este último. Tras la finalización de estas labores, se procederá a la instalación del nuevo sistema aislante, un componente crucial para la eficiencia energética del edificio. Posteriormente, se llevará a cabo la instalación del nuevo revestimiento exterior, mejorando así la estética y la durabilidad del edificio. Según los análisis de precio unitario (APU) presentados en el Anexo N°2, el costo total por metro cuadrado para la implementación de esta propuesta ascendería a \$48.988. Al contrastar este costo con el obtenido para la instalación del sistema Eifs, que asciende a \$46.783 por metro cuadrado, se observa que la segunda propuesta resulta ser un 4.50% más económica. Por lo tanto, esta última será propuesta como solución final con el objetivo de subsanar las deficiencias normativas identificadas en la tabiquería de madera.

4.1.4.2 Soluciones Técnicas para Muros de Hormigón Armado. En el ámbito de los muros de hormigón armado, la primera estrategia de intervención requeriría una serie de pasos meticulosamente planificados. Inicialmente, se debe proceder a la limpieza exhaustiva de la superficie existente, un paso crucial para garantizar la adherencia y la eficacia del nuevo sistema aislante. Una vez completada esta tarea, se procederá a la instalación del innovador sistema aislante, cuyos detalles se expusieron previamente en el subcapítulo correspondiente. Según los análisis de precio unitario (APU) presentados en el Anexo N°2, el costo total por metro cuadrado para la implementación de esta propuesta ascendería a \$40.924. Al contrastar este costo con el obtenido para la instalación del sistema Eifs, que asciende a \$37.673 por metro cuadrado, se observa que la segunda propuesta resulta ser un 7.94% más económica. Por lo tanto, esta última será propuesta como solución final con el objetivo de subsanar las deficiencias normativas identificadas en los muros de hormigón armado.

4.1.4.3 Soluciones Técnicas para Ventanas.

A raíz de las cotizaciones efectuadas para cada propuesta técnica (Anexo 3), se estableció que la solución que genera los costos más bajos es la propuesta técnica número uno. Esta propuesta presenta un costo total de \$50.116.818, en comparación con la propuesta que fue descartada, la cual tiene un costo de \$66.485.768. Esto genera una diferencia entre ambas propuestas del 32.67%. En consecuencia, se recomendará la implementación de la propuesta técnica número dos como la solución técnica más idónea.

Tras realizar estas comparaciones y determinar las soluciones técnicas más adecuadas para cada parámetro evaluado, es relevante señalar que no se efectuó un análisis para las puertas ni para las ventanas. Esta decisión se fundamenta en el hecho de que se optó por utilizar una tipología de puertas que cumple con el estándar normativo. En el caso de la techumbre, la segunda propuesta se encuentra fuera de la norma.

4.2 Evaluación de las condiciones de accesibilidad

El objetivo de esta sección es realizar una evaluación exhaustiva de las condiciones de accesibilidad del establecimiento educativo Heriberto Bermúdez Cruz, situado en el sector El Encon, calle E-705 de la comuna de San Felipe. Para alcanzar este objetivo, se llevará a cabo un diagnóstico inicial que permitirá conocer las condiciones actuales del establecimiento y, de esta manera, identificar de forma clara y cuantitativa los aspectos que requieren mejoras.

Para ello, se elaborarán y aplicarán fichas de inspección visual independientes. Es importante destacar que cada parámetro a diagnosticar tiene exigencias normativas diferentes, por lo que es esencial la utilización de estas fichas para garantizar una evaluación precisa y acorde a las normativas vigentes. Este proceso permitirá proponer soluciones efectivas y personalizadas para mejorar la accesibilidad del establecimiento educativo.

4.2.1 Desarrollo de la experiencia

4.2.1.1 Fichas de inspección visual. Antes de la confección de las fichas de inspección visual, se llevó a cabo una visita al inmueble con el propósito de distinguir los elementos que requieren una evaluación detallada y aquellos que, debido a su ausencia, no la necesitan. Como consecuencia de esta visita, se identificaron cuatro elementos existentes que requieren una evaluación rigurosa: rampas, puertas, baño universal y pasillos. En el caso de las rampas, se tuvieron en cuenta tanto las ya existentes como los desniveles que necesitan ser resueltos mediante una rampa de acceso y que actualmente carecen de ella.

A continuación, en la Figura 4.35 se exhibe la ficha de inspección visual correspondiente al parámetro “Rampas”.

Figura 4.35: Ficha de Inspección Visual Rampas

Rampas					
Nombre de Rampa		Pendiente			
		Pendiente (%)	¿Cumple?	Incidencia	Cumplimiento
Rampa 1 "Pabellon A"				20%	0%
Rampa 2 "Pabellon B"				20%	0%
Rampa 3 "Pabellon C" (Baño Universal)				20%	0%
Rampa 4 "Pabellon C" (Patio Pre Básica)				20%	0%
Nombre de Rampa		Pasamanos			
		Tiene	¿Cumple?	Incidencia	Cumplimiento
Rampa 1 "Pabellon A"				20%	0%
Rampa 2 "Pabellon B"				20%	0%
Rampa 3 "Pabellon C" (Baño Universal)				20%	0%
Rampa 4 "Pabellon C" (Patio Pre Básica)				20%	0%
Nombre de Rampa		Ancho			
		[m]	¿Cumple?	Incidencia	Cumplimiento
Rampa 1 "Pabellon A"				20%	0%
Rampa 2 "Pabellon B"				20%	0%
Rampa 3 "Pabellon C" (Baño Universal)				20%	0%
Rampa 4 "Pabellon C" (Patio Pre Básica)				20%	0%
Nombre de Rampa		Plano Horizontal Inicio-Fin			
		[m]	¿Cumple?	Incidencia	Cumplimiento
Rampa 1 "Pabellon A"				20%	0%
Rampa 2 "Pabellon B"				20%	0%
Rampa 3 "Pabellon C" (Baño Universal)				20%	0%
Rampa 4 "Pabellon C" (Patio Pre Básica)				20%	0%
Nombre de Rampa		Podría Ser Utilizada de Manera Autónoma			
		SI/NO	¿Cumple?	Incidencia	Cumplimiento
Rampa 1 "Pabellon A"				20%	0%
Rampa 2 "Pabellon B"				20%	0%
Rampa 3 "Pabellon C" (Baño Universal)				20%	0%
Rampa 4 "Pabellon C" (Patio Pre Básica)				20%	0%
Nombre de Rampa		Nivel de Cumplimiento			
		Porcentaje Individual			
Rampa 1 Pabellon A		0%			
Rampa 2 Pabellon B		0%			
Rampa 3 Pabellon C (Baño Universal)		0%			
Rampa 4 Pabellon C (Patio Pre Básica)		0%			
Nivel de Cumplimiento Rampas		0%			
Si	1				
No	0				

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

Descripción de Ficha de Inspección Visual. Este segmento detalla la operatividad de las fichas de inspección visual confeccionadas. Cada ficha es autónoma en función del parámetro a inspeccionar, aunque la interpretación de los resultados y su funcionamiento son idénticos. Tomando como ejemplo el parámetro “Rampas”, se ha elaborado una tabla para cada aspecto prescrito en el Decreto N°50, otorgando a cada uno de los elementos a fiscalizar la misma incidencia, ya que todos poseen igual relevancia.

En dicha ficha, se debe registrar inicialmente los valores obtenidos durante la visita al establecimiento. Tras completar este primer campo, se debe evaluar si se cumple con lo estipulado en el Decreto N°50 y, en caso afirmativo, se debe llenar la celda con un “1” y, si es negativo, con un “0”. De esta manera, finalmente se puede conocer el nivel de cumplimiento individual de cada elemento inspeccionado en términos porcentuales y, finalmente, el cumplimiento global del parámetro “Rampas” para este caso en particular.

Es importante destacar que, debido a la antigüedad del inmueble, no está obligado a acatar las modificaciones establecidas en el Decreto N°50 según la ley 20.244. Sin embargo, para fines prácticos, los resultados obtenidos se presentarán como un porcentaje de cumplimiento, que también puede interpretarse como el “nivel de accesibilidad” del inmueble.

4.2.2 Resultados y Análisis de Hallazgos

4.2.2.1 Resultados Fichas de Diagnostico. Antes de proceder con la presentación de los resultados obtenidos para cada ficha de diagnóstico, es importante mencionar que los registros fotográficos del establecimiento educacional, tomados en relación a los elementos evaluados, se pueden consultar en el Anexo 1 de la presente investigación. Estas imágenes proporcionan una visión visual detallada y contextual de los aspectos evaluados, complementando así los hallazgos y conclusiones presentados en este informe.

Rampas. El establecimiento educativo alberga cuatro rampas distribuidas en los pasillos de este, además de tres desniveles que se resuelven mediante escaleras de hormigón. Estos desniveles requieren la implementación de una rampa de acceso para garantizar la conectividad entre todos los espacios del inmueble educativo. A continuación, se detallan los resultados obtenidos para cada parámetro exigido por la normativa.

Figura 4.36: Pendiente de Rampas Existentes

Nombre de Rampa	Pendiente			
	Pendiente (%)	¿Cumple?	Incidencia	Cumplimiento
Rampa 1 "Pabellon A"	28	0	20%	0%
Rampa 2 "Pabellon B"	16	0	20%	0%
Rampa 3 "Pabellon C" (Baño Universal)	14	0	20%	0%
Rampa 4 "Pabellon C" (Patio Pre Básica)	13	0	20%	0%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

La Figura 4.36 revela que ninguna de las rampas existentes en el establecimiento cumple con los criterios de pendiente estipulados en el Decreto N°50. La pendiente óptima recomendada es del 8%, con una tolerancia hasta 12% dependiendo de la longitud total de la rampa. Sin embargo, las rampas existentes presentan una pendiente promedio del 17.71%, excediendo el límite superior del escenario óptimo recomendado en un 9.71%. Esta discrepancia indica una necesidad imperante de revisión y ajuste para garantizar el cumplimiento al Decreto N°50.

Figura 4.37: Existencia de Pasamanos en Rampas Existentes

Nombre de Rampa	Pasamanos			
	¿Posee Pasamanos?	¿Cumple?	Incidencia	Cumplimiento
Rampa 1 "Pabellon A"	No	0	20%	0%
Rampa 2 "Pabellon B"	No	0	20%	0%
Rampa 3 "Pabellon C" (Baño Universal)	No	0	20%	0%
Rampa 4 "Pabellon C" (Patio Pre Básica)	No	0	20%	0%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

La Figura 4.37 evidencia que ninguna de las rampas existentes en el establecimiento está equipada con un pasamanos, elemento esencial para proporcionar soporte y seguridad a personas con movilidad reducida.

Figura 4.38: Ancho de Rampas Existentes

Nombre de Rampa	Ancho			
	Ancho [m]	¿Cumple?	Incidencia	Cumplimiento
Rampa 1 "Pabellon A"	1.70	1	20%	20%
Rampa 2 "Pabellon B"	2.20	1	20%	20%
Rampa 3 "Pabellon C" (Baño Universal)	0.80	0	20%	0%
Rampa 4 "Pabellon C" (Patio Pre Básica)	1.50	1	20%	20%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

La Figura 4.38 indica que tres de las cuatro rampas existentes en el establecimiento cumplen con el ancho mínimo establecido. Se recomienda un ancho óptimo de 1.25 m, pudiendo ser de 0.90 m como mínimo. Esto representa un cumplimiento del 75% en términos del ancho de las rampas.

Figura 4.39: Dimensiones de Plano Horizontal de Inicio y Fin

Nombre de Rampa	Largo de Plano Horizontal de Inicio-Fin				
	L. Inicio [m]	L. Fin [m]	¿Cumple?	Incidencia	Cumplimiento
Rampa 1 "Pabellon A"	1,5	1,5	1	20%	20%
Rampa 2 "Pabellon B"	1,5	1,5	1	20%	20%
Rampa 3 "Pabellon C" (Baño Universal)	1,5	1,2	0	20%	0%
Rampa 4 "Pabellon C" (Patio Pre Básica)	1,5	1,5	1	20%	20%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

La Figura 4.39 muestra que tres de las cuatro rampas existentes en el establecimiento cumplen con las dimensiones exigidas respecto a la longitud del plano horizontal de inicio-fin de rampa, donde lo mínimo recomendado es de 1.50 m para cada lado. Esto se traduce en un cumplimiento del 60% en lo que respecta a los planos horizontales.

Finalmente, se tomó en cuenta un aspecto adicional para este parámetro (rampas) y los que se discutirán a continuación: la evaluación de si el elemento en cuestión puede ser utilizado de manera autónoma por una persona con movilidad reducida, tal como lo estipula el Decreto N°50 con todas las exigencias y recomendaciones establecidas. Al aplicar las fichas de inspección sin considerar este aspecto, los resultados obtenidos eran más optimistas, ya que se obtuvo un nivel de cumplimiento promedio para todos los parámetros evaluados de un 47%, y no reflejaban realmente el impacto que pueden generar para una persona con movilidad reducida. Por ejemplo, una rampa puede cumplir con tres de los cuatro aspectos evaluados, lo que se traduce en un cumplimiento del 75%. Sin embargo, si no se cumple con un solo parámetro, como podría ser la inexistencia de un pasamanos, esto impediría la utilización del elemento de forma independiente.

Por lo tanto, se decidió incorporar este aspecto en la evaluación con el fin de ajustar aún más los resultados obtenidos y no hacerlos tan optimistas. De esta manera, los resultados reflejarán de manera más precisa el cumplimiento o incumplimiento al Decreto N°50.

Figura 4.40: Utilización de Manera Autónoma de Rampas

Nombre de Rampa	¿Podría Ser Utilizada de Manera Autónoma?			
	SI/NO	¿Cumple?	Incidencia	Cumplimiento
Rampa 1 "Pabellon A"	No	0	20%	0%
Rampa 2 "Pabellon B"	No	0	20%	0%
Rampa 3 "Pabellon C" (Baño Universal)	No	0	20%	0%
Rampa 4 "Pabellon C" (Patio Pre Básica)	No	0	20%	0%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

La Figura 4.40 concluye que ninguna de las rampas existentes en el establecimiento educacional podría ser utilizada independientemente por una persona con movilidad reducida debido a que ninguna cumple íntegramente con lo establecido en la normativa.

Desniveles. En el establecimiento educacional, se identificaron dos desniveles que actualmente se resuelven mediante escaleras. Sin embargo, es imperativo reemplazar o complementar estas soluciones con rampas para garantizar la accesibilidad. Uno de estos desniveles facilita el acceso al establecimiento educacional, mientras que el otro se encuentra entre el pasillo "C" y el "B", donde se ubican las aulas. Este último desnivel es particularmente crítico para resolver mediante una rampa, ya que permitiría conectar el pasillo de las aulas con el baño universal existente.

Estos desniveles se clasificarán como rampas para fines de este análisis, dado que no tienen una categorización específica. Se asignará un cumplimiento del 0% a cada uno de ellos.

Habiendo determinado los niveles de cumplimiento individual para cada parámetro exigido para las rampas y reconociendo la existencia de 2 desniveles que requieren solución mediante rampas, la figura 4.41 muestra inicialmente el cumplimiento individual de cada rampa existente. Finalmente, la celda de color rojo indica el cumplimiento global del parámetro.

Figura 4.41: Cumplimiento Individual y Global de Rampas

Nombre de Rampa	Nivel de Cumplimiento
	Porcentaje Individual
Rampa 1 Pabellon A	40%
Rampa 2 Pabellon B	40%
Rampa 3 Pabellon C (Baño Universal)	0%
Rampa 4 Pabellon C (Patio Pre Básica)	40%
Nivel de Cumplimiento Rampas	
	30%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

Finalmente, al considerar los desniveles que se establecieron como rampas con un índice de cumplimiento del 0%, se obtuvo un promedio de conformidad del 20%. Este escenario pone en manifiesto la imperiosa necesidad de formular propuestas técnicas que busquen facilitar el uso autónomo de estos elementos.

Puertas. En el establecimiento educativo, existen 18 puertas, las cuales fueron inspeccionadas para identificar si se ajustan a lo establecido en el Decreto N.º50. A continuación, se presentarán los resultados obtenidos para cada parámetro exigido por la normativa para este aspecto.

Figura 4.42: Ancho de Puertas Existentes

Nombre de Puerta	Ancho				
	[m]	Tipo	¿Cumple?	Incidencia	Cumplimiento
Acceso Principal (P1)	1.20	Simple	1	33%	33%
Acceso Principal Sec. Pabellón A (P2)	1.40	Simple	1	33%	33%
Acceso Principal Sec. Pabellón B (P3)	1.00	Simple	1	33%	33%
Cocina (P4)	0.90	Simple	1	33%	33%
Comedor (P5)	1.20	Doble	1	33%	33%
Sala Profesores (P4)	0.90	Simple	1	33%	33%
Oficina Profesores (P4)	0.90	Simple	1	33%	33%
Programa Integración Escolar (P4)	0.90	Simple	1	33%	33%
Dirección (P4)	0.90	Simple	1	33%	33%
Sala Computación (P4)	0.90	Simple	1	33%	33%
Sala 01 (P6)	0.90	Simple	1	33%	33%
Sala 02 (P6)	0.90	Simple	1	33%	33%
Sala 03 (P6)	0.90	Simple	1	33%	33%
Sala 04 (P6)	0.90	Simple	1	33%	33%
Sala 05 (P6)	0.90	Simple	1	33%	33%
Sala 06 (P6)	0.90	Simple	1	33%	33%
Sala Prebasica (P6)	0.90	Simple	1	33%	33%
Baño Universal (P7)	0.90	Simple	1	33%	33%
Evacuación	1.10	Simple	1	33%	33%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

La interpretación derivada de la Figura 4.42 indica que todas las puertas presentes en el recinto cumplen con las dimensiones establecidas en el Decreto N°50. Para las puertas interiores, se recomienda un mínimo de 0.90 m para el vano y 0.80 m para el ancho libre, mientras que para las puertas de acceso principal se requiere un ancho de 1 m y 0.90 respectivamente. Esto justifica que no es necesario modificar la tipología de puertas ya que cumplen con los anchos establecidos.

Figura 4.43: Mecanismo de Apertura en Puertas Existentes

Nombre de Puerta	Mecanismo de Apertura			
	Tipo	¿Cumple?	Incidencia	Cumplimiento
Acceso Principal (P1)	Cerrojo	0	33%	0%
Acceso Principal Sec. Pabellón A (P2)	Picaporte	0	33%	0%
Acceso Principal Sec. Pabellón B (P3)	Picaporte	0	33%	0%
Cocina (P4)	Pomo	0	33%	0%
Comedor (P5)	Manilla	1	33%	33%
Sala Profesores (P4)	Pomo	0	33%	0%
Oficina Profesores (P4)	Pomo	0	33%	0%
Programa Integración Escolar (P4)	Pomo	0	33%	0%
Dirección (P4)	Pomo	0	33%	0%
Sala Computación (P4)	Manilla	1	33%	33%
Sala 01 (P6)	Pomo	0	33%	0%
Sala 02 (P6)	Pomo	0	33%	0%
Sala 03 (P6)	Pomo	0	33%	0%
Sala 04 (P6)	Pomo	0	33%	0%
Sala 05 (P6)	Pomo	0	33%	0%
Sala 06 (P6)	Pomo	0	33%	0%
Sala Prebasica (P6)	Pomo	0	33%	0%
Baño Universal (P7)	Pomo	0	33%	0%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

La Figura 4.43 revela que solo dos de las dieciocho puertas presentes en el recinto poseen el mecanismo de apertura prescrito en la normativa, que consiste en un mecanismo de manilla o palanca. Esto implica que es necesario modificar los mecanismos de apertura de las puertas existentes en el recinto educativo por alguno que cumpla con la normativa.

Es importante destacar que la puerta ubicada en el baño universal (P7) no cumple con este requisito.

Figura 4.44: Utilización de Manera Autónoma de Puertas

Nombre de Puerta	Podría Ser Utilizada de Manera Autónoma			
	SI/NO	¿Cumple?	Incidencia	Cumplimiento
Acceso Principal (P1)	NO	0	33%	0%
Acceso Principal Sec. Pabellón A (P2)	NO	0	33%	0%
Acceso Principal Sec. Pabellón B (P3)	NO	0	33%	0%
Cocina (P4)	NO	0	33%	0%
Comedor (P5)	SI	1	33%	33%
Sala Profesores (P4)	NO	0	33%	0%
Oficina Profesores (P4)	NO	0	33%	0%
Programa Integración Escolar (P4)	NO	0	33%	0%
Dirección (P4)	NO	0	33%	0%
Sala Computación (P4)	NO	1	33%	33%
Sala 01 (P6)	NO	0	33%	0%
Sala 02 (P6)	NO	0	33%	0%
Sala 03 (P6)	NO	0	33%	0%
Sala 04 (P6)	NO	0	33%	0%
Sala 05 (P6)	NO	0	33%	0%
Sala 06 (P6)	NO	0	33%	0%
Sala Prebasica (P6)	NO	0	33%	0%
Baño Universal (P7)	NO	0	33%	0%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

De las 18 puertas presentes en el recinto educacional, únicamente dos podrían ser utilizadas de manera autónoma y sin dificultades, lo que representa un cumplimiento del 3.51% en términos de accesibilidad y facilidad de uso.

Finalmente, habiendo obtenido los niveles de cumplimiento individual para cada parámetro exigido para las puertas, en la figura 4.45 se muestra el cumplimiento individual de cada puerta y finalmente en la celda de color rojo el cumplimiento global.

Figura 4.45: Cumplimiento Individual y Global de Puertas.

Nombre de Puerta	Nivel de Cumplimiento
	Porcentaje Individual
Acceso Principal (P1)	33%
Acceso Principal Sec. Pabellón A (P2)	33%
Acceso Principal Sec. Pabellón B (P3)	33%
Cocina (P4)	33%
Comedor (P5)	100%
Sala Profesores (P4)	33%
Oficina Profesores (P4)	33%
Programa Integración Escolar (P4)	33%
Dirección (P4)	33%
Sala Computación (P4)	100%
Sala 01 (P6)	33%
Sala 02 (P6)	33%
Sala 03 (P6)	33%
Sala 04 (P6)	33%
Sala 05 (P6)	33%
Sala 06 (P6)	33%
Sala Prebasica (P6)	33%
Baño Universal (P7)	33%
Nivel de Cumplimiento Puertas	41%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

Tras la inspección, se obtuvo un nivel global de cumplimiento del 41%, lo que evidencia la necesidad de implementar propuestas técnicas que permitan el uso autónomo de estos elementos.

Baño Universal. En el establecimiento educativo, existe un baño universal que también fue inspeccionado para identificar si existe alguna falencia normativa que se pueda mejorar. A continuación, se presentarán los resultados obtenidos para cada parámetro exigido por la normativa para este espacio.

Figura 4.46: Mediciones realizadas en Baño Universal

Nombre de elemento						Observación
	Tiene	m	¿Cumple?	Incidencia	Cumplimiento	
Señalética Puerta	No	/	0	5%	0%	No posee señalética, no cumple
Radio de Giro de Diámetro 1,5 m	Si	(+1,5)	1	5%	5%	Supera los 1,5 m exigidos como mínimo
Obstáculos entre n.p y 0.7 m	No	/	1	5%	5%	No posee obstáculos
Barras de Apoyo (2)	Si	/	1	5%	5%	Posee 2 Barras de Apoyo
Distancia de 0,4 m de Barras al Eje del WC	Si	0.40	1	5%	5%	Cumple a cabalidad distancia mínima
Espacio Libre de Transferencia de 0,8x1,2 m	Si	(0,8x120)	1	5%	5%	Si posee espacio libre de transferencia
Altura de Inodoro entre 0,46 a 0,48 m	Si	46	1	5%	5%	La altura del inodoro es de 46 cm
Profundidad de Inodoro entre 0,67 a 0,70 m	Si	70	1	5%	5%	La profundidad del inodoro es de 70 cm
Sistema de descarga del inodoro	Pulsación	/	1	5%	5%	Posee pulsación para descarga de inodoro
Largo Barra de apoyo 0,6 m min	Si	60	1	5%	5%	El largo de la barra de apoyo es de 60 cm
Diámetro Barra de apoyo 3,5 cm min	Si	4	1	5%	5%	El diámetro de la barra es de 4 cm
Altura de barras de apoyo a 0,75 m	Si	75	1	5%	5%	La altura de las barras de apoyo es de 75 cm
Barra en espacio de transferencia abatible	Si	/	1	5%	5%	La barra de apoyo si es abatible
Lavamanos Sin Pedestal, Cajón, etc	Si	/	1	5%	5%	El lavamanos no posee pedestal
Altura Libre lavamanos 0,7 m	Si	70	1	5%	5%	La altura de lavamanos es de 70 cm
Altura máxima terminada lavamanos 0,8 m	Si	80	1	5%	5%	La altura terminada es de 80 cm
Grifería de Monomando y Fácil Uso	Si	/	1	5%	5%	Si es de fácil uso
Grifería Instalado a 0,45 m max del borde	Si	45	1	5%	5%	La grifería esta instalada a 45 cm del borde
Espejo instalado a 0,83 max	Si	83	1	5%	5%	El espejo esta instalado a 83 cm
Interruptores 1,2 m max	Si	120	1	5%	5%	El interruptor esta instalado a 1,2 m
Repisa 1,2 m max	Si	160	0	5%	0%	Las repisas estan instaladas a 1,60 m, no cumple
Nivel de Cumplimiento Baño Universal		90%				

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

La conclusión derivada de la figura es que el baño universal presente en el establecimiento posee un nivel de cumplimiento del 90%. Esto se debe a que no posee una señalética que indique que es un baño para personas con movilidad reducida y las repisas presentes en este están a una altura de 1,60 m, lo cual supera en 0.40 m lo máximo permitido para dicho elemento.

Sin embargo, este porcentaje de cumplimiento podría disminuir aún más, puesto que el mecanismo de apertura de la puerta es de pomo, pero este incumplimiento fue considerado en el diagnóstico realizado en las puertas. Además, dentro del baño no existe un dispensador de jabón ni de papel, lo cual es indispensable en un baño. Ante la no existencia de este, no se pudo realizar una medición y verificar si cumple o no la altura máxima de instalación exigida, aunque sí lo consideramos como un elemento existente que no cumple y además incluimos dentro del baño el incumplimiento del mecanismo de apertura, se obtendría un nuevo nivel de cumplimiento del 79%.

Pasillos de Circulación. Para concluir este diagnóstico de accesibilidad, se identificó que la ruta accesible establecida para el establecimiento educacional presenta deterioros en el pavimento de hormigón, el cual presenta diversas irregularidades que dificultarían el desplazamiento. Es por este motivo que se incorporó este aspecto dentro del diagnóstico. Principalmente, se determinará la superficie que presenta irregularidades y, además, se verificará dentro de los 4 pasillos que pertenecen a la ruta accesible si cumplen con el ancho mínimo recomendado por la normativa, que es de 1,50 m.

Figura 4.47: Irregularidades en Pabellones

Pabellón	Irregularidades					
	Area [m2]	Irregularidad [m2]	% de Irregularidad	Cumple	Incidencia	Cumplimiento
Acceso a Establecimiento	29.51	23.97	81%	0	33%	0%
Pabellón A	45.00	17.44	39%	0	33%	0%
Pabellón B	125.52	56.68	45%	0	33%	0%
Pabellón C	41.3	22.30	54%	0	33%	0%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

La conclusión derivada de la figura 4.47 es que, de los 241.33 m² de superficie total correspondiente a los tres pabellones pertenecientes a la ruta accesible y el acceso al establecimiento, un 49.89% de este presenta irregularidades que requieren ser solucionadas para garantizar un pavimento más estable.

Figura 4.48: Ancho de Pasillos

Pabellón	Ancho			
	[m]	¿Cumple?	Incidencia	Cumplimiento
Acceso a Establecimiento	5.10	1	33%	33%
Pabellón A	2.18	1	33%	33%
Pabellón B	2.18	1	33%	33%
Pabellón C	2.18	1	33%	33%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

En resumen, todos los pasillos junto al acceso del establecimiento cumplen con el ancho mínimo establecido en el Decreto N°50.

Figura 4.49: Desplazamiento de manera autónoma y sin dificultades en Pabellones

Pabellón	Podría Desplazarse de Manera Autónoma y Sin Dificultades			
	SI/NO	¿Cumple?	Incidencia	Cumplimiento
Acceso a Establecimiento	NO	0	33%	0%
Pabellón A	NO	0	33%	0%
Pabellón B	NO	0	33%	0%
Pabellón C	NO	0	33%	0%
Pabellón E	NO	0	33%	0%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

La conclusión derivada de la figura 4.49 es que ninguno de los espacios inspeccionados podría ser utilizado de manera autónoma por una persona con movilidad reducida. Si bien el impacto no sería tan significativo como, por ejemplo, una pendiente muy inclinada de una rampa, puesto que no se llegaría al extremo de que no se pueda desplazar, pero sí generaría dificultades, lo cual se contradice con lo que busca el decreto, que es garantizar que las personas con movilidad reducida se sientan autónomas y no tengan ningún tipo de dificultad al desplazarse dentro de un espacio.

Figura 4.50: Cumplimiento Individual y Global de Pabellones y Acceso al Establecimiento

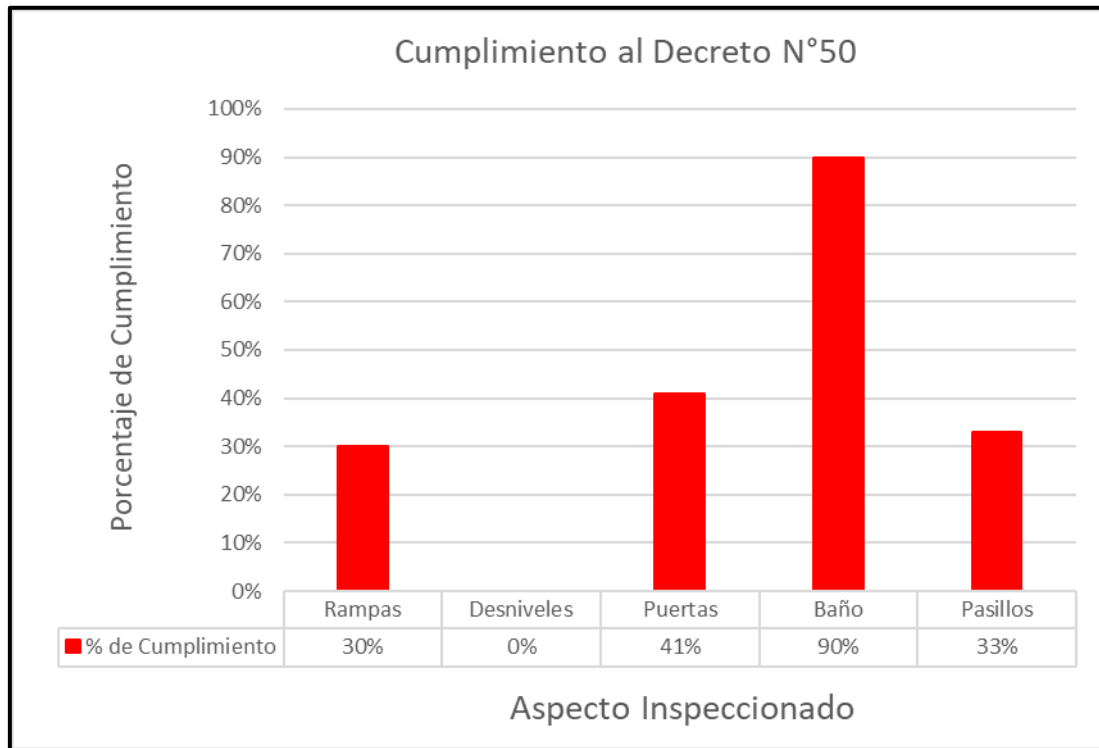
Pabellón	Nivel de Cumplimiento
	Porcentaje Individual
Acceso a Establecimiento	33%
Pabellón A	33%
Pabellón B	33%
Pabellón C	33%
Nivel de Cumplimiento Rampas	33%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

4.2.3 Resumen de Soluciones Propuestas

Conforme a los datos recopilados de lo presentado anteriormente, se ha elaborado el gráfico 4.6, que expone los grados de cumplimiento de cada criterio evaluado en el inmueble educativo. A partir de esta información, se identificarán las áreas que requieren intervención con el objetivo de incrementar los niveles de accesibilidad. Esta medida garantizará un entorno inclusivo para los actuales y futuros usuarios del establecimiento que presenten limitaciones de movilidad.

Gráfico 4.6: Resumen de Niveles de Cumplimiento al Decreto N°50



Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

A continuación, se proporciona un resumen de las situaciones de inaccesibilidad identificadas en el establecimiento educativo, junto con las soluciones técnicas. Para una consulta más detallada, se sugiere revisar el anexo especificado en cada una de las tablas presentadas en la celda denominada “Especificación”.

Rampas.*Tabla 4.17.: Resumen de Intervenciones para Rampas*

Rampas			
Nombre	Situación No Accesible	Propuesta	Especificación
Rampa 1, 2 y 4	Excede pendiente recomendada	Se recomienda la demolición del componente en cuestión debido a que las deficiencias detectadas (relativas a la pendiente) no pueden ser rectificadas mediante intervenciones no destructivas.	Planimetría (Anexo 4) EE.TT (Anexo 5)
	Inexistencia de barandas		
	No puede ser utilizada de manera autónoma		
Rampa 3	Excede pendiente recomendada	Se sugiere la demolición del componente en cuestión, ya que las deficiencias detectadas (relativas a la pendiente y al ancho) no pueden ser corregidas mediante intervenciones no destructivas.	Planimetría (Anexo 4) EE.TT (Anexo 5)
	Inexistencia de barandas		
	Ancho Insuficiente		
	No puede ser utilizada de manera autónoma		

*Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel***Desniveles.***Tabla 4.18: Resumen de Intervenciones para Desniveles*

Desniveles			
Nombre	Situación No Accesible	Propuesta	Especificación
Desnivel 1, 2 y 3	Ausencia de rampas que facilite el acceso al establecimiento y a los pabellones en donde se encuentran ubicados estos desniveles.	Se sugiere la eliminación de las escaleras de hormigón existentes que actualmente resuelven estos desniveles, y en su lugar, se propone la implementación de rampas que cumplan con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente.	Planimetría (Anexo 4) EE.TT (Anexo 5)

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

Puertas:*Tabla 4.19: Resumen de Intervenciones para Puertas*

Puertas			
Nombre	Situación No Accesible	Propuesta	Especificación
P1	Mecanismo de apertura no recomendado	Se propone la modificación del mecanismo de apertura del elemento, reemplazándolo por un sistema de palanca.	Planimetría (Anexo 4) EE.TT (Anexo 5)
	No puede ser utilizada de manera autónoma		
P2	Mecanismo de apertura no recomendado	Se propone la modificación del mecanismo de apertura del elemento, reemplazándolo por un sistema de palanca.	
	No puede ser utilizada de manera autónoma		
P3	Mecanismo de apertura no recomendado	Se propone la modificación del mecanismo de apertura del elemento, reemplazándolo por un sistema de palanca.	
	No puede ser utilizada de manera autónoma		
P4	Mecanismo de apertura no recomendado	Se propone la modificación del mecanismo de apertura del elemento, reemplazándolo por un sistema de palanca.	
	No puede ser utilizada de manera autónoma		
P5	Mecanismo de apertura no recomendado	Se propone la modificación del mecanismo de apertura del elemento, reemplazándolo por un sistema de palanca.	
	No puede ser utilizada de manera autónoma		
P6	Mecanismo de apertura no recomendado	Se propone la modificación del mecanismo de apertura del elemento, reemplazándolo por un sistema de palanca.	
	No puede ser utilizada de manera autónoma		
P7	Mecanismo de apertura no recomendado	Se propone la modificación del mecanismo de apertura del elemento, reemplazándolo por un sistema de palanca.	
	No puede ser utilizada de manera autónoma		

*Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel***Baño Universal:***Tabla 4.20: Resumen de Intervenciones para Baño Universal*

Baño Accesible		
Situación No Accesible	Propuesta	Especificación
Inexistencia de Señalética que indique de manera clara cual es el baño universal	Se propone la implementación de una señalética adecuada que indique de manera explícita la ubicación del baño universal. Además, se sugiere la instalación de señalización adicional en cada pasillo para orientar a los usuarios hacia dicho baño.	Planimetría (Anexo 4) EE.TT (Anexo 5)
La repisas existentes en el baño están instaladas a una altura que excede lo máximo permitido	Se propone la reubicación de las dos repisas existentes en el baño a una altura de 1 [m] respecto al nivel del suelo.	
Situación Identificada	Propuesta	
Inexistencia de dispensador de jabón	Se propone la implementación de un dispensador de jabon liquido a una altura de 1 [m] respecto al nivel del suelo	
Inexistencia de dispensador de pael	Se propone la implementación de un dispensador de jabon papel a una altura de 1 [m] respecto al nivel del suelo	

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

Pasillos:*Tabla 4.21: Resumen de Intervenciones para Pasillos*

Pasillos		
Situación No Accesible	Propuesta	Especificación
Irregularidades en todos los pabellones pertenecientes a la ruta accesible planteada y del acceso al establecimiento	Se propone la aplicación de un mortero autonivelante con el objetivo de obtener una superficie estable y libre de irregularidades.	Planimetría (Anexo 4) EE.TT (Anexo 5)
Situación Identificada	Propuesta	
-	Se propone la implementación de señalizaciones que orienten a los usuarios cual es la ruta accesible del establecimiento educativo	

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Microsoft Excel

4.3 Evaluación del Nivel de Iluminación de Aulas de Clases

Este apartado tiene como objetivo evaluar el nivel de iluminación de las salas de clases del establecimiento educacional Heriberto Bermúdez Cruz, ubicado en el sector El Encon, calle E-705 de la comuna de San Felipe. Para ello, se realizarán simulaciones en el software Dialux según lo expuesto en los subcapítulos 3.2 al 3.4 del capítulo 3 “Metodología de la Investigación”.

4.3.1 Desarrollo de la Experiencia

Modelado del Establecimiento Educacional. Al igual que el software empleado para la evaluación del comportamiento térmico (DesingBuilder), el software destinado a este aspecto (Dialux) también exige la modelización del establecimiento educativo. Por lo tanto, se utilizará el mismo modelo utilizado para el propósito anteriormente señalado, el cual se puede visualizar en la figura 4.1, del capítulo “Evaluación del Comportamiento Térmico

Definición de Tonalidades y Mobiliario. Una vez que el modelo ha sido introducido en el software, se requieren elementos adicionales para poder realizar la simulación. Estos incluyen mobiliario, colores de suelos, muros y paredes, así como los colores de los muebles. Sin embargo, el aspecto más crucial es el tipo de lámpara y cantidad de luminarias presentes en cada espacio.

Todos estos aspectos fueron identificados a través de una visita realiza al establecimiento educativo y posteriormente fueron incorporados al modelo. Las figuras que se presentan a continuación muestran, en primer lugar, una fotografía de una de las salas del colegio junto a su representación 3D en el software de simulación.

Figura 4.51: Sala de Clases 04 Escuela HB (Según Planta de Arquitectura)



Fuente: Elaboración Propia (2023)

Figura 4.52: Sala de Clases 04 Modelada en Dialux



Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

Es importante destacar que estos detalles adicionales permiten una simulación más precisa y realista, lo que a su vez conduce a resultados más fiables y aplicables.

En cuanto a los colores de los pisos, muros y cielos, el software cuenta con una base de datos de colores con nombres representativos, junto a sus respectivos coeficientes de reflexión. A continuación, se muestra cada uno de los colores de cada espacio:

Tabla 4.22: Características de Muros

Espacio	Complejo	Color	Reflexión
Sala 01	Muro	Blanco Papiro	61%
Sala 02	Muro	Blanco Papiro	61%
Sala 03	Muro	Blanco Papiro	61%
Sala 04	Muro	Blanco Papiro	61%
Sala 05	Muro	Blanco Papiro	61%
Sala 06	Muro	Blanco Papiro	61%
Sala Computación	Muro	Verde Blancuzco	45%
Sala Prebasica	Muro	Naranja Pastel	36%
Sala PIE	Muro	Madera Natural	58%
Comedor	Muro	Naranja Pastel	36%
Cocina	Muro	Blanco Papiro	61%
Sala Profesores	Muro	Blanco Papiro	61%
Oficina Profesores	Muro	Blanco Papiro	61%
Oficina Director	Muro	Blanco Papiro	61%
Oficina UTP	Muro	Blanco Papiro	61%

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En Base a Dialux

Tabla 4.23: Características de Cielos

Espacio	Complejo	Color	Reflexión
Sala 01	Cielo	Azul Pastel	29%
Sala 02	Cielo	Azul Pastel	29%
Sala 03	Cielo	Azul Pastel	29%
Sala 04	Cielo	Azul Pastel	29%
Sala 05	Cielo	Azul Pastel	29%
Sala 06	Cielo	Azul Pastel	29%
Sala Computación	Cielo	Blanco Papiro	61%
Sala Prebasica	Cielo	Blanco Papiro	61%
Sala PIE	Cielo	Blanco Papiro	61%
Comedor	Cielo	Blanco Papiro	61%
Cocina	Cielo	Blanco Papiro	61%
Sala Profesores	Cielo	Blanco Papiro	61%
Oficina Profesores	Cielo	Blanco Papiro	61%
Oficina Director	Cielo	Blanco Papiro	61%
Oficina UTP	Cielo	Blanco Papiro	61%

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En Base a Dialux

En relación con los pisos, se observa que en algunos espacios se presentan dos tipos de colores. Esta característica se ilustra en la siguiente representación gráfica:

Figura 4.53: Tipología 1 (Tipo “Ajedrez”)

Fuente: Elaboración Propia (2023)

Figura 4.54: Tipología 2 (Tipo “con bordes”)



Fuente: Elaboración Propia (2023)

En virtud de lo mencionado anteriormente, se han elaborado dos tablas para los pisos. La primera tabla representa el color de piso con mayor incidencia en la superficie y para el caso de la tipología número uno, representa cualquiera de los dos tipos de colores presentes, dado que tienen el mismo porcentaje de incidencia.

En cuanto a la segunda tabla, para la tipología de piso número uno, representa el otro tipo de color presente, mientras que para la tipología número dos, representa el color que está presente en los bordes del piso. Es importante agregar que los espacios que no fueron incluidos en la segunda tabla es porque presentan un solo tipo de color. A continuación, se presentan las tablas:

Tabla 4.24: Características de Pisos

Espacio	Complejo	Color	Reflexión
Sala 01	Piso Centro	Blanco Grisáceo	68%
Sala 02	Piso Centro	Blanco Grisáceo	68%
Sala 03	Piso Centro	Blanco Grisáceo	68%
Sala 04	Piso Centro	Blanco Grisáceo	68%
Sala 05	Piso Tipo 1	Blanco Grisáceo	68%
Sala 06	Piso Centro	Blanco Grisáceo	68%
Sala Computación	Piso Tipo 1	Verde Platino	17%
Sala Prebasica	Piso Centro	Blanco Grisáceo	68%
Sala PIE	Piso Centro	Blanco Grisáceo	68%
Comedor	Piso Centro	Blanco Grisáceo	68%
Cocina	Piso Centro	Blanco Grisáceo	68%
Sala Profesores	Piso Tipo 1	Amarillo Arena	68%
Oficina Profesores	Piso Centro	Blanco Grisáceo	46%
Oficina Director	Piso Centro	Blanco Grisáceo	68%
Oficina UTP	Piso Centro	Blanco Grisáceo	68%

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En Base a Dialux

Tabla 4.25: Características de Pisos

Espacio	Complejo	Color	Reflexión
Sala 01	Piso Bordes	Amarillo Arena	68%
Sala 02	Piso Bordes	Verde Negruzco	7%
Sala 03	Piso Bordes	Telegris	26%
Sala 04	Piso Bordes	Telegris	26%
Sala 05	Piso Tipo 2	Telegris	26%
Sala 06	Piso Bordes	Azul Negruzco	5%
Sala Computación	Piso Tipo 2	Amarillo Arena	46%
Sala Prebasica	Piso Bordes	Rojo Oriente	13%
Sala PIE	Piso Bordes	Blanco Grisáceo	68%
Sala Profesores	Piso Tipo 2	Blanco Grisáceo	68%

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En Base a Dialux

Definición Luminarias. Las salas de clases del establecimiento educativo están equipadas con luminarias que incorporan lámparas fluorescentes, cada una con una potencia de 36 vatios. Estas lámparas emiten un flujo luminoso total en conjunto de 5520 lúmenes. La siguiente figura ilustra las luminarias que se encuentran en las aulas del inmueble educativo.

Figura 4.55: Luminarias Salas de Clases



Fuente: Elaboración Propia (2023)

La totalidad de los datos técnicos expuestos, así como la información adicional que se presentará a continuación, han sido extraídos de las fichas técnicas proporcionadas por los respectivos proveedores de los componentes en cuestión:

Tabla 4.26: Características Lámparas Fluorescentes Existentes

Tipo	Fluorecente
Flujo Luminoso [Lm]	2760
IRC	80
Temperatura de Color [K]	3000
Vida Util [hr]	13000
Potencia [W]	36

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel.

4.3.2 Resultados y Análisis de Hallazgos.

Previo a la ejecución de las simulaciones pertinentes para cada aula, se realizaron ajustes precisos en relación a las características lumínicas de las lámparas y las proporciones dimensionales de las luminarias. Adicionalmente, los resultados derivados de los análisis se presentarán de manera estructurada, desglosados por cada aula. Este enfoque permitirá una revisión exhaustiva y sistemática de cada espacio, facilitando así la identificación de áreas susceptibles de mejora y la implementación de soluciones técnicas óptimas en caso de que se identifique un incumplimiento normativo.

Figura 4.56: Interfaz de Caracterización de Lámparas Dialux

The screenshot shows the 'Lámparas' (Lamps) interface in Dialux. It features a sidebar on the left with a 'Lámparas' icon. The main area is divided into sections: 'Equipamiento activo' (Active equipment) showing 'Equipo Alta Eficiencia Sobrepuesto', a 'Lámpara' (Lamp) dropdown menu set to '2 x BYP Tubo Fluorescente T8...', and a 'Seleccionar' (Select) button. Below this is the 'Propiedades' (Properties) section with fields for 'Nombre' (Name) set to 'BYP Tubo Fluorescente T8 36W', 'Flujo luminoso' (Luminous flux) set to '2760 lm' with a multiplier 'x 2 = 5520 lm', 'Potencia' (Power) set to '36.0 W' with a multiplier 'x 2 = 72 W', and 'Tipo de lámpara' (Lamp type) set to 'Lámpara fluorescente de 3 banc'. An 'Aplicar' (Apply) button is at the bottom right.

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

Simulación Aula 1. Después de realizar el levantamiento de la sala de clases 01, se implementó una simulación con el objetivo de cuantificar el nivel de iluminación en el espacio. Estas simulaciones se llevaron a cabo teniendo en cuenta, para este y futuros análisis, una altura de plano de trabajo útil de 0.75 m, que corresponde a la altitud de las mesas existentes en cada sala.

Figura 4.57: Modelo 3D Aula 01, Escuela Heriberto Bermúdez



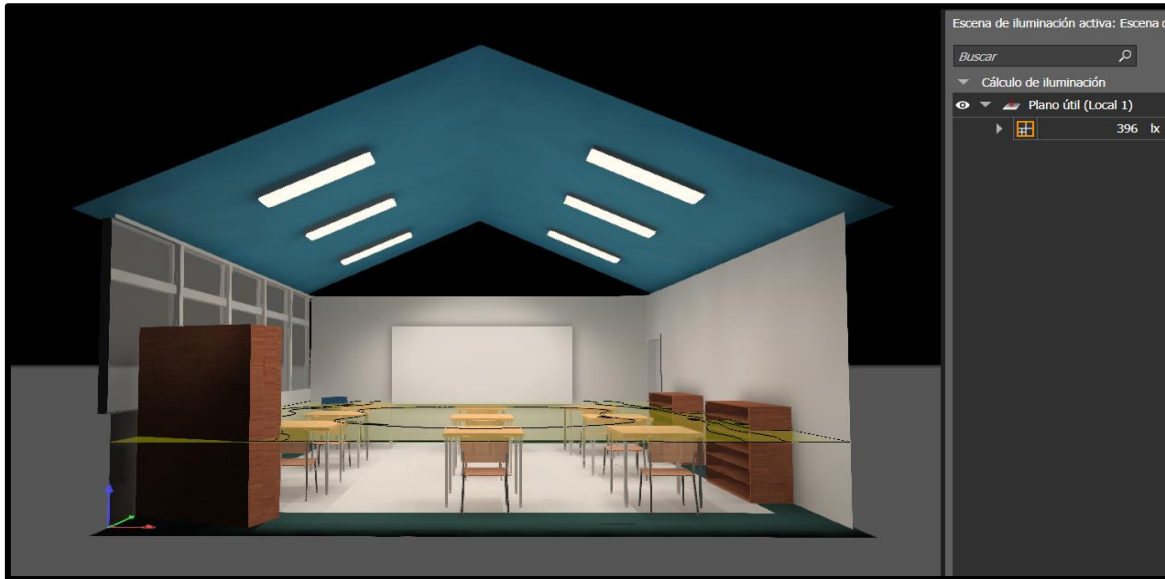
Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

A partir de la interpretación de los datos presentados en la Figura 4.57, se puede inferir que los valores lumínicos obtenidos (399 lux) superan en un 33% el umbral mínimo establecido por la normativa vigente (300 lux). Esta observación permite afirmar que la sala de clases 02 satisface adecuadamente los requisitos de nivel de iluminación estipulados por la normativa.

Este análisis evidencia que las luminarias existentes exhiben las características lumínicas necesarias para cumplir con los requerimientos normativos en cuanto a nivel de iluminación. Además, es importante destacar que las superficies de mayor incidencia, como los muros, los cielos y la parte central del piso, poseen colores que reflejan un alto porcentaje de luz. Esta característica contribuye significativamente a los resultados obtenidos, optimizando la iluminación en el espacio.

Simulación Aula 02.

Figura 4.58: Modelo 3D Aula 02, Escuela Heriberto Bermúdez



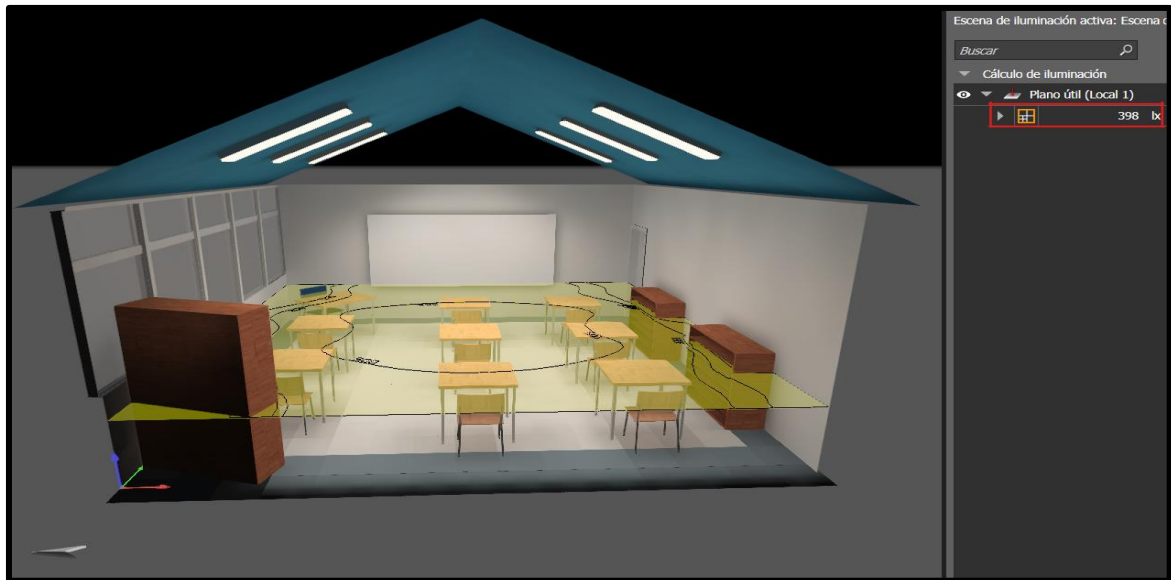
Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

A partir de la interpretación de los datos presentados en la Figura 4.58, se puede inferir que los valores lumínicos obtenidos (396 lux) superan en un 32% el umbral mínimo establecido por la normativa vigente. Esta observación permite afirmar que la sala de clases 02 satisface adecuadamente los requisitos de iluminación estipulados por la normativa.

En relación con el aula 01, se registró una disminución en el nivel de iluminación del 0.8%. Este fenómeno puede ser atribuido a la modificación del color de la cerámica existente en los bordes a una tonalidad más oscura, manteniéndose inalteradas las demás características del espacio. La capacidad de reflexión para esta tonalidad es de un escaso 7%, en contraposición al 46% que presenta la tonalidad más clara. Dado que la superficie de cerámica con la tonalidad alterada no es tan incidente en la superficie total, se explica así la mínima variación observada.

Simulación Aulas 03 y 04.

Figura 4.59: Modelo 3D Aulas 03 y 04, Escuela Heriberto Bermúdez



Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

A partir de la interpretación de los datos presentados en la Figura 4.59, se puede inferir que los valores lumínicos obtenidos (398 lux) superan en un 32.67% el umbral mínimo establecido por la normativa vigente. Esta observación permite afirmar que la salas de clases 03 y 04 satisfacen adecuadamente los requisitos de iluminación estipulados por la normativa.

En relación con las otras salas de clases se registró una disminución y/o aumento respectivamente en el nivel de iluminación, el cual se deja en evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 4.27: Cuadro Comparativo Sala 03 y 04 Respecto a las Anteriores

Obtenido [Lux]	Espacio	Nivel de Iluminacion [Lux]	Aumento	Disminución
398	Sala 01	399	-	-0.25%
	Sala 02	396	0.51%	-

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel, En Base a Dialux

Con respecto a las aulas anteriores, se observó una disminución en el nivel de iluminación del 0.25% en comparación con el aula 01. Este fenómeno puede ser atribuido a la alteración del color de la cerámica existente en los bordes a una tonalidad con un coeficiente de reflexión inferior. Por otro lado, en el aula 02, se registró un incremento en el nivel de iluminación del 0.51%, lo cual puede ser atribuido a que la tonalidad presentada en los bordes posee un coeficiente de reflexión superior.

Simulación Aula 05.

Figura 4.60: Modelo 3D Aula 05, Escuela Heriberto Bermúdez



Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

A partir de la interpretación de los datos presentados en la Figura 4.60, se puede inferir que los valores lumínicos obtenidos (392 lux) superan en un 30.67% el umbral mínimo establecido por la normativa vigente. Esta observación permite afirmar que la sala de clases 05 satisface adecuadamente los requisitos de iluminación estipulados por la normativa.

En relación con las otras salas de clases se registró una disminución en el nivel de iluminación, el cual se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 4.28: Cuadro Comparativo Sala 05 Respecto a las Anteriores

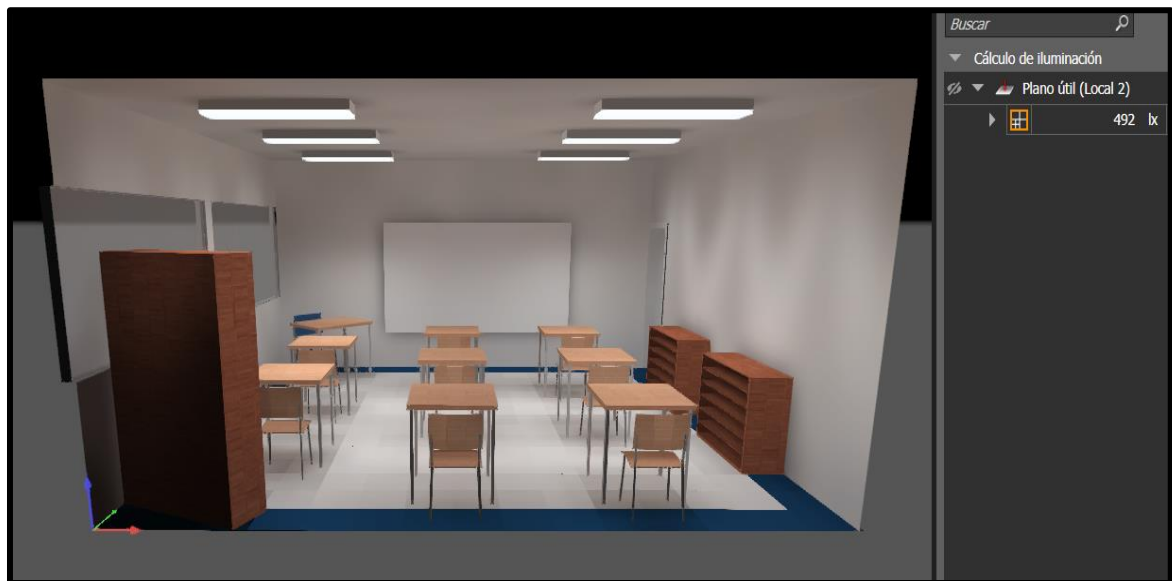
Obtenido [Lux]	Espacio	Nivel de Iluminacion [Lux]	Aumento	Disminución
392	Sala 01	399	-	-1.75%
	Sala 02	396		-1.01%
	Sala 03	398		-1.51%
	Sala 04	398		-1.51%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

En lo que respecta a las salas de clases restantes, se registró una disminución en promedio de 1.45%. Este fenómeno puede atribuirse a la modificación en la tipología de la cerámica aumentando así el porcentaje de incidencia respecto a la superficie total del color que tiene un menor grado de reflexión.

Simulación Aula 06. La sala de clases 06, junto con las que se presentarán más adelante, poseen una característica que las diferencia de las anteriores, ya que estas cuentan con un entretecho. Esto implicaría que la luminaria, al estar instalada a una altura menor en comparación con las otras, mejoraría el nivel de iluminación, según lo indicado por la empresa Lukima, que realiza diversas labores relacionadas con iluminación en México. Esta empresa en uno de sus documentos informativos denominado “Cálculos de Iluminación”, indica que mientras mayor sea la altura de la luminaria, mayor superficie iluminará. Sin embargo, el nivel de iluminancia reflejado en el plano de trabajo será menor (Lumika, n.d.)

Figura 4.61: Modelo 3D Aula 06, Escuela Heriberto



Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

A partir de la interpretación de los datos presentados en la Figura 4.61, se puede inferir que los valores lumínicos obtenidos (492 lux) superan en un 64% el umbral mínimo establecido por la normativa vigente. Esta observación permite afirmar que la sala de clases 06 satisface adecuadamente los requisitos de iluminación estipulados por la normativa.

En relación con las otras salas de clases se registró aumento en el nivel de iluminación, lo cual se puede precisar en la siguiente tabla:

Tabla 4.29: Cuadro Comparativo Sala 06 Respecto a las Anteriores

Obtenido [Lux]	Espacio	Nivel de Iluminacion [Lux]	Aumento	Disminución
492	Sala 01	399	23.31%	-
	Sala 02	396	24.24%	-
	Sala 03	398	23.62%	-
	Sala 04	398	23.62%	-
	Sala 05	392	25.51%	-

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

En relación con las salas de clases de la tipología que no posee entretecho, se registró una aumento en promedio de 24.06%.

Este exceso en el nivel de iluminación corrobora lo indicado por la empresa mexicana, dado que la diferencia específica en la altura del montaje de la luminaria en cada tipología de sala varía en 0.52 m según mediciones tomadas en el establecimiento educacional, considerando como 0 la altura del plano de trabajo.

Otro factor asociado a esta variación se relaciona con el cambio en la tonalidad del cielo de la sala respecto a las anteriores. En las otras tipologías de salas, el cielo tiene un color azul pastel con un coeficiente de reflexión del 29%, mientras que, en esta sala, el color del cielo tiene una tonalidad blanca que posee un coeficiente de reflexión del 68%.

Para corroborar estas afirmaciones, se aplicarán los colores presentes en esta sala a alguna de las salas de la tipología anterior, con el objetivo de verificar la variación respecto al nivel de iluminación entre una y otra.

Figura 4.62: Modelo 3D Aula 05 con Tonalidades de Aula 06



Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

A partir de la interpretación de los datos presentados en la Figura 4.62, se puede inferir que los valores lumínicos obtenidos (447 lux) disminuyen en 45 lux respecto a la simulación anterior, lo cual se traduce de manera porcentual en un 9.14% menos. Esta disminución se asocia a la diferencia entre una sala y otra respecto a la altura de montaje de la luminaria y el cambio de color.

Simulación Aula de Computación.

Figura 4.63: Modelo 3D Aula de Computación, Escuela Heriberto



Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

A partir de la interpretación de los datos presentados en la Figura 4.63, se puede inferir que los valores lumínicos obtenidos (380 lux) superan en un 26% el umbral mínimo establecido por la normativa vigente. Esta observación permite afirmar que la sala de computación satisface adecuadamente los requisitos de iluminación estipulados por la normativa.

En relación con las otras salas de clases se registró una disminución en el nivel de iluminación, el cual es presentado en la siguiente tabla:

Tabla 4.30: Cuadro Comparativo Sala de Computación Respecto a las Anteriores

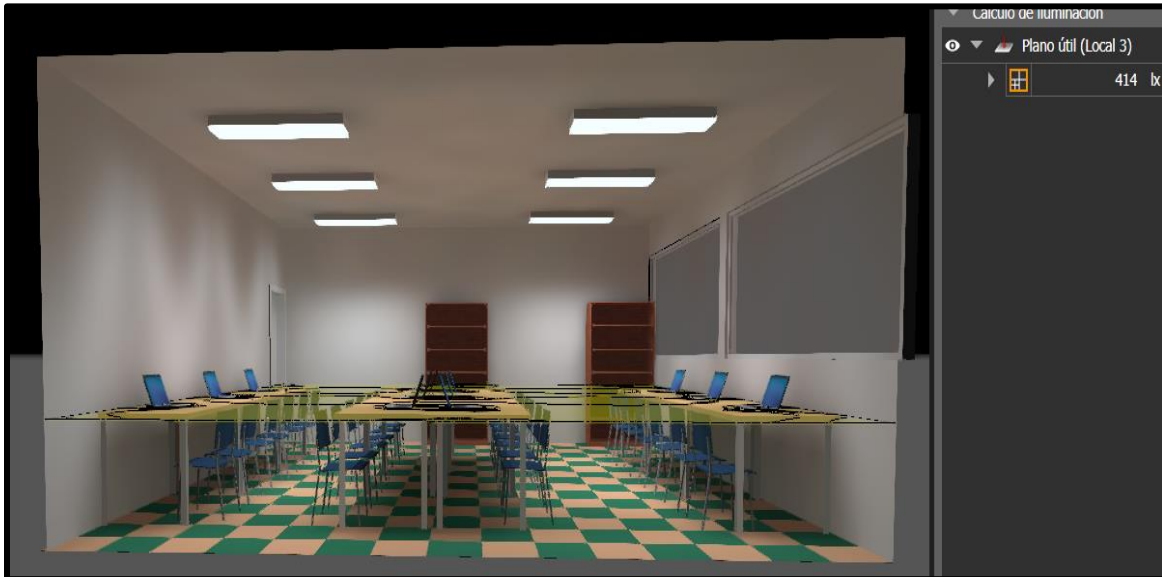
Obtenido [Lux]	Espacio	Nivel de Iluminacion [Lux]	Aumento	Disminución
380	Sala 01	399	-	-4.76%
	Sala 02	396	-	-4.04%
	Sala 03	398	-	-4.52%
	Sala 04	398	-	-4.52%
	Sala 05	392	-	-3.06%
	Sala 06	492	-	-22.76%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

En relación con las salas de clases de la tipología que no posee entretecho, se registró una disminución en promedio de 4.18%. En lo que respecta a la sala de clases que posee entretecho (06) se generó una disminución de un 22.76%.

Este fenómeno puede ser atribuido a la presencia de tonalidades con un coeficiente de reflexión bajo en los muros y la cerámica del piso. Por este motivo, se decidió cambiar la tonalidad del muro a la existente en las otras salas de clases para verificar cuánto varía el nivel de iluminancia dentro del espacio con la incorporación de esta variable.

Figura 4.64: Modelo 3D con Cambio de Color Muros Aula de Computación



Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

Al realizar este cambio de tonalidad se generó un aumento en el nivel de iluminación de 34 lux, lo cual expresado de manera porcentual significa un aumento de 8.95%. Esto se debe a que la tonalidad blanca es la que mayor coeficiente de reflexión tiene a comparación de las otras y por ende es la que más aporta a mejorar los niveles de iluminación.

Simulación Aula de Prebásica.

Figura 4.65: Modelo 3D Aula de Prebásica, Escuela Heriberto



Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

A partir de la interpretación de los datos presentados en la Figura 4.65, se puede inferir que los valores lumínicos obtenidos (416 lux) superan en un 38.67% el umbral mínimo establecido por la normativa vigente (300 lux). Esta observación permite afirmar que la sala de prebásica satisface adecuadamente los requisitos de iluminación estipulados por la normativa.

En relación con las otras salas de clases se registró un aumento en el nivel de iluminación, el cual es presentado en la siguiente tabla:

Tabla 4.31: Cuadro Comparativo Sala de Computación Respecto a las Anteriores

Obtenido [Lux]	Espacio	Nivel de Iluminacion [Lux]	Aumento	Disminución
416	Sala 01	399	-	4.26%
	Sala 02	396	-	5.05%
	Sala 03	398	-	4.52%
	Sala 04	398	-	4.52%
	Sala 05	392	-	6.12%
	Sala 06	492	-	-15.45%
	Sala Comp.	380	9.47%	-

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

Respecto a las salas de clases de la tipología que no posee entretecho, se registró una disminución promedio del 4.89%. En el caso de las salas que sí poseen entretecho, se observó una disminución del 15.45% en comparación con la sala 06 y un aumento del 9.47% respecto a la sala de computación.

4.3.3 Determinación de Propuestas de Mejora

A pesar de que los resultados obtenidos indican que todas las aulas del establecimiento educativo cumplen con el nivel de iluminación estipulado en el Pliego Técnico Normativo Ric N°10, las simulaciones realizadas demuestran que el empleo de tonalidades más claras con un alto coeficiente de reflexión generan una mejora en los niveles de iluminación. Esta observación se alinea, fundamenta y complementa con los hallazgos obtenidos por Durán (2021) en su estudio lumínico titulado “Estudio del comportamiento lumínico de la Escuela de Derecho perteneciente a la Universidad de Valparaíso”. En una de las conclusiones de su investigación, Durán señaló que, al incrementar el grado de reflectancia en la tonalidad de una superficie, se produce un aumento en el nivel de iluminación (Durán, 2021). Por lo tanto, se realizará una propuesta técnica que busca establecer los colores que se deben utilizar para cielos, muros y pisos debido al deterioro que estos presentan.

Análisis Previo. En las simulaciones previas, se ha determinado que la tonalidad blanca, debido a su alto coeficiente de reflexión, optimiza los niveles de iluminación en un espacio específico. Por lo tanto, se realizará un análisis gráfico para identificar la superficie donde esta tonalidad tiene un impacto más significativo y, por ende, contribuye en mayor medida a los niveles de iluminación. Asimismo, se compararán los valores obtenidos con otras tonalidades. Finalmente, en la o las superficie(s) que se evidencie un mayor impacto en los niveles de iluminación será(n) seleccionada(s) para la aplicación de dicha tonalidad.

Para comparar con otras tonalidades, se establecerán rangos que dependen del coeficiente de reflexión de las tonalidades presentes en el software. A continuación, se adjuntará una tabla que muestra las tonalidades utilizadas junto a sus respectivos coeficientes de reflexión.

Tabla 4.32: Intervalos y Características de Tonalidades Utilizadas

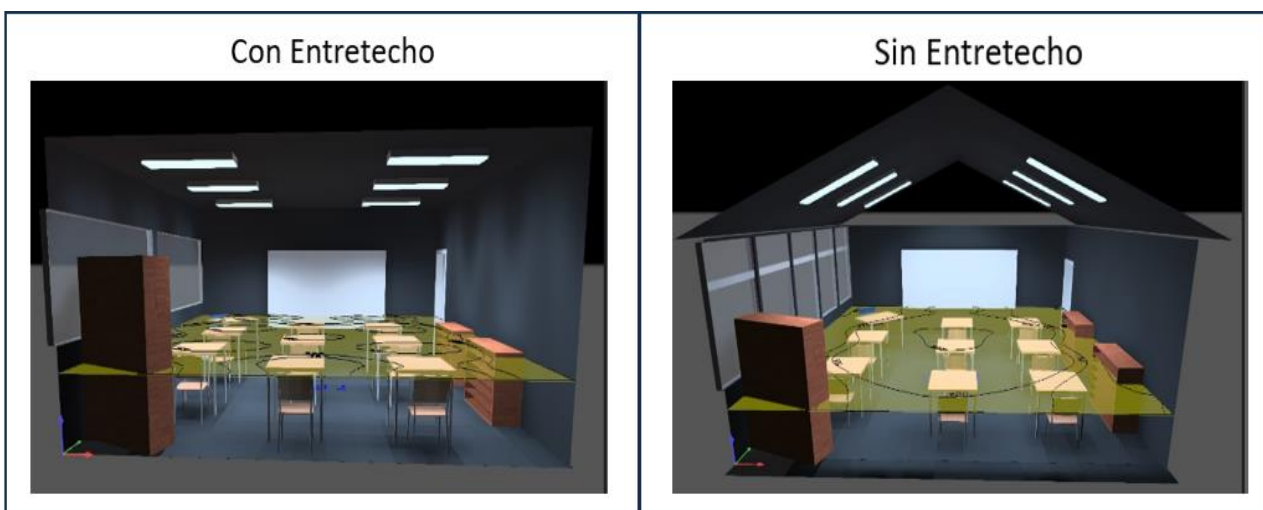
Tonalidad	Coef. De Reflexión	Intervalo
Negro Profundo	4%	0 - 10%
Azul Brillante	15%	11 - 20%
Naranja Señal	24%	21 - 30%
Rojo Beige	32%	31 - 40%
Amarillo Pastel	45%	41 - 50%
Telegris	59%	51 - 60%
Blanco Papiro	64%	61- 70%
Blanco Crema	77%	71 - 80%
Blanco Trafico	88%	81 - 100%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

Teniendo en cuenta que existen dos tipologías distintas de aulas entre las ocho existentes dentro del establecimiento educativo, las simulaciones se llevarán a cabo únicamente para una de estas. Esto se debe a que se ha demostrado que las aulas sin entretecho disminuyen los niveles de iluminación. A pesar de esto, se espera que cualquier propuesta genere el mismo impacto en cada una (aumentar y disminuir), con la única diferencia de que las aulas sin entretecho obtendrán niveles de iluminación más bajos. Sin embargo, estos niveles aún estarán dentro de la normativa. Por lo tanto, cualquier cambio en la tonalidad o en la superficie tendrá un efecto proporcional en ambas tipologías de aulas.

Inicialmente, se comenzará evaluando el impacto en los niveles de iluminación del uso de una tonalidad con un coeficiente de reflexión bajo, como es el caso del negro. En este caso, la tonalidad utilizada corresponderá a un negro profundo con un coeficiente de reflexión del 4%. Esta tonalidad se aplicará a las tres superficies del espacio, con el objetivo de obtener una medida cuantitativa de cuánto disminuye el nivel de iluminación al aplicar este cambio. Este análisis permitirá establecer un punto de referencia para comparar el impacto de otras tonalidades en los niveles de iluminación.

Figura 4.66: Modelo 3D Aulas Tipo con Tonalidad Negra



Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

Tras realizar las simulaciones, se obtuvo un nivel de iluminación de 326 lux para el caso de las aulas que no poseen entretecho. Esto se traduce en un cumplimiento normativo que está por encima de lo mínimo exigido en un 8.6%. Por otro lado, para las aulas que, si poseen entretecho, se obtuvo un nivel de iluminación de 371 lux, lo cual significa un cumplimiento del 23.60% por sobre lo mínimo establecido.

Todo esto evidencia de que no se deben utilizar tonalidades oscuras con un coeficiente de reflexión bajo, si se quieren mantener los niveles de iluminación existentes o mejorarlos a través de la incorporación de tonalidades que aporten a ello.

Demostrado de que no se deben utilizar tonalidades oscuras como el negro, a continuación, se procederá a cambiar las tonalidades de cada superficie (cielos, muros y pisos), manteniendo como tonalidad base el color negro, en aquellas superficies que no se realicen cambios. Esto se hace con el fin de tener el escenario más desfavorable y así poder conocer en cuáles superficies se genera un mayor impacto en lo que respecta a nivel de iluminación al utilizar una tonalidad con un coeficiente de reflexión más alto.

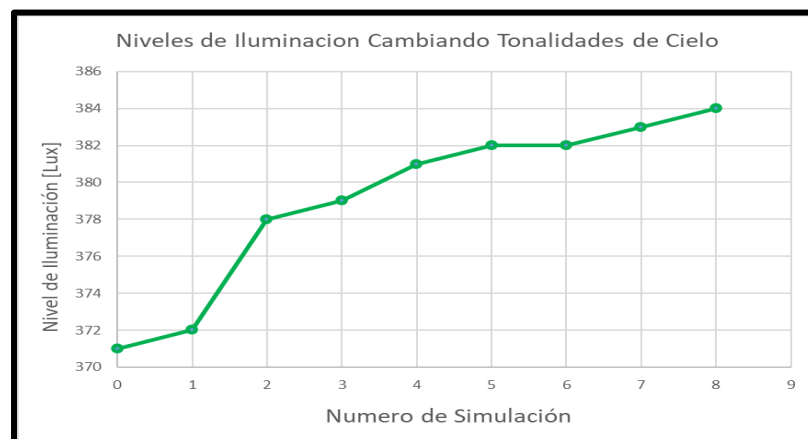
Caso aula tipo con entretecho. A continuación, se realizará el cambio de tonalidad en el cielo, en donde la siguiente tabla y grafico ilustran los resultados obtenidos. Cada número de simulación se presenta en el mismo orden que en la tabla 4.32, por lo que cada nivel de iluminación obtenido corresponde a las tonalidades presentadas en ella y a sus respectivos intervalos de coeficiente de reflexión.

Tabla 4.33: Niveles de Iluminación para cada Tonalidad (Cielos)

Cielo Caso con Entretecho			
Simulacion N°	Nivel de Iluminación [lux]	Sobre Cumplimiento Normativo	Aumento respecto a simulacion anterior
0	371	23.67%	
1	372	24.00%	0.27%
2	378	26.00%	1.61%
3	379	26.33%	0.26%
4	381	27.00%	0.53%
5	382	27.33%	0.26%
6	382	27.33%	0.00%
7	383	27.67%	0.26%
8	384	28.00%	0.26%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

Gráfico 4.7: Niveles de Iluminación para cada tonalidad (Cielos)



Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

A partir de los esquemas presentados anteriormente, se puede concluir, basándose en los resultados presentados en la tabla y grafica para cada tonalidad, que las tres tonalidades blancas utilizadas son las que mejor contribuyen a los niveles de iluminación en el escenario desfavorable planteado. Esto genera un aumento promedio respecto al escenario base (simulación 0) de un 3,23%. Sin embargo, la mayor variación se produce en la simulación número 2, con un incremento del 1,89% respecto al escenario base. A partir de ahí, los niveles de iluminación fueron aumentando gradualmente, pero con pequeñas variaciones de 1 o 2 lux respecto a la anterior. Si comparamos los valores obtenidos donde se produjo la mayor variación (378) con el promedio en cuanto a lux generados por las tonalidades blancas (383), la diferencia porcentual entre una y otra es de 1,32%.

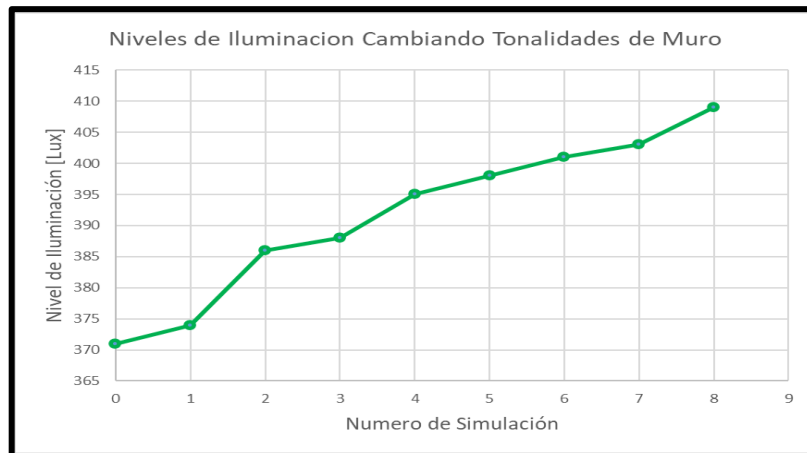
Posteriormente se realizo el ambio de tonalidad en muros, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 4.34: Niveles de Iluminación para cada Tonalidad (Muros)

Muro			
Simulacion N°	Nivel de Iluminación [lux]	Sobre Cumplimineto Normativo	Aumento respecto a simulacion anterior
0	371	23.67%	
1	374	24.67%	0.81%
2	386	28.67%	3.21%
3	388	29.33%	0.52%
4	395	31.67%	1.80%
5	398	32.67%	0.76%
6	401	33.67%	0.75%
7	403	34.33%	0.50%
8	409	36.33%	1.49%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

Gráfico 4.8: Niveles de Iluminación para cada tonalidad (Muros)



Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

En base a los esquemas previamente presentados, se puede inferir que las tres tonalidades blancas empleadas contribuyen de manera significativa a los niveles de iluminación en el escenario desfavorable propuesto. Esto se traduce en un incremento promedio del 8.98% en comparación con el escenario base (simulación 0). No obstante, la variación más notable se observa en la simulación número 2, donde se registra un aumento del 4.04% en relación al escenario base. Posteriormente, los niveles de iluminación experimentaron un incremento gradual hasta la simulación número 4, donde se registró un aumento del 6.46% en comparación con el escenario base y del 2.33% en relación a la simulación número 2. Al contrastar los valores obtenidos en el punto de mayor variación (386) con el promedio de lux generados por las tonalidades blancas (404), se observa una diferencia porcentual del 4.66%.

Además, se constata que los niveles de iluminación de cada tonalidad aplicada en los muros experimentaron un incremento significativo en comparación con los resultados obtenidos en el caso de los cielos. Esta observación preliminar sugiere que la superficie del muro tiene un impacto considerable a medida que se incorporan tonalidades más claras con un coeficiente de reflexión más alto.

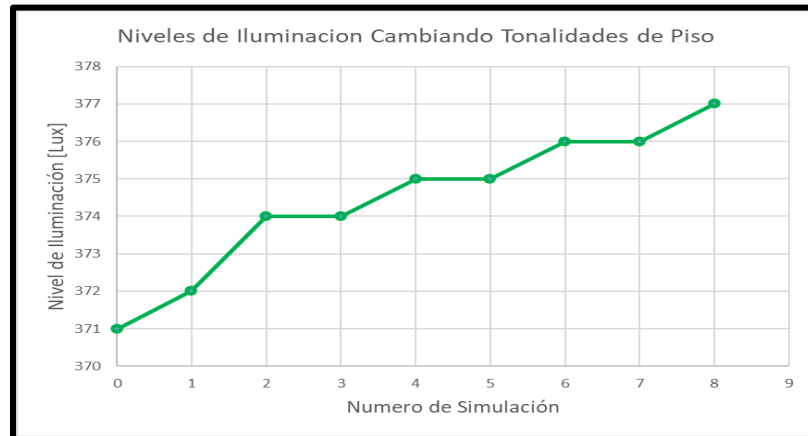
Finalmente, para culminar el análisis realizado a las salas de clases que no presentan entretecho, se realizó el cambio de tonalidad en los pisos, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 4.35: Niveles de Iluminación para cada Tonalidad (Pisos)

Piso			
Simulación N°	Nivel de Iluminación [lux]	Sobre Cumplimiento Normativo	Aumento respecto a simulación anterior
0	371	23.67%	
1	372	24.00%	0.27%
2	374	24.67%	0.54%
3	374	24.67%	0.00%
4	375	25.00%	0.27%
5	375	25.00%	0.00%
6	376	25.33%	0.27%
7	376	25.33%	0.00%
8	377	25.67%	0.27%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

Gráfico 4.9: Niveles de Iluminación para cada tonalidad (Pisos)



Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

En base a los esquemas previamente presentados, se puede inferir que las tres tonalidades blancas empleadas contribuyen a la mejora de los niveles de iluminación en el escenario desfavorable propuesto. Esto se traduce en un incremento promedio del 1.44% en comparación con el escenario base (simulación 0). No obstante, la variación más notable se observa en la simulación número 2, donde se registra un aumento del 0.80% en relación al escenario base. Posteriormente, los niveles de iluminación experimentaron un incremento gradual en algunos casos sin aumentos y otros con aumentos de 1 lux respecto a la simulación anterior. Al contrastar los valores obtenidos en el punto de mayor variación (374) con el promedio de lux generados por las tonalidades blancas (376), se observa una diferencia porcentual del 0.53%.

Una vez finalizadas las simulaciones para las tres tipologías de superficies, se infiere que los muros son la superficie que genera el mayor impacto en los niveles de iluminación a medida que se emplean tonalidades más claras, mientras que los pisos son la superficie que genera el menor impacto. Por lo tanto, como primera propuesta, se aplicará la tonalidad blanca a los muros. En cuanto a los cielos del establecimiento educativo, se verificará la variación que se produce al utilizar una tonalidad pastel, gris y blanca para observar la variación entre una y otra y así poder tomar una decisión dado que estas tres tonalidades son las que mejores resultados generan. Finalmente, en relación con los pisos, se utilizarán algunas de las tonalidades que estén disponibles tanto en el software como en el mercado real de revestimientos para pisos, ya que las opciones de tonalidades son más limitadas en este caso en comparación con las pinturas.

Propuesta 1:

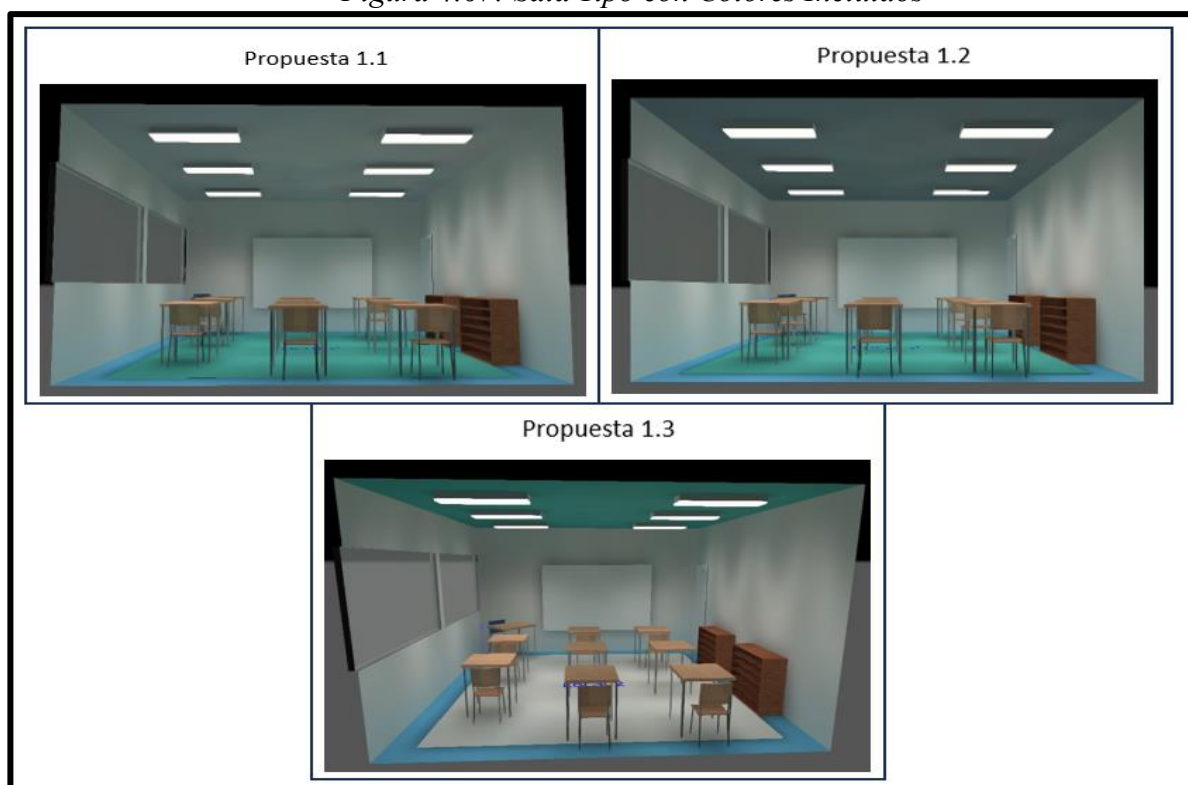
A continuación, se presentará una tabla resumen que detalla las tonalidades utilizadas para cada superficie junto con el modelo con la incorporación de estas. Es importante destacar que se decidió mantener la tendencia actual observada en las aulas, la cual consiste en tener un cambio de tonalidad en los bordes de los pisos.

Tabla 4.36: Tonalidades Utilizadas en Propuestas Números

Propuesta 1.1		Propuesta 1.2		Propuesta 1.3	
Cielo		Cielo		Cielo	
Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión
Blanco Tráfico	88%	Telegris 4	59%	Tusquesa	40%
Muros		Muros		Muros	
Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión
Blanco Crema	77%	Blanco Crema	77%	Blanco Crema	77%
Piso Bordes		Piso Bordes		Piso Bordes	
Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión
Azul Pastel	45%	Azul Pastel	45%	Azul Pastel	45%
Piso Centro		Piso Centro		Piso Centro	
Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión
Turquesa	40%	Turquesa	40%	Telegris 4	59%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

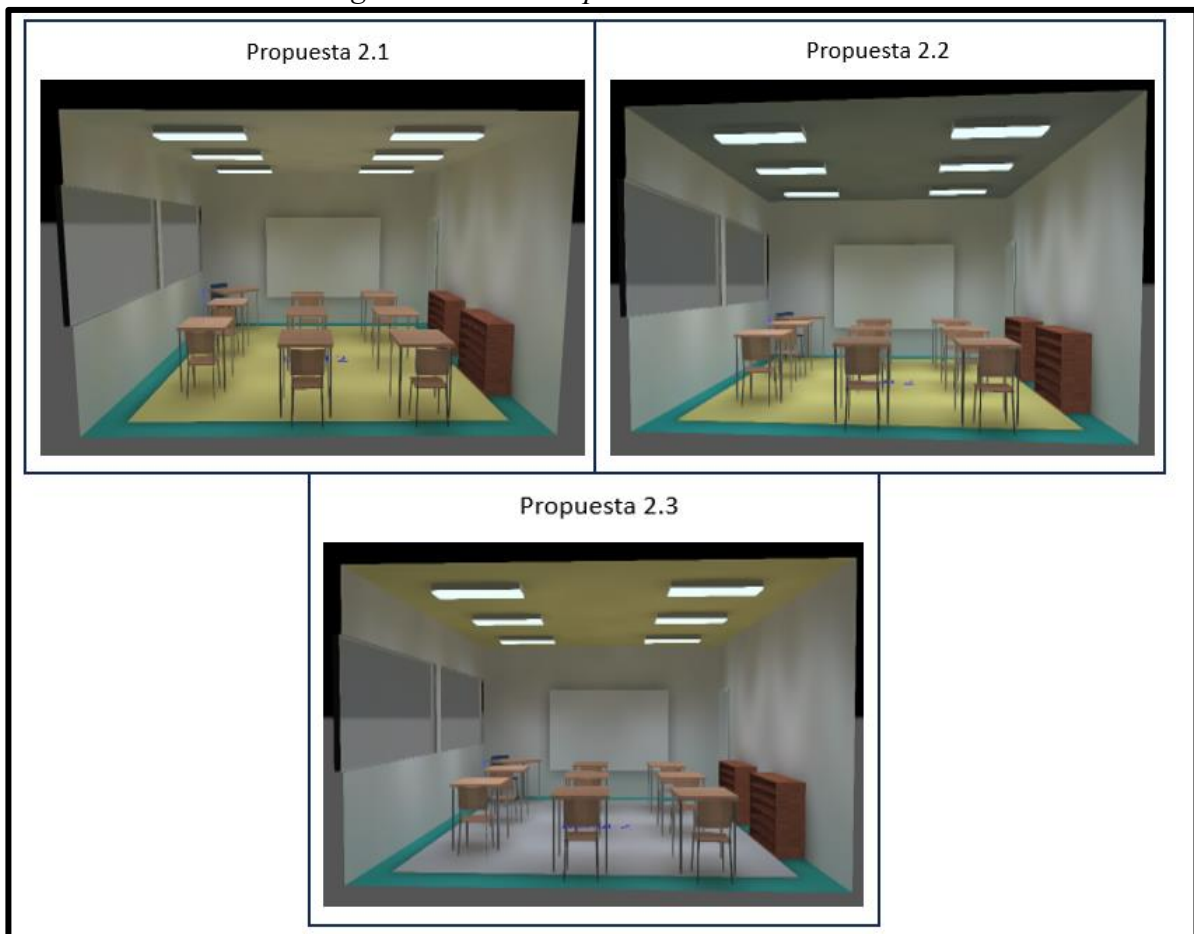
Figura 4.67: Sala Tipo con Colores Incluidos



Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

Propuesta 2:*Tabla 4.37: Tonalidades Utilizadas en Propuestas Números*

Propuesta 2.1		Propuesta 2.2		Propuesta 2.3	
Cielo		Cielo		Cielo	
Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión
Blanco Tráfico	88%	Telegris 4	59%	Amarillo Zinc	65%
Muros		Muros		Muros	
Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión
Blanco Crema	77%	Blanco Crema	77%	Blanco Crema	77%
Piso Bordes		Piso Bordes		Piso Bordes	
Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión
Tusquesa	40%	Turquesa	40%	Turquesa	40%
Piso Centro		Piso Centro		Piso Centro	
Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión
Amarillo Zinc	65%	Amarillo Zinc	65%	Telegris 4	59%

*Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux**Figura 4.68: Sala Tipo con Colores Incluidos**Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux*

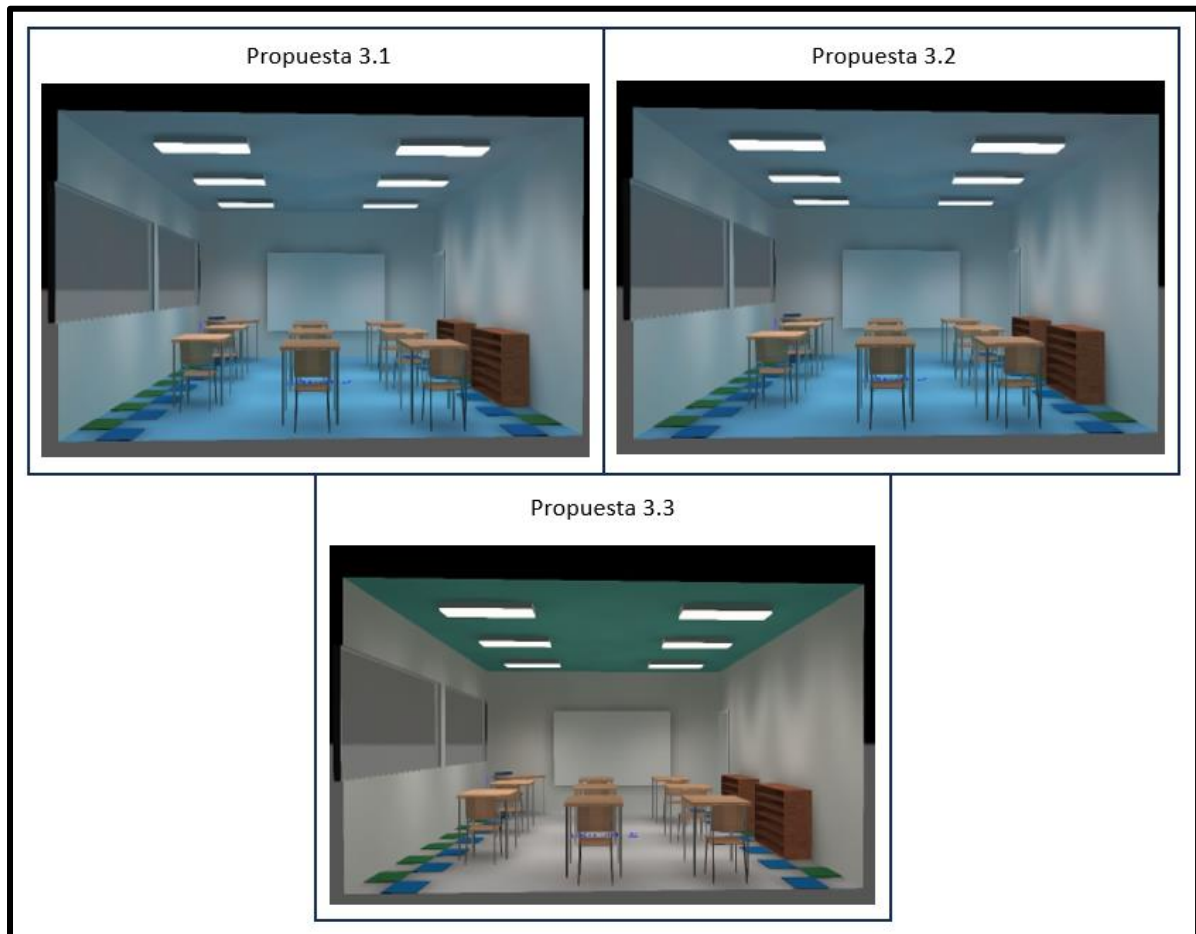
Propuesta 3:

Tabla 4.38: Tonalidades Utilizadas en Propuestas Números

Propuesta 3.1		Propuesta 3.2		Propuesta 3.3	
Cielo		Cielo		Cielo	
Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión
Blanco Tráfico	88%	Telegris 4	59%	Turquesa	40%
Muros		Muros		Muros	
Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión
Blanco Crema	77%	Blanco Crema	77%	Blanco Crema	77%
Piso Bordes 1		Piso Bordes 1		Piso Bordes 1	
Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión
Azul Lejano	16%	Azul Lejano	16%	Azul Lejano	16%
Piso Bordes 2		Piso Bordes 2		Piso Bordes 2	
Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión
Verde Esmeralda	14%	Verde Esmeralda	14%	Verde Esmeralda	14%
Piso Centro		Piso Centro		Piso Centro	
Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión	Tonalidad	Coef. De Reflexión
Azul Pastel	45%	Azul Pastel	45%	Telegris 4	59%

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

Figura 4.69: Sala Tipo con Colores Incluidos



Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

Ya realizadas las simulaciones, se obtuvieron los siguientes niveles de iluminación para cada tipología de aula:

Tabla 4.39: Niveles de Iluminación Obtenidos en Aula con Entretecho

CON ENTRETECHO					
Propuesta 1.1		Propuesta 1.2		Propuesta 1.3	
Nivel de Iluminación [lux]	490	Nivel de Iluminación [lux]	470	Nivel de Iluminación [lux]	462
Propuesta 2.1		Propuesta 2.2		Propuesta 2.3	
Nivel de Iluminación [lux]	512	Nivel de Iluminación [lux]	477	Nivel de Iluminación [lux]	485
Propuesta 3.1		Propuesta 3.2		Propuesta 3.3	
Nivel de Iluminación [lux]	486	Nivel de Iluminación [lux]	467	Nivel de Iluminación [lux]	461

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

En el contexto de las aulas que cuentan con entretecho, todas las propuestas implementadas resultaron en un incremento en los niveles de iluminación. Este aumento se atribuye a la identificación y posterior modificación de las superficies con mayor incidencia lumínica, mediante la aplicación de tonalidades más claras. En promedio, las nueve combinaciones de propuestas generaron niveles de iluminación de 479 lux. Al comparar este valor con el promedio obtenido bajo las condiciones existentes de cada aula (429 lux), se observa un incremento del 11.65%. Si se compara el mejor resultado obtenido en las propuestas (512 lux) con el mejor resultado bajo las condiciones existentes (492 lux), se evidencia un aumento del 4.06%.

Tabla 4.40: Niveles de Iluminación Obtenidos en Aula sin Entretecho

SIN ENTRETECHO					
Propuesta 1.1		Propuesta 1.2		Propuesta 1.3	
Nivel de Iluminación [lux]	435	Nivel de Iluminación [lux]	415	Nivel de Iluminación [lux]	406
Propuesta 2.1		Propuesta 2.2		Propuesta 2.3	
Nivel de Iluminación [lux]	442	Nivel de Iluminación [lux]	410	Nivel de Iluminación [lux]	423
Propuesta 3.1		Propuesta 3.2		Propuesta 3.3	
Nivel de Iluminación [lux]	434	Nivel de Iluminación [lux]	415	Nivel de Iluminación [lux]	406

Fuente: Elaboración Propia, a Través de Dialux

Por otro lado, en las aulas que no cuentan con entretecho, el promedio de niveles de iluminación obtenidos para las nueve combinaciones de propuestas fue de 421 lux. Al comparar este valor con el promedio obtenido bajo las condiciones existentes de cada aula (397 lux), se observa un incremento del 6.04%. Si se compara el mejor resultado obtenido en las propuestas (442 lux) con el mejor resultado bajo las condiciones existentes (399 lux), se evidencia un aumento del 10.77%.

Por consiguiente, dado que todas las propuestas son técnicamente viables puesto que todas superan las condiciones existentes, se presentarán todas como soluciones técnicas potenciales. La elección de la tonalidad, en caso de que se decida implementar alguna de las propuestas, quedará a discreción del director del establecimiento educativo, por lo cual se dejara aclarado en las especificaciones técnicas (Anexo 5) los tipos de tonalidades en base a algunos proveedores que fueron consultados.

4.4 Propuesta Técnica y Presupuestaria:

Después de llevar a cabo todas las evaluaciones pertinentes en relación con las tres problemáticas identificadas en el establecimiento educativo, y tras determinar las soluciones técnicas más adecuadas para cada elemento evaluado, se procedió a la valoración de estas mediante la generación de análisis de precios unitarios. A continuación, se detallan cada uno de los entregables generados que permiten la materialización del anteproyecto, en caso de que este se apruebe y se decida proceder con su implementación. Estos entregables son esenciales para garantizar que el anteproyecto se desarrolle de manera eficiente y efectiva, cumpliendo con los estándares académicos y técnicos requeridos.

Planimetrías Se generaron cinco planimetrías, las cuales se dividieron en base a cada intervención requerida en este estudio. La primera muestra la planta de arquitectura denominada como “planta de situación actual”, y las siguientes corresponden a intervenciones de accesibilidad, acondicionamiento térmico e iluminación, la cual se denominó como pasiva puesto que se mejoraron los niveles de iluminación al cambiar las tonalidades de las superficies interiores. Todas estas planimetrías pueden consultarse en el anexo N°4.

Especificaciones Técnicas Se generaron especificaciones técnicas para cada una de las partidas definidas en el itemizado, las cuales se pueden consultar en el anexo N°5.

Itemizado y Presupuesto En el anexo N°3 se puede consultar el itemizado junto a los análisis de precios unitarios generados para cada partida. En resumen, se obtuvo un costo total de \$271.403.631. Este monto se encuentra dentro de los límites presupuestarios establecidos en las bases de la convocatoria de proyectos de conservación del año 2023, la cual estipula que para la matrícula que posee el establecimiento educacional en cuestión es como máximo de \$450.000.000. Por lo tanto, el costo del proyecto está bajo ese límite en un 39.68%, lo cual deja un margen bastante considerable en caso de que las bases de las convocatorias de años futuros disminuyan el monto máximo que debe cumplir el proyecto. Respecto a los gastos generales, se pueden consultar en el Anexo 6.

Programación Finalmente, se generó la programación del proyecto, la cual se estimó que debe tener una duración de 60 días corridos.

5. Conclusiones

En la siguiente sección, se desglosarán las conclusiones obtenidas de la investigación llevada a cabo, cuyo propósito principal es formular una propuesta de mejora para las condiciones térmicas, los niveles de iluminación y las condiciones de accesibilidad universal de la Escuela Rural Heriberto Bermúdez. Inicialmente, se realizará un análisis exhaustivo del grado en que se han cumplido los objetivos específicos que pretenden dar cumplimiento al propósito principal. Finalmente, se destacarán las contribuciones significativas de esta investigación, junto con sugerencias para futuros investigadores.

5.1 Cumplimiento de Objetivos

- El objetivo inicial de evaluar las condiciones térmicas actuales de la envolvente de la Escuela Heriberto Bermúdez Cruz se cumplió de manera exitosa. Se constató que la mayoría de los elementos evaluados no alcanzaban los valores de transmitancia (U) y resistencia térmica (Rt) establecidos en la NCh 1079 of 2019, lo que resultó en un cumplimiento normativo del 14,3%. Se detectó una correlación directa entre el incumplimiento de estos valores y las pérdidas y ganancias de calor en cada elemento. En particular, se descubrió que la techumbre es el cerramiento que genera mayores pérdidas y ganancias de calor, específicamente un 158,2% más que las ventanas y un 56,4% más que los muros en conjunto (Tabiquería junto a muros de hormigón armado).

Se propusieron dos soluciones técnicas para cada parámetro evaluado. Todas las propuestas se ajustaban a la normativa, a excepción de la solución número dos para la techumbre. Se llevó a cabo un análisis presupuestario para seleccionar la propuesta a implementar, lo que resultó en la elección del sistema Eifs para la tabiquería de madera y muros de hormigón armado, y ventanas termopanel con marco de PVC para las ventanas. Estas reformas permitirían alcanzar un cumplimiento normativo del 100% y contribuir a la disminución de las ganancias y pérdidas de calor en un porcentaje significativo para cada elemento. Específicamente, se lograría una reducción del 74,25% para los muros, del 78,88% para la techumbre y del 39,09% para las ventanas.

- El segundo objetivo de la investigación, centrado en “Evaluar las condiciones actuales de accesibilidad de la Escuela Heriberto Bermúdez Cruz”, se alcanzó de manera efectiva. Se llevaron a cabo evaluaciones meticulosas de cuatro parámetros dentro del inmueble: puertas, pasillos, rampas y desniveles, así como el baño universal existente.

El análisis inicial proporcionó un nivel de accesibilidad del 90% para el baño universal, 56% para las puertas, 50% para los pasillos, 38% para las rampas y un 0% para los desniveles, lo que resultó en un promedio general del 47%. Sin embargo, al excluir el aporte significativo del 90% de accesibilidad proporcionado por el baño universal, este porcentaje se redujo al 36%. Es importante destacar que los valores de cumplimiento obtenidos inicialmente eran más optimistas de lo que realmente reflejaban.

Por lo tanto, se incorporó un nuevo parámetro a cada una de estas fichas, que abordaba la pregunta: “¿Este elemento podría ser utilizado de manera autónoma por una persona con movilidad reducida?”. Después de un segundo análisis más riguroso que tuvo en cuenta este cuestionamiento, se determinó que el nivel de accesibilidad promedio del inmueble era de un 39%. Al excluir el aporte del baño, este porcentaje se redujo al 26%.

Estos hallazgos subrayaron la real necesidad de proponer reformas en el inmueble para mejorar los niveles actuales de accesibilidad. El objetivo era que el establecimiento estuviera en condiciones de recibir o albergar a una persona con movilidad reducida, y que esta pudiera desplazarse dentro del colegio de manera autónoma y cómoda.

- El tercer objetivo de la investigación, que consistía en “Evaluar los niveles de iluminación de las aulas de la Escuela Heriberto Bermúdez Cruz”, se cumplió de manera efectiva. Se determinó que todas las aulas cumplían con el nivel de iluminación establecido en el Pliego Técnico RIC N°10, obteniendo un promedio general de 409 lux. No obstante, se constató que las aulas sin entretecho presentaban niveles de iluminación inferiores en comparación con las que sí lo tenían, específicamente un 7.46%, lo cual es un factor importante a considerar si en el futuro las exigencias normativas aumentan y se determina que los valores existentes están fuera de ella.

A pesar de que se cumplen con los niveles de iluminación, se observó que las pinturas de las paredes y los techos ya estaban deterioradas y las cerámicas existentes en el suelo estaban desgastadas y en algunos casos presentaban piezas faltantes. Por lo tanto, este estudio se centró en el cambio de color de las pinturas de las paredes, los techos y los suelos en el interior de las aulas estudiadas, con el objetivo de contribuir a mejorar ese deterioro y de manera indirecta elevar la iluminancia al utilizar tonalidades con coeficientes de reflexión más altos que los que existen actualmente en el inmueble. Se tenía como antecedente teórico que al usar tonalidades más claras se puede lograr un aumento en los niveles de iluminación.

Se generaron un total de tres propuestas con distintas tonalidades, conservando el color blanco en las paredes, ya que se determinó que es la superficie que mayor impacto genera en la iluminación al usar esta tonalidad, y rotando 3 tonalidades más entre suelos y techos, las cuales tenían porcentajes de reflexión que superan el 40%. Todas las reformas superaban el promedio existente en cuanto a niveles de iluminación, obteniendo un promedio de 428 lux, lo cual se traduce en una mejora en los niveles de iluminación al cambiar las tonalidades de las superficies interiores de las aulas de un 4.65%.

-El cuarto objetivo propuesto, “Formular una propuesta técnica y presupuestaria sobre las deficiencias normativas para la Escuela Heriberto Bermúdez”, se logró a través de la generación de diversas propuestas técnicas destinadas a subsanar las deficiencias normativas y deterioros identificados en el inmueble. Se elaboraron especificaciones técnicas para detallar cada una de las partidas requeridas, junto con planimetrías que incluyen plantas de arquitectura y elevaciones detalladas de los sectores a intervenir.

Posteriormente, se realizó un Itemizado que fue valorizado, el cual se encuentra dentro del límite presupuestario establecido en la convocatoria de proyectos de conservación del presente año. El costo total del proyecto se estimó en \$271.403.631, donde el límite máximo permitido para la matrícula que posee el inmueble (58) es de \$450.000.000.

Finalmente, se estableció el tiempo en el que se deben materializar las soluciones propuestas a través de la programación realizada, donde se determinó que deben ser 60 días corridos. Este logro representa un avance significativo en la dirección de mejorar las condiciones del inmueble y garantizar su conformidad con las normativas vigentes.

En conclusión, la consecución de los cuatro objetivos específicos propuestos permitió la generación de un anteproyecto de mejora con el propósito de optimizar las condiciones térmicas, la accesibilidad universal y los niveles de iluminación de las aulas de la Escuela Heriberto Bermúdez Cruz. Este logro representa un avance significativo en la dirección de mejorar las condiciones de aprendizaje para los estudiantes y garantizar un entorno educativo más inclusivo y acogedor.

5.2 Aportes y Futuras Investigaciones

En cuanto al valor que este proyecto aporta al establecimiento educacional, es posible destacar que, a través de los análisis y propuestas generadas, en caso de que estas sean materializadas, se mejorarán significativamente diversas deficiencias normativas identificadas en cuanto a transmitancia y resistencia térmica junto a la accesibilidad universal y deterioros presentes en el inmueble. Sin embargo, es importante visualizar que este proyecto va más allá de un simple mejoramiento térmico, lumínico y de niveles de accesibilidad. De estas reformas planteadas a las deficiencias identificadas se derivan diversas mejoras, como por ejemplo el cambio de ventanas que se encuentran sumamente deterioradas, la renovación de la cubierta que es de asbesto cemento, la nivelación de pasillos que presentan irregularidades, entre otras más. Pero lo más importante y significativo es que el mayor aporte de esta investigación es contribuir a un mejoramiento en la calidad de vida de los estudiantes, profesores y personal del establecimiento. Además, garantizar que el establecimiento educacional esté preparado para recibir a futuros estudiantes, apoderados, académicos y/o personal con movilidad reducida con la finalidad de que este se sienta autónomo e independiente dentro del inmueble. Todo esto es fundamental para garantizar una educación de calidad e inclusiva desde el punto de vista de la ingeniería en construcción. Este proyecto es un paso más hacia ese objetivo, un paso hacia un futuro más brillante para todos los que forman parte del establecimiento estén en un ambiente óptimo y accesible.

Finalmente, para futuras investigaciones, se recomienda continuar en esta dirección y realizar proyectos en establecimientos educacionales que presenten las deficiencias identificadas en este estudio o identificar otras que puedan ser abordadas como un proyecto de conservación. Para ello, se recomienda utilizar la “Guía para intervenciones de conservación” proporcionada por el MINEDUC para estar al tanto de qué tipo de problemáticas pueden ser resueltas y financiadas en caso de que sean materializadas y aprobadas como un proyecto de esa índole. Este camino no solo contribuirá a la mejora de los establecimientos educativos, sino que también tendrá un impacto positivo en la calidad de la educación y de la vida dentro del inmueble de los estudiantes, profesores y personal de los distintos establecimientos educativos del país.

Bibliografía

- Abú-Shams, K., & Pascal, I. (2005). Características, propiedades, patogenia y fuentes de exposición del asbesto. *Anales Del Sistema Sanitario de Navarra*, 28, 7–11. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272005000200002&lng=es&nrm=iso&tIng=es
- Accuweather. (2023). *Tiempo mensual en San Felipe, Valparaíso, Chile* . <https://www.accuweather.com/es/cl/san-felipe/61307/march-weather/61307?year=2023>
- American Cancer Society. (n.d.). *El asbesto y el riesgo de cáncer* . Retrieved July 10, 2023, from <https://www.cancer.org/es/cancer/prevencion-del-riesgo/sustancias-quimicas-y-cancer/asbesto.html>
- Areaciencias. (n.d.). *Conductividad Térmica Capacidad de Conducir el Calor* . Retrieved June 4, 2023, from <https://www.areaciencias.com/fisica/conductividad-termica/>
- AS Chile. (2022). *Ola de calor en la zona central de Chile: comuna llega a los 41,6 grados* . <https://chile.as.com/actualidad/ola-de-calor-en-la-zona-central-de-chile-comuna-llega-a-los-416-grados-y-santiago-sufre-con-las-altas-temperaturas-n/>
- Bonilla, A., Alcívar, D., García, J., & Carrillo, A. (2018). *Movilidad y accesibilidad universal en la arquitectura. Caso Universidad San Gregorio de Portoviejo*. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/revistarquis/article/view/35794/36661>
- Camara Chilena de la Construcción. (n.d.). *Manual de Acondicionamiento Térmico y Criterior de Intervención* . Retrieved October 6, 2023, from www.cdt.cl
- Centro de Información de Recursos Naturales - Ministerio de Agricultura. (2020). *COMUNA SAN FELIPE, RECURSOS NATURALES*.
- Centro Políticas Públicas UC. (2021). *Traspaso de la Educación Municipal* . <https://politicaspUBLICAS.uc.cl/opinion/traspaso-de-la-educacion-municipal/>
- ChileCompra. (n.d.). *Mercado Público - La plataforma de compras públicas y oportunidades de negocio del Estado de Chile*. Retrieved June 5, 2023, from <https://www.mercadopublico.cl/Home/BusquedaLicitacion>
- Cifuentes Matias. (2020). *Análisis Técnico Y Propuesta De Mejoramiento Para Acceso Universal Del Colegio Castiliano De Viña Del Mar*.
- CITEC UBB. (2012). *Manual de diseño pasivo y eficiencia energetica Parte 2*. https://arquitectura.mop.gob.cl/centrodocumental/Documents/Manual-de-diseno-pasivo-y-eficiencia-energetica-en-edif%20Publicos_Parte2.pdf
- CyM San Pascual. (n.d.). *Acero Zincoalum*. Retrieved October 21, 2023, from <https://cymSanpascual.cl/wp-content/uploads/2020/05/Zincoalum.pdf>

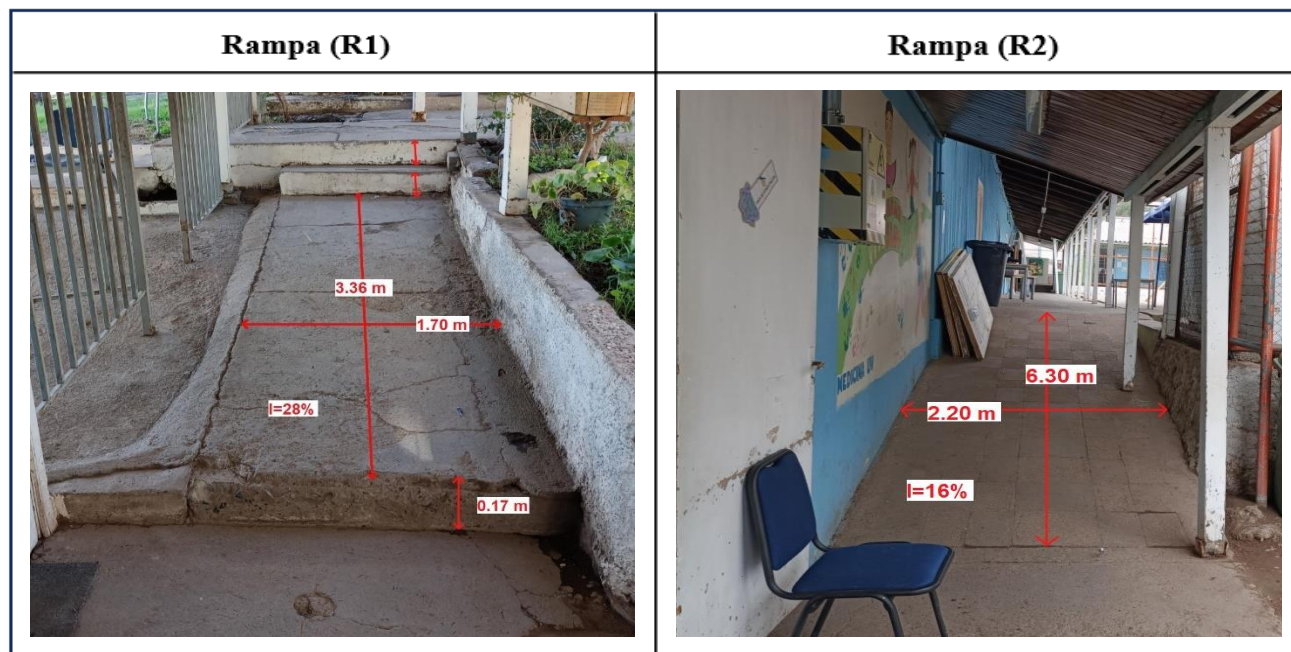
- Departamento de Administración de Educación Municipal, S. F. (DAEM). (2018). *PROYECTO EDUCATIVO INSTITUCIONAL ESCUELA HERIBERTO BERMÚDEZ CRUZ*. www.escuelahbc.cl
- DesingBuilder Latinoamérica. (n.d.). *Características Desing Builder* . Retrieved July 9, 2023, from <https://www.designbuilder-lat.com/caracteristicas/>
- Dirección de Educación Pública - Ministerio de Educación. (2023). *Bases Convocatoria Infraestructura 2023*. https://educacionpublica.gob.cl/wp-content/uploads/2023/01/REX-12-APRUEBA-BASES-CONVOCTORIA-INFRAESTRUCTURA-2023-1_.pdf
- Escuela Británica de Artes Creativas y Tecnología. (2023). *DIALux: ¿qué es y para qué sirve? Las características y funciones del programa*. <https://ebac.mx/blog/que-es-dialux>
- Homecenter Sodimac. (n.d.). *¿Cuáles son los materiales de la estructura de la puerta?* Retrieved October 6, 2023, from <https://sodimac.falabella.com/sodimac-cl/page/cuales-son-los-materiales-de-la-estructura-de-la-puerta>
- Iluminadecora. (2015). *Blog de Iluminación y Decoración*. <https://www.iluminadecora.com/blog/luz-natural-luz-artificial/>
- Instituto Nacional del Cáncer. (n.d.). *Exposición al asbesto y el riesgo de cáncer* . Retrieved July 10, 2023, from <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/asbesto/hoja-informativa-asbesto>
- Ledesma, S. L., Nota, V. M., Martínez, C. F., & Orio, S. (2018). Evaluación y propuestas de mejoras térmicas y lumínicas para aulas de escuelas primarias de reciente construcción en Tucumán. *X Congreso Regional de Tecnología En Arquitectura (CRETA) (La Plata, 2018)*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/71336>
- Lumika. (n.d.). *Cálculos en la Iluminación*.
- Ministerio de Educación. (2011). *Decreto 560*. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?i=1025739&f=2011-05-25>
- Ministerio de Educación. (2013). *Revista de Educación N°365*. 20–26. <http://bibliotecadigital.mineduc.cl/handle/20.500.12365/4938>
- Ministerio de educación. (2017). *Ley Chile - Ley 21040 - Biblioteca del Congreso Nacional*. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1111237>
- Ministerio de Educación. (2022). *Guía para Intervenciones de Conservación - Espacios Educativos para La Calidad*. <https://es.scribd.com/document/639323448/Guia-para-intervenciones-de-Conservacion-Espacios-educativos-para-la-calidad-1>
- Ministerio de Salud. (2001). *Ley Chile - Decreto 656 13-ENE-2001 MINISTERIO DE SALUD - Biblioteca del Congreso Nacional*. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=180143>

- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (1992). *Decreto 47 “Fija Nuevo Texto De La Ordenanza General De La Ley General De Urbanismo Y Construcciones.”* <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=8201&idParte=100018401&idVersion=>
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2016). *Ley Chile - Decreto 50 04-MAR-2016 MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO - Biblioteca del Congreso Nacional.* <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1088117>
- Muñoz. (2018a). *Diagnóstico De La Accesibilidad A Los Edificios De La Facultad De Ingeniería De La Universidad De Valparaíso.*
- Muñoz, C. A. (2018b). Diseño pasivo de aulas escolares para el confort térmico, desde una perspectiva para el cambio climático. *ARQUITECTURAS DEL SUR*, 36(54), 70–83. <https://doi.org/10.22320/07196466.2018.36.054.06>
- Mutual de Seguridad. (n.d.). *Guía para Elaborar Planes de Trabajo Seguro con Materiales que Contienen Asbesto.* Retrieved June 28, 2023, from https://www.mutual.cl/portal/wcm/connect/52669728-19be-4075-8ece-c0d79210fc5c/guia-para-elaborar-plan-de-trabajo.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-52669728-19be-4075-8ece-c0d79210fc5c-o83uPvI
- Preludio Radio. (2023). *Coordinan instalación de los futuros Servicios Locales de Educación en Aconcagua.* <https://www.preludioradio.cl/coordinan-instalacion-de-los-futuros-servicios-locales-de-educacion-en-aconcagua/>
- Servicio de Vivienda y Urbanización. (n.d.). *Cálculo de Transmitancia.*
- Subsecretaría de Educación. (2023, March 25). *Gobierno anuncia fondo de \$100 mil millones para reparar establecimientos educacionales públicos e invita a sostenedores a presentar proyectos - Subsecretaría de Educación.* <https://subeduc.mineduc.cl/gobierno-anuncia-fondo-de-100-mil-millones-para-reparar-establecimientos-educacionales-publicos-e-invita-a-sostenedores-a-presentar-proyectos/>
- Superintendencia de Electricidad y Combustibles. (2021). *Pliego Técnico Normativo - Ric N°10.* <https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2021/01/RIC-N10-Instalaciones-de-uso-general.pdf>

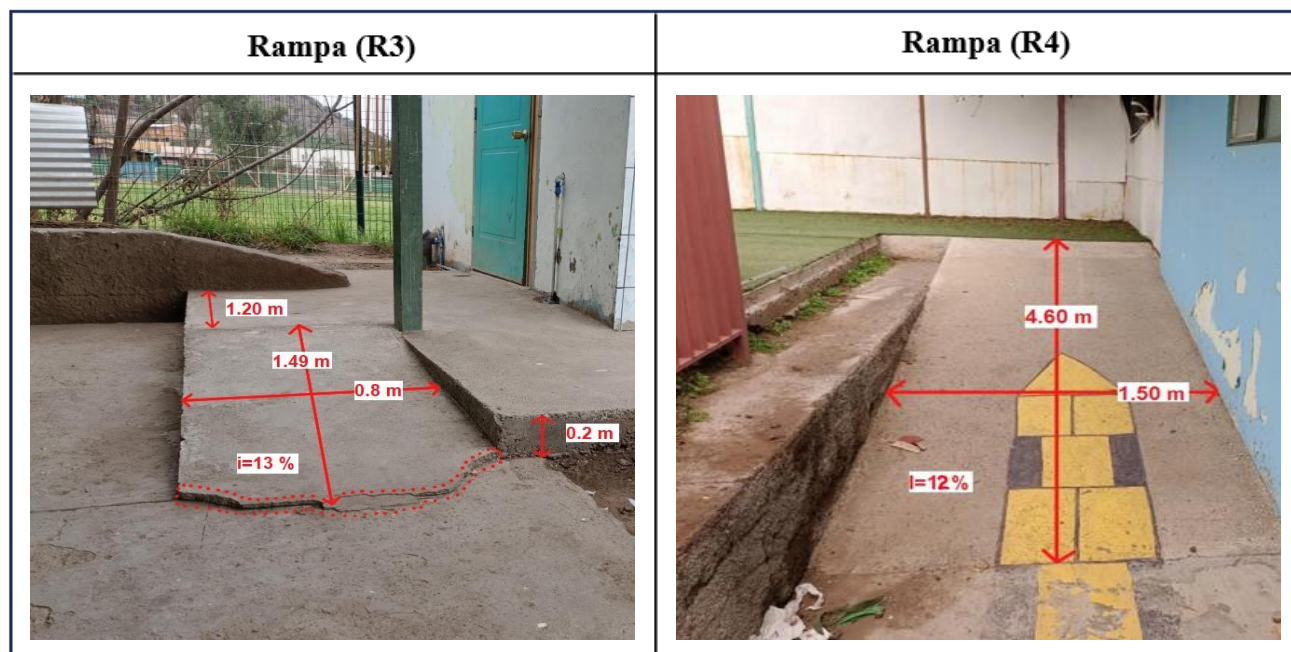
Anexos

Anexo 1: Registros fotográficos Accesibilidad

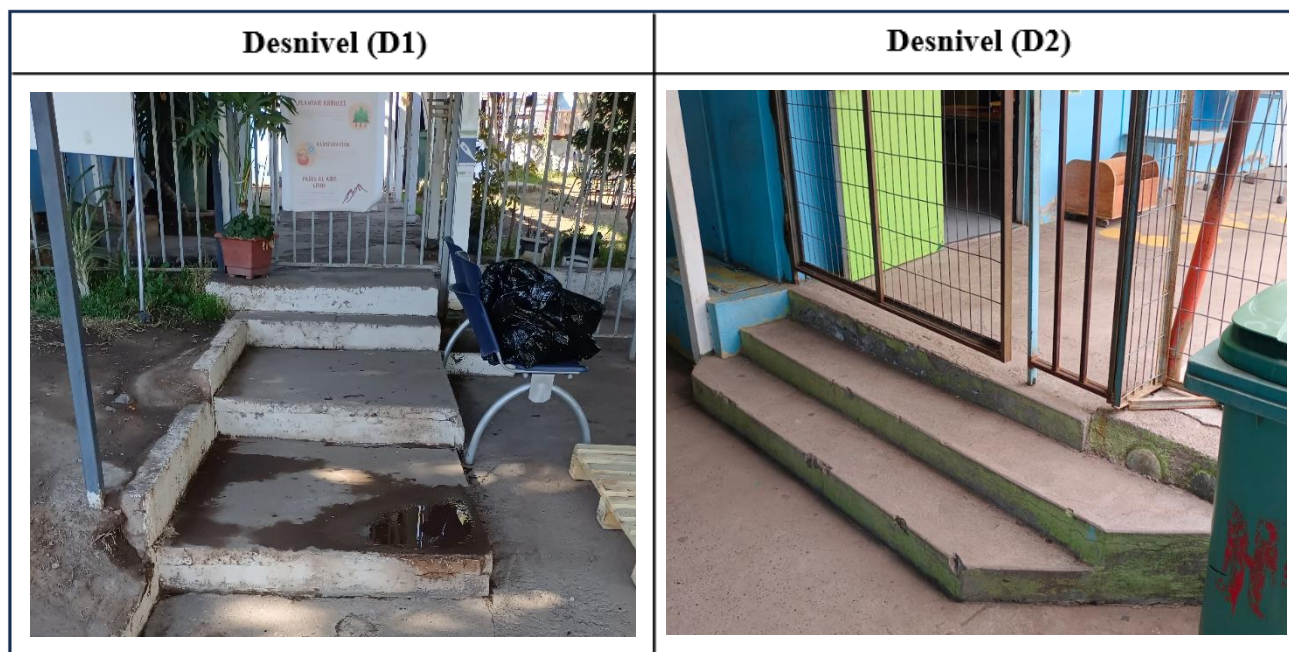
Rampas:



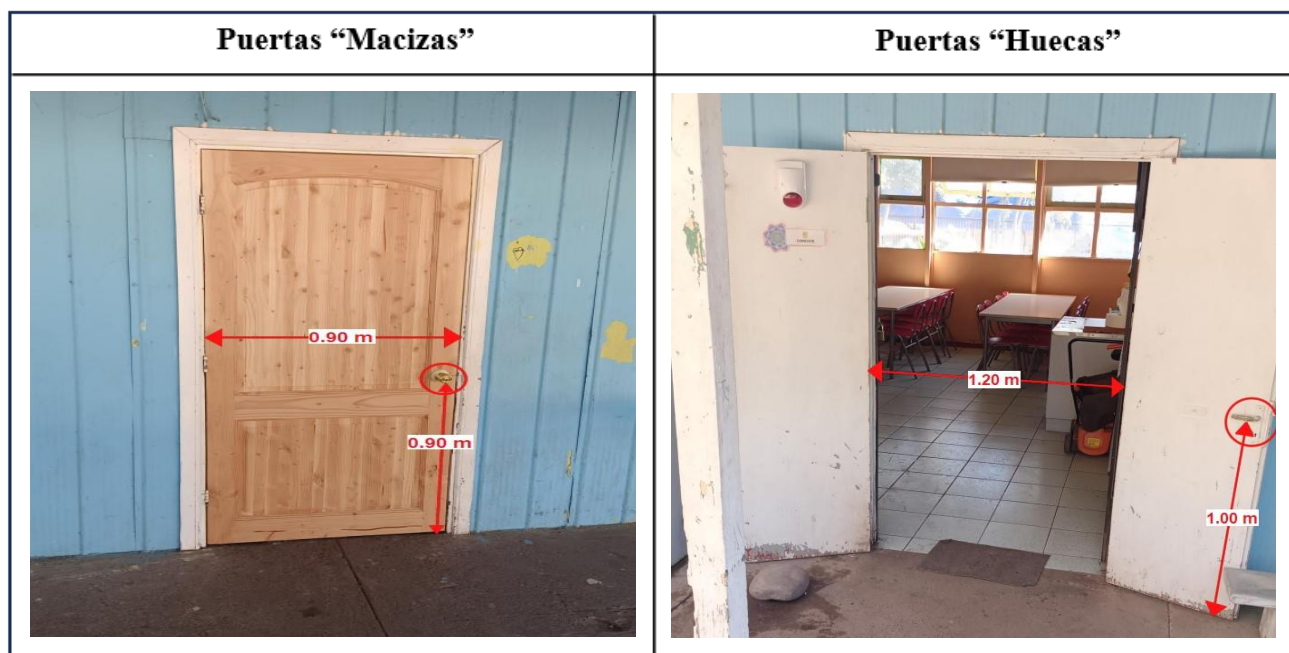
Fuente: Elaboración Propia (2023)



Fuente: Elaboración Propia (2023)

Desniveles:

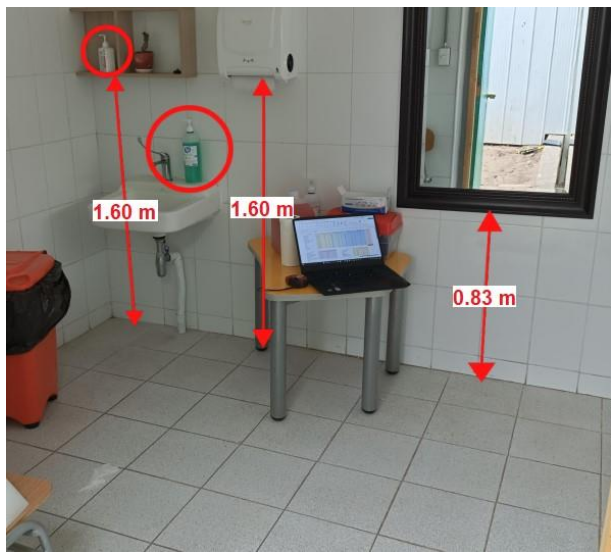
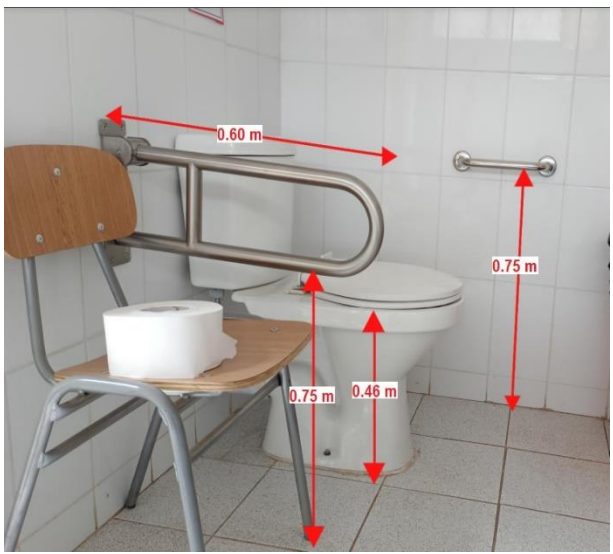
Fuente: Elaboración Propia (2023)

Puertas:

Baño Universal:

Espacio de Transferencia	Radio de Giro
	

Fuente: Elaboración Propia (2023)

Altura de Instalación de Accesorios	Longitudes Barras Abatibles e Inodoro
	

Fuente: Elaboración Propia (2023)

Condiciones de Altura de Lavamanos	Distancia Barras a Eje de Inodoro
	

Fuente: Elaboración Propia (2023)

Pasillos:

Irregularidad Acceso a Inmueble Educativo	Irregularidad Pasillo "B" Escuela
	

Fuente: Elaboración Propia (2023)

Anexo 2: Cotizaciones

Propuesta 1 Ventanas:

ITEM	CANT		P.UNIT.	TOTAL
		V1		
1,-	2	Ventanas PVC Blanco		
		DVH Laminado 4mm/6/laminado de 4mm		
		4 hojas correderas, instalada Medidas: 2900 x 1300	\$ 1,458,148	\$ 2,916,296
		V2		
2,-	24	Ventanas PVC Blanco		
		DVH Laminado 4mm/6/laminado de 4mm		
		2 hojas correderas inferiores y paño fijo superior Instalada Medidas: 1150 x 1750	\$ 892,080	\$ 21,409,920
		V3		
3,-	24	Ventanas PVC Blanco		
		DVH Laminado 4mm/6/laminado de 4mm		
		2 hojas correderas inferiores y paño fijo superior Instalada Medidas: 1200 x 1750	\$ 912,896	\$ 21,909,504
		V4		
4,-	2	Ventanas PVC Blanco		
		DVH Laminado 4mm/6/laminado de 4mm		
		4 hojas correderas, instalada Medidas: 2950 x 1300	\$ 1,469,294	\$ 2,938,588
		V5		
5,-	2	Ventanas PVC Blanco		
		DVH Laminado 4mm/6/laminado de 4mm		
		2 hojas correderas Instaladas		
		Medidas: 1200 x 600	\$ 471,255	\$ 942,510
		Total Neto		\$ 50,116,818

Propuesta 2 Ventanas:

ITEM	CANT		P.UNIT.	TOTAL
		V1		
1,-	2	Ventanas PVC Blanco		
		DVH Laminado 4mm/8/laminado de 4mm		
		4 hojas correderas, instalada Medidas: 2900 x 1300	\$ 2,202,205	\$ 4,404,410
		V2		
2,-	24	Ventanas PVC Blanco		
		DVH Laminado 4mm/8/laminado de 4mm		
		2 hojas correderas inferiores y paño fijo superior Instalada Medidas: 1150 x 1750	\$ 1,160,206	\$ 27,844,944
		V3		
3,-	24	Ventanas PVC Blanco		
		DVH Laminado 4mm/8/laminado de 4mm		
		2 hojas correderas inferiores y paño fijo superior Instalada Medidas: 1200 x 1750	\$ 1,193,186	\$ 28,636,464
		V4		
4,-	2	Ventanas PVC Blanco		
		DVH Laminado 4mm/8/laminado de 4mm		
		4 hojas correderas, instalada Medidas: 2950 x 1300	\$ 2,228,720	\$ 4,457,440
		V5		
5,-	2	Ventanas PVC Blanco		
		DVH Laminado 4mm/8/laminado de 4mm		
		2 hojas correderas Instaladas		
		Medidas: 1200 x 600	\$ 571,255	\$ 1,142,510
		Neto		\$ 66,485,768

Anexo 3: Itemizado Valorizado y Análisis de Precios Unitarios

Itemizado:

PRESUPUESTO					
ASIGNATURA: IEC521 - TRABAJO DE TÍTULO II COMISIÓN: NELSON VALDES - GUSTAVO PACHECO - URIEL PADILLA PROYECTO: ANTEPROYECTO DE MEJORAMIENTO TERMCO, LUMINICO Y DE ACCESIBILIDAD UNIVERSAL PARA LA ESCUELA HB					
10. DE LOS TRABAJOS A EJECUTAR					
Nº EETT	PARTIDA	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
1.0	OBRAS PRELIMINARES Y COMPLEMENTARIAS				
1.1	Instalación de faenas				
1.1.1	Oficina de la Empresa Constructora	m2	30.00	\$ 50,000	\$ 1,500,000
1.1.2	Bodega de Materiales y Herramientas	m2	32.00	\$ 50,000	\$ 1,600,000
1.1.3	Comedores Trabajadores	m2	18.00	\$ 50,000	\$ 900,000
1.1.4	Servicios Higienicos	un	2.00	\$ 400,000	\$ 800,000
1.1.5	Energía y Servicios	gl	1.00	\$ 200,000	\$ 200,000
1.2	Letrero de obras	un	1.00	\$ 896,437	\$ 896,437
	TOTAL NETO OBRAS PRELIMINARES Y COMPLEMENTARIAS			\$	5,896,437
Nº EETT	PARTIDA	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
2.0	OBRAS DE DEMOLICIÓN Y RETIRO				
2.1	Certificación, Retiro, Tratamiento, Transporte y Disposición Final de Asbesto	m2	837.35	\$ 26,945	\$ 22,562,396
2.2	Retiro, Revestimiento Exterior, Tabique	m2	158.33	\$ 10,000	\$ 1,583,300
2.3	Retiro Ventanas con Marco de Madera y Metálico	un	58.00	\$ 12,162	\$ 706,356
2.4	Retiro de Marcos y Puertas	m2	8.00	\$ 12,162	\$ 97,456
2.5	Retiro de Canales y Bajadas de Aguas Lluvias	ml	249.72	\$ 8,000	\$ 1,997,760
2.6	Extracción de Escombros y Botadero	m3	100.00	\$ 20,000	\$ 2,000,000
3.0	OBRA GRUESA				
3.1	CUBIERTA y AGUAS LLUVIAS				
3.1.1	Suministro e Instalación de Polpanel 4	m2	637.14	\$ 36,113	\$ 23,009,280
3.1.6	Suministro e Instalación Cubierta Cobertizo	m2	200.21	\$ 11,776	\$ 2,357,673
3.1.2	Suministro e Instalación de Caballete	ml	92.11	\$ 7,089	\$ 652,993
3.1.3	Suministro e Instalación de Remate Lateral Cubierta	ml	264.40	\$ 9,087	\$ 2,402,603
3.1.4	Suministro e Instalación de Canales de PVC	ml	189.92	\$ 5,737	\$ 1,089,541
3.1.5	Suministro e Instalación de Bajadas de Aguas Lluvias	ml	104.00	\$ 5,049	\$ 525,120
3.2	TABIQUE				
3.2.1	Suministro e Instalación de Fibrocemento e=8 mm	m2	158.33	\$ 10,714	\$ 1,696,368
3.2.2	Suministro e Instalación Sistema EIFS	m2	158.33	\$ 35,769	\$ 5,663,231
3.3	MUROS DE HORMIGÓN ARMADO				
3.3.1	Suministro e Instalación de Sistema EIFS	m2	332.05	\$ 37,673	\$ 12,509,381
3.4	Pisos				
3.4.1	Preparación de Superficie de Aulas	m2	292.20	\$ 5,688	\$ 1,662,034
3.4.2	Nivelación de Pisos de Aulas	m3	292.20	\$ 11,739	\$ 3,430,149
4.0	TERMINACIONES				
4.1	PINTURAS y PISOS				
4.1.1	Suministro y Aplicación de Pintura Interior Muros	m2	401.91	\$ 5,648	\$ 2,269,843
4.1.2	Suministro y Aplicación de Pintura Interior Cielo	m2	297.91	\$ 5,852	\$ 1,743,420
4.1.3	Suministro e Instalación de Piso Vinílico	m2	292.20	\$ 19,343	\$ 5,652,141
4.2	PUERTAS Y VENTANAS				
4.2.1	Suministro e Instalación de Marcos y Puertas de 0.90 m	un	2.00	\$ 174,863	\$ 349,726
4.2.2	Suministro e Instalación de Marcos y Puertas de 0.90 m	un	4.00	\$ 133,636	\$ 534,545
4.2.3	Suministro e Instalación de Marcos y Puertas de 0.70 m	un	2.00	\$ 154,721	\$ 309,442
4.2.4	Suministro e Instalación de Quincallería	un	2.00	\$ 66,832	\$ 334,656
4.2.5	Suministro e Instalación de Ventanas Termopanel PVC 6/6 mm 4 Hojas Correderas	m2	24.95	\$ 386,776	\$ 9,650,061
4.2.6	Suministro e Instalación de Ventanas Termopanel PVC 6/6 mm 2 Hojas Correderas	m2	15.84	\$ 235,628	\$ 3,732,348
4.2.7	Suministro e Instalación de Ventanas Termopanel PVC 6/6 mm 2 Hojas Correderas + 1 Fija	m2	75.54	\$ 443,270	\$ 33,484,616
4.2.8	Suministro e Instalación de Ventanas Termopanel PVC 6/6 mm Paño Fijo	m2	3.77	\$ 208,283	\$ 785,227
	TOTAL NETO OBRAS PABELLÓN A			\$	142,991,866
Nº EETT	PARTIDA	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
5.0	ACCESIBILIDAD				
5.1	OBRAS DE DEMOLICIÓN				
5.1.1	Demolición Rampas y Escaleras de Hormigón	m3	23.78	\$ 64,840	\$ 1,541,633
5.1.3	Retiro de Rejas Pasillo "C"	gl	1.00	\$ 50,000	\$ 50,000
5.1.3	Extracción de Escombros y Transporte a Botadero	m3	31.41	\$ 20,000	\$ 628,175
5.2	RAMPAS				
5.2.1	Reubicación de Vanos	m2	9.60	\$ 19,253	\$ 184,826
5.2.2	Moldajes (2 Usos)	m2	13.67	\$ 18,146	\$ 248,049
5.2.3	Hormigón Rampas	m3	20.36	\$ 190,470	\$ 3,877,392
5.2.4	Suministro e Instalación de Barandas	un	294.56	\$ 17,920	\$ 5,278,491
5.2.5	Suministro e Instalación de Baldosa Podotactil	m2	12.94	\$ 110,901	\$ 1,434,615
5.2.6	Suministro y Aplicación de Protección de Barandas	m2	78.68	\$ 5,072	\$ 399,029
5.2.7	Suministro y Aplicación de Pintura de Barandas	m2	78.68	\$ 5,823	\$ 458,151
5.3	BANOS UNIVERSAL				
5.3.1	Suministro e Instalación de Dispensador de Papel y Jabón	gl	1.00	\$ 52,808	\$ 52,808
5.3.2	Reubicación Repisas	gl	1.00	\$ 22,027	\$ 22,027
5.4	Pasillos				
5.4.1	Preparación de Superficie de Pasillos	m2	120.67	\$ 5,688	\$ 686,343
5.4.2	Nivelación Pasillos	m3	120.67	\$ 15,674	\$ 1,891,245
5.4.3	Suministro e Instalación de Señaletas Indicadoras de Ruta Accesible y Baños	gl	1.00	\$ 333,569	\$ 333,569
	TOTAL NETO ACCESIBILIDAD			\$	17,086,353
Nº EETT	PARTIDA	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
3.0	TERMINO DE OBRA				
3.2	ASEO Y ENTREGA				
3.2.1	Aseo de obra	gl	1.00	\$500,000	\$ 500,000
	TOTAL NETO TERMINACIONES Y ENTREGA			\$	500,000
TOTAL NETO					\$166,474,656
GASTOS GENERALES 22%					\$36,624,424
UTILIDADES 15%					\$24,971,198
SUBTOTAL					\$228,070,278
IVA 19%					\$43,333,353
TOTAL PROYECTO					\$271,403,631

Análisis de Precios Unitarios:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)							
Proyecto: Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz		Ítem: 3.1.1		Sum. e Instalación de Polpanel 4			
Fecha: Novimebre 2023		Descripción:					
		Unidad: m2					
		Cantidad: 637.14					
A. Materiales							
Descripción				Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Polpanel 4 Prepintado e=100 mm				Panel	0.286	\$ 104,336	\$ 29,810
Golilla K				Caja	0.012	\$ 142,437	\$ 1,709
Tornillo Auto perforante 1/4" x 3 1/2"				Caja	0.120	\$ 11,168	\$ 1,340
Sellador para Techos Sika 300 ml				Un	0.025	\$ 7,050	\$ 176
Perdidas				%		10	\$ 3,304
						Subtotal	\$ 36,340
B. Mano de Obra							
Descripción				Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Instalador de Polpanel				h/d	0.036	\$ 35,000	\$ 1,250
Ayudante				h/d	0.036	\$ 27,500	\$ 982
Leyes Sociales				%		30	\$ 670
						Subtotal	\$ 2,902
C. Herramientas y Equipos							
Descripción				Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)
Desgaste				%			\$ -
						Subtotal	\$ -
					Σ= A+B+C	Precio Unitario	\$ 39,241

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)						 Universidad de Valparaíso CHILE	
Proyecto: Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz		Ítem: 3.1.2					
Fecha: Novimebre 2023		Descripción: Sum. e Instalación de Caballete					
		Unidad: ml					
		Cantidad: 92.11					
A. Materiales							
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)		Precio Total (\$)	
Caballete Prepintado 400x3000x0.35 mm		Un	0.333	\$ 10,076		\$ 3,359	
Sellador para Techos		Un	0.250	\$ 2,933		\$ 733	
Remache T/POP 4.0x10 mm		Caja	0.10	\$ 2,849		\$ 285	
Perdidas		%		10		\$ 438	
				Subtotal		\$ 4,814	
B. Mano de Obra							
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)		Precio Total (\$)	
Hojalatero + Ayudante		h/d	0.050	\$ 35,000		\$ 1,750	
Ayudante		h/d	0.050	\$ 27,500			
Leyes Sociales		%		30		\$ 525	
				Subtotal		\$ 2,275	
C. Herramientas y Equipos							
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)		Precio Total (\$)	
				Subtotal		\$ -	
				Σ= A+B+C		Precio Unitario \$ 7,089	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)					
Proyecto: Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz		Ítem: 3.1.4			
Fecha: Noviembre 2023		Descripción: Sum. e Instalación de Canales de PVC			
		Unidad: ml			
		Cantidad: 189.92			
A.	Materiales				
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Canaleta PVC, Blanco 4 m		Un	0.250	\$ 7,303	\$ 1,826
Unión Canaleta PVC, Blanco		Un	0.500	\$ 1,336	\$ 668
Gancho de Fijación Canaleta, Blanco		Un	1.670	\$ 1,084	\$ 1,810
Tornillo de Madera 10 x 1 1/2"		Bolsa	0.336	\$ 496	\$ 167
Adhesivo Tradicional 240 cc		Un	0.030	\$ 2,933	\$ 88
Perdidas		%		6	\$ 268
				Subtotal	\$ 4,827
B.	Mano de Obra				
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Instalador de Canaleta		h/d	0.020	\$ 35,000	\$ 700
Ayudante		h/d	0.020	\$ 27,500	
Leyes Sociales		%		30	\$ 210
				Subtotal	\$ 910
C.	Herramientas y Equipos				
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)
				Subtotal	\$ -
			Σ= A+B+C	Precio Unitario	\$ 5,737

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)							
Proyecto:		Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz		Ítem:		3.1.5	
Fecha:		Noviembre 2023		Descripción:		Sum. e Instalación de Bajadas de Aguas Lluvias	
				Unidad:		ml	
				Cantidad:		104.00	
A.		Materiales					
Descripción				Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Tubo de Bajada PVC, Blanco 3 m				Un	0.340	\$ 5,034	\$ 1,711
Bajada PVC Cementar, Blanco				Un	0.100	\$ 3,857	\$ 386
Abrazadera PVC, Blanco				Un	0.670	\$ 1,252	\$ 839
Codo 87,5", Blanco				Un	0.670	\$ 1,672	\$ 1,120
Tarugo con Tope M6				Un	0.020	\$ 3,773	\$ 75
Roscalata Ranura Combinada 10x11/2				Bolsa	0.02	\$ 6,546	\$ 131
Adhesivo Tradicional 240 cc				Un	0.03	\$ 2,933	\$ 88
Perdidas				%		6	\$ 243
						Subtotal	\$ 4,594
B.		Mano de Obra					
Descripción				Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Instalador de Bajada PVC				h/d	0.010	\$ 35,000	\$ 350
Ayudante				h/d	0.010	\$ 27,500	
Leyes Sociales				%		30	\$ 105
						Subtotal	\$ 455
C.		Herramientas y Equipos					
Descripción				Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)
						Subtotal	\$ -
					Σ= A+B+C	Precio Unitario	\$ 5,049

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)						
Proyecto: Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz			Ítem: 3.2.1			
Fecha: Noviembre 2023			Descripción: Sum. e Instalación de Fibrocemento			
			Unidad: m2			
			Cantidad: 96.45			
A.	Materiales					
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Plancha Fibrocemento 8 mm			Panel	0.347	\$ 15,118	\$ 5,246
Tornillo para Madera 12x1 1/4"			Caja	0.222	\$ 3,605	\$ 801
Perdidas			%		10	\$ 605
					Subtotal	\$ 6,652
B.	Mano de Obra					
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Carpintero			h/d	0.050	\$ 35,000	\$ 1,750
Ayudante			h/d	0.050	\$ 27,500	\$ 1,375
Leyes Sociales			%		30	\$ 938
					Subtotal	\$ 4,063
C.	Herramientas y Equipos					
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)
Desgaste			%			\$ -
					Subtotal	\$ -
				Σ= A+B+C	Precio Unitario	\$ 10,714

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)						
Proyecto: Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz			Ítem: 3.2.2			
Fecha: Noviembre 2023			Descripción: Sum. e Instalación de Sistema EFIS			
			Unidad: m2			
			Cantidad: 96.45			
A. Materiales						
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Barrera de Humedad RED COAT			Tin	0.020	\$ 48,300	\$ 966
Poliestireno Expandido 50 mm (20 kg/m3)			Paquete	0.167	\$ 25,462	\$ 4,244
Muro Fix 25 kg			Un	0.200	\$ 10,482	\$ 2,096
Malla DE Fibra de Vidrio			Rollo	0.020	\$ 56,050	\$ 1,121
Cinta de Refuerzo y Encap.			Un	0.020	\$ 6,081	\$ 122
Esquinero PVC con Malla			Un	0.06	\$ 54,025	\$ 3,242
Pintura Acrilica Terminacion Lisa			Gal	0.04	\$ 70,580	\$ 2,823
Perdidas			%		10	\$ 843
					Subtotal	\$ 15,456
B. Mano de Obra						
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Instalador de EIFS			h/d	0.250	\$ 35,000	\$ 8,750
Ayudante			h/d	0.250	\$ 27,500	\$ 6,875
Leyes Sociales			%		30	\$ 4,688
					Subtotal	\$ 20,313
C. Herramientas y Equipos						
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)
					Subtotal	\$ -
				Σ= A+B+C	Precio Unitario	\$ 35,769

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)						
Proyecto: Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz		Ítem: 3.3.1				
Fecha: Novimebre 2023		Descripción: Sum. e Instalación de Sistema EFIS H.A				
		Unidad: m2				
		Cantidad: 188.47				
A. Materiales						
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)	
Barrera de Humedad RED COAT		Tin	0.020	\$ 48,300	\$ 966	
Poliestireno Expandido 50 mm (30 kg/m3)		Paquete	0.167	\$ 38,151	\$ 6,359	
Muro Fix 25 kg		Un	0.200	\$ 10,482	\$ 2,096	
Malla DE Fibra de Vidrio		Rollo	0.020	\$ 56,050	\$ 1,121	
Cinta de Refuerzo y Encap.		Un	0.020	\$ 6,081	\$ 122	
Esquinero PVC con Malla		Un	0.06	\$ 54,025	\$ 3,242	
Pintura Acrilica Terminacion Lisa		Gal	0.04	\$ 70,580	\$ 2,823	
Perdidas		%		6	\$ 633	
				Subtotal	\$ 17,361	
B. Mano de Obra						
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)	
Instalador de EIFS		h/d	0.250	\$ 35,000	\$ 8,750	
Ayudante		h/d	0.250	\$ 27,500	\$ 6,875	
Leyes Sociales		%		30	\$ 4,688	
				Subtotal	\$ 20,313	
C. Herramientas y Equipos						
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)	
				Subtotal	\$ -	
			Σ= A+B+C	Precio Unitario	\$ 37,673	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)				
Proyecto: Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz		Ítem: 3.4.2		
Fecha: Noviembre 2023		Descripción: Nivelación de piso		
		Unidad: m2		
		Cantidad: 292.20		
A. Materiales				
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)
Mortero Nivelador de Piso 25 kg		Saco	1.18	\$ 6,050
Agua		m3	0.007	\$ 5,286
Perdidas		%		10 \$ 715

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)					
					
Proyecto:	Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz	Ítem:	4.1.1		
Fecha:	Novimebre 2023	Descripción:	Aplicación de Pintura Interior Muros		
		Unidad:	m2		
		Cantidad:	701.52		
A.	Materiales				
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Esmalte al Agua Blanco SemiBrillo		Tineta	0.017	\$ 86,462	\$ 1,441
Perdidas		%		10	\$ 144
				Subtotal	\$ 1,585
B.	Mano de Obra				
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Pintor		h/d	0.050	\$ 35,000	\$ 1,750
Ayudante		h/d	0.050	\$ 27,500	\$ 1,375
Leyes Sociales		%		30	\$ 938
				Subtotal	\$ 4,063
C.	Herramientas y Equipos				
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)
				\$ -	\$ -
				Subtotal	\$ -
			Σ= A+B+C	Precio Unitario	\$ 5,648

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)					
Proyecto: Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz		Ítem: 4.1.2		 Universidad de Valparaíso CHILE	
Fecha: Noviembre 2023		Descripción: Aplicación de Pintura Interior Cielos			
		Unidad: m2			
		Cantidad: 450.45			
A. Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Pintura Sherwin-Williams (Colores Según EETT)		Tineta	0.008	\$ 86,462	\$ 721
Perdidas		%		10	\$ 72
				Subtotal	\$ 793
B. Mano de Obra					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Pintor		h/d	0.050	\$ 35,000	\$ 1,750
Ayudante		h/d	0.050	\$ 27,500	\$ 1,375
Leyes Sociales		%		30	\$ 938
				Subtotal	\$ 4,063
C. Herramientas y Equipos					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)
				\$ -	\$ -
				Subtotal	\$ -
				Σ= A+B+C	Precio Unitario
					\$ 4,855

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)						
Proyecto: Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz		Ítem: 4.1.3				
Fecha: Novimebre 2023		Descripción: Instalacion Piso Vinílico				
		Unidad: m2				
		Cantidad: 292.20				
A.	Materiales					
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Piso Vinílico 2x20 m			Rollo	0.025	\$ 332,773	\$ 8,319
Palmeta Vinilica 0.35X0.35 m			Saco	0.236	\$ 8,059	\$ 1,901
Adhesivo Acrílico			Bolsa	0.148	\$ 39,739	\$ 5,887
Perdidas			%		10	\$ 1,611
					Subtotal	\$ 17,718
B.	Mano de Obra					
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Instalador de Piso Vinílico			h/d	0.020	\$ 35,000	\$ 700
Ayudante			h/d	0.020	\$ 27,500	\$ 550
Leyes Sociales			%		30	\$ 375
					Subtotal	\$ 1,625
C.	Herramientas y Equipos					
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)
					\$ -	\$ -
					Subtotal	\$ -
				Σ= A+B+C	Precio Unitario	\$ 19,343

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)						
Proyecto: Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz		Ítem: 4.2.1				
Fecha: Novimebre 2023		Descripción: Sum. e Instalación de Marcos y Puerta 0.90 m				
		Unidad: Un				
		Cantidad: 2.00				
A.	Materiales					
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Puerta de Pino Oregon 90x200 cm			Unidad	1.000	\$ 118,899	\$ 118,899
Bisagra 3 1/2" x 3 1/2" + Tornillos			Unidad	1.000	\$ 2,597	\$ 2,597
Marco de Madera Pino 40x90x5400 mm			Unidad	1.0000	\$ 12,849	\$ 12,849
Perdidas			%		10	\$ 13,434
					Subtotal	\$ 147,779
B.	Mano de Obra					
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Instalador de Puerta			h/d	0.333	\$ 35,000	\$ 11,667
Ayudante			h/d	0.333	\$ 27,500	\$ 9,167
Leyes Sociales			%		30	\$ 6,250
					Subtotal	\$ 27,084
C.	Herramientas y Equipos					
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)
					\$ -	\$ -
					Subtotal	\$ -
				Σ= A+B+C	Precio Unitario	\$ 174,863

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)					
Proyecto: Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz		Ítem: 4.2.2			
Fecha: Novimebre 2023		Descripción: Sum. e Instalación de Marcos y Puerta 0.80 m			
		Unidad: un			
		Cantidad: 4.00			
A.	Materiales				
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Puerta de Pino Oregón 80x200 cm		Unidad	1.000	\$ 81,420	\$ 81,420
Bisagra 3 1/2" x 3 1/2" + Tornillos		Unidad	1.000	\$ 2,597	\$ 2,597
Marco de Madera Pino 40x90x5400 mm		Unidad	1.0000	\$ 12,849	\$ 12,849
Perdidas		%		10	\$ 9,687
				Subtotal	\$ 106,552
B.	Mano de Obra				
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Instalador de Puerta		h/d	0.333	\$ 35,000	\$ 11,667
Ayudante		h/d	0.333	\$ 27,500	\$ 9,167
Leyes Sociales		%		30	\$ 6,250
				Subtotal	\$ 27,084
C.	Herramientas y Equipos				
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)
				\$ -	\$ -
				Subtotal	\$ -
			Σ= A+B+C	Precio Unitario	\$ 133,636

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)					
Proyecto: Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz		Ítem: 4.2.3			
Fecha: Novimebre 2023		Descripción: Sum. e Instalación de Marcos y Puerta 0.70 m			
		Unidad: un			
		Cantidad: 8.00			
A. Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Puerta de Pino Oregón 70x200 cm		Unidad	1.000	\$ 113,437	\$ 113,437
Bisagra 3 1/2" x 3 1/2" + Tornillos		Unidad	1.000	\$ 2,597	\$ 2,597
Marco de Madera Pino 40x90x5400 mm		Unidad	1.0000	\$ 12,849	
Perdidas		%		10	\$ 11,603
				Subtotal	\$ 127,637
B. Mano de Obra					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Instalador de Puerta		h/d	0.333	\$ 35,000	\$ 11,667
Ayudante		h/d	0.333	\$ 27,500	\$ 9,167
Leyes Sociales		%		30	\$ 6,250
				Subtotal	\$ 27,084
C. Herramientas y Equipos					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)
				\$ -	\$ -
				Subtotal	\$ -
		Σ= A+B+C		Precio Unitario	\$ 154,721

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)					
Proyecto: Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz		Ítem: 4.2.4			
Fecha: Noviembre 2023		Descripción: Sum. e Instalación de Quincallería			
		Unidad: un			
		Cantidad: 14.00			
A. Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Cerradura Embutida de Manilla Negra		Unidad	1.000	\$ 36,134	\$ 36,134
Perdidas		%		10	\$ 3,613
				Subtotal	\$ 39,748
B. Mano de Obra					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Maestro Instalador de Cerrojo		h/d	0.333	\$ 35,000	\$ 11,667
Ayudante		h/d	0.333	\$ 27,500	\$ 9,167
Leyes Sociales		%		30	\$ 6,250
				Subtotal	\$ 27,084
C. Herramientas y Equipos					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)
				\$ -	\$ -
				Subtotal	\$ -
		Σ= A+B+C		Precio Unitario	\$ 66,832

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)						
Proyecto: Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz		Ítem: 5.2.1				
Fecha: Novimebre 2023		Descripción: Rehubicación de Vano Puerta				
		Unidad: m2				
		Cantidad: 9.60				
A.	Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)	
Pino Dimensionado Seco de 2x3" 3.20 mt		Pieza	1.867	\$ 1,090	\$ 2,035	
Clavo Corriente 4"		Bolsa	0.120	\$ 1,681	\$ 202	
Perdidas		%		10	\$ 224	
				Subtotal	\$ 2,461	
B.	Mano de Obra					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)	
Carpintero		h/d	0.208	\$ 35,000	\$ 7,292	
Ayudante		h/d	0.208	\$ 27,000	\$ 5,625	
Leyes Sociales		%		30	\$ 3,875	
				Subtotal	\$ 16,792	
C.	Herramientas y Equipos					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)	
				\$ -	\$ -	
				Subtotal	\$ -	
				Σ= A+B+C	Precio Unitario	\$ 19,253

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)				
				
Proyecto:	Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz		Ítem:	5.2.2
Fecha:	Noviembre 2023		Descripción:	Moldajes Rampas (2 USOS)
			Unidad:	m2
			Cantidad:	13.67
A. Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Tapa de Madera 1x4" x 3.20 m	Pieza	1.463	\$ 1,084	\$ 1,586
Terclado Estructural 1,22x2,44	Plancha	0.336	\$ 14,025	\$ 4,712
Clavos	Bolsa	0.120	\$ 1,413	\$ 170
Perdidas	%		10	\$ 647
			Subtotal	\$ 7,114
B. Mano de Obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Carpintero	h/d	0.146	\$ 35,000	\$ 5,121
Jornal	h/d	0.146	\$ 23,000	\$ 3,365
Leyes Sociales	%		30	\$ 2,546
			Subtotal	\$ 11,032
C. Herramientas y Equipos				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)
			\$ -	\$ -
			Subtotal	\$ -
			Σ= A+B+C	Precio Unitario
				\$ 18,146

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)				
				
Proyecto:	Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz		Ítem:	5.2.3
Fecha:	Noviembre 2023		Descripción:	Hormigón Rampas
			Unidad:	m3
			Cantidad:	20.36
A. Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Hormigón H-20 Predosificado en Saco	M3	81.97	\$ 1,950	\$ 159,802
Agua	M3	0.246	\$ 2,934	\$ 721
Perdidas	%		10	\$ 16,052
			Subtotal	\$ 176,575
B. Mano de Obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Concretero	h/d	0.125	\$ 35,000	\$ 4,375
Ayudante	h/d	0.125	\$ 27,500	\$ 3,438
Jornal	h/d	0.125	\$ 23,000	\$ 2,875
Leyes Sociales	%		30	\$ 3,206
			Subtotal	\$ 13,894
C. Herramientas y Equipos				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)
			Subtotal	\$ -
			Σ= A+B+C	Precio Unitario
				\$ 190,470

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)					
		 Universidad de Valparaíso CHILE			
Proyecto:	Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz	Ítem:	5.2.4		
Fecha:	Noviembre 2023	Descripción:	Sum. e Instalación de Instalación de Barandas		
		Unidad:	Kg		
		Cantidad:	294.56		
A.	Materiales				
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Perfil Tubular 1 3/4" x 2 mm		Perfil	0.080	\$ 13,506	\$ 1,077
Base Metalica Tubular 1 3/4"		Unidad	0.22	\$ 5,000	\$ 1,120
Perno de Anclaje 1/2" x 4 1/2"		Unidad	0.90	\$ 12,429	\$ 11,139
Perdidas		%		10	\$ 1,334
				Subtotal	\$ 14,670
B.	Mano de Obra				
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Soldador		h/d	0.033	\$ 40,000	\$ 1,333
Ayudante		h/d	0.033	\$ 35,000	\$ 1,167
Leyes Sociales		%		30	\$ 750
				Subtotal	\$ 3,250
C.	Herramientas y Equipos				
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)
				\$ -	\$ -
				Subtotal	\$ -
			Σ= A+B+C	Precio Unitario	\$ 17,920

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)					
					
Proyecto:	Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz	Ítem:	5.2.5		
Fecha:	Noviembre 2023	Descripción:	Sum. e Instalación de Baldosa Podotactil		
		Unidad:	m2		
		Cantidad:	12.94		
A. Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Baldosa Podotáctil Sobrepueta 0.30x0.60 m + Fijaciones Especiales		Baldosa	5.556	\$ 18,281	\$ 101,561
Adhesivo Epoxico		Cilindro	1.389	\$ 1,336	\$ 1,856
Perdidas		%		2	\$ 2,068
				Subtotal	\$ 105,485
B. Mano de Obra					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Ceramista		h/d	0.067	\$ 35,000	\$ 2,333
Ayudante		h/d	0.067	\$ 27,500	\$ 1,833
Leyes Sociales		%		30	\$ 1,250
				Subtotal	\$ 5,416
C. Herramientas y Equipos					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)
				\$ -	\$ -
				Subtotal	\$ -
				Σ= A+B+C	\$ 110,901

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)						
Proyecto: Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz		Ítem: 5.2.6				
Fecha: Novimebre 2023		Descripción: Sum. y Aplicación de Protección Barandas				
		Unidad: m2				
		Cantidad: 78.68				
A. Materiales						
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)	
Anticorrosivo Negro		Galón	0.040	\$ 22,933	\$ 917	
Perdidas		%		10	\$ 92	
				Subtotal	\$ 1,009	
B. Mano de Obra						
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)	
Pintor		h/d	0.050	\$ 35,000	\$ 1,750	
Ayudante		h/d	0.050	\$ 27,500	\$ 1,375	
Leyes Sociales		%		30	\$ 938	
				Subtotal	\$ 4,063	
C. Herramientas y Equipos						
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)	
				\$ -	\$ -	
				Subtotal	\$ -	
				Σ= A+B+C	Precio Unitario	\$ 5,072

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)						
Proyecto: Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz			Ítem: 5.2.7			
Fecha: Noviembre 2023			Descripción: Sum. y Aplicación de Pintura Barandas			
			Unidad: m2			
			Cantidad: 78.68			
A. Materiales						
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Esmalte Sintetico Negro Brillante			Galón	0.050	\$ 32,008	\$ 1,600
Perdidas			%		10	\$ 160
					Subtotal	\$ 1,760
B. Mano de Obra						
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Pintor			h/d	0.050	\$ 35,000	\$ 1,750
Ayudante			h/d	0.050	\$ 27,500	\$ 1,375
Leyes Sociales			%		30	\$ 938
					Subtotal	\$ 4,063
C. Herramientas y Equipos						
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)
					\$ -	\$ -
					Subtotal	\$ -
					Σ= A+B+C	
					Precio Unitario	\$ 5,823

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)						
Proyecto: Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz			Ítem: 5.3.1			
Fecha: Noviembre 2023			Descripción: Sum. e Instalación de Dispensador de Jabón y Papel			
			Unidad: gl			
			Cantidad: 1.00			
A. Materiales						
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Dispensador de Jabón de Acero Inoxidable 500 ml			Unidad	1.000	\$ 15,076	\$ 15,076
Dispensador para Papel Higiénico			Unidad	1.000	\$ 15,504	\$ 15,504
Tornillo con Tarugo Bolsa 12 Unidades			Bolsa	2.000	\$ 2,176	\$ 4,353
Perdidas			%		0	\$ -
					Subtotal	\$ 34,933
B. Mano de Obra						
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Instalador de Dispensadores			h/d	1.000	\$ 13,750	\$ 13,750
Leyes Sociales			%		30	\$ 4,125
					Subtotal	\$ 17,875
C. Herramientas y Equipos						
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)
					\$ -	\$ -
					Subtotal	\$ -
				Σ= A+B+C	Precio Unitario	\$ 52,808

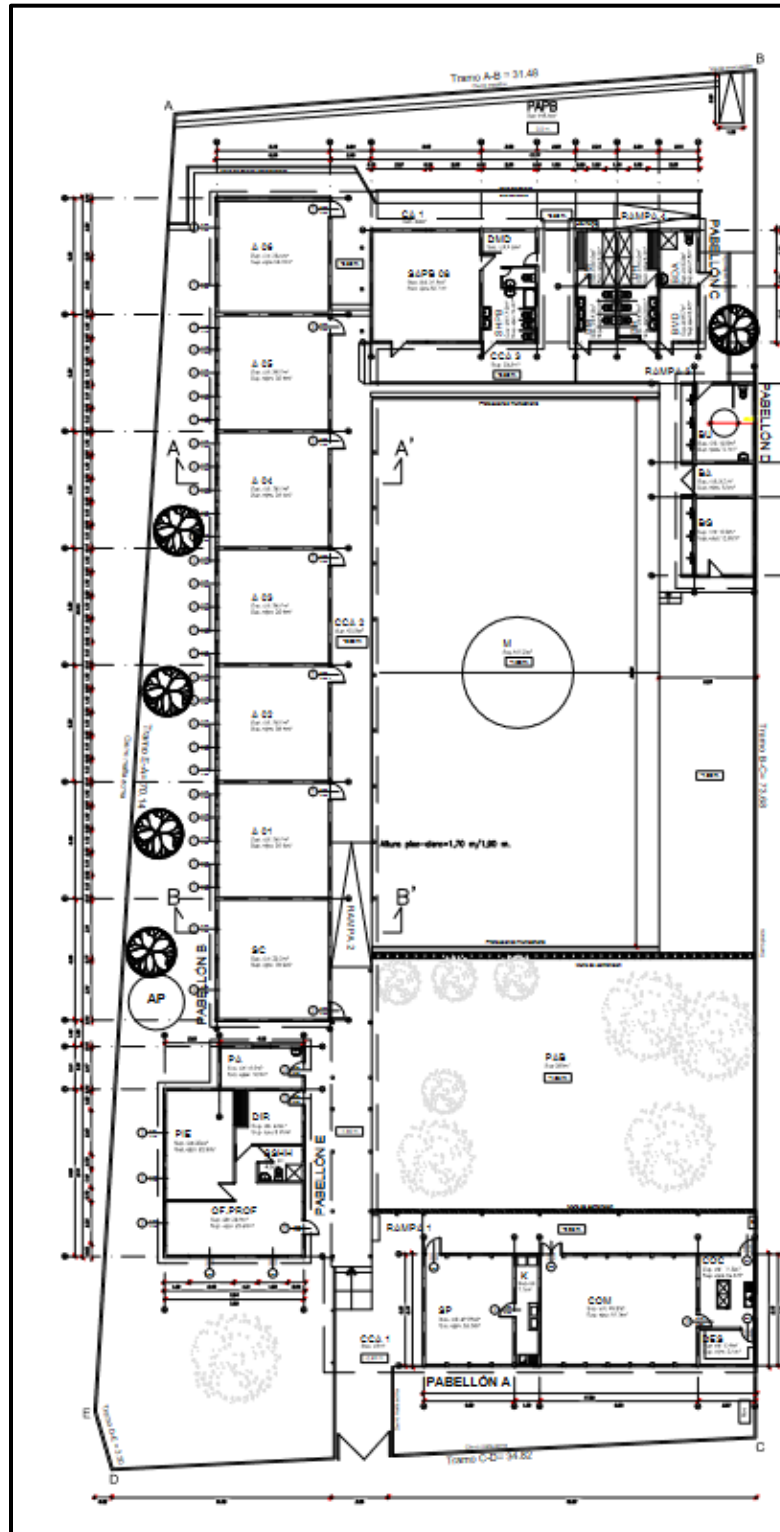
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)						
Proyecto: Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz			Ítem: 5.3.2			
Fecha: Novimebre 2023			Descripción: Rehubicación de Repisas			
			Unidad: gl			
			Cantidad: 1.00			
A. Materiales						
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Tornillo 1 1/2" con Tarugo Bolsa 6 Un			Bolsa	3.000	\$ 1,090	\$ 3,270
Pasta Muro 1kg			Bolsa	1.000	\$ 882	\$ 882
Perdidas			%		0	\$ -
					Subtotal	\$ 4,152
B. Mano de Obra						
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Instalador de Repisas			h/d	1.000	\$ 13,750	\$ 13,750
Leyes Sociales			%		30	\$ 4,125
					Subtotal	\$ 17,875
C. Herramientas y Equipos						
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)
					\$ -	\$ -
					Subtotal	\$ -
			Σ= A+B+C		Precio Unitario	\$ 22,027

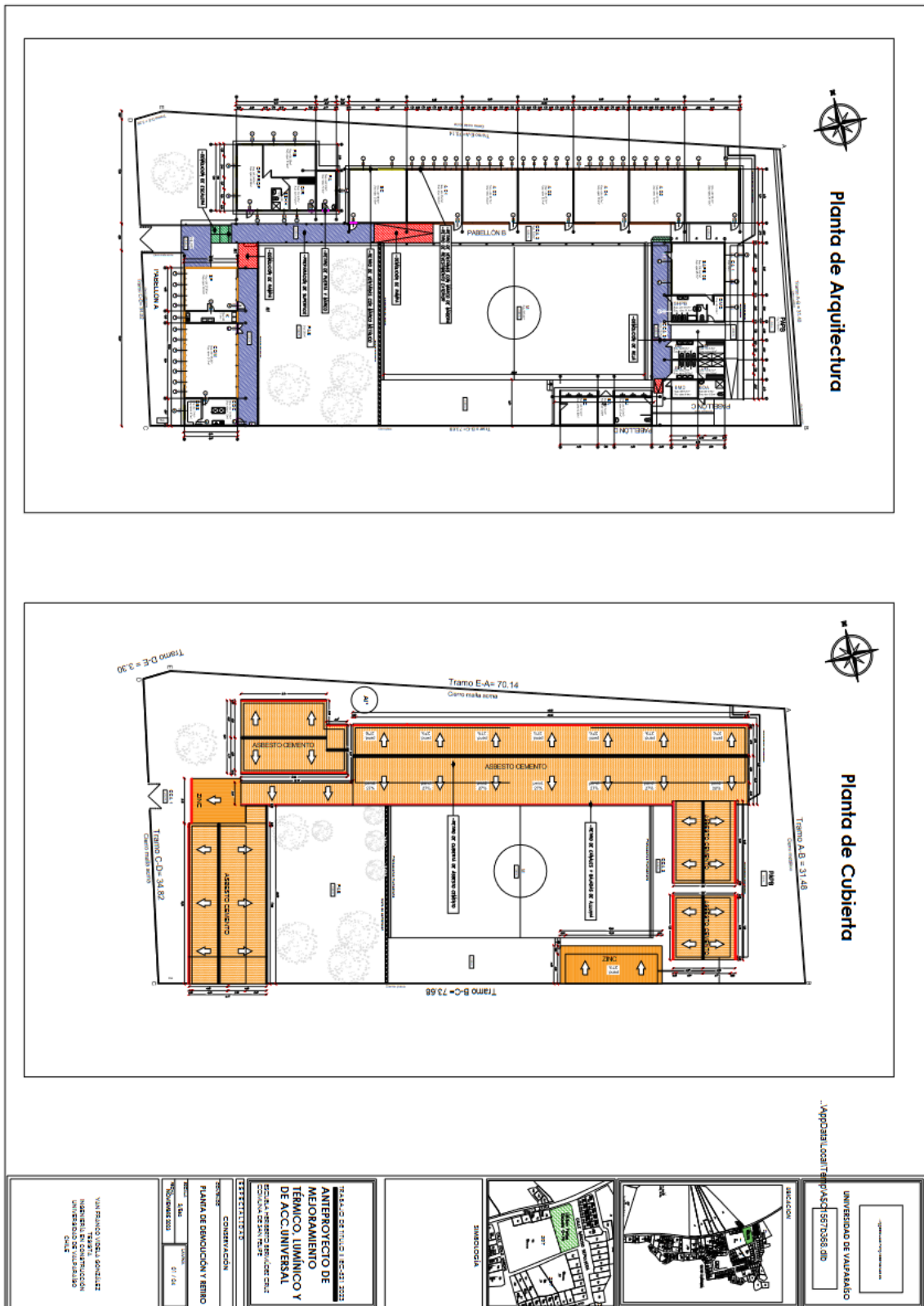
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)				
Proyecto: Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz		Ítem: 5.4.2		
Fecha: Noviembre 2023		Descripción: Nivelación de pasillos		
		Unidad: m2		
		Cantidad: 241.33		
A.	Materiales			
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)
Mortero Nivelador de Piso 25 kg		Saco	1.76	\$ 6,050
Agua		m3	0.010	\$ 5,286
Perdidas		%		10
				\$ 1,073
				Subtotal \$ 11,803
B.	Mano de Obra			
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)
Albañil		h/d	0.048	\$ 35,000
Ayudante		h/d	0.048	\$ 27,500
Leyes Sociales		%		30
				\$ 893
				Subtotal \$ 3,870
C.	Herramientas y Equipos			
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)
				\$ -
				\$ -
				Subtotal \$ -
			Σ= A+B+C	Precio Unitario \$ 15,674

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)						
Proyecto: Mejoramiento Heriberto Bermudez Cruz		Ítem: 5.4.3				
Fecha: Noviembre 2023		Descripción: Sum. e Inst. de Señaleticas de Ruta Accesible y Baños de Barandas				
		Unidad: gl				
		Cantidad: 1.00				
A. Materiales						
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)	
Señalética Ruta Accesible Derecha		Unidad	3.000	\$ 43,469	\$	130,407
Señalética Ruta Accesible Izquierda		Unidad	3.000	\$ 43,469	\$	130,407
Señalética Baño Universal		Unidad	1.000	\$ 43,333	\$	43,333
Tornillo Para Madera Bolsa 4 Unidades		Bolsa	4.000	\$ 580	\$	2,319
Tornillo con Tarugo Bolsa 12 Unidades		Bolsa	2.000	\$ 2,176	\$	4,353
Perdidas		%		0	\$	-
				Subtotal	\$	310,819
B. Mano de Obra						
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)	
Instalador de Señalética		h/d	1.000	\$ 17,500	\$	17,500
Leyes Sociales		%		30	\$	5,250
				Subtotal	\$	22,750
C. Herramientas y Equipos						
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario por día (\$)	Precio Total (\$)	
				\$ -	\$	-
				Subtotal	\$	-
			Σ= A+B+C	Precio Unitario	\$	333,569

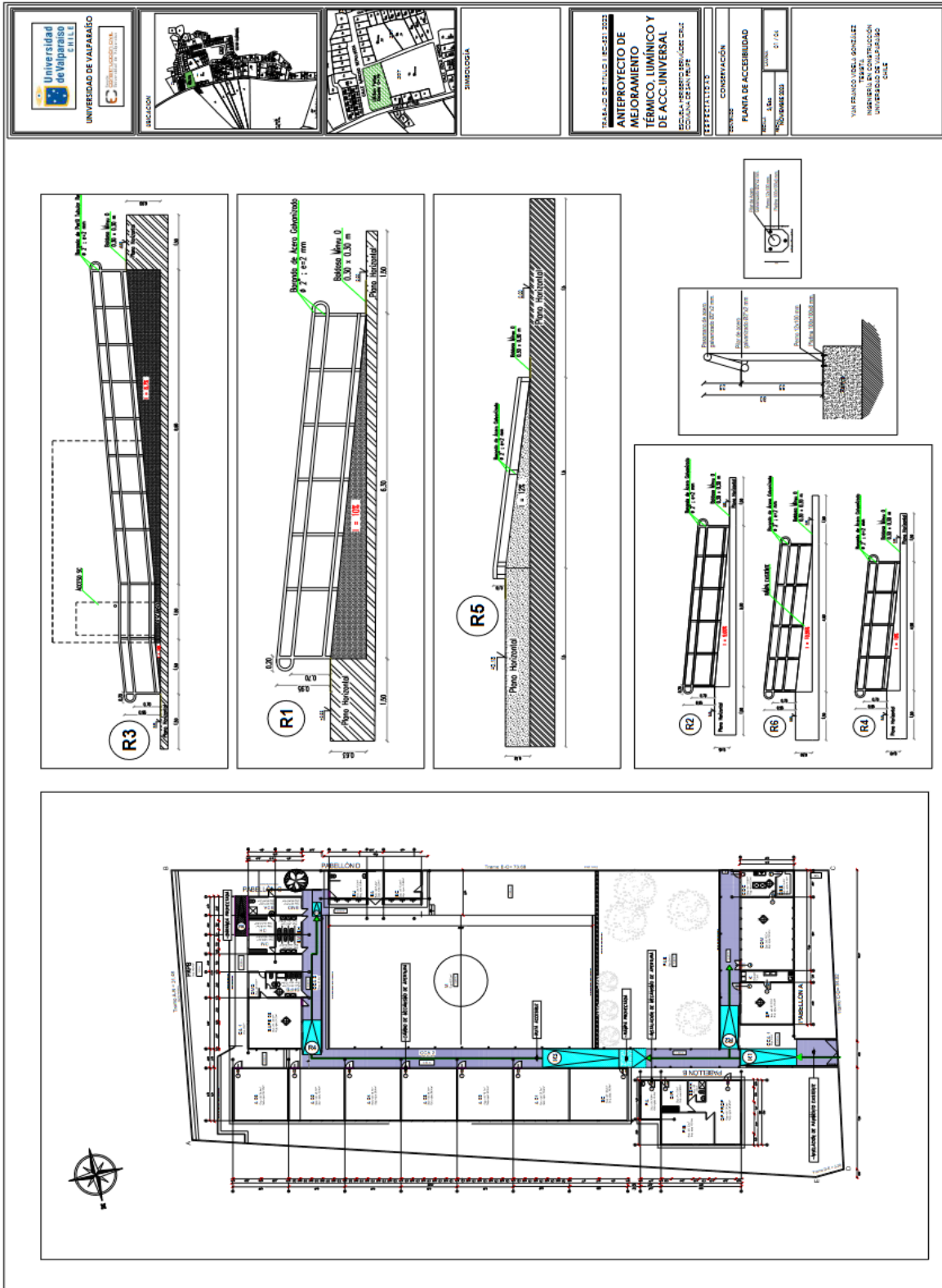
Anexo 4: Planimetrías

Planta de Arquitectura Existente



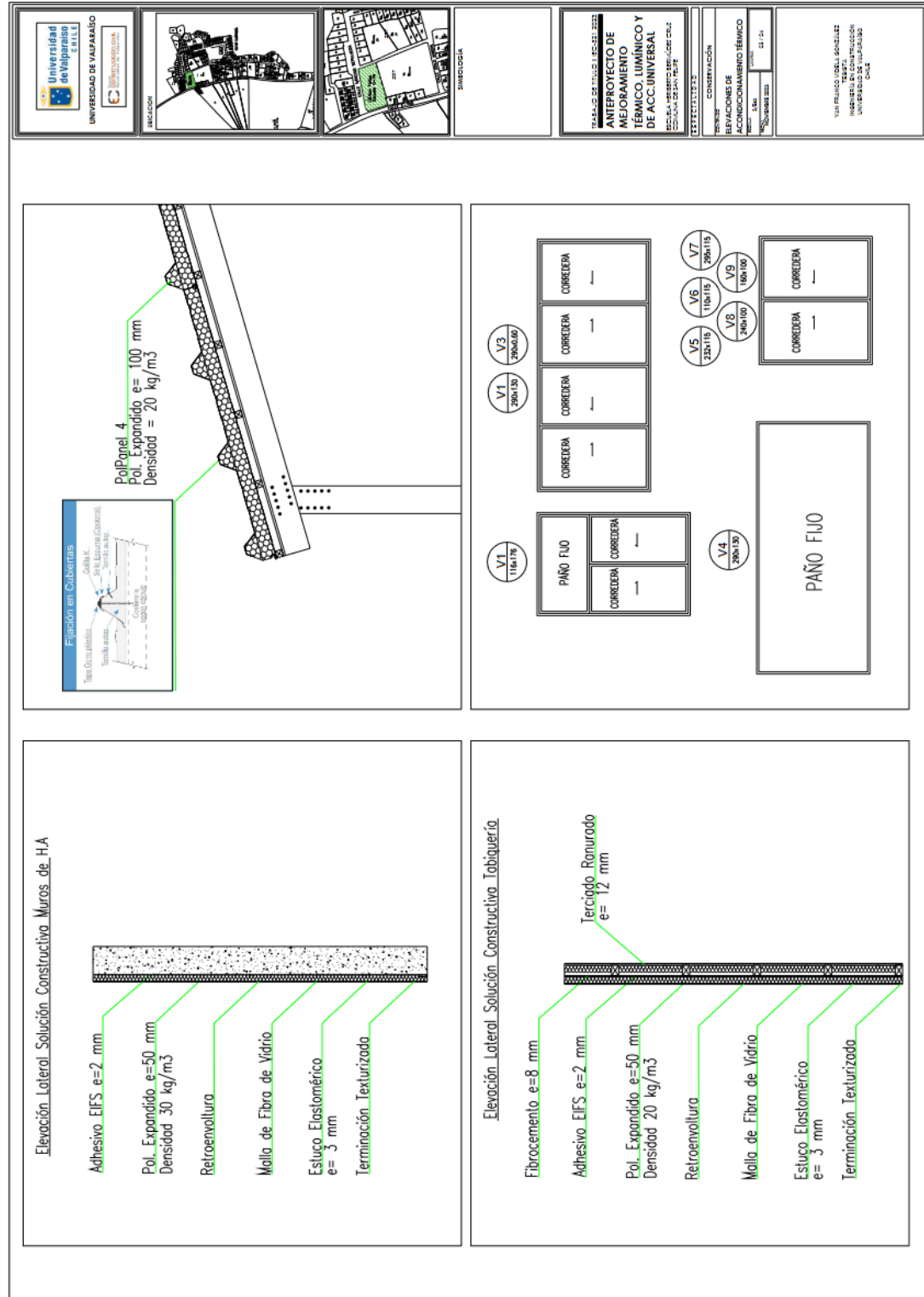


Planta de Arquitectura de Accesibilidad

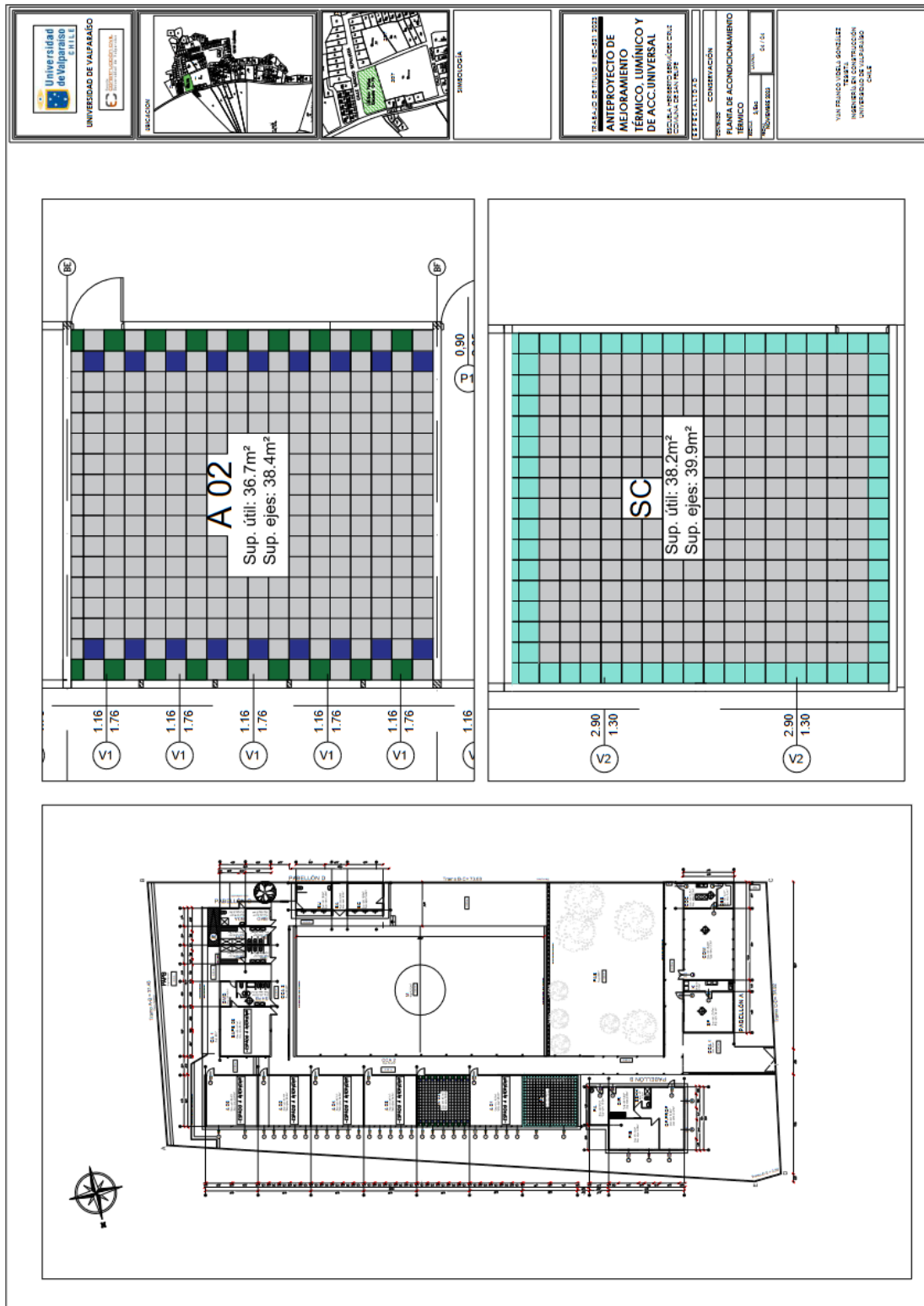




Planta de Elevaciones Soluciones de Acondicionamiento Térmico



Planta de Mejoras de Iluminación Pasivas



Anexo 5: Especificaciones Técnicas

Especificaciones Técnicas

“ANTEPROYECTO DE MEJORAMIENTO TÉRMICO,
LUMÍNICO Y DE ACCESIBILIDAD UNIVERSAL ESCUELA
HERIBERTO BERMÚDEZ CRUZ”

OBRA	ANTEPROYECTO DE MEJORAMIENTO TÉRMICO, LUMÍNICO Y DE ACCESIBILIDAD UNIVERSAL ESCUELA HERIBERTO BERMÚDEZ
UBICACIÓN	Calle E-705, SECTOR EL ENCON, SAN FELIPE
AUTOR	YAN FRANCO VIDELA GONZÁLEZ

GENERALIDADES

Descripción de las Obras

Las presentes especificaciones técnicas corresponden a un anteproyecto de titulación denominado como “*Anteproyecto de Mejoramiento Térmico, Lumínico y de Accesibilidad Universal para la Escuela Heriberto Bermúdez Cruz*”, ubicada en calle E-705, sector El Encon, de la comuna de San Felipe.

Las obras de conservación son las siguientes:

- Retiro de Cubierta de Asbesto Cemento.
- Incorporación de aislación térmica en techumbre y obras complementarias.
- Incorporación de techumbre.
- Incorporación de aislación térmica en muros de recintos.
- Cambio y mantención de pisos en salas de clases.
- Pinturas en cielos y muros interiores.
- Cambio de puertas.
- Cambio de ventanas.
- Obras de accesibilidad universal.

A continuación, se detallarán todas las partidas necesarias para materializar las obras anteriormente mencionadas.

1. Instalación de Faenas

La presente sección abarca todas las actividades preliminares necesarias antes del comienzo de la obra, así como la implementación de medidas destinadas a garantizar la protección y el bienestar del personal técnico, administrativo y obrero involucrado en el proyecto. Esto incluye la limpieza y preparación del terreno, el trasplante de árboles existentes (sólo si es necesario), y la eliminación de escombros. Cualquier construcción o instalación temporal deberá ser retirada por el contratista al finalizar la obra, dejando los espacios utilizados para estos fines en las mismas condiciones en que se encontraban antes del inicio de los trabajos, o bien en las condiciones estipuladas por el proyecto, según corresponda.

1.1 Construcciones Provisorias

El contratista será responsable de proporcionar las construcciones temporales necesarias para el desarrollo adecuado del proyecto. La instalación y desmontaje de estas estructuras será responsabilidad exclusiva del contratista, quien deberá cumplir con todas las leyes, reglamentos, ordenanzas y otros documentos regulatorios vigentes en el momento de la implementación del proyecto. Se dará preferencia al uso de instalaciones prefabricadas y modulares del tipo “contenedor”. El contratista deberá considerar, como mínimo, los siguientes espacios:

1.1.1 Oficina de la Empresa Constructora

Se deberá establecer una oficina para la empresa constructora con una superficie adecuada a sus necesidades y una sala de reuniones para uso compartido con el ITO. Estos espacios deberán mantenerse limpios en todo momento y deben estar listos dentro de los primeros 10 días después de la entrega del terreno.

1.1.2 Bodega de Materiales y Herramientas

Se deberán disponer almacenes para el almacenamiento de materiales y equipos. Los almacenes tendrán las dimensiones adecuadas para la cantidad de materiales y herramientas necesarias en el proyecto, equipándolos con estanterías y espacios necesarios para un almacenamiento correcto.

1.1.3 Comedores de Trabajadores

Se deberá habilitar comedores de acuerdo con las Exigencias Estipuladas por la Dirección del Trabajo.

1.1.4 Servicios Higiénicos

Se deberá utilizar casetas sanitarias químicas portátiles o una solución técnicamente equivalente en la cantidad que exigen las normas de acuerdo con el número de personas contratadas.

1.1.5 Acopio De Materiales

Se deberá destinar un lugar seguro dentro de la obra para acopiar los materiales a utilizar en la construcción. La constructora deberá generar, al interior del sitio y por ningún motivo en la vía pública, un espacio para el acopio de basura y escombros propios de la obra, que no obstruya los accesos, salidas de emergencia y circulaciones interiores de la obra. En caso de ser necesario, será a cargo, costo y gestión de la constructora, la obtención de permisos municipales para el uso de la vía pública. Se deberán tomar las medidas necesarias de extracción periódica y contención aislada de los residuos orgánicos, para evitar la aparición de vectores, durante todo el transcurso de las faenas hasta la entrega definitiva. En caso de que aparecieran vectores, por cualquier motivo, la constructora deberá hacerse cargo de la fumigación y control de plagas. Cuando sea el caso, se deberá hacer entrega al ITO el documento y certificación pertinente. Todos los residuos deberán ser retirados y llevados a vertederos autorizados según su tipo.

1.1.6 Correcto Manejo y Disposición de Residuos de Obra

La totalidad de los escombros que se produzcan en la obra deberán ser gestionados en forma segura, ordenada y retirada en camiones a botaderos autorizados que cumplan con la reglamentación de protección ambiental.

1.1.7 Aseo y Entrega de Obra

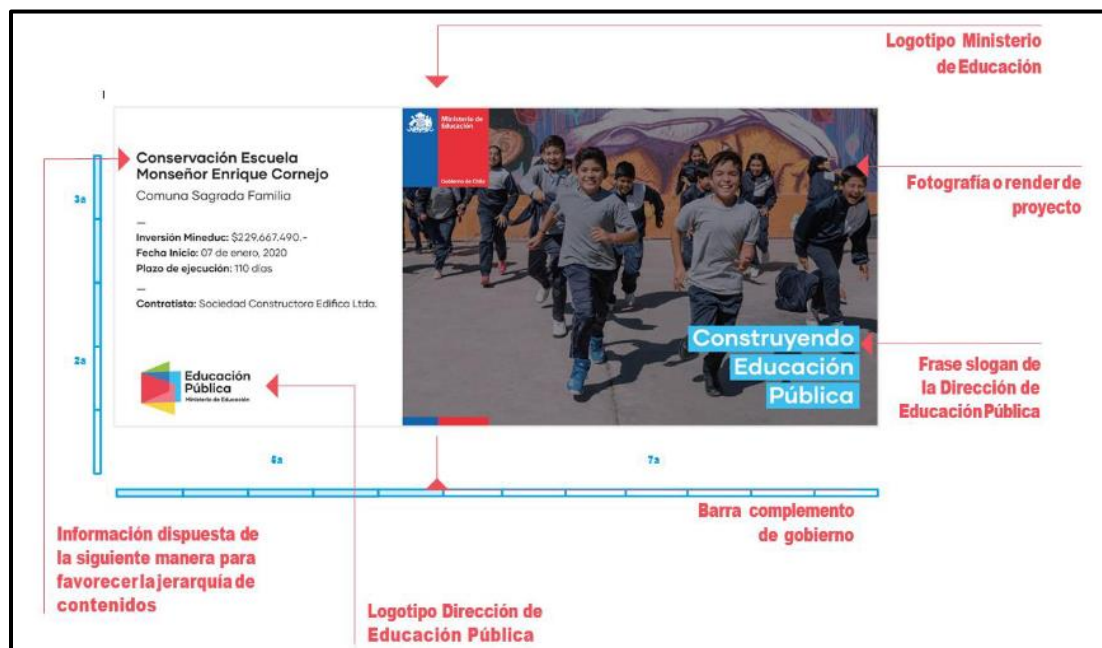
Será de cargo del Contratista el despeje de basuras, escombros, despuntes, etc. Que hubiere antes de la iniciación de la obra y durante su ejecución. Todo material sobrante como excedentes de excavaciones, de rellenos, de escarpes, de demoliciones, etc. se extraerá de la obra y se transportará a botadero autorizado. Asimismo, será obligatorio la mantención y entrega de la obra en perfecto estado de limpieza. Al término de los trabajos se retirarán todos los escombros e instalaciones provisionarias quedando el terreno y la obra limpia y despejada. Durante la construcción el contratista deberá mantener las vías internas de circulación como las que rodean la obra, de modo que el tránsito por ellas no produzca material particulado (polvo). Las obras se entregarán en perfecto estado y limpias, con todos los sistemas y artefactos funcionando.

1.2 Letrero de Obra

Se deberá instalar en lugar visible y previa coordinación con el sostenedor del establecimiento educacional, un letrero indicativo hecho en plancha de acero galvanizado de 3,5 mm. El letrero deberá ser colocado a una altura adecuada con los refuerzos necesarios para su estabilidad. Deberá corresponder al tamaño y formato en coincidencia, según “Guía de vallas de obras”, Anexo 5. Guía de vallas de obras, de la Dirección de Educación Pública (DEP), versión 1.0 - enero 2020, MINEDUC. El letrero será de 1.5 x 3.6 m, confeccionado por medio de un tablero de terciado estructural de 18 mm. La gráfica se imprimirá sobre tela de PVC, la que se dispondrá sobre el tablero o gigantografía adhesiva sobre letrero.

El formato que debe presentar el letrero de obras deberá ejecutarse según lo señalado a continuación:

Figura 1.1: Formato Letrero de Obras para Proyectos de Conservación



Fuente: Ministerio de Educación (2020)

2.0 Obras de Demolición y Retiro

2.1 Retiro de Cubierta de Asbesto Cemento

Se consulta el desarme y retiro de las cubiertas de techos de asbesto cemento existentes en el establecimiento educacional, indicados en plano de arquitectura.

Para el retiro de estas planchas, se deberá considerar el subcontrato de empresa especialista de esta partida, la cual deberá cumplir con la normativa dispuesta en los artículos 3, 18, 19, 20 y 46 del D.S. N 594/99, Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo; D.S.N 148/03 del Minsal, Reglamento Sanitario Sobre Manejo de Residuos Peligrosos; D.S. N 656/00 del Minsal, Prohíbe el Uso del Asbesto en Productos que Indica; D.S. N 17/09 del Minsal que Modifica Art. 9° del D.S. N 656; Manual para la Elaboración de un Plan de Trabajo con Materiales que contienen Asbesto Friable y no Friable, del Minsal; lo dispuesto en los artículos 5 y 9 del Código Sanitario; en el Decreto Ley N° 2763/79; en la Ley N° 19.937; en el Decreto Supremo N° 136/05 que aprobó el Reglamento Orgánico del Ministerio de Salud; en los artículos 161 y siguientes del Código Sanitario.

Acciones previas de la partida:

1. Para realizar los trabajos de retiro del material que contiene asbesto (MCA), la(s) instalación(es) deberá(n) encontrarse desocupada(s), lo que será verificado antes del inicio de la respectiva jornada de trabajo. Los trabajadores y la comunidad sólo podrán utilizar las dependencias una vez terminada la jornada de trabajo de ese día. Todo lo anterior se solicita para el período de retiro del MCA, y la limpieza del inmueble educacional.

2. La empresa ejecutante es responsable de que se capacite y entrene a los trabajadores antes de iniciar los trabajos y durante su ejecución según lo programado de forma periódica mediante charlas al iniciar la jornada de trabajo; se deberá capacitar sobre todos los riesgos que involucran las tareas a realizar; sobre el uso, mantención y limpieza de los elementos de protección personal (EPP) (incluyendo capacitación práctica sobre pruebas de hermeticidad, colocación y retiro de buzo desechable, etc.); riesgos de trabajos en altura; riesgos eléctricos; y en especial en lo relativo a los riesgos por exposición a asbesto.

3. Los trabajadores que participen en las labores de retiro y eliminación de MCA, deberán recibir y utilizar los EPP adecuados según las funciones establecidas para cada uno de ellos: buzo desechable tipo tyvek con capucha, máscara de medio rostro con filtro P100 o de mejor calidad, los que se eliminarán junto a los residuos generados (MCA) una vez utilizados; zapatos, guantes, casco y antiparras de seguridad y todos los EPP según los riesgos presentes. Todos estos EPP deberán ser entregados por el empleador en forma completamente gratuita a los trabajadores y deben ser de calidad certificada. De igual forma se deben utilizar cuerdas de vida y arnés de seguridad, además de implementar todas las medidas de seguridad para trabajos en altura y con riesgos eléctricos.

4. Los trabajadores deben estar incorporado a un "Programa de Vigilancia de Salud de los trabajadores por Exposición a Asbesto" por Organismo Administrador de la Ley N° 16.744.

Ejecución de la partida:

Para la ejecución del trabajo de retiro de los techos de MCA se debe considerar que:

1. Antes del inicio de los trabajos se deberá(n) inspeccionar la(s) instalación(es) y cuando se detecte que los cielos se encuentran en mal estado, se deberá instalar un cielo falso.

2. Si se tiene sospechas de que haya caído polvo al interior de la(s) instalación(es), se procederá a tomar todas las medidas necesarias para asegurar la descontaminación del lugar.

3. Durante el período de retiro de planchas de asbesto cemento y la limpieza de la estructura soportante del techo, las instalaciones deberán encontrarse sin comunidad, lo que se deberá verificar antes del inicio de la respectiva jornada de trabajo.

4. Los trabajadores que realicen labores en altura deberán utilizar cuerdas de vida y arnés de seguridad y tanto la solicitante como la ejecutante deben implementar todas las medidas de seguridad para los trabajos en altura.

5. Se deberá proporcionar la iluminación reglamentaria a los trabajadores durante las obras de manera de evitar accidentes, considerando el horario de trabajo.

6. Las superficies que utilicen los trabajadores para desplazarse en altura deben ser construidas, dispuestas y mantenidas de manera tal que sean seguras para sus desplazamientos.

7. Se debe controlar que en ningún momento circulen personas bajo el área de trabajo, como tampoco se debe ubicar el punto de paletizado por debajo de ésta, demarcando claramente el área de seguridad para su trabajo.

8. Se deberá encapsular los MCA antes de iniciar los trabajos, utilizando una disolución de agua y látex vinílico al 2°% o solución gomosa, aplicándola por aspersión con equipo de baja presión para evitar desprendimiento de fibra.

9. Antes de bajar las planchas de asbesto cemento de los techos, o tan pronto se realice su descenso, se les aplicará otra capa de líquido encapsulante por su cara inferior.

10. Se deberá cubrir con capa de polietileno el punto de descenso de las planchas para evitar la contaminación de dicha área.

11. Una vez bajadas las planchas de asbesto cemento, antes de ser llevadas a la zona de almacenamiento, se deben volver a encapsular (envolver) con stretch film o capa de plástico de a lo menos 80 micras de espesor, etiquetar con señalética de asbesto y sellados con cinta de embalaje.

12. En caso de utilizar escaleras para acceder al techo, esta deberá dar cumplimiento a las Normas Chilenas NCh. 35a/1 Of. 2000 y NCh. 351/3 Of. 2002

13. En caso de utilizar andamios, estos deberán ser reglamentarios y ser afianzados a la estructura existente, siempre y cuando cuente con la resistencia necesaria para asegurarlos a ella, y se tomarán todas las medidas de seguridad necesarias para su montaje, uso y desmontaje.

14. En caso de utilizar cuerdas y eslingas para bajar el MCA, estas deberán ser reglamentarias.

15. En caso de utilizar grúa pluma u otro para el retiro de las planchas estos deberán transportar una por una las planchas amarradas con eslingas en 4 puntas desde el cielo hasta zona de recepción.

16. En caso de utilizar elevador de tijeras/plataforma elevadora telescópica para el retiro de las planchas se deberá verificar, antes de utilizarlo, que cuente con la capacidad necesaria, considerando las características del MCA a bajar.

17. Se debe evitar el rompimiento del MCA, y está prohibido utilizar máquinas de alta velocidad en su corte, ya que estas pueden generar la liberación de fibra al ambiente.

18. Al trasladar los residuos con asbesto hasta la zona de almacenamiento transitorio se debe tener precaución de evitar que estas se caigan y dañen.

19. Luego de ser retirados los MCA, las áreas intervenidas deben ser cuidadosamente limpiadas con paños húmedos y con aspiradora de alta eficiencia con filtro HEPA, de manera que no quede fibra de asbesto, y ser eliminados como residuos en los contenedores, etiquetados y ser manejados de igual forma que el resto de los residuos de MCA.

Requerimientos de la partida:

1. La empresa ejecutante, deberá contar con una Zona de Descontaminación, esta zona deberá ser habilitada para la descontaminación de los trabajadores, y estará conformada por tres áreas: una “Zona Limpia” (con casilleros para guardar la ropa limpia), una “Zona de Duchas” (con duchas con agua caliente y fría, así como evacuación de aguas residuales conectada al alcantarillado) y una “Zona Sucia” (con contenedor con bolsa plástica, señalizado y con tapa para los EPP contaminados con asbesto), en éste sector los trabajadores podrán limpiar sus EPP en forma manual, con esponjas humectadas con agua, además de utilizar una aspiradora de alta eficiencia con filtro HEPA, de manera de asegurarse que no se generará liberación de fibra de asbesto al aire. Las tres zonas deberán estar ubicadas en forma lineal y la zona sucia deberá contar con acceso independiente al de la zona limpia. Las zonas sucia y de duchas deberán estar impermeabilizadas. Esta instalación de faenas será de uso exclusivo para los trabajadores que participen en la actividad de retiro de MCA. La zona sucia, así como la zona de duchas, deberán descontaminarse en forma diaria, una vez terminada la jornada laboral, con paños húmedos y/o aspiradora con filtros HEPA.

Una vez terminado los trabajos, los materiales de impermeabilización desechables que se utilizaron en la zona de descontaminación deben ser eliminados como residuos en bolsas plásticas, etiquetados y ser manejados de igual forma que el resto de los residuos con Asbesto.

En caso de que la zona de descontaminación no esté adosada a la zona a intervenir, la ejecutante deberá contar con un vehículo de uso exclusivo, impermeabilizado, en condiciones seguras para el traslado de trabajadores y con cabina del conductor aislada, para evitar su exposición en el traslado desde la(s) instalación(es) intervenida hasta la zona de descontaminación.

2. La empresa ejecutante deberá utilizar el lugar de almacenamiento transitorio, el cual deberá estar señalizado, con acceso restringido y cierre provisorio perimetral, evitando así el deterioro tanto del ICA como de su embalaje plástico hasta cuando sean retiradas por la empresa de transporte autorizada.

En caso de que la zona de almacenamiento de residuos con MCA no esté adorada a la zona a intervenir, la ejecutante deberá contar con un vehículo impermeabilizado y de uso exclusivo para trasladar los residuos con asbesto desde la edificación intervenida hasta el lugar de almacenamiento transitorio indicado.

3. El MCA retirado de edificaciones y obras NO SE PUEDE VENDER, REUSAR NI TAMPOCO REGALAR, según lo señalado en el Artículo 2° del Decreto Supremo 656 de 2000. Los residuos de MCA NO SE PODRÁN DISPONER como material inerte de relleno en la recuperación de pozos de áridos.

4. Los residuos generados deben ser transportados por empresas autorizadas para transportar residuos.

Para la disposición final de residuos, se debe presentar a la Autoridad Sanitaria la “Solicitud de Autorización de Tratamiento y/o Disposición Final de Residuos Sólidos Industriales para Generadores” de estos. Los residuos de asbesto-cemento NO se podrán disponer como material inerte de relleno en la recuperación de pozos de áridos.

El material contaminado deberá ser llevado a botadero autorizado.

2.2. Retiro de Revestimiento Exterior de Tabiquería de Madera

Se consulta el retiro del revestimiento exterior de Zinco junto al poliestireno expandido existente en los espacios conformados de tabiquería de madera. Deberá ser con las herramientas y mano de obra adecuada, procurando en lo posible, no deteriorar la estructura de la tabiquería de madera existente y/o revestimiento interior existente. El trabajo de retiro de lo anteriormente señalado deberá ser ejecutado con todos los elementos correspondientes de seguridad para los trabajadores, los daños a terceros producto de las obras, daños a materiales o elementos existentes y el retiro de materiales a botadero autorizado será responsabilidad del contratista.

Todos los escombros, residuos o basura generada deberán ser llevados a un botadero autorizado.

2.4. Retiro de Ventanas con Marco Metálico y de Madera Existente

Se consulta el retiro de las ventanas indicadas en planimetrías, el cual deberá realizarse con las herramientas y mano de obra adecuada, procurando no deteriorar la estructura existente. Este trabajo deberá ser ejecutado con todos los elementos correspondientes de seguridad para los trabajadores, protegiendo otros materiales propios de la estructura, los daños a terceros producto de las obras y el retiro de materiales a botadero autorizado serán responsabilidad del contratista.

2.4. Retiro de Marcos y Puertas Existentes

Se consulta el retiro de los marcos y puertas indicadas en planimetrías, el cual deberá realizarse con las herramientas y mano de obra adecuada, procurando no deteriorar la estructura existente. Este trabajo deberá ser ejecutado con todos los elementos correspondientes de seguridad para los trabajadores, protegiendo otros materiales propios de la estructura, los daños a terceros producto de las obras y el retiro de materiales a botadero autorizado serán responsabilidad del contratista.

2.5. Retiro de Canales y Bajadas de Aguas Lluvias

Se solicita la remoción de las canaletas y bajadas de aguas lluvias existentes en todo el establecimiento, prestando especial atención a la seguridad del personal. Este proceso deberá llevarse a cabo mediante el uso de herramientas mecánicas, con el objetivo de evitar daños a las cubiertas de techos, muros o instalaciones existentes.

Es esencial trazar y demarcar el área donde se realizarán los cortes de separación de los elementos a retirar. Este procedimiento puede realizarse mediante discos de corte o esmeril, para prevenir roturas incontroladas.

Cualquier remoción de canales y/o bajadas de aguas lluvias existentes debe realizarse con cuidado para evitar daños a los muros a los que están anclados. Los materiales retirados deben ser transportados a un vertedero autorizado.

3.0 Obra Gruesa

3.1 Techumbre

3.1.1 Instalación de Sistema Aislante de Techumbre

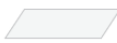
Se solicita el suministro e instalación de una cubierta tipo Polpanel 4, fabricada por Polchile o un equivalente técnico de calidad similar o superior. Este panel es un sistema compuesto por dos láminas de acero que encierran un núcleo aislante de poliestireno expandido con una densidad de 20kg/m³ (con una tolerancia de ± 2 kg/m³). Esta solución proporciona una cubierta y aislamiento en un solo producto.

El panel tendrá un largo máximo de 8 m. Además, el espesor del poliestireno debe ser como mínimo de 100 mm. Este elemento deberá ofrecer una resistencia térmica mínima de 2,35(m²K/W) y una transmitancia térmica máxima de 0,337(W/m²K). Estos paneles se instalarán sobre la estructura existente de los pabellones que se van a intervenir.

Cada panel se fijará a la estructura con tornillos auto perforantes galvanizados de ¼”x 3½”. Se utilizará una golilla de acero galvanizado tipo K para prevenir deformaciones en la fijación debido al sobre-torqueo y neoprene incorporado. El traslapo lateral se realizará mediante un nervio montante para evitar posibles filtraciones. Se utilizará un sello continuo de celda cerrada en la fijación de los paneles, siguiendo las instrucciones del fabricante.

La elección de la tonalidad de la lámina de acero superior, queda a elección del director del establecimiento educacional, las tonalidades se puede consultar de la siguiente carta de colores otorgada por el fabricante:

Figura 1.2: Carta de Colores Polpanel 4

CARTA DE COLORES			Esquema Poliéster		
Blanco RAL 9003		Beige RAL 1001		Celeste RAL 5012	
Gris Perla RAL 9002		Amarillo RAL 1004		Azul Piedra RAL 5009	
Gris Silver RAL 9006		Sahara RAL 1000		Azul Cobalto RAL 5005	
Gris Ceniza RAL 7040		Verde Musgo RAL 6011		Terracota RAL 3009	
Gris Pizarra RAL 7024		Verde Follaje RAL 6002		Rojo RAL 3020	
Negro RAL 9017		Verde Claro RAL 6018		Naranja RAL 2024	

Fuente: Polchile (2023)

3.1.2 Instalación de Caballete

Los caballetes se construirán utilizando planchas que correspondan al diseño de estas o, si está justificado, se utilizarán planchas de zincalume lisas de 0.5 mm de espesor. Estas tendrán un desarrollo mínimo de 500 mm y un traslape longitudinal mínimo de 200 mm, en sentido contrario a los vientos predominantes.

La fijación del caballete se realizará mediante tornillos galvanizados con golillas de acero galvanizado y de neoprene N°7 11/4". Las uniones en traslape se fijarán con remaches pop y se sellarán con un sello tipo Sika Flex 11Fc. Es importante asegurar que todas las instalaciones se realicen de manera precisa para garantizar la durabilidad y eficacia de la estructura.

3.1.3 Instalación de Canales de PVC

Se solicita el suministro e instalación de canales de aguas lluvias de PVC de color blanco, del tipo Duratec modelo P31 UV, de sección circular y colgadas. Estas canales tienen una superficie lisa que favorece el rápido escurrimiento del agua. La sección de la canaleta es de ancho 168mm, altura 103mm, radio 84mm y diámetro 18mm, lo que permite un mayor caudal de desagüe.

Estas canales cuentan con un tratamiento UV para prolongar la vida útil del PVC y tienen una superficie de evacuación por bajada de 143m². Se instalarán de acuerdo a las instrucciones del fabricante, con fijaciones colocadas a una distancia máxima de 0.60m, ya sea mediante ganchos tradicionales o invisibles.

En los casos en que se deban unir canales, se utilizarán coplas para asegurar que no se produzcan filtraciones por dichas uniones. Al término o inicio de canales, se deberá colocar una tapa de canal. Todos los elementos de fijación serán de PVC.

Además, se deben considerar boquillas y cualquier otro elemento necesario para garantizar el adecuado flujo de las aguas lluvias. Estas canales deben tener una pendiente no inferior al 2.5%. Todo esto estará sujeto a la visación previa de la I.T.O.

Las uniones se fijarán con conectores o ganchos de PVC blanco cada 0.60mts, siguiendo las recomendaciones del fabricante. Estas irán selladas con un sello adhesivo, de la marca Sika

o su equivalente técnico similar o superior, a base de caucho de butilo monocomponente para juntas con buena adhesión a materiales comunes de techumbres. Se alinearán con ganchos de PVC a la estructura de soporte, considerando todos los accesorios necesarios para dar cumplimiento a sus desarrollos, traslapes, fijaciones y sellos que garanticen la impermeabilidad de la cubierta y la evacuación eficiente de las aguas lluvias.

3.1.4 Instalación de Bajadas de PVC

Se solicita el suministro e instalación de bajadas de aguas lluvias en PVC blanco, con un diámetro de 100mm y colocadas cada 6mts. Estas deben ser instaladas de manera perfecta, preferiblemente de una sola línea de tubo, o perfectamente unidas y pegadas. Se considerarán fijadas a muros o a la estructura soportante mediante abrazaderas de PVC.

Además, se deberán considerar cubetas, que son piezas especiales que forman parte de la canal y se conectan a las bajadas para permitir un correcto flujo de agua de las cubiertas.

Las uniones de las bajadas deben considerar los traslapes, uniones y fijaciones (abrazaderas) de acuerdo a las indicaciones del fabricante. Estas deben ser alineadas y organizadas con al menos 3 piezas en la vertical, utilizando tornillos y taco fisher para mantener la estructura estable y evitar que los movimientos aflojen o dañen los componentes.

Los cambios de dirección en las bajadas, así como en la llegada final, deben realizarse con codos de 45° y utilizando un sello adhesivo a base de caucho de butilo monocomponente para juntas con buena adhesión a materiales comunes de techumbres. Esto asegurará que las bajadas permanezcan en su posición y evitará filtraciones o desprendimientos debido a una instalación incorrecta. La marca referencial para el sello adhesivo es Sika, o su equivalente técnico similar o superior.

3.2 Tabiquería

3.2.1 Instalación de Sistema Aislante de Tabiquería

Se requiere la instalación continua de aislante térmico en las fachadas exteriores indicadas en planimetrías, correspondiente a estructuras de Tabiquería. Antes de la intervención, se deben retirar todos los elementos exteriores como conductores eléctricos, ductos de agua lluvia, tableros, etc., y reinstalarlos según el proyecto.

En caso de superficies específicas donde no sea factible la ejecución del EIFS, se deberá presentar una justificación técnica y una propuesta al ITO para su reevaluación. La solución de aislante térmico conocida como EIFS (Exterior Insulation and Finish System) o SATE (Sistema de Aislación exterior con Acabado). Los materiales e instalación se deben seleccionar y realizar siguiendo las indicaciones del fabricante.

Las especificaciones para la ejecución de esta partida son las siguientes:

- Se aplicará sobre estructuras de tabiquería de madera.

- El paramento base debe tener la capacidad portante suficiente para resistir las cargas combinadas de peso propio, peso aportado por el EIFS y cargas de viento transmitidas a través de este.
- Se utilizará EPS con una densidad de 20 [kg/m³] y un espesor de 50 mm.
- Se utilizará una malla de fibra de vidrio de alta resistencia al impacto o doble malla estándar en toda la superficie vertical hasta 1,5 [m] sobre el nivel de circulación.
- Como adhesivo se utilizará aislación térmica EIFS base coat o un producto de calidad técnica similar o superior. Este mortero predosificado con alto contenido de polímeros se utilizará para pegar planchas de poliestireno expandido (alta densidad $\rho=50$ mm) sobre hormigón y para el pegado de la malla de fibra de vidrio.
- Todos los alfeizares deberán tener una pendiente igual o superior al 15%.
- Se deben adjuntar a la propuesta los detalles constructivos en los encuentros con ventana, suelo, terreno natural, alfeizar, cubierta, esquinas y singularidades de la obra (por ejemplo, tablero eléctrico).
- En los encuentros con el suelo y en remates de cubierta se debe instalar una terminación resistente a la acumulación de agua para evitar la entrada de humedad al sistema por aguas lluvia y capilaridad.
- La transmitancia debe ser igual o menor a 0,367 [W/m²K], calculada según lo indicado en la NCh853:2007. **Teniendo en consideración la aislación existen en el interior del tabique que es poliestireno expandido de 50 mm de espesor con una densidad de 10 [kg/m³] y la cámara de aire formada entre el poliestireno y el revestimiento exterior.**
- Se debe calcular el riesgo de condensación superficial e intersticial según lo indicado en la NCh1973:2014 o con la planilla de cálculo de condensación (MINVU). El riesgo debe ser igual o inferior al del elemento constructivo sin la solución.
- La terminación debe ser resistente a impactos e impermeable.
- La solución constructiva no debe poseer puentes térmicos.
- Los materiales deben protegerse contra heladas menores a 5°C y temperaturas mayores a 35°C. No deben exponerse a luz solar directa ni lluvia. Deben almacenarse en un lugar seco y fresco con los recipientes perfectamente cerrados.
- La elección de la tonalidad de terminación quedara a criterios del director del establecimiento educacional.

3.3 Muros de Hormigón Armado

3.3.1 Instalación de Sistema Aislante de Muros de Hormigón Armado

Se requiere la instalación continua de aislante térmico en las fachadas exteriores indicadas en planimetrías, correspondiente a estructuras de hormigón armado. Antes de la intervención, se deben retirar todos los elementos exteriores como conductores eléctricos, ductos de agua lluvia, tableros, etc., y reinstalarlos según el proyecto.

En caso de superficies específicas donde no sea factible la ejecución del EIFS, se deberá presentar una justificación técnica y una propuesta al ITO para su reevaluación. La solución de aislante térmico conocida como EIFS (Exterior Insulation and Finish System) o SATE (Sistema de Aislación exterior con Acabado) se instalará siguiendo las indicaciones del fabricante.

Las especificaciones para la ejecución de esta partida son las siguientes:

- Se aplicará sobre estructuras de muros de hormigón armado existente.
- El paramento base debe tener la capacidad portante suficiente para resistir las cargas combinadas de peso propio, peso aportado por el EIFS y cargas de viento transmitidas a través de este.
- Se utilizará EPS con una densidad de 20 [kg/m³] y un espesor de 100 mm.
- Se utilizará una malla de fibra de vidrio de alta resistencia al impacto o doble malla estándar en toda la superficie vertical hasta 1,5 [m] sobre el nivel de circulación.
- Como adhesivo se utilizará aislación térmica EIFS base coat o un producto de calidad técnica similar o superior. Este mortero predosificado con alto contenido de polímeros se utilizará para pegar planchas de poliestireno expandido (alta densidad $e=100\text{mm}$) sobre hormigón y para el pegado de la malla de fibra de vidrio.
- Todos los alfeizares deberán tener una pendiente igual o superior al 15%.
- Se deben adjuntar a la propuesta los detalles constructivos en los encuentros con ventana, suelo, terreno natural, alfeizar, cubierta, esquinas y singularidades de la obra (por ejemplo, tablero eléctrico).
- En los encuentros con el suelo y en remates de cubierta se debe instalar una terminación resistente a la acumulación de agua para evitar la entrada de humedad al sistema por aguas lluvia y capilaridad.
- La transmitancia debe ser igual o menor a 0,345 [W/m²K], calculada según lo indicado en la NCh853:2007.
- Se debe calcular el riesgo de condensación superficial e intersticial según lo indicado en la NCh1973:2014 o con la planilla de cálculo de condensación (MINVU). El riesgo debe ser igual o inferior al del elemento constructivo sin la solución.
- La terminación debe ser resistente a impactos e impermeable.
- La solución constructiva no debe poseer puentes térmicos.
- Los materiales deben protegerse contra heladas menores a 5°C y temperaturas mayores a 35°C. No deben exponerse a luz solar directa ni lluvia. Deben almacenarse en un lugar seco y fresco con los recipientes perfectamente cerrados.
- La elección de la tonalidad de terminación quedara a criterios del director del establecimiento educacional.

3.3 Pisos

3.3.1 Preparación de superficie de pisos de aulas

Se llevará a cabo la remoción del piso existente, en los sectores que se indican en el plano de arquitectura. Antes de proceder con la reposición del piso, será necesario retirar todos los elementos móviles o empotrados que puedan interferir con la correcta instalación del nuevo piso, incluyendo mesas, sillas, muebles, entre otros. Estos elementos deberán ser trasladados a un lugar dentro del establecimiento que haya sido habilitado y aprobado por la ITO. Este traslado no implicará ningún costo adicional y, en caso de que se produzca algún daño a estos elementos durante el proceso, el contratista será responsable de su reposición.

Los escombros generados durante este proceso deberán ser trasladados a un vertedero autorizado. En el caso específico de la remoción del cerámico existente, se debe dejar una

profundidad de 2 a 3 mm por debajo del nivel del piso existente. Esto permitirá que, una vez aplicado el nivelador en los pasillos, se alcance la cota actual del nivel de piso terminado.

3.3.2 Nivelación de Pisos

Se solicita el suministro y aplicación de un mortero autonivelante de alta resistencia a la compresión, preferentemente de la marca SIKA-Grout o de calidad técnica equivalente o superior. Este producto, a base de cemento, se utilizará para reparar y nivelar superficies de revestimientos existentes, con el objetivo de obtener superficies planas, lisas y altamente resistentes, aptas para la colocación de nuevos revestimientos.

Es imprescindible seguir las indicaciones del fabricante en cuanto a la preparación y aplicación del producto. Antes de su aplicación, se deberá realizar una limpieza exhaustiva de la superficie existente con agua, asegurándose de eliminar cualquier sustancia que pueda interferir con la correcta adhesión del autonivelador. La superficie debe estar libre de grasas, polvo, residuos, pintura o exceso de agua.

La aplicación del mortero autonivelante debe realizarse utilizando una llana de terminación o herramienta similar. Es crucial verificar las especificaciones del fabricante en cuanto a los niveles de humedad y los tiempos de fraguado antes de proceder con la colocación del revestimiento proyectado. En el caso específico de la colocación de un piso vinílico, se estima un tiempo de secado entre 12 y 24 horas después de la aplicación del mortero autonivelante.

3.4 Terminaciones

Todos los substratos a pintar deberán ser previamente preparados para recibir la pintura de terminación,

Se deberán borrar los trazos de lápiz o tiza y lijar con lija media. El lijado se repetirá con lija fina luego de la primera mano de aplicación de cualquier tratamiento. Las planchas serán empastados, lijados y enlucidos con pasta muro Tajamar A1 o calidad técnica similar o superior y aplicación de yeso para recubrir irregularidades.

3.4.1 Pinturas y Pisos

3.4.1.1 Aplicación de pintura interior de muros

Para los muros interiores de las aulas designadas en los planos arquitectónicos, se requiere la aplicación de esmalte al agua blanco semibrillo de la marca Sherwin Williams o su equivalente técnico similar o superior. Se aplicarán al menos dos capas de pintura para asegurar una cobertura uniforme. Cualquier inconsistencia en la tonalidad será evaluada por la Inspección Técnica de Obras (ITO), que tiene la autoridad para solicitar capas adicionales si detecta defectos como manchas, transparencias, sopladuras, englobamientos, fisuras, texturas de brochas y rodillos u otras irregularidades.

El proceso de pintura debe ser de alta calidad y realizado por personal capacitado, siguiendo estrictamente las especificaciones del fabricante. Todas las superficies a pintar deben

estar limpias y niveladas. Si es necesario, se lijarán las superficies para eliminar imperfecciones, porosidades, asperezas y costras, asegurando un acabado final óptimo.

3.4.1.2 Aplicación de pintura interior de cielos

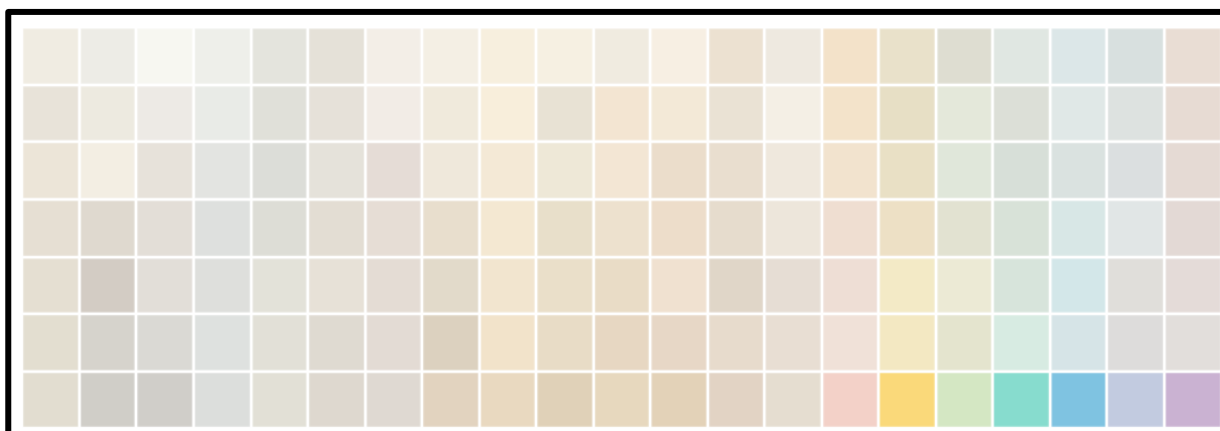
Para los cielos de las aulas especificadas en los planos arquitectónicos, se solicita la aplicación de esmalte al agua de la marca Sherwin Williams o un equivalente técnico similar o superior. El acabado debe ser satinado y el color será seleccionado por el director del establecimiento dentro de la paleta de blancos y pasteles del fabricante mencionado.

Se aplicarán un mínimo de dos capas de pintura para garantizar una cobertura uniforme. La Inspección Técnica de Obras (ITO) evaluará cualquier inconsistencia en la tonalidad y tiene la autoridad para solicitar capas adicionales si detecta defectos.

El proceso de pintura debe ser de alta calidad, realizado por personal capacitado y en estricta conformidad con las especificaciones del fabricante. Todas las superficies a pintar deben estar limpias y niveladas. Si es necesario, se procederá a lijar las superficies para eliminar imperfecciones y asegurar un acabado final óptimo.

El contratista deberá tomar medidas para proteger y limpiar todos los elementos y materiales que puedan mancharse con la pintura, incluyendo pisos, muros interiores y exteriores, vidrios y perfiles de ventanas, quincallerías, griferías, artefactos y muebles. La limpieza posterior a la pintura es esencial para mantener la integridad de estos elementos.

Figura 1.2: Paleta de Colores Blancos y Pasteles Sherwin-Williams



Fuente: Sherwin-Williams (2023)

3.4.1.3 Instalación de piso vinílico

Se solicita el suministro e instalación de un piso vinílico, preferentemente de la marca Hallman VCT o de calidad técnica equivalente o superior. Este piso, con una modulación de 30,5x30,5 cm y un espesor de 3,2 mm, es una palmeta vinílica homogénea modular diseñada para soportar alto tráfico.

La colocación del piso se realizará de acuerdo con el diseño especificado en el plano de detalles de arquitectura. La elección de las tonalidades a utilizar estará a cargo del director del establecimiento educacional y la ubicación de las tonalidades debe ser la misma indicada en las planimetrías. La instalación deberá llevarse a cabo siguiendo las recomendaciones del fabricante y requerirá mano de obra especializada para garantizar una correcta instalación de este material.

En esta partida, se deberá considerar la aplicación de un sellador acrílico para pisos vinílicos, en base acuosa, como revestimiento protector del piso vinílico. Este sellador adherirá a la superficie formando una película semi brillante con agentes plastificantes que actuarán como sello protector del piso frente a posibles marcas y manchas causadas por el uso y alto tráfico.

Además, después del sellado, se deberá aplicar una cera acrílica auto brillo. Esta emulsión acuosa de polímeros acrílicos plastificantes y ceras plásticas proporcionará una terminación tipo encerado de piso con mayor durabilidad, auto brillante, relustrable y lavable que permite recuperar el brillo sin nuevas aplicaciones. Esta partida deberá ser aprobada por la I.T.O.

Figura 1.2: Carta de Colores a Utilizar Hallman



Fuente: OMV Soluciones Arquitectónicas (2023)

3.4.2 Puertas y Ventanas

3.4.2.1 Ventanas

Se solicita el reemplazo de las ventanas existentes indicadas en los planos de arquitectura de la situación actual y proyectada. Las ventanas para reemplazar son de doble acristalamiento, formado por 2 vidrios incoloros de 4 mm de espesor, con una cámara de aire deshidratada de 6 mm, separador y sellado perimetral. La fijación sobre la carpintería se realiza mediante acuñado con calzos de apoyo perimetrales y laterales y sellado en frío con silicona neutra. Los cortes de vidrio y la colocación de junquillos se realizan según la normativa chilena vigente.

Las ventanas por instalar deben cumplir con las siguientes características generales:

- Marco de PVC con transmitancia térmica igual o inferior a 2,2 [W/m²K] y tratamiento contra radiación solar UV.
- El marco de PVC debe tener un despiche de fábrica para evacuar el agua de condensación y escurrimiento exterior.
- Vidrio doble hermético laminado 4/6/4e, incoloro con transmitancia térmica igual o inferior a 2,5 [W/m²K], factor solar inferior a 0,65, transmisión lumínica superior a 65%, con cámara de aire deshidratado de 6 mm y doble sellado perimetral.
- Burlete EPDM (en acristalamiento y en doble contacto).
- Cierre de doble contacto y multipunto (se aceptará bi-punto exclusivamente si el marco no permite un cierre multipunto).
- Felpa Fin Seal.
- Sello compatible con la unión del marco de PVC con vano (el sello debe ser resistente a la radiación UV).
- Todas las ventanas que den hacia el norte deben contener lámina Low-E en el interior del cristal producido en fábrica.

3.4.2.1 Marcos y Puertas

Se solicita el suministro e instalación de puertas macizas de pino Oregón, ubicadas según se indica en el plano de arquitectura y detalles. Las dimensiones de estas puertas varían y están especificadas en las planimetrías.

Como terminación, se deberán aplicar 2 manos de sellador hidrorrepelente para madera y 2 manos de barniz al agua, cuyo color será definido por la ITO en conjunto con el director del establecimiento. Cada puerta deberá estar equipada con 3 bisagras con rodamientos, una cerradura de seguridad de 4 bulones y una manilla de palanca. Además, se deben considerar las siguientes características:

- Puerta de madera maciza con transmitancia térmica igual o inferior a 1,7 [W/m²K]. Se debe contemplar la apertura en cada puerta de sala según planimetría.
- Marco de madera con tratamiento contra radiación solar UV.

- Cierre de doble contacto y multipunto (se aceptará bi-punto exclusivamente si el marco no permite un cierre multipunto).

Además, el contratista deberá tomar medidas para proteger y limpiar todos los elementos y materiales que puedan mancharse con la pintura, tales como: pisos, muros interiores y exteriores; vidrios y perfiles de ventanas interiores y exteriores; quincallerías; griferías; artefactos sanitarios y muebles, según corresponda.

Todas las superficies a pintar deberán estar limpias y parejas. Si es necesario, se procederá a empastar y lijar para preparar estas superficies, eliminando todas las imperfecciones, porosidades, asperezas y costras para lograr un buen acabado final.

5.0 Accesibilidad

5.1 Obras de Demolición y Retiro

5.1.1 Demolición de rampas y escaleras de hormigón

Se solicita la demolición de las escaleras y rampas existentes, tal como se indica en el plano de arquitectura. Antes de iniciar la demolición, se realizarán cortes entre la superficie a conservar y la superficie a demoler, utilizando un disco para hormigón con un espesor de 2,5 mm y una profundidad de 5 cm. Los residuos resultantes de la demolición deberán ser transportados a un vertedero particular autorizado. Una vez finalizada la demolición, se deberá dejar el área limpia y libre de escombros para proceder con las siguientes partidas de construcción de rampas de hormigón y nivelación de pasillos.

5.1.2 Retiro de reja pasillo c

Se solicita en esta partida el retiro de una reja divisoria existente, que corresponde a una estructura metálica ubicada en el pasillo C del inmueble educacional. Esta estructura tiene un largo de 3,5 metros lineales, tal como se indica en el plano de arquitectura. Se procederá a desmontar la estructura existente, que está conformada por elementos metálicos. Los residuos resultantes de la demolición deberán ser transportados a un vertedero particular autorizado. Una vez finalizada la demolición, se deberá dejar el área limpia y libre de escombros.

Cualquier daño que sufra la estructura de hormigón armado a la que está fijada dicha reja será responsabilidad del contratista, quien deberá restaurar el elemento a las mismas condiciones en las que se encontraba antes de la demolición.

5.2 Rampas

5.2.1 Reubicación de Vanos

Se solicita en esta partida la reubicación de dos vanos existentes en las salas de clases que cuentan con una estructura de madera, tal como se indica en las planimetrías. Los materiales utilizados para esta tarea deben ser nuevos, incluyendo piezas de madera de 2x3", que deben ser fijadas con clavos de 4". El ancho del vano reubicado debe ser el mismo que el del vano existente.

Cualquier daño que sufra la estructura existente que no debe ser intervenida será responsabilidad del contratista, quien deberá restaurar el elemento a las mismas condiciones en las que se encontraba antes de la intervención.

Los residuos resultantes de la demolición deberán ser transportados a un vertedero particular autorizado. Una vez finalizada la demolición, se deberá dejar el área limpia y libre de escombros. Cualquier daño que sufra la estructura de hormigón armado a la que está fijada dicha reja será responsabilidad del contratista, quien deberá restaurar el elemento a las mismas condiciones en las que se encontraba antes de la demolición.

5.2.2 Moldajes

Serán de madera o metálicos, suficientemente rígidos, resistentes y estancos, capaces de soportar las cargas derivadas del peso propio, sobrecargas y presión del hormigón fresco. Para una velocidad de colocación del hormigón de 0,60 m x hora, la presión del hormigón fresco sobre los moldajes se estima entre 0,15 a 0,20 kg/cm². a + 21 c, deberán entregar una calidad que asegure el producto final de hormigón a la vista.

5.2.3 Hormigón Rampas

De acuerdo con las indicaciones del plano arquitectónico, se requiere la construcción de rampas de hormigón. Las rampas se construirán utilizando una mezcla de hormigón G-20 con un nivel de confianza del 90%. La preparación del hormigón se realizará mediante una revolvedora mecánica.

Es importante destacar que el desnivel entre la rampa y el nivel de inicio o de término con la pavimentación existente no debe exceder los 0.1 cm. Además, la superficie de la rampa debe ser antideslizante, lo cual se logrará mediante una textura rugosa.

Tanto el inicio como el término de la rampa contarán con un pavimento de alerta que presentará un cambio de textura.

Esta partida incluirá los siguientes requerimientos:

- Mezcla
- Dosificación
- Colocación en obra
- Curado del hormigón

Todos estos procesos se realizarán de acuerdo con las normas I.N.N vigentes.

5.2.4 Malla Acma

Como parte del proceso de ejecución de la rampa, se requiere la inclusión de una malla metálica tipo ACMA C188. Esta malla debe considerar separadores y accesorios de montaje necesarios. Es importante asegurar que estos elementos queden traslapados correctamente para garantizar la estabilidad y durabilidad de la estructura.

5.2.5 Barandas

La construcción de pasamanos para la rampa proyectada se realizará de acuerdo con el detalle de diseño especificado en el plano de arquitectura. El pasamanos contará con dos alturas: la primera a 0.95m y la segunda a 0.70m. Además, el pasamanos se extenderá al menos 0.20 m en los puntos de entrada y salida de la rampa, cumpliendo con lo establecido en el artículo 4.1.7 de la OGUC.

El pasamanos se fabricará con perfiles tubulares redondos de acero con un diámetro de 1 3/4" (44,45 mm) y un espesor de 2mm. Los balaustros se realizarán con estos mismos elementos y se fijarán entre sí mediante soldadura 6011 3/32, realizando un correcto desbaste para obtener una unión prolija y libre de imperfecciones. En la parte inferior de los elementos verticales, se soldará una pletina metálica de 8mm de espesor, que se asegurará al elemento de hormigón mediante 4 pernos de anclaje.

Todas las uniones de acero serán soldadas al arco, cumpliendo con la norma AWS 15.17 o su equivalente nacional NCh 730.

5.2.6 Panel Podotáctil Sobrepuerto

Para el inicio y término de las rampas proyectadas, se solicita el suministro e instalación de paneles de alerta sobrepuertos. Estos deben ser de la marca Andesflooring o similar, diseñados para soportar tráfico intenso. Los paneles tendrán una textura de botones, similar al modelo MINVU TACTIL 0, y dimensiones de 30x60 cm. Además, serán antideslizantes para garantizar la seguridad del tránsito. Para su correcta instalación, se recomienda seguir las indicaciones del fabricante.

La tonalidad del panel debe ser amarillo federal ANDS #33538 o similar si se consulta con otro proveedor.

5.2.7 Protección de barandas

Para las barandas metálicas que se van a construir, se solicita la aplicación de dos manos de pintura anticorrosiva. Antes de la aplicación, se deberá preparar la superficie metálica, asegurando que esté limpia, seca y libre de polvo o grasa. La pintura anticorrosiva debe ser de alta calidad y adecuada para uso en exteriores. La aplicación debe realizarse de manera uniforme, asegurando una cobertura completa de la superficie metálica. Se debe permitir un tiempo adecuado para el secado entre la primera y la segunda capa, según las recomendaciones del fabricante.

5.2.8 Pintura de Barandas

Una vez que la pintura anticorrosiva esté completamente seca, se solicita la aplicación de dos manos de esmalte sintético negro a las barandas metálicas nuevas. El esmalte sintético negro debe ser de alta calidad y adecuado para el tipo de superficie a pintar. La aplicación debe realizarse de manera uniforme, asegurando una cobertura completa. Se debe permitir un tiempo adecuado para el secado entre la primera y la segunda capa, según las recomendaciones del fabricante.

5.3 Baño Universal

5.3.1 Instalación de dispensador de jabón

Se solicita la instalación de un dispensador de jabón líquido de acero inoxidable con una capacidad de 500 ml, así como un dispensador de papel higiénico de alto metraje en el baño universal existente. Ambos elementos deben ser instalados siguiendo las directrices del Decreto Número 50 de la OGUC.

Una vez instalados, se deberá llenar el dispensador de jabón líquido y verificar su correcto funcionamiento. Asimismo, se deberá asegurar que el dispensador de papel higiénico esté correctamente abastecido.

Todos los residuos generados durante el proceso de instalación deben ser eliminados de manera adecuada y responsable, dejando el área limpia y lista para su uso.

5.3.2 Reubicación de repisas

Se solicita la reubicación de las repisas de madera existentes en el baño universal. Las repisas deben ser reubicadas a una altura mínima de 0.70 metros y como máximo 1.2 metros respecto al nivel del piso terminado, siguiendo las directrices del Decreto Número 50 de la OGUC.

Los agujeros que queden debido a las fijaciones existentes deben ser tapados con pasta de retape color blanca. Posteriormente, las repisas deben ser fijadas con tornillos de 1 1/2" con tarugos.

Una vez reubicadas, se deberá verificar la correcta fijación y estabilidad de las repisas. Asimismo, se deberá asegurar que las repisas estén a la altura correcta y que los agujeros hayan sido correctamente tapados.

5.4 Pasillos

5.4.1 Preparación de superficie de pisos de pasillos

Se consulta la remoción del piso existente hasta una profundidad de 2 mm por debajo del nivel del piso terminado en las áreas designadas en el plano de arquitectura. Antes de la instalación del nuevo piso, se consulta la retirada de todos los elementos móviles o empotrados que puedan interferir con la correcta ejecución del trabajo, incluyendo mesas, sillas y muebles. Estos elementos serán reubicados en un área dentro de las instalaciones que haya sido previamente aprobada por la ITO. Este traslado no implicará costos adicionales y cualquier daño ocasionado a estos elementos durante el proceso será responsabilidad del contratista. Esto permitirá que, una vez aplicado el nivelador en los pasillos, se alcance la cota actual del nivel de piso terminado.

Respecto a los residuos generados durante este proceso estos deben ser llevados a un vertedero autorizado.

5.4.2 Nivelación de Pisos

Se solicita el suministro y aplicación de un mortero autonivelante de alta resistencia a la compresión, preferentemente de la marca SIKA-Grout o de calidad técnica equivalente o superior. Este producto, a base de cemento, se utilizará para reparar y nivelar superficies de

revestimientos existentes, con el objetivo de obtener superficies planas, lisas y altamente resistentes, aptas para la colocación de nuevos revestimientos.

Es imprescindible seguir las indicaciones del fabricante en cuanto a la preparación y aplicación del producto. Antes de su aplicación, se deberá realizar una limpieza exhaustiva de la superficie existente con agua, asegurándose de eliminar cualquier sustancia que pueda interferir con la correcta adhesión del autonivelador. La superficie debe estar libre de grasas, polvo, residuos, pintura o exceso de agua.

La aplicación del mortero autonivelante debe realizarse utilizando una llana de terminación o herramienta similar. Es crucial verificar las especificaciones del fabricante en cuanto a los niveles de humedad y los tiempos de fraguado antes de proceder con la colocación del revestimiento proyectado.

5.4.3 Instalación de señalética

Se solicita la instalación de 6 señaléticas marca BAUC o similar que indican la dirección de la ruta accesible en todos los pasillos del inmueble, 3 corresponden a mano izquierda y 3 a mano derecha. Asimismo, se solicita la instalación de una señalética de baño universal en la puerta del baño universal existente. Todos estos elementos deben ser instalados siguiendo las directrices del Decreto Número 50 de la OGUC.

Una vez instaladas, se deberá verificar que las señaléticas estén correctamente ubicadas y sean de manera clara. Asimismo, se deberá asegurar que la señalética del baño universal esté correctamente instalada en la puerta del baño.

Figura 1.2: Señaléticas a Instalar



Fuente: Boudeguer Accesibilidad Universal (2023)

