



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA



MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE ARQUITECTA

**PROPUESTA ARQUITECTÓNICA PARA UNA ESCUELA SUSTENTABLE:
ESCUELA LA PEÑA, NOGALES**

MODALIDAD PROYECTO DE ARQUITECTURA

ALUMNA

CATALINA ANTONIA ROSALES BRAATZ

PROFESOR REFERENTE

MURIEL DIAZ

PROFESORA CO-REFERENTE

NINA HORMÁZABAL

AGOSTO, 2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título; ☐ Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: Propuesta arquitectónica para una escuela sustentable: Escuela la Peña, Nogales

Nombre del candidato(a): Catalina Antonia Rosales Braatz

Carrera / Grado: Arquitectura

Campus: Casa Central Valparaíso ; **Departamento:** Arquitectura

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Muriel Díaz Cisternas, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo. • El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

☒ El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

☐ 6 meses; ☐ 12 meses; ☐ 2 años; ☐ 3 años; ☐ 5 años; ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 21.10.2025

; Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 21.10.2025

; Firma: 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.



Fotografía 01. Patio exterior escuela. Fotografía propia.

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi familia por su apoyo incondicional a lo largo de esta etapa y durante toda mi vida, a mis hermanas por escucharme y estar siempre ahí. A mis queridos amigos universitarios por compartir este proceso conmigo, y a mis amigas de la infancia, por seguir presentes pese al paso del tiempo.

A mis profesoras y profesores por su orientación y aporte. A la comunidad educativa de la Escuela La Peña por su buena disposición y a las personas del área de vinculación con el medio, por facilitar el acercamiento a este proyecto.

Resumen

El proyecto FSM2395 busca “potenciar la capacidad de adopción de soluciones prácticas y tecnológicas en las comunidades escolares rurales de nuestra región por medio de la Vinculación con el Medio en la UTFSM a la luz de las Competencias Transversales Sello declaradas.”

El proyecto académico aborda el diseño arquitectónico y el mejoramiento integral de la escuela rural La Peña, ubicada en la localidad de Nogales, Región de Valparaíso, con el propósito de convertirla en un referente de sustentabilidad educativa en un contexto caracterizado por la escasez y vulnerabilidad hídrica. Este establecimiento de educación básica se emplaza en un entorno rural perteneciente a la zona centro del país, donde las comunidades con acceso informal o carente al agua no son pocas, situación que resulta preocupante considerando que dicho recurso es un elemento esencial para la subsistencia de cualquier comunidad. En este sentido, esta propuesta busca responder tanto a las necesidades fundamentales del espacio educativo como a los principios de sustentabilidad ambiental.

Para que una sociedad tenga un desarrollo positivo, es necesario que las escuelas cumplan el rol de educar a sus estudiantes desde temprana edad. Sin embargo, esta labor se ve afectada debido a la escasez de agua y al suministro no garantizado de este recurso.

Por ello, la escuela rural básica La Peña tiene como misión educar entre doscientos y trescientos estudiantes en un entorno donde el agua se posiciona como eje principal y articulador del espacio, convirtiéndose en un recurso pedagógico de aprendizaje activo en un contexto de estrés hídrico. De este modo, se busca promover una cultura del cuidado medioambiental y de conciencia ecológica.

Abstract

The FSM2395 project aims to “strengthen the capacity to adopt practical and technological solutions in rural school communities in our region through Community Engagement at UTFSM, in light of the stated Core Transversal Competencies.”

This academic project addresses the architectural design and comprehensive improvement of the rural school La Peña, located in the town of Nogales, in the Valparaíso Region, with the aim of transforming it into a model of educational sustainability in a context marked by water scarcity and vulnerability. This primary education institution is situated in a rural area in the central zone of Chile, where many communities face informal or insufficient access to water an issue of great concern, considering that water is a fundamental resource for the survival of any community. In this regard, the proposal seeks to respond both to the essential needs of the educational space and to the principles of environmental sustainability.

For a society to achieve positive development, it is essential that schools fulfill their role of educating students from an early age. However, this mission is compromised when water is scarce and its supply is not guaranteed.

Therefore, La Peña rural primary school aims to educate between two and three hundred students in an environment where water becomes the central and structuring element of the space serving not only as a vital resource but also as a pedagogical tool for active learning in a context of water stress. In doing so, the project promotes a culture of environmental stewardship and ecological awareness.

Índice

1. Introducción	11
2. Planteamiento del problema	14
3. Objetivos	15
4. Contextualización	18
4.1 Situación educativa y medioambiental	19
4.2 Importancia de la educación hídrica en las escuelas	26
4.3 Prácticas sobre utilización de agua	28
4.4 Antecedentes escuela	31
4.5 Emplazamiento	34
4.6 Análisis espacial y de infraestructura escuela	37
5. Referentes	46
5.1 Centro Infantil Econef	47
5.2 Escuela El Yeco	49
5.3 Escuela Lo Zárate	51
6. Propuesta de diseño	54
6.1 Transformación del espacio	56
6.2 Programa	59
6.3 Protección térmica	61
6.3 Calidad de aire	64
6.4 Iluminación	66
6.5 Acústica	71
6.6 Sistema de biofiltro	73
6.7 Planimetría de proyecto	77
6.8 Visualizaciones	85
7. Conclusiones	90
8. Anexo	93
9. Referencias bibliográficas	95

Índice de figuras

Figura 01. Interrupciones del suministro por tipo de fuente. Fundación Amulen (s.f.), Educar sin agua: Una realidad invisible.	19
Figura 02. Dimensiones de un acceso seguro al agua. Elaboración propia.	20
Figura 03. Necesidades fundamentales y básicas. Elaboración propia.	23
Figura 04. Brechas de acceso al agua. Elaboración propia.	24
Figura 05. Caracterización de encuestados. Elaboración propia basado en encuesta.	28
Figura 06. Fragmento resultados encuesta. Elaboración propia basado en encuesta.	29
Figura 07. Mapa de Chile. Elaboración propia.	34
Figura 08. Mapa de Región de Valparaíso, enfoque en Nogales. Elaboración propia.	34
Figura 09. Vista aérea N°1: Nogales, imagen intervenida. Google.	35
Figura 10. Vista aérea N°2: Escuela, imagen intervenida. Google.	36
Figura 11. Análisis de zonificación. Elaboración propia.	37
Figura 12. Análisis de antigüedad. Elaboración propia.	38
Figura 13. Análisis de materialidad. Elaboración propia.	39
Figura 14. Planta de programa original. Elaboración propia.	42
Figura 15 y 16. Corte de terreno y planta acotada, respectivamente Elaboración propia.	43
Figura 17. Diagrama de hábitat arquitectónico. Elaboración propia.	44
Figura 18. Corte esquemático. Elaboración propia.	47
Figura 19. Planta general Centro Infantil Econef intervenida. Asante Architecture&Design, & Lönnqvist & Vanamo Architects.	47
Figura 20. Corte esquemático Centro Infantil Econef. Asante Architecture&Design, & Lönnqvist & Vanamo Architects.	48
Figura 21. Esquema para sistema de tratamiento de aguas. Elaboración propia.	50
Figura 22. Isométrica esquemática de programa. Elaboración propia.	58
Figura 23. Tabla de superficie y capacidad para aulas. Elaboración propia.	59

Figura 24. Tabla de superficie y capacidad para espacios de uso común. Elaboración propia.	59
Figura 25. Tabla de superficie y capacidad para administración. Elaboración propia.	60
Figura 26. Tabla de superficie y capacidad para servicios. Elaboración propia.	60
Figura 27. Diagrama de envolvente y aislante térmica. Elaboración propia.	61
Figura 28. Diagrama de asoleamiento. Elaboración propia.	62
Figura 29. Diagrama de flujo de aire. Elaboración propia.	64
Figura 30. Tabla de tipos de ventanas según eficiencia energética para establecimientos educativos. Elaboración propia.	65
Figura 31 y 32. Diagrama de ventanas edificio principal y diagrama de ventanas nueva edificación, respectivamente. Elaboración propia.	67
Figura 33. Isométrica. Elaboración propia.	68
Figura 34. Configuración celosías. Elaboración propia.	69
Figura 35. Diagrama de acústica. Guía de eficiencia energética para establecimientos educativos.	71
Figuras 36 y 37. Disposición de celosías edificio principal y disposición de celosías nueva edificación. Elaboración propia.	72
Figura 38. Diagrama de componentes de biofiltro. Elaboración propia.	73
Figura 39. Diagrama de proceso de filtrado. Elaboración propia.	74
Figura 40. Diagrama de sistema de recolección. Elaboración propia.	75
Figura 41. Guía de términos respecto a las aguas utilizadas. Elaboración propia.	76
Figura 42. Planta general primer nivel, escala 1:350. Elaboración propia.	77
Figura 43. Planta general segundo nivel, escala 1:350. Elaboración propia.	79
Figura 44. Planta de cubiertas, escala 1:350. Elaboración propia.	81
Figura 45. Corte transversal esquemático. Elaboración propia.	83
Figura 46 y 47. Visualizaciones de área de huerto y espacios de circulación. Elaboración propia.	85

Figura 48, 49 y 50. Visualizaciones de patio principal a 7am, 12pm y 17pm. Elaboración propia.	86
Figura 51, 52 y 53. Visualizaciones de área de circulación principal a 7am, 12pm y 17pm. Elaboración propia.	87
Figura 54, 55 y 56. Visualizaciones de área de huerto a 7am, 12pm y 17pm. Elaboración propia.	88
Figura 57. Visualización área de huerto. Elaboración propia.	89

Índice de fotografías

Fotografía 01. Patio exterior escuela. Fotografía propia.	2
Fotografía 02. Acceso principal a escuela. Fotografía propia.	9
Fotografía 03. Patio principal escuela. Fotografía propia.	10
Fotografía 04. Acceso principal. Fotografía propia.	32
Fotografía 05. Edificio principal Fotografía propia.	32
Fotografía 06. Patio principal. Fotografía propia.	32
Fotografía 07. Huerto. Fotografía propia.	33
Fotografía 08. Sistema de reciclaje. Fotografía propia.	33
Fotografía 09. Patio exterior. Fotografía propia.	33
Fotografía 10. Centro Infantil Econef. Asante Architecture&Design, & Lönnqvist & Vanamo Architects.	48
Fotografía 11. Centro Infantil Econef intervenida. Asante Architecture&Design, & Lönnqvist & Vanamo Architects.	48
Fotografía 12. Sistemas de reutilizacion de aguas en Escuela El Yeco. Ecological.	49
Fotografía 13. Sistemas de reutilizacion de aguas en Escuela El Yeco. Ecological.	49
Fotografía 14. Vista aérea Escuela Lo Zárate. Al Borde Arquitectos.	51
Fotografía 15. Vista interior Escuela Lo Zárate. Al Borde Arquitectos.	51
Fotografía 16. Patio trasero escuela. Fotografía propia.	53



Fotografía 02. Acceso principal a escuela. Fotografía propia



Fotografía 03. Patio principal escuela. Fotografía propia.

Introducción

En muchas regiones del mundo, especialmente aquellas más vulnerables a los efectos del cambio climático, la escasez de agua ha dejado de ser un problema esporádico para convertirse en una crisis global. El fenómeno de la sequía, caracterizado por la falta de precipitaciones, se intensifica a medida que las temperaturas globales aumentan y los patrones climáticos se vuelven más impredecibles. Esto no solo afecta la capacidad de los agricultores para cultivar alimentos, sino que también tiene repercusiones directas en el suministro de agua para uso doméstico, lo que pone en riesgo la vida cotidiana de las comunidades.

Muchas comunidades rurales en el caso de Chile enfrentan un acceso precario al agua potable. Estas zonas suelen depender de sistemas informales de abastecimiento generando incertidumbre en la disponibilidad del recurso. La deficiencia de este, tanto en calidad como en cantidad impacta negativamente en la calidad de vida de la población, surgiendo problemas de salud, higiene y una limitación en el uso de los servicios básicos. En el ámbito educativo, estas adversidades generan un entorno poco propicio para el aprendizaje. Los estudiantes que enfrentan problemas o enfermedades derivadas de la escasez de agua suelen tener menor capacidad de concentración y un desempeño académico inferior.

Durante la visita a terreno realizada a la Escuela Rural La Peña, se pudo observar de forma directa las condiciones físicas del establecimiento, sus limitaciones funcionales y la relación cotidiana que la comunidad

escolar mantiene con el recurso hídrico.

Se trata de una escuela de educación básica a la cuál asisten más de doscientos estudiantes de edades entre 5 a 14 años en un contexto rural marcado por la escasez de agua y la vulnerabilidad ambiental, por lo que, se desea para sus estudiantes, que se mejoren las condiciones del lugar donde estudian y pasan la mayor parte de su día.

Se plantea la necesidad de potenciar el espacio educativo desde una perspectiva que responda a los desafíos actuales del cambio climático. Entregando una propuesta que consista en el diseño arquitectónico de una infraestructura educativa capaz de afrontar las condiciones climáticas y sociales del entorno, incorporando el agua y sus dimensiones como eje estructurante del proyecto. Así, el recurso hídrico no solo se concibe como una necesidad básica, sino también como un componente pedagógico del espacio.

¿Cuál es la importancia de la arquitectura para
enfrentar los **desafíos medioambientales**?

¿Cómo se puede contribuir al **aprendizaje** de los
estudiantes desde el **diseño arquitectónico**?

¿Qué estrategias de **diseño y sistemas** pueden
incorporarse en una escuela rural?

Planteamiento del problema

Surge la necesidad, frente a los efectos del cambio climático, de replantear nuestras formas de habitar el territorio y educar a las nuevas generaciones, especialmente en contextos de escasez hídrica donde el confort y la habitabilidad se ven constantemente amenazadas. La arquitectura pasa a adquirir un rol especial como herramienta para dar respuesta a las condiciones de adversidad a las que nos enfrentamos hoy en día.

La misión de la escuela no se limita a impartir los conocimientos básicos a sus estudiantes de la forma tradicional, sino que prioriza el aprendizaje de manera dinámica y llamativa para estos. Hoy cuentan con el deseo de potenciar estas ideas mediante el diseño arquitectónico sustentable, sostenible y resiliente, manteniendo firme sus ideales e identidad.

Objetivos generales

El propósito de este proyecto es realizar una propuesta de diseño arquitectónico que permita renovar y adecuar la infraestructura de la Escuela Rural La Peña, en base a las condiciones ambientales y sociales propias del territorio.

Se pretende que además de dar solución a aspectos funcionales y espaciales, también se creen nuevas formas de habitar y relacionarse con la arquitectura educativa sustentable, de esta manera poder contribuir al bienestar general de quienes habitan el espacio escolar, entendiendo que los espacios educativos deben adaptarse a su contexto

Objetivos específicos

Realizar un análisis de la escuela y del contexto territorial en el cuál se encuentra emplazada esta comunidad escolar, primero observando como se desenvuelve la comunidad ante la infraestructura existente, y luego haciendo un análisis de las condiciones climáticas del lugar, para definir una propuesta arquitectónica que sea un aporte para la escuela.

A partir del diagnóstico proyecto arquitectónico se diseñarán espacios que sean capaces de promover el uso consciente del agua y el aprendizaje de los usuarios con los sistemas a implementar. Se implementarán estrategias relacionadas al reciclaje y reutilización de las aguas, y estrategias que favorezcan las condiciones de habitabilidad de la comunidad educativa.

Se creará un entorno educativo interactivo centrado en el aprendizaje del agua como incorporar sistemas de gestión del agua dentro del diseño arquitectónico como un componente educativo, visible y accesible para los usuarios, permitiendo que el proceso de reutilización y filtración del agua sea parte del recorrido cotidiano de los estudiantes, promoviendo la sensibilización y educación sobre el manejo responsable del recurso.

Se diseñará un sistema arquitectónico que optimice el confort térmico y acústico, mejorando la habitabilidad de la escuela a través de soluciones arquitectónicas que favorezcan el aislamiento térmico y acústico.

Contextualización

Situación educativa y medioambiental

En la región de Valparaíso, es una realidad que en muchos establecimientos educacionales el acceso a servicios básicos de agua potable es deficiente, lo cuál afecta a la comunidad escolar, sobretodo estudiantes y docentes que conviven diariamente en estos espacios.

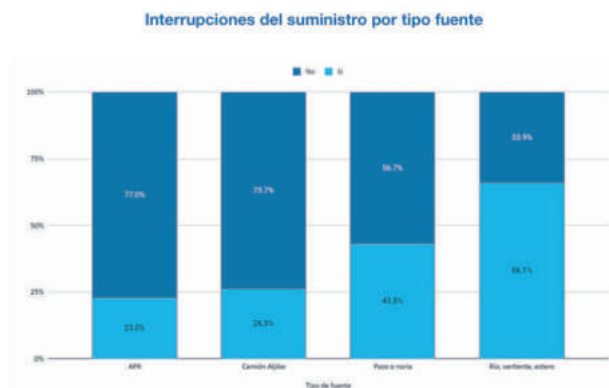


Figura 01. Interrupciones del suministro por tipo de fuente. Fundación Amulen (s.f.),
Educar sin agua: Una realidad invisible.

La falta de suministro continuo y seguro del agua, junto con las condiciones climáticas del territorio crea un ambiente poco favorable para el aprendizaje, limitando el desarrollo de los niños y niñas que asisten al establecimiento.

Un acceso precario al agua tiende a hacer que los establecimientos suspendan sus clases con más frecuencia de lo que lo haría un establecimiento con suministro formal de agua. También tienden a presentar un mayor porcentaje de inasistencia de los alumnos debido a esta causa. Sin embargo, sea formal o informal las fuentes, es un hecho que las escuelas rurales presentan cortes de agua con frecuencia.

La cantidad de agua disponible en los establecimientos educacionales debe ser suficiente para cubrir las necesidades básicas de consumo, higiene y aseo. Una provisión insuficiente puede afectar la asistencia regular de los estudiantes y dificultar el desarrollo de actividades escolares en condiciones saludables.

Calidad

Factores como el olor, sabor o turbidez pueden indicar una calidad deficiente, lo cual repercute en la limpieza, el cuidado personal, la manipulación de alimentos y la seguridad dentro del establecimiento. Una mala calidad del agua pone en riesgo tanto la salud como el ambiente educativo.

Cantidad

Cortes frecuentes afectan directamente la asistencia y el desarrollo de clases, generando consecuencias negativas en el aprendizaje. La falta de continuidad también obliga a las escuelas a suspender actividades, lo que acentúa la desigualdad educativa en contextos vulnerables.

Continuidad

Este aspecto considera si la comunidad escolar tiene acceso real y seguro a fuentes de agua adecuadas. Cuando el acceso es limitado o se recurre a fuentes no seguras, se incrementan los riesgos sanitarios y las condiciones generales del entorno escolar se ven comprometidas.

Accesibilidad

Figura 02. Dimensiones de un acceso seguro al agua. Elaboración propia.

La capacidad de una sociedad para garantizar la disponibilidad, el acceso y la gestión sostenible del recurso hídrico, en cantidades y condiciones de calidad suficientes, tanto para satisfacer las necesidades básicas de sus habitantes como para sustentar el desarrollo económico, social y ambiental se conoce como **seguridad hídrica**. Esto no solo implica contar con agua potable para el consumo humano, sino también asegurar su uso en actividades agrícolas, industriales, energéticas y ecosistémicas.

Una comunidad alcanza la seguridad hídrica cuando es capaz de satisfacer de forma estable y equitativa todas estas demandas, minimizando los riesgos asociados a la escasez, la contaminación o el mal manejo del agua.

En este sentido, asegurar el recurso hídrico se convierte en algo fundamental para la resiliencia y sostenibilidad de los territorios, especialmente en contextos vulnerables o afectados por fenómenos climáticos extremos. La seguridad hídrica no debe entenderse solo como una meta, sino como una condición permitirá a las comunidades desarrollarse de manera saludable y digna.

Cuando un territorio o una comunidad es incapaz de cubrir de forma adecuada las múltiples demandas de agua, tanto en cantidad como en calidad, para los distintos usos, ya sea doméstico, agrícola, industrial, recreativo o ambiental, entonces corresponde a inseguridad hídrica.

Frente a los desafíos que plantea la inseguridad hídrica, la resiliencia de las comunidades emerge como un factor clave para afrontar y adaptarse a condiciones adversas. La resiliencia se entiende como la capacidad de una comunidad para anticipar, resistir, recuperarse y transformarse ante crisis o perturbaciones, como la escasez de agua, la contaminación de fuentes hídricas o los impactos de eventos climáticos extremos.

Esta capacidad no se construye de forma espontánea; depende de una combinación de factores sociales, institucionales, ecológicos y tecnológicos. Comunidades resilientes son aquellas que cuentan con estructuras organizativas sólidas, acceso a información, mecanismos de participación ciudadana, redes de apoyo local y políticas públicas que integren la gestión del agua con otros aspectos del bienestar colectivo, como la salud, la educación y la seguridad alimentaria.

Además, la resiliencia hídrica se fortalece cuando las comunidades aprovechan su conocimiento tradicional, desarrollan prácticas sostenibles de uso del agua y se involucran activamente en la gobernanza de los recursos naturales.

El agua para el consumo humano corresponde a una necesidad fundamental, cuya carencia o escasez de suministro puede provocar atender con la salud de las personas. Por otro lado existen las necesidades básicas, relacionadas con el uso que se le da al agua, como la higiene doméstica, la limpieza de espacios o el funcionamiento de servicios que, si bien son imprescindibles para el desarrollo humano y la dignidad, no tienen un impacto inmediato en la salud cuando estas necesidades resultan insatisfechas, aunque si afectan a la calidad de vida.

En el diseño de la escuela, se aborda la temática utilizando elementos que optimicen el recurso hídrico, integrando tecnologías de reutilización del agua. Algo que la escuela ya hace por su cuenta, pero de una manera más informal.

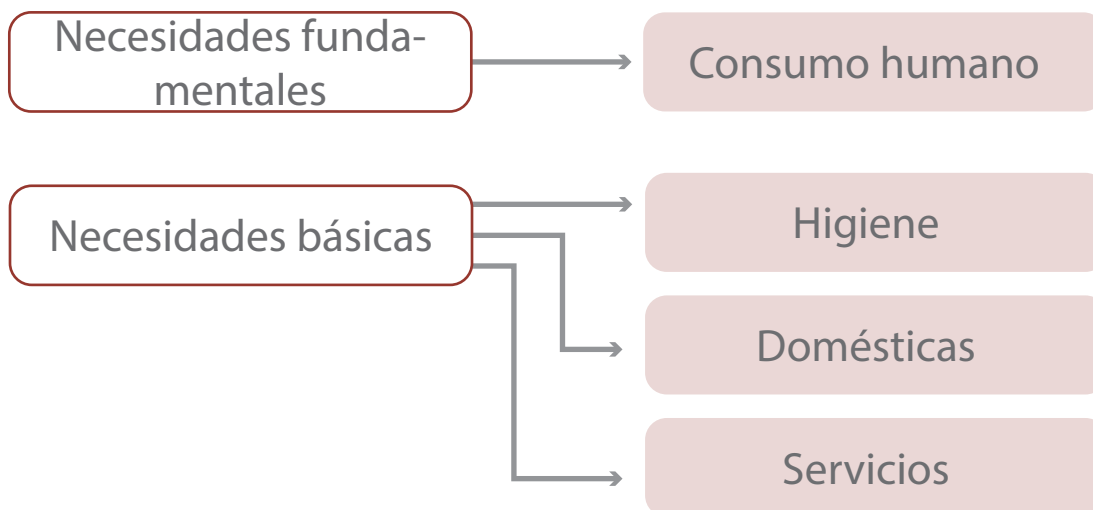


Figura 03. Necesidades fundamentales y básicas. Elaboración propia.

Cuando no se garantiza el acceso equitativo se producen brechas de acceso que resultan en condiciones de inseguridad para la población. Para observar esta brecha es necesario evaluar la existencia de umbrales de acceso que condicionen y/o limiten la capacidad de los hogares para satisfacer sus necesidades.

Físicas

Existencia de límites geográficos debido a la ubicación de comunidades a la estructura no apta de la vivienda.

Tecnológicas

Disponibilidad o sistemas adecuados para el aprovechamiento de los recursos hídricos y energéticos.

Económicas

Asequibilidad de servicios de agua tomando en cuenta los ingresos del hogar.

Jurídicas

Barreras legales que pueden dificultar el acceso al agua potable.

Figura 04. Brechas de acceso al agua. Elaboración propia.

Aunque actualmente la escuela cuenta con un acceso formal al agua a través del sistema APR (agua potable rural), el mejoramiento de las estrategias de reutilización de agua se plantea como medida ambiental y recurso educativo más que una respuesta a la escasez de agua, pero se considera que, a nivel de comunidad, y en la zona, esta escasez si afecta a las personas. Eso permite visibilizar la problemática desde un entorno educativo generando espacios de concientización sobre el uso responsable del agua. Además, se refuerza el enfoque sustentable del proyecto, permitiendo que se realicen más actividades en torno a esta temática, y además reduciendo la demanda sobre el sistema principal de abastecimiento y promoviendo hábitos saludables a estudiantes, docentes y funcionarios.

Importancia de la educación hídrica en las escuelas

Los efectos del cambio climático es uno de los factores que pone en riesgo la seguridad hídrica, haciendo que la disponibilidad de agua sea variable e impredecible cada vez más, trayendo consigo problemas de abastecimiento. Parece ser que los desastres que involucran agua se hacen más frecuentes, tanto la abundancia de esta como la escasez.

La necesidad de fomentar una ciudadanía consciente y preparada para enfrentar los desafíos ambientales actuales y futuros. La creciente incertidumbre en la disponibilidad de agua exige no solo infraestructuras resilientes, sino también comunidades informadas y comprometidas con el manejo sostenible de los recursos.

Es importante contar con instituciones educativas que se encarguen de formar ciudadanos responsables que representen el futuro del país y sobre todo del planeta.

Las instituciones educativas deben contar con los recursos necesarios para impartir el conocimiento a los estudiantes de manera eficiente y crear un entorno propicio para el aprendizaje de manera que cumplan con las condiciones de habitabilidad de quienes pasan ocho horas diarias en estos espacios.

Hace aproximadamente doscientos años el cambio climático no era un fenómeno que se tuviera presente, debido a que se estaba originando, sin embargo, ahora, el cambio climático está sucediendo, se manifiesta a

través de los desastres climáticos que ocurren cada año en todas partes del mundo, desde lluvias intensas con inundaciones catastróficas, hasta escasez de agua y sequías interminables.

En Chile, este fenómeno está ocurriendo hace años, y ha afectado visiblemente la región de Valparaíso, y las comunas del interior. Se intensifica con el paso del tiempo y afecta a las comunidades, generando un impacto en la agricultura, en las labores domésticas y la salud humana. La falta de agua se traduce a una vida en condiciones insalubres, facilitando la propagación de enfermedades e imposibilitando el desarrollo humano.

Algunas escuelas están optando por un enfoque más ecológico de aprendizaje, y es que es sumamente importante comprender la importancia de cuidar este recurso limitado que tenemos. Por ello es importante que se desarrollen en un ambiente donde aprendan sobre técnicas como la recolección de agua de lluvia, el uso responsable en el hogar y la optimización del riego en la agricultura. Además, conocer diversas fuentes de abastecimiento, como pozos, sistemas de captación, plantas desalinizadoras y el tratamiento de aguas residuales, les permite entender cómo diversificar el acceso al agua y reducir la dependencia de una sola fuente. La sensibilización sobre el uso eficiente del agua y la adopción de hábitos de conservación fomentan una cultura de responsabilidad hídrica.

Prácticas sobre la utilización del agua

Se realizó una encuesta en diferentes sectores de la región de Valparaíso con el motivo de obtener información sobre las prácticas de reutilización de las aguas de las familias, específicamente las que tienen a sus hijos matriculados en escuelas rurales. Los resultados se muestran en los siguientes gráficos.

Caracterización de los encuestados

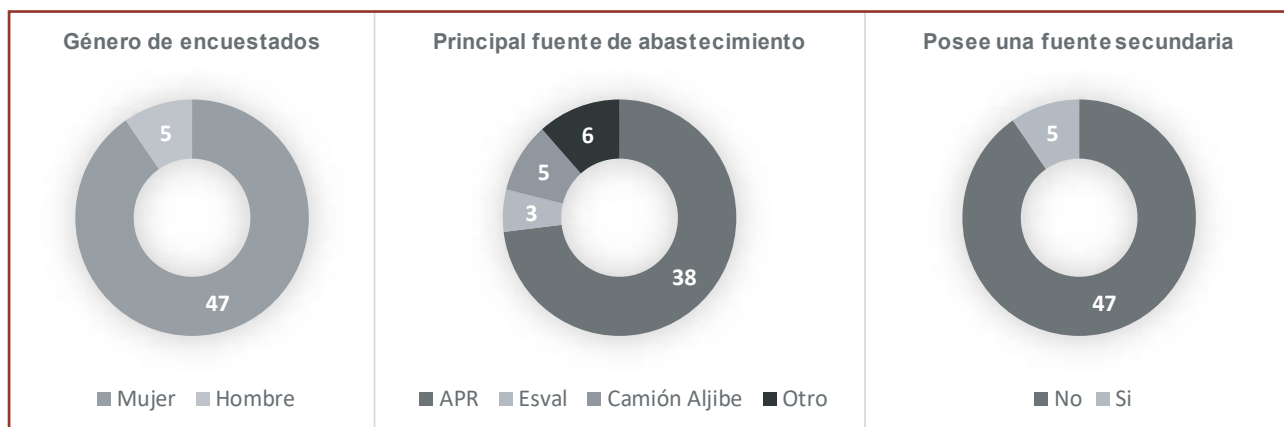


Figura 05. Caracterización de encuestados. Elaboración propia basado en encuesta.

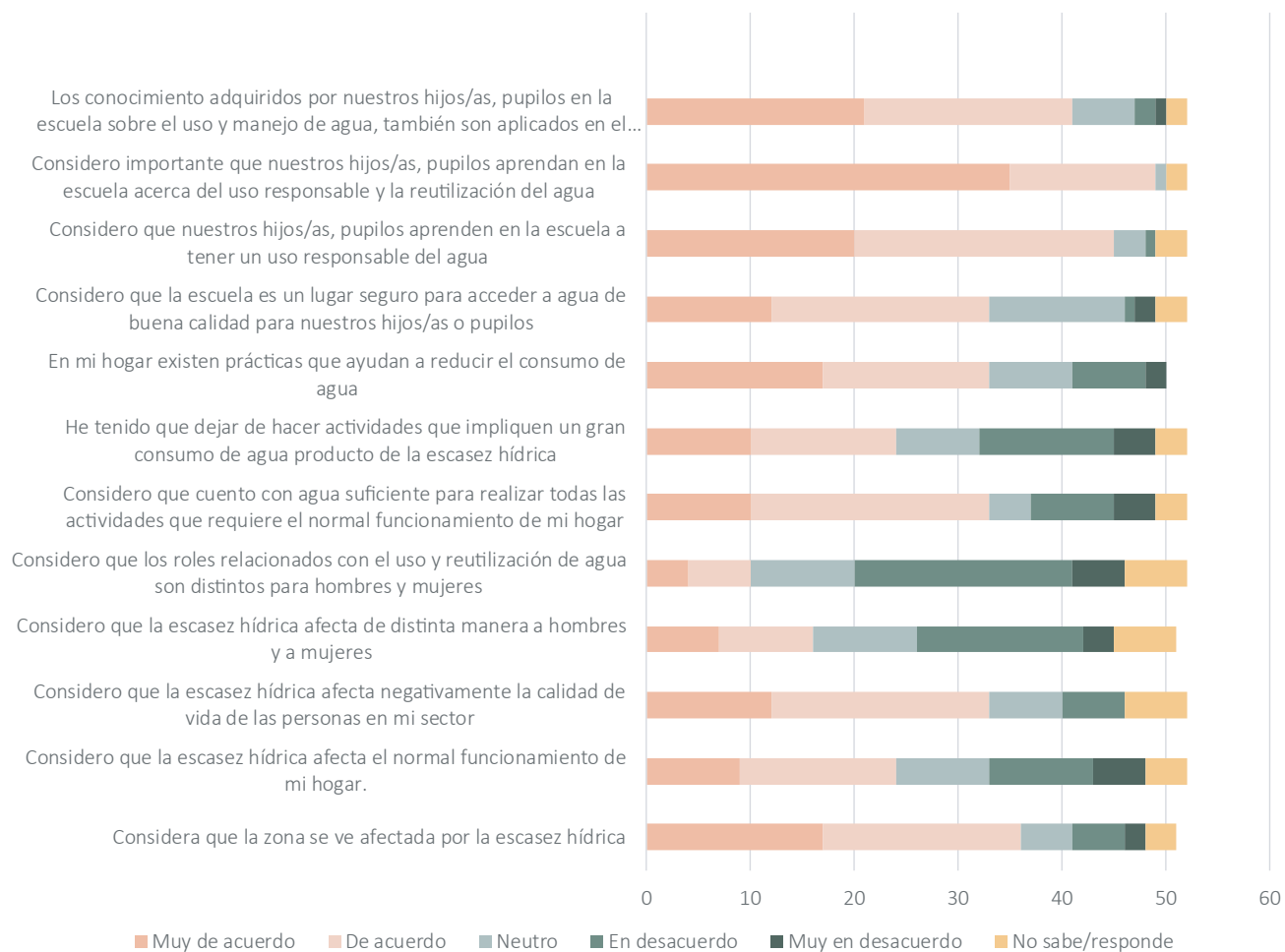


Figura 06. Fragmento resultados encuesta. Elaboración propia basado en encuesta.

Según los resultados de la encuesta, podemos concluir que existe conciencia generalizada sobre la escasez hídrica en la zona, debido al reconocimiento del problema por parte de la mayoría de los encuestados. Sin embargo, a pesar de este reconocimiento, una parte significativa no parece sentir el impacto directo de la escasez en sus hogares o actividades cotidianas. Esto nos podría indicar que también existe una falta de sensibilización en algunos sectores.

Es positivo ver que la mayoría de las familias ya implementa acciones de reciclaje o reutilización de agua aunque sea de a poco, lo que demuestra un esfuerzo por adaptarse a una gestión más responsable y sostenible de este recurso.

La gran mayoría se muestra a favor de la idea de que el aprendizaje sobre el uso eficiente del agua debe continuar en la escuela. Es de importancia poder educar a las futuras generaciones y asegurar una cultura de conservación y uso responsable del agua.

Antecedentes escuela

Nombre del Colegio

Escuela “La Peña”

Ubicación

Calle Principal s/n Nogales

Tipo de escuela

Público

Niveles Educativo

Prebásica y básica

Enfoque educativo

“Mantener vivos nuestros sellos valóricos y medioambientales, fomentando las tradiciones culturales y de nuestro campo chileno”

Actividades Extracurriculares

Deportes, manualidades, huerto, teatro, cueca.

“En general la escuela no es afectada por cortes de agua y el APR funciona bien, sin embargo, la comunidad si ha sido afectada por la escasez hídrica.”

Acceso principal



Fotografía 04. Acceso principal. Fotografía propia.

Vista a edificio principal



Fotografía 05. Edificio principal Fotografía propia.

Patio



Fotografía 06. Patio principal. Fotografía propia.



Fotografía 07. Huerto. Fotografía propia.

Vista huerto



Fotografía 08. Sistema de reciclaje. Fotografía propia.

Vista sistema de reciclaje



Fotografía 09. Patio exterior. Fotografía propia.

Vista desde patio posterior

Emplazamiento

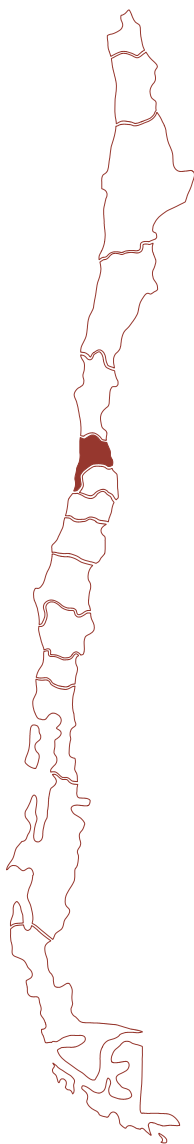


Figura 07. Mapa de Chile. Elaboración propia.

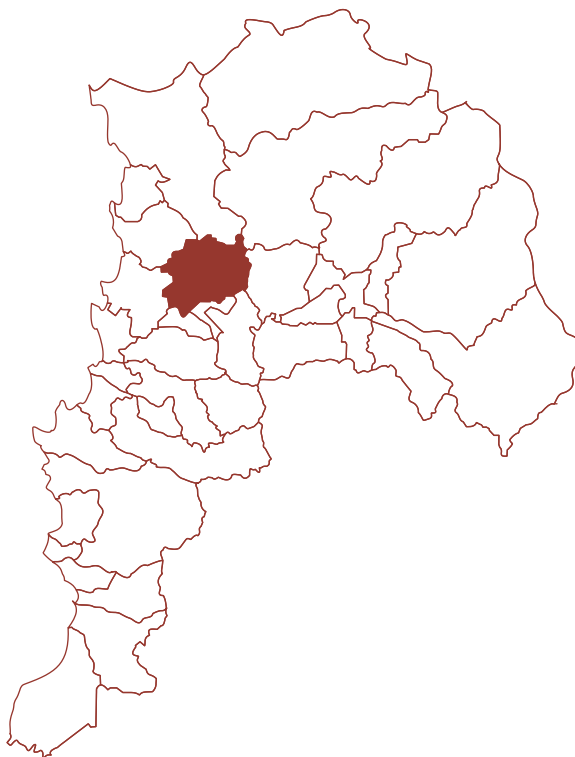


Figura 08. Mapa de Región de Valparaíso, enfoque en Nogales. Elaboración propia.

La escuela se emplaza en la zona centro interior del país, caracterizada por un clima mediterráneo que presenta inviernos de aproximadamente cuatro a cinco meses y estaciones bien marcadas. Las temperaturas son en general templadas, pero con variaciones estacionales notorias, disminuyendo su promedio anual progresivamente de norte a sur. Las oscilaciones térmicas diarias son moderadas, aunque tienden a incrementarse hacia el este, en dirección a la cordillera, y durante los meses estivales. Las precipitaciones no son muchas, al igual que la frecuencia de heladas. El viento dominante proviene del suroeste, con una intensidad moderada. La radiación solar, es alta durante el verano y baja durante el invierno. La humedad relativa se mantiene en rangos medios a bajos en verano, mientras que en invierno asciende a niveles altos o muy altos.



Vista aérea N°1: Nogales

Figura 09. Vista aérea N°1: Nogales. Elaboración propia.



Vista aérea N°2: Escuela

Figura 10. Vista aérea N°2: Escuela. Elaboración propia.

La escuela se emplaza en la zona centro interior del país, caracterizada por un clima mediterráneo que presenta inviernos de aproximadamente cuatro a cinco meses y estaciones bien marcadas. Las temperaturas son en general templadas, pero con variaciones estacionales notorias, disminuyendo su promedio anual progresivamente de norte a sur.

Análisis espacial infraestructura escuela

La zonificación de la escuela influye en la funcionalidad, seguridad y calidad del entorno educativo y del aprendizaje de sus estudiantes. Una distribución adecuada de los espacios facilitaría la interacción de los estudiantes con el entorno y el aprovechamiento de los recursos disponibles.

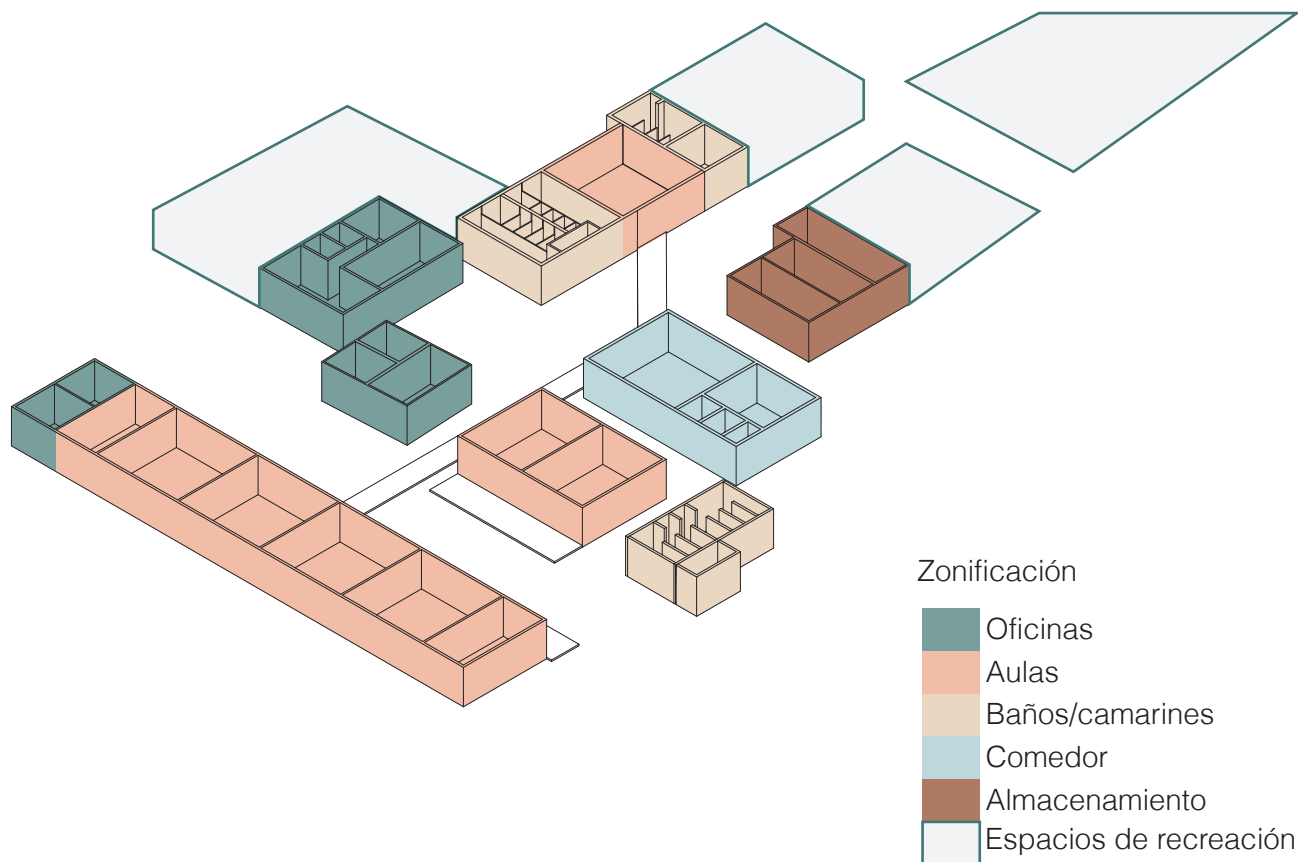


Figura 11. Análisis de zonificación. Elaboración propia.

Los primeros edificios surgieron para cubrir las necesidades más básicas, como aulas y espacios administrativos. Con el tiempo, se añadieron nuevas estructuras en respuesta a demandas de aquel momento, de esta manera la infraestructura creció de manera flexible, respondiendo a las necesidades.

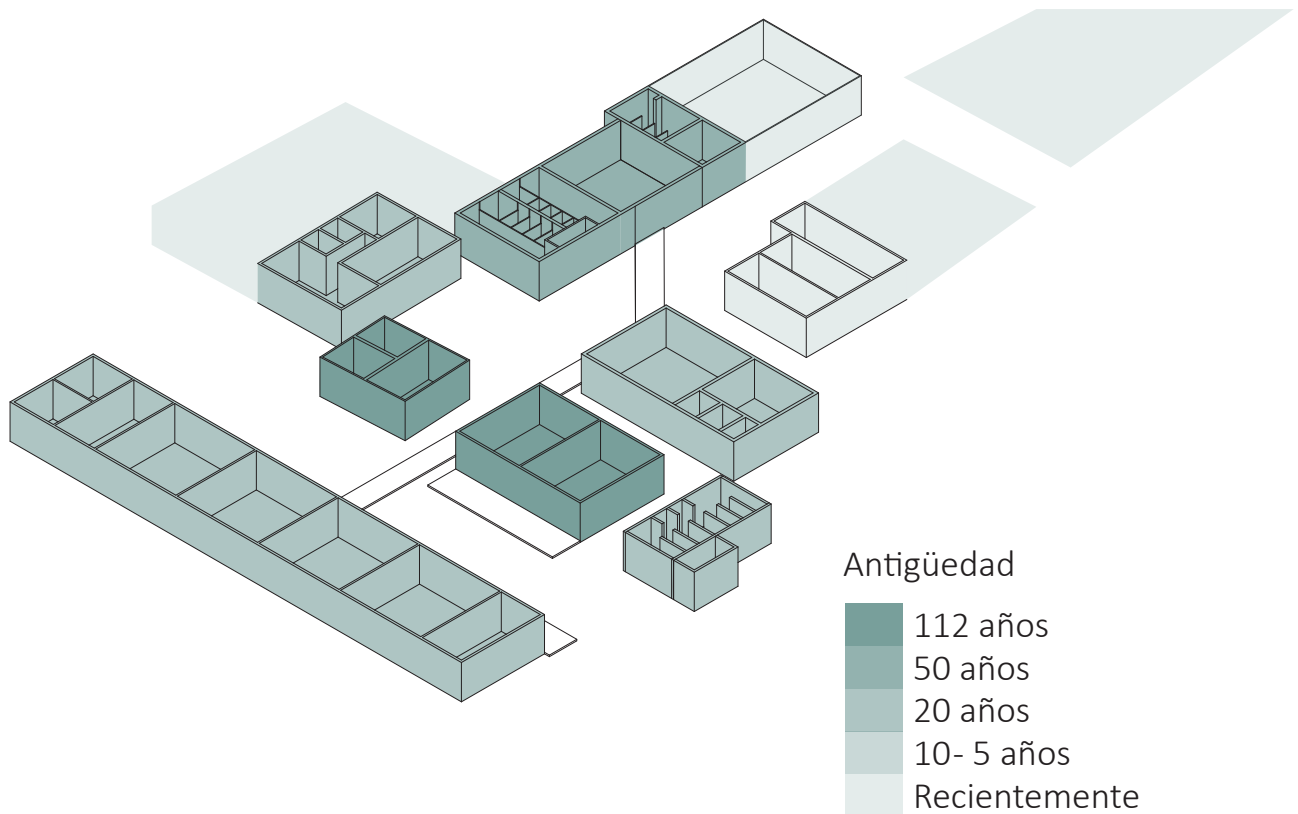


Figura 12. Análisis de antigüedad. Elaboración propia.

Las estructuras más antiguas emplearon materiales más ligeros, la madera, debido a su disponibilidad y facilidad de construcción. Estos espacios carecen de elementos que hagan apropiado el confort, en términos de comodidad.

Algunas estructuras nuevas también son construidas con materiales ligeros, sin embargo, son estructuras provisionales o poco funcionales. A diferencia de estas, las construcciones más recientes de la escuela son hechas en albañilería, reflejan un enfoque en la durabilidad y la estabilidad a largo plazo.

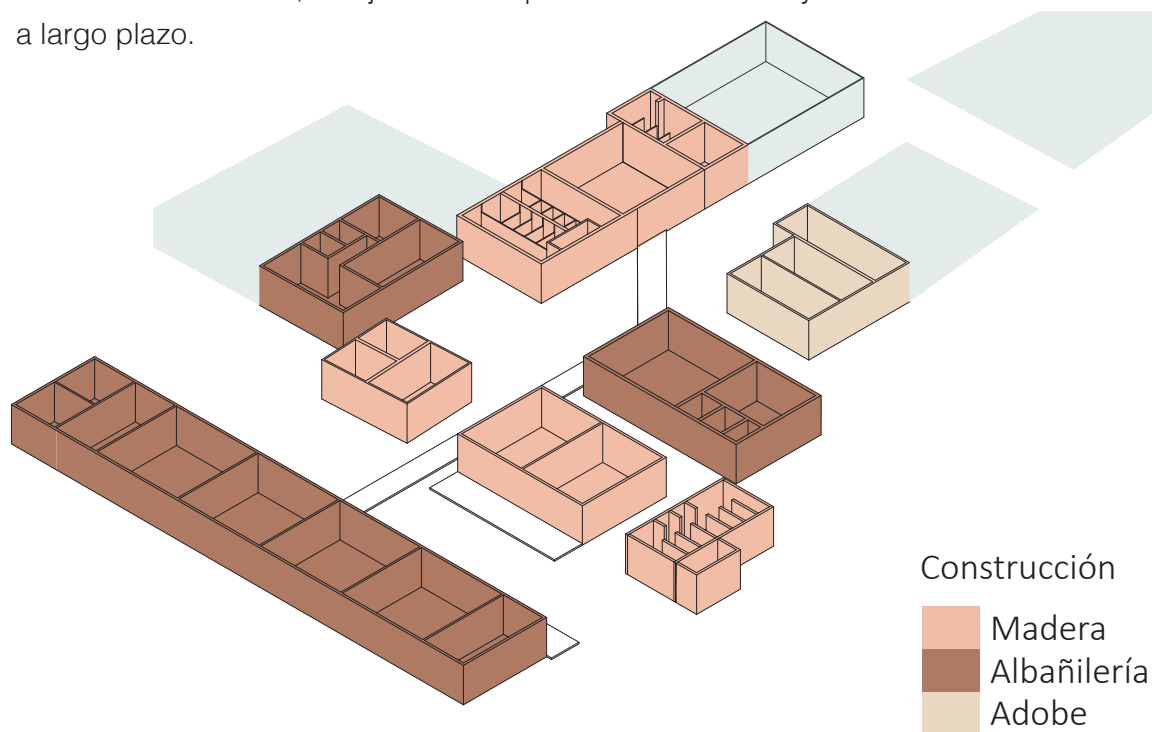


Figura 13. Análisis de materialidad. Elaboración propia.

AULAS

Mediante conversaciones con docentes y funcionarios de la comunidad educativa, fue posible realizar una serie de observaciones para orientar al diseño arquitectónico según los distintos tipos de espacios existentes. En primer lugar, las aulas. Estas presentan una condición de flexibilidad, en la que las aulas cambian anualmente de curso según la matrícula del año, es decir que, cada año se deben redistribuir los cursos de acuerdo con las necesidades. Esta característica, si bien resulta ser funcional y una solución, plantea la posibilidad de optimizar el dimensionamiento de las salas para asegurar una superficie adecuada y requerida por estudiante. Asimismo, se reconoce la posibilidad de reforzar el confort ambiental interior mediante mejoras en el desempeño térmico y acústico, lo cual tendría un impacto positivo en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

ESPACIOS COMUNES

OFICINAS Y ADMINISTRA-

SERVICIOS

Con relación a los espacios comunes, se observa una disponibilidad limitada. Aunque la zona no presenta una alta frecuencia de precipitaciones, durante las estaciones de otoño e invierno las condiciones climáticas hacen más evidente la necesidad de contar con recintos cerrados que permitan desarrollar actividades recreativas. Esto representa una oportunidad para incorporar nuevos espacios multifuncionales que refuercen la vida escolar.

ÁREAS DE RECREACIÓN

CIRCULACIONES

Las oficinas y salas destinadas a docentes y reuniones se encuentran distribuidas en distintos puntos de la escuela, lo cual dificulta la comunicación directa entre ellos. Sin embargo, esta misma disposición

AULAS

permite a los funcionarios mantener mayor control visual en los patios de recreo. En cuanto al huerto escolar y las áreas de recreación, surge la necesidad de mejorar la infraestructura sustentable existente, y asegurar su funcionamiento continuo. Del mismo modo, se proyecta la posibilidad de mejorar el mobiliario, las zonas de sombra y las condiciones generales de los patios.

ESPACIOS COMUNES

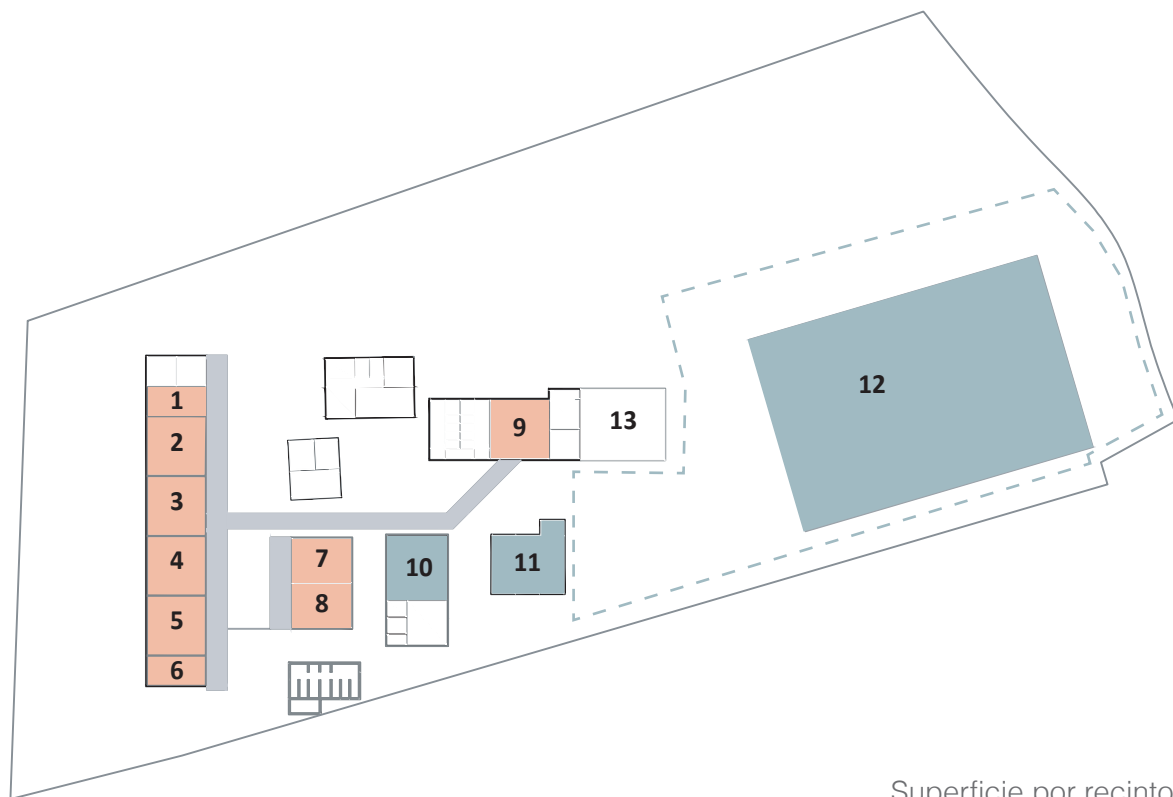
OFICINAS Y ADMINISTRA-

En temas de accesibilidad, se presentan algunos tramos que suponen riesgos para los estudiantes, pero por sobre todo a personas con movilidad reducida, es por ello que, se busca repensar los recorridos incorporando los criterios de accesibilidad universal y reconexión entre áreas.

SERVICIOS

ÁREAS DE RECREACIÓN

CIRCULACIONES



Superficie por recinto

AULA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AREA [M²]	17	34	34	34	34	16,8	26	26	33,6

LUGAR	10 COMEDOR	11 TALLER	12 PATIO	13 PATIO PÁRVULOS
AREA [M²]	37	44,4	1615,2	59,7

Figura 14. Planta de programa original. Elaboración propia.

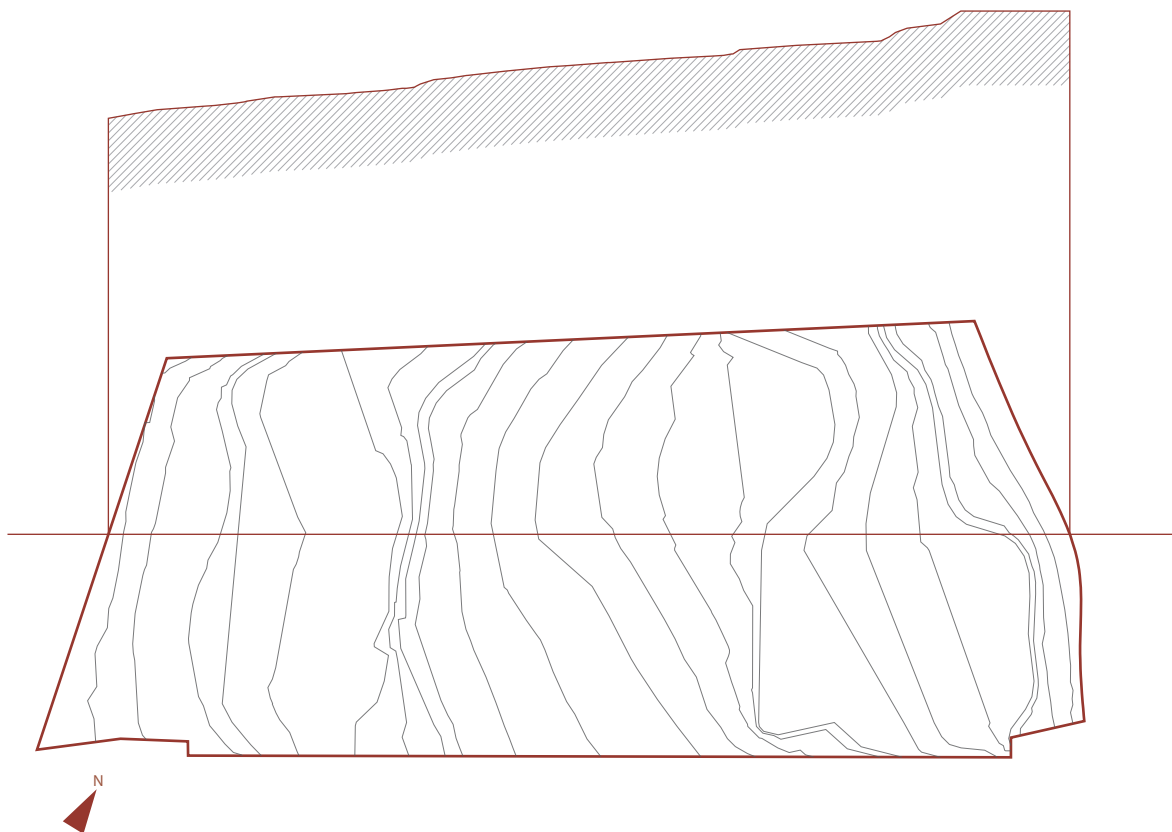


Figura 15 y 16. Corte de longitudinal de terreno y planta acotada, respectivamente. Elaboración propia.

El terreno donde se emplaza se encuentra a los pies de un cerro, lo que genera una pendiente natural de poca inclinación, que, si bien no es pronunciada, el hecho de recibir la sombra de este tiene un impacto directo en las condiciones de asoleamiento del lugar. Dado que el cerro se posiciona al este del establecimiento, la sombra se produce durante las mañanas, provocando una baja exposición solar y, en consecuencia, una sensación térmica fría durante gran parte de la jornada escolar, especialmente durante el año escolar.

Hábitat arquitectónico

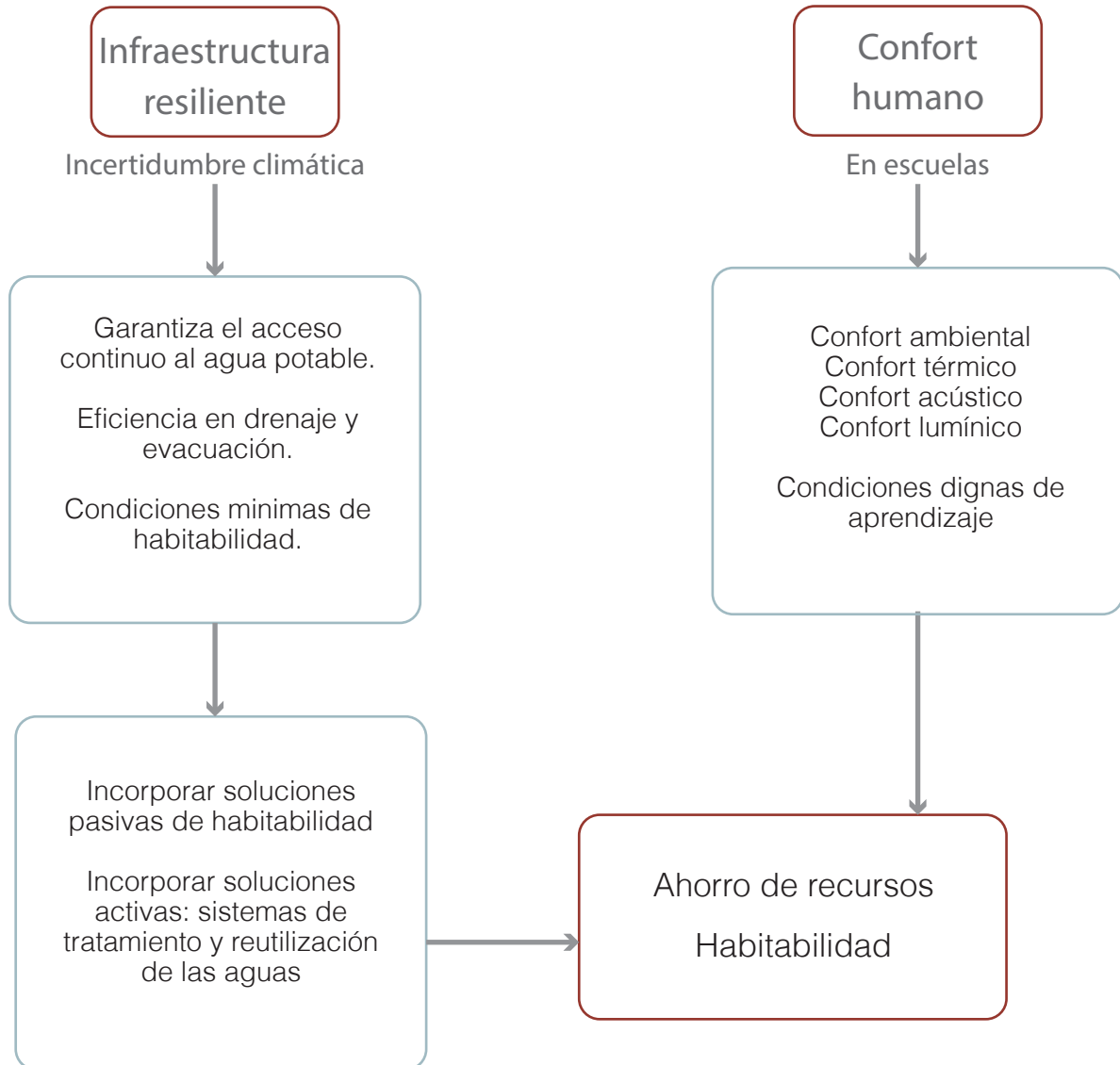


Figura 17. Diagrama de hábitat arquitectónico. Elaboración propia.

Referentes

CENTRO INFANTIL ECONEF

Asante Architecture&Design + Lönnqvist & Vanamo Architects

Proyecto diseñado por y para los niños huérfanos de la localidad de Kingori en Tanzania, con el objetivo de crear un edificio sostenible en el tiempo, económico y fácil de mantener, con la utilización de materiales locales y técnicas tradicionales e instalación de algunos sistemas para generar y reducir el gasto hídrico y energético.

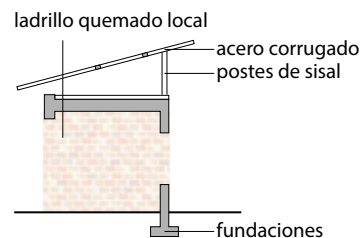


Figura 18. Corte esquemático. Elaboración propia.

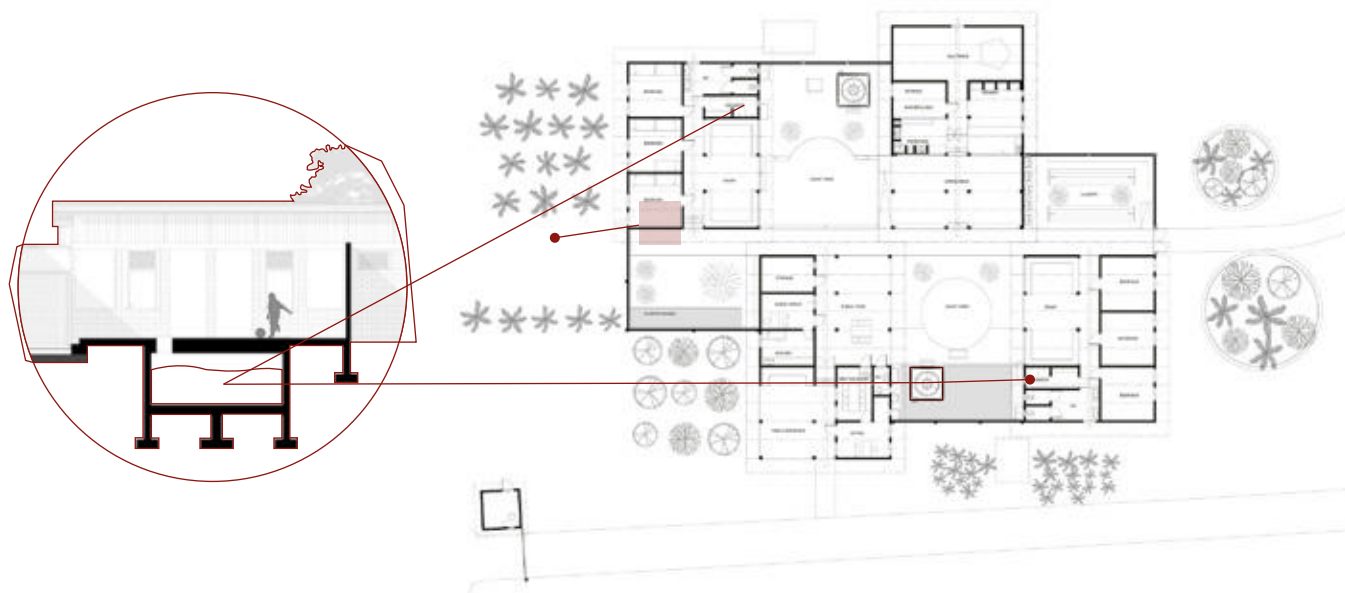


Figura 19. Planta general Centro Infantil Econef intervenida. Asante Architecture&Design, & Lönnqvist & Vanamo Architects.

La lluvia recolectada en este centro cumple la función de suministrar agua a varios servicios del centro, como a los artefactos sanitarios que requieran del agua para funcionar o instalaciones de lavandería.

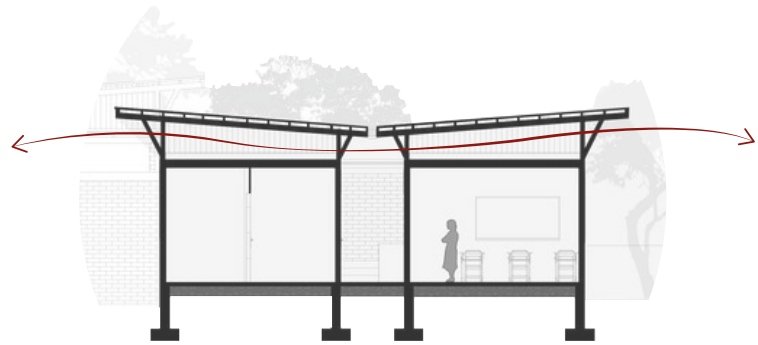


Figura 20. Corte esquemático Centro Infantil Econef. Asante Architecture&Design, & Lönnqvist & Vanamo Architects.



Fotografía 10. Centro Infantil Econef. Asante Architecture&Design, & Lönnqvist & Vanamo Architects.



Fotografía 11. Centro Infantil Econef intervenida. Asante Architecture&Design, & Lönnqvist & Vanamo Architects.

ESCUELA EL YECO

Ecological

El proyecto de mejoramiento de la Escuela El Yeco, ubicada en la comuna de Algarrobo, buscaba mejorar el estado de su infraestructura escolar, y hacer frente al abastecimiento informal de agua (camión aljibe) integrando a la escuela una planta de tratamiento de aguas grises respaldada con resolución sanitaria que fuera visible hacia los mismos estudiantes, de manera que estos aprendieran sobre el uso y reutilización de las aguas.



Fotografía 12. Sistemas de reutilización de aguas en Escuela El Yeco.
Ecological.



Fotografía 13. Sistemas de reutilización de aguas en Escuela El Yeco.
Ecological.

“La transformación de hábitos a través de habitar espacios ecológicos y así, con este cambio de hábitos, ir cambiando la cultura y transformar la forma como habitamos el planeta, que es lo que tenemos que hacer para enfrentar el cambio climático” - Equipo de Ecological.

ESCUELA EL YECO

Ecological

Consiste en un sistema de tratamiento de aguas proveniente de lavamanos y duchas, a través de humedales artificiales, diseñado para la escuela. Para este proyecto, se consideró la habilitación de un jardín que pueda ser regado con este nuevo recurso disponible.

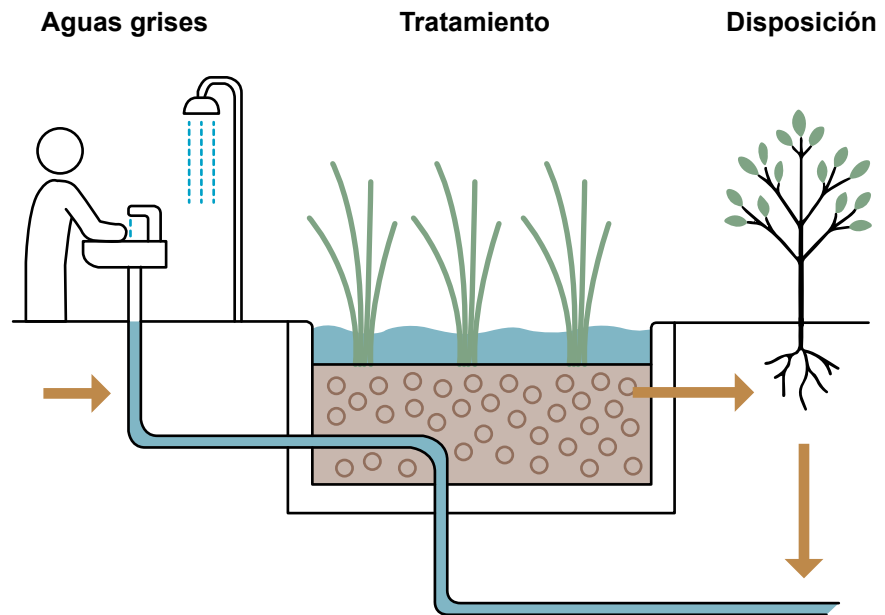


Figura 21. Esquema para sistema de tratamiento de aguas. Elaboración propia.

Captación: intervenir el sistema de alcantarillado tradicional para captar las aguas grises hacia un primer filtro que es un filtro mecánico.

Tratamiento: luego las aguas son impulsadas a un sistema de tratamiento secundario basado en humedales depuradores.

Disposición: posterior al humedal, el agua ya apta para riego pasa a un estanque de acumulación.

ESCUELA LO ZÁRATE

Proyecto sustentable

La Escuela Lo Zárate, reconocida como la primera escuela pública y sustentable de Chile, representa un modelo educativo donde la infraestructura, el entorno natural se mezclan.

En este establecimiento, se ha desarrollado un taller de huerto y granja psicoeducativa, que no solo busca enseñar conocimientos técnicos, sino también fomentar vínculos significativos entre estudiantes, comunidad y medio ambiente. El enfoque de esta escuela no se limita a prácticas sustentables como el manejo de recursos o la eficiencia energética, más bien, se orienta hacia la creación de un espacio protector, inclusivo y transformador, donde niñas y niños puedan desplegar su potencial académico y personal en un contexto de cuidado mutuo.



Fotografía 14. Vista aérea Escuela Lo Zárate. Al Borde Arquitectos.



Fotografía 15. Vista interior Escuela Lo Zárate. Al Borde Arquitectos.

Síntesis de referentes

Los referentes analizados permiten identificar principios comunes para el desarrollo de una infraestructura escolar sustentable adaptada a contextos de vulnerabilidad hídrica.

En primer lugar, en todos se destaca la importancia de un diseño consciente con el entorno, que utilice recursos locales, técnicas constructivas accesibles y estrategias pasivas para reducir el consumo energético e hídrico.

La incorporación de sistemas de captación, tratamiento y reutilización de agua demuestra que es posible transformar una necesidad básica en una oportunidad pedagógica y de autogestión.

Asimismo, los proyectos coinciden en asumir la sustentabilidad como un enfoque, y esto no se reduce solo a criterios técnicos, sino que se integra con valores educativos como el cuidado, la colaboración y el respeto por el entorno.



Fotografía 16. Patio trasero escuela. Fotografía propia.

Propuesta de diseño

Dimensiones a considerar

Espacios

Orientación

Protección térmica

Calidad del aire

Iluminación

Acústica

Transformación del espacio

La escuela se configura como una infraestructura educativa que fue creciendo a través de los años de manera orgánica, respondiendo a decisiones tomadas en función a las necesidades emergentes. Esta forma de crecimiento refleja la capacidad de la escuela a la adaptación en el medio. Como resultado de esto, tenemos una escuela conformada por distintos volúmenes dispersos por el territorio, con materialidad, elementos y una configuración distinta para cada uno de ellos.

Por lo que, surge la oportunidad de repensar el modo en el que se articula el espacio, esto consiste en mantener elementos, sustraer y unificar, dando resultado a una redistribución de los volúmenes existentes que se plantea mediante un análisis del terreno emplazado. Tomando en cuenta principalmente la orientación solar para efectos de un diseño bioclimático que se requiere en la escuela.

Se consideran criterios como el desempeño térmico, la conectividad entre recintos y funcionalidad. A partir del análisis del estado actual de la infraestructura y de las necesidades funcionales y pedagógicas de la escuela, se propone una redistribución de los espacios existentes y la incorporación de nuevos volúmenes que unifican los edificios antiguos.

Las aulas existentes del edificio principal, originalmente seis, se transforman en tres salas que cuentan con la superficie requerida, mediante la eliminación de tabiques interiores, lo que permite obtener espacios más adecuados a los requerimientos actuales de enseñanza.

A su vez, se incorpora un nuevo edificio de carácter unificador, que integra lo que anteriormente eran volúmenes aislados. En este nuevo bloque se disponen cinco aulas adicionales, cada una con una superficie de 60 metros cuadrados, lo que permite cumplir con estándares espaciales y ofrecer condiciones adecuadas de iluminación, ventilación y confort térmico. La orientación norte del nuevo volumen responde a criterios bioclimáticos, aprovechando la radiación solar en invierno y facilitando el control térmico mediante elementos de sombra en verano.

Además de las aulas, se disponen de espacios complementarios, como una sala multiuso, una biblioteca y una sala exterior vinculada al huerto escolar, que permite integrar actividades pedagógicas al aire libre y fomentar el aprendizaje en contacto con el entorno. Junto a esta última se reubica el comedor escolar, favoreciendo la relación entre alimentación, naturaleza y comunidad.

Se plantea la ubicación de las oficinas administrativas en un segundo nivel, lo que permite a funcionarios y docentes mantener una visión directa hacia los patios y zonas activas del establecimiento.

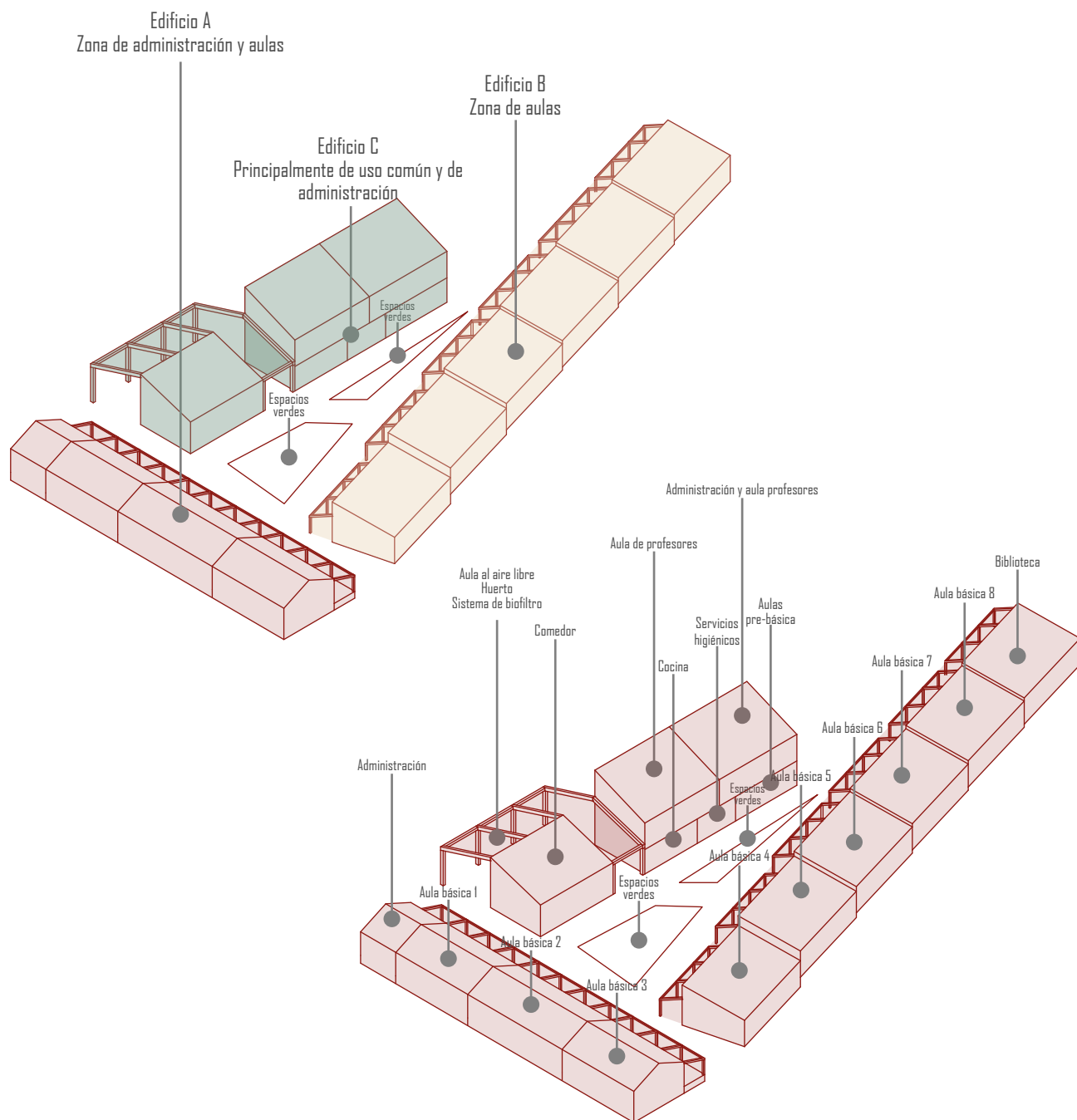


Figura 22. Isométrica esquemática de programa. Elaboración propia.

Programa

Aulas

Espacios	Cantidad	Superficie	Capacidad
Pre-básica	1	3 [m²] por estudiante	30 estudiantes
Básica	8	2 [m²] por estudiante	30 estudiantes
Profesores	1	4 [m²] por docente	20 docentes
Multiuso	1	2 [m²] por estudiante	30 estudiantes
Aula al aire libre	1	2 [m²] por estudiante	30 estudiantes

Espacios de uso común

Espacios	Cantidad	Superficie	Capacidad
Comedor	1	3 [m²] por estudiante	30 estudiantes
Biblioteca	1	2 [m²] por estudiante	30 estudiantes
Huerto	1	2 [m²] por estudiante	20 docentes
Patio	1	4 [m²] por estudiante	30 estudiantes

Figura 23. Tabla de superficie y capacidad para aulas. Elaboración propia.
Figura 24. Tabla de superficie y capacidad para espacios de uso común. Elaboración propia.

Administración

Espacios	Cantidad	Superficie	Capacidad
Recepción	1	4 x 4 metros	1 - 3 personas
Inspectoría	1	3 x 4 metros	1 - 2 personas
Dirección	1	4 x 4 metros	2 - 4 personas
Sala de PIE	1	4 x 4 metros	5 - 8 personas

Servicios

Espacios	Cantidad	Superficie	Capacidad
Baños	8	1,2 x 1,5 metros	300 estudiantes
Baños universales	2	1, 5 x 2 metros	-
Enfermería	1	3 x 4 metros	1 - 3 estudiantes
Cocina	1	5 x 5	2 - 6 personas

Figura 25. Tabla de superficie y capacidad para administración. Elaboración propia.

Figura 26. Tabla de superficie y capacidad para servicios. Elaboración propia.

Protección térmica

Además de la incorporación de aislación térmica en la infraestructura de los edificios, se debe priorizar una protección térmica pasiva que ocurra desde la arquitectura.

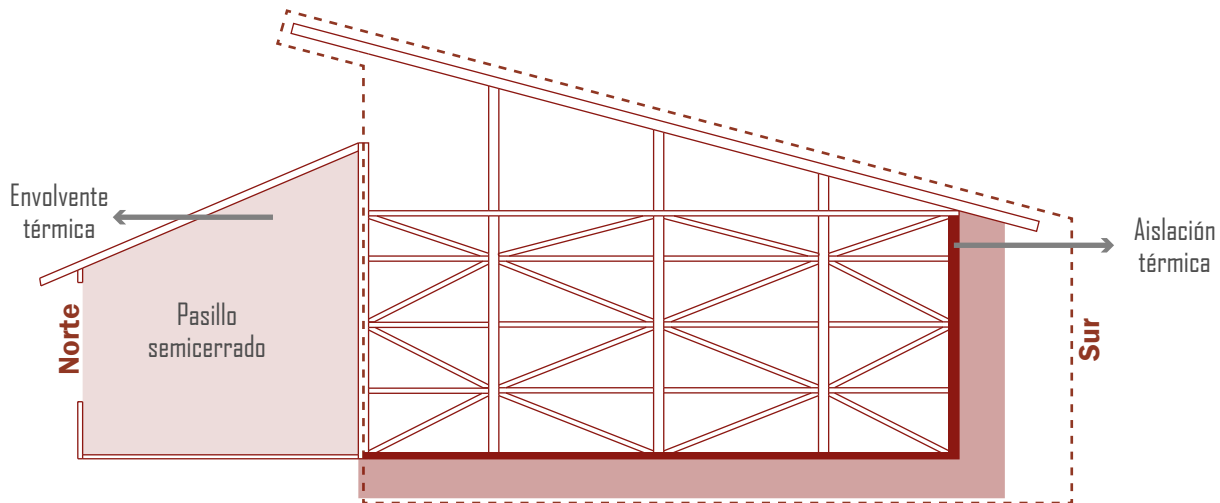


Figura 27. Diagrama de envoltura y aislante térmico. Elaboración propia.

Su incorporación a la infraestructura es un elemento básico en la construcción que permite minimizar las oscilaciones térmicas diurnas y nocturnas al interior de un recinto, favoreciendo al confort térmico. Pero, si se recurre únicamente a esta estrategia climática puede ser desfavorable. La aislación reduce las pérdidas o ganancias de calor, pero no permite acumular o regular la energía térmica de manera pasiva. Es por ello, que para mejorar el desempeño térmico de las edificaciones, tanto antiguas, como nuevas, se recurrirán a elementos que puedan retener el calor, específicamente pasillos tipo galerías, que captarán el calor principalmente desde el norte.

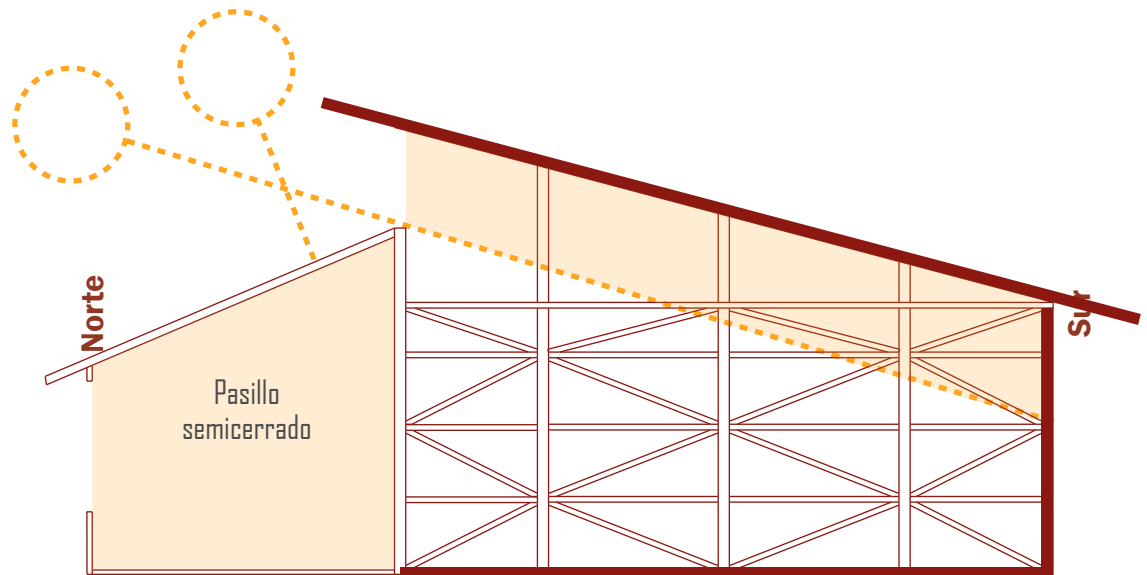


Figura 28. Diagrama de asoleamiento. Elaboración propia.

El comportamiento de un espacio tipo galería parcialmente cerrado se asemeja al de un efecto invernadero. El espacio retiene el calor acumulado por la radiación solar durante el día y lo mantiene, disminuyendo las pérdidas de calor de los recintos interiores y evitando depender exclusivamente de sistemas eléctricos de calefacción.

Se debe priorizar la captación solar para los meses fríos en los recintos habitables, pero hay que limitar esta captación en las temporadas de calor. Por lo que se vuelve necesario incorporar elementos que puedan regular la entrada de radiación, en este caso, se decide incorporar celosías al elemento de galería que funciona como envolvente térmica de los edificios.

Para la captación de energía solar en los distintos recintos de la escuela, especialmente las aulas, cambia la manera en que se comportará el edificio, y así, la calidad ambiental de sus espacios interiores. Las aberturas son hacia el norte y poniente, lo que genera tanto ganancias como pérdidas, no obstante, como se menciono anteriormente, las aberturas hacia el sur no reciben radiación solar directa, que es lo que se necesita, y solo produce pérdidas de calor.

Calidad del aire

El ingreso continuo de aire fresco y la posibilidad de disipar el calor acumulado en un recinto, influye positivamente en el desempeño académico. Sus beneficios vienen desde reducir la concentración de CO₂, controlar la humedad y disminuir contaminantes que afecten a la salud de los usuarios.

El diseño arquitectónico incorpora la evaluación de la disposición de ventanas y aberturas para priorizar el ingreso continuo del aire, y la renovación de los recintos interiores.

Para que el aire se renueve en las aulas es requisito que existan sistemas de ventilación para satisfacer las condiciones de habitabilidad de los estudiantes y docentes que frecuentan gran parte del día en estos recintos cerrados. Para que la ventilación sea la adecuada, se decide optar por disponer aberturas en los muros opuestos de cada aula, creando así una ventilación cruzada, una estrategia pasiva que facilita el flujo constante de aire.

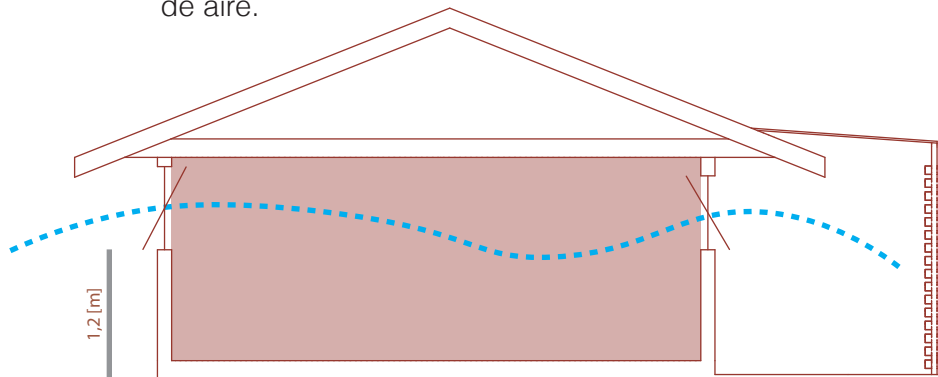


Figura 29. Diagrama de flujo de aire. Elaboración propia.

La incorporación de ventanas de tipo eje pivotante central, según la Guía de eficiencia energética para establecimientos educacionales. AChEE junto con los elementos de galería al exterior permite una regulación de aire que ingresa al interior.

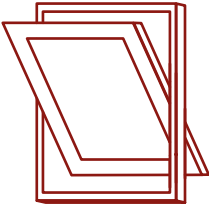
Tipo de ventana	Flujo de aire	Control de ventilación	Protección climática	
Pivote central	Muy bueno	Regular	Bueno	

Figura 30. Tabla de tipos de ventanas según eficiencia energética para establecimientos educacionales. Elaboración propia.

Iluminación

Como se ha mencionado anteriormente, luz natural tiene un impacto positivo en el rendimiento académico y el bienestar de los usuarios, situándose como un aspecto básico a considerar en el diseño.

Para diseñar en base a la calidad de iluminación se siguen algunos principios:

1. Evitar la incidencia directa de la luz solar sobre las mesas del aula, ya que esto genera deslumbramiento, fatiga visual y sobrecalentamiento del espacio.

2. Se debe procurar que la iluminación natural se distribuya de manera homogénea por el recinto, tomando en cuenta el tamaño, forma y ubicación de las ventanas, el tipo de superficies de revestimiento, y elementos que puedan ser reflectantes.

3. Evitar que exista un contraste excesivo entre zonas iluminadas y zonas de sombra.

4. La iluminación artificial se debe pensar como complemento de la luz natural y no como un reemplazo.

En el primer edificio de aulas, las ventanas se posicionan a una altura de 1,2 [m] del nivel del suelo al interior del recinto, y tienen una altura de 90 [cm], estas no cambian respecto del diseño original. En cambio, en el edificio nuevo de aulas, esta altura alcanza a ser de 1,8 [m], esto debido a que su orientación es hacia el norte, por lo que la luz, llega de manera directa, para evitarlo es mejor aumentar la altura de las ventanas favoreciendo el paso de la luz difusa.

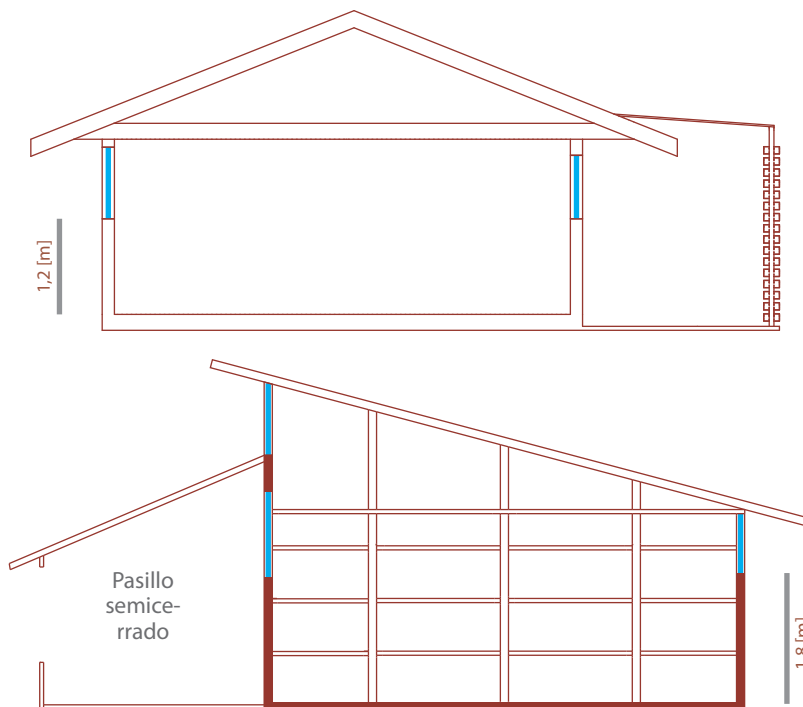


Figura 31 y 32. Diagrama de ventanas edificio principal y diagrama de ventanas nueva edificación, respectivamente.
Elaboración propia.

La disposición de los pasillos exteriores influye tanto en el comportamiento térmico como lumínico del edificio. Se implementan celosías que cierran verticalmente el pasillo y dan paso a la ventilación natural. Estos pasillos se distribuyen en torno a dos volúmenes principales, por un lado, en el edificio preexistente donde se encuentran tres de las ocho aulas, y por otro lado, a la nueva edificación que alberga las cinco aulas restantes.

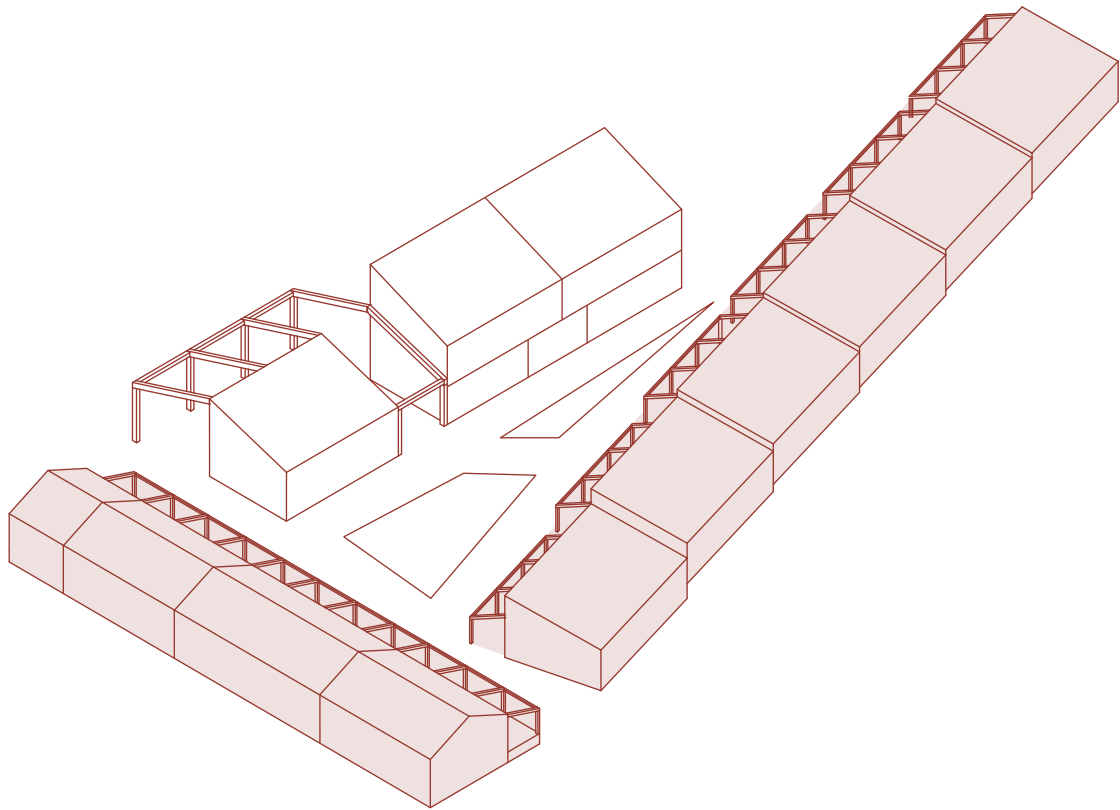


Figura 33. Isométrica. Elaboración propia.

En el caso del edificio principal, la galería se orienta hacia el este, lo que permite recibir luz solar directa durante la mañana, favoreciendo un ambiente cálido en las primeras horas del día. En cambio, la galería del nuevo edificio se proyecta hacia el norte, orientación que ha sido seleccionada para aprovechar al máximo la luz natural. De este modo las circulaciones no solo cumplan su función de tránsito, sino que también contribuyen al confort térmico y lumínico de los recintos que las rodean.

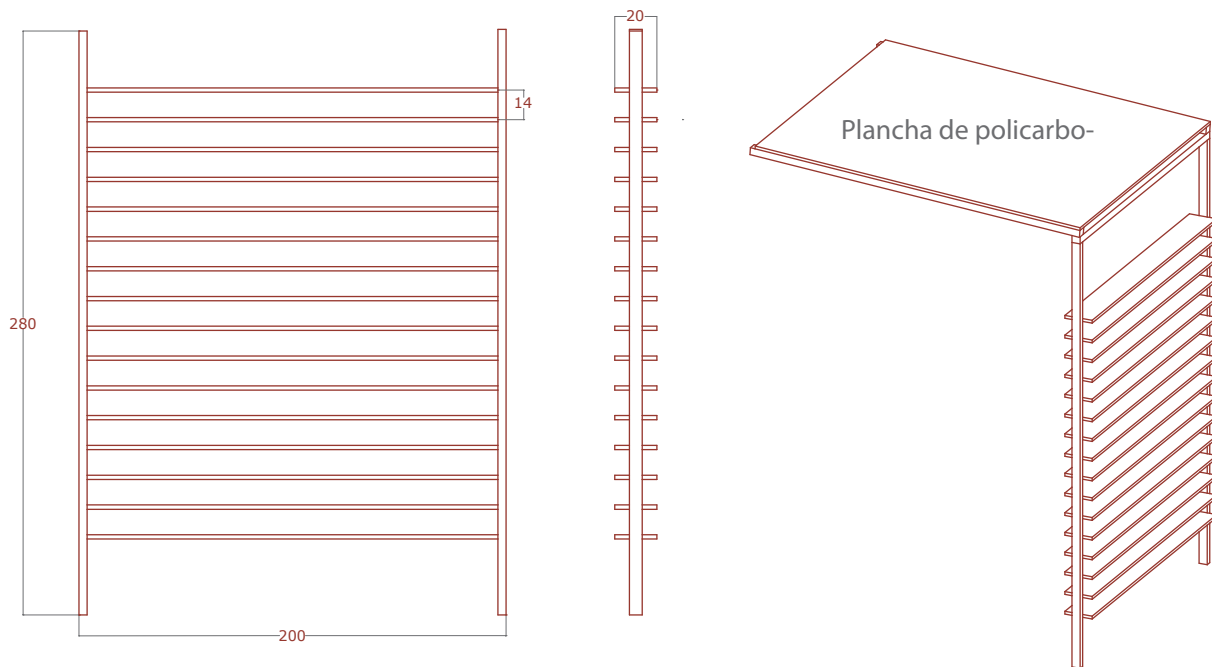


Figura 34. Configuración celosías. Elaboración propia.

Las celosías diseñadas para los pasillos exteriores están construidas en madera, un material que aporta calidez y naturalidad al conjunto arquitectónico, dispuestas para el control solar. En total, son 16 celosías a lo largo de la fachada, con un ancho de 20 cm cada una con el objetivo de lograr un equilibrio entre el paso de luz, aire y la protección frente a la radiación solar directa.

En la techumbre de los pasillos ventilados se incorporan planchas de policarbonato transparente con la función de permitir el ingreso de luz cenital en los espacios de circulación y que se transmita a los recintos interiores.

Acústica

Para garantizar la calidad del sonido en el ambiente, se dispone en las aulas de superficies diferenciadas ubicadas respecto al frontis del aula, con el objetivo de controlar la propagación del sonido y evitar fenómenos como la reverberación excesiva o la pérdida de inteligibilidad.

En la zona frontal del aula, donde se ubica habitualmente el docente o la pizarra, la superficie debe reflejar el sonido para que llegue a su público, se utiliza un revestimiento de paneles de listones que absorben el sonido, y evita que las ondas sonoras reboten por el espacio. La combinación de ambas superficies debería reducir la fatiga auditiva y resulta ser un elemento que se integra al diseño arquitectónico.

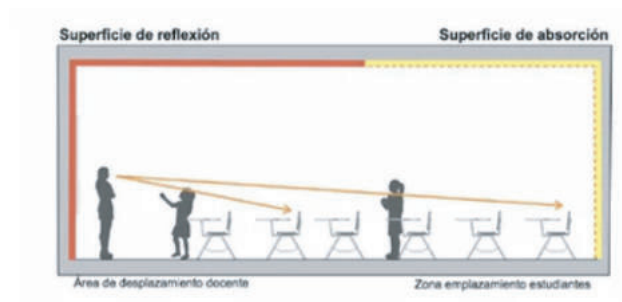
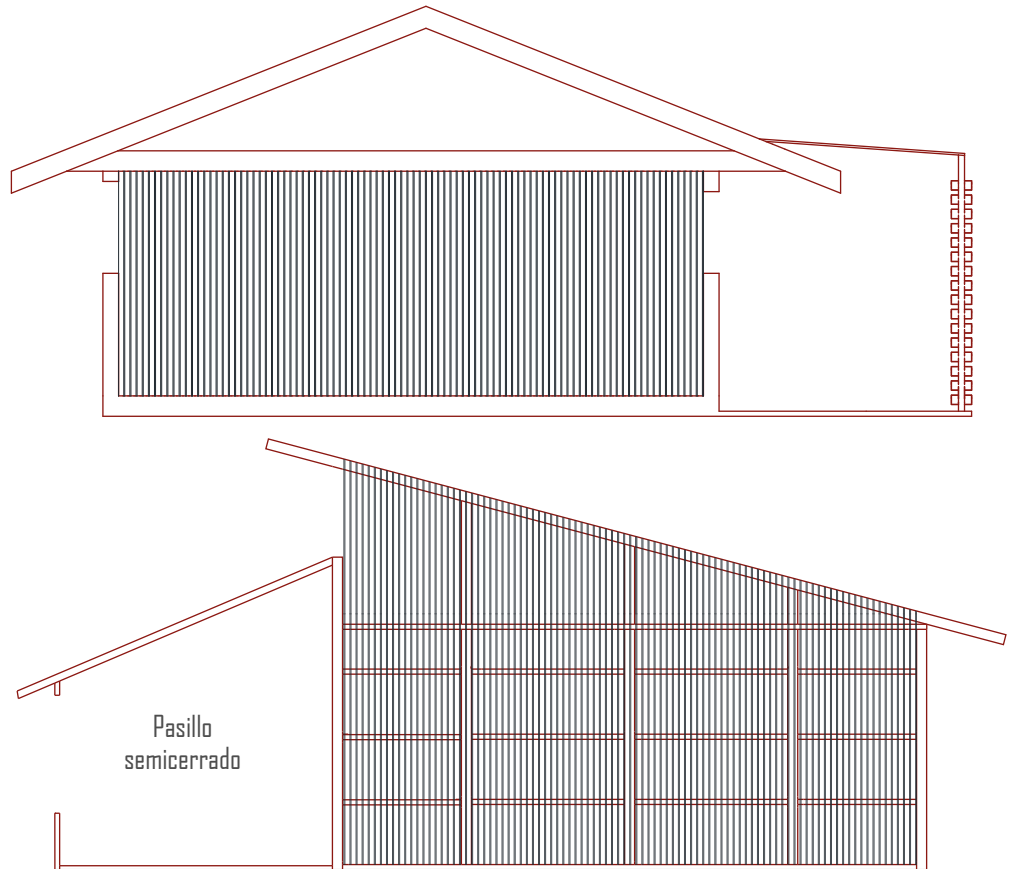


Figura 35. Diagrama de acústica. Guía de eficiencia energética para establecimientos educacionales.



Figuras 36 y 37. Disposición de celosías edificio principal y disposición de celosías nueva edificación. Elaboración propia.

Incorporación de sistema de biofiltro

Componentes del sistema

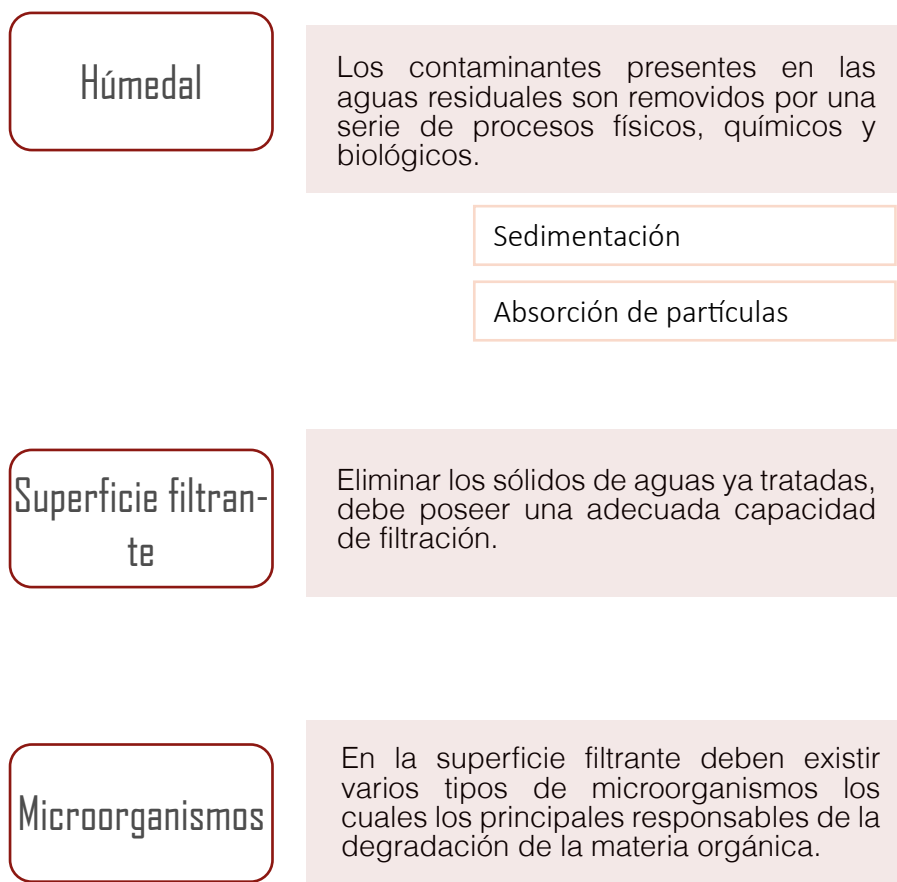


Figura 38. Diagrama de componentes de biofiltro. Elaboración propia.

Proceso de filtrado

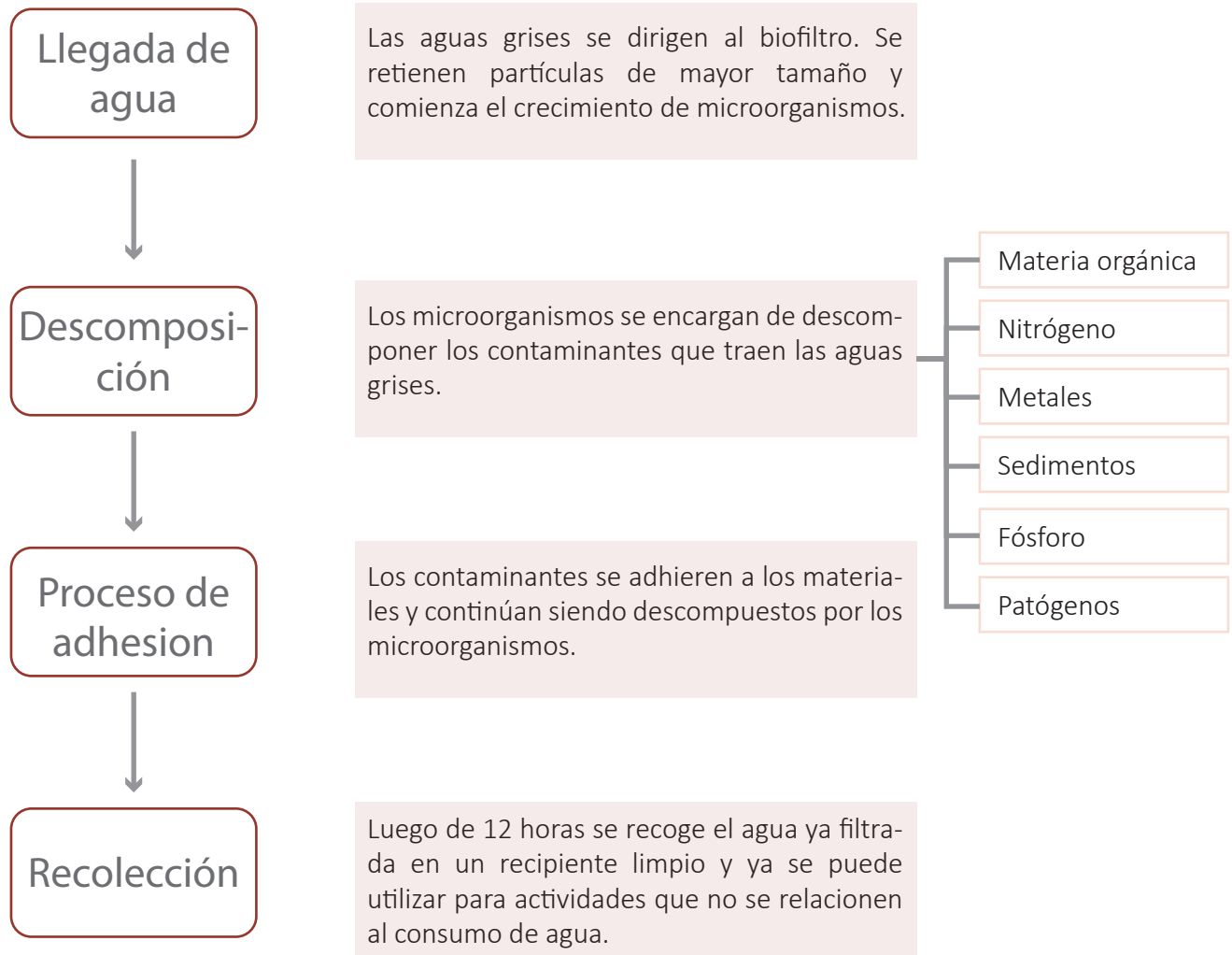


Figura 39. Diagrama de proceso de filtrado. Elaboración propia.

Sistema de recolección

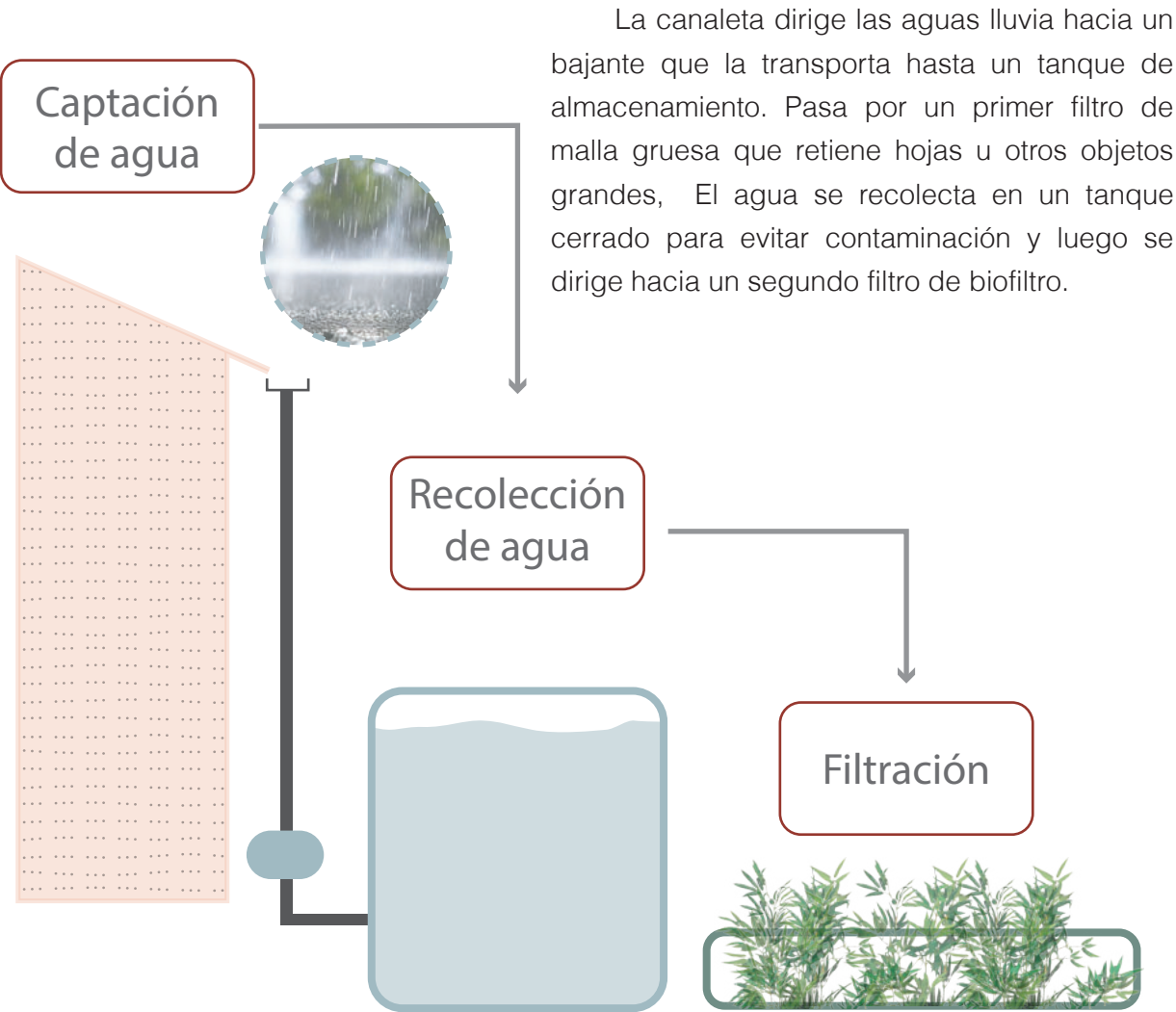


Figura 40. Diagrama de sistema de recolección. Elaboración propia.

Como parte de la estrategia sustentable, se mejora el sistema de biofiltro destinado al tratamiento de aguas grises generadas por el establecimiento. Este sistema permitirá la reutilización de aguas provenientes de lavamanos, lavaplatos y duchas, contribuyendo tanto a la eficiencia hídrica como a una mayor autonomía del recinto frente a escenarios de escasez. El diseño y la operación de este biofiltro considerará los criterios establecidos por la normativa vigente (Ley 21075) que regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises en Chile, lo que asegura que el sistema cumpla con los estándares sanitarios y técnicos (consultar anexo 1)

Aguas grises

“Aguas servidas domésticas residuales provenientes de las tinas de baño, duchas, lavaderos, lavatorios y otros, excluyendo las aguas negras.”

Aguas grises tratadas

“Aquellas que se han sometido a los procesos de tratamiento requeridos para el uso previsto.”

Aguas residuales

“Aquellas que se descargan después de haber sido utilizadas en un proceso o producidas por éste, y que no tienen ningún valor inmediato para dicho proceso.”

Aguas negras

“Aguas residuales que contienen excretas. Inutilizables.”

Figura 41. Guía de términos respecto a las aguas utilizadas. Elaboración propia.

Planta general
Escala 1:350





Figura 42. Planta general primer nivel, escala 1:350. Elaboración propia.

Planta segundo nivel
Escala 1:350

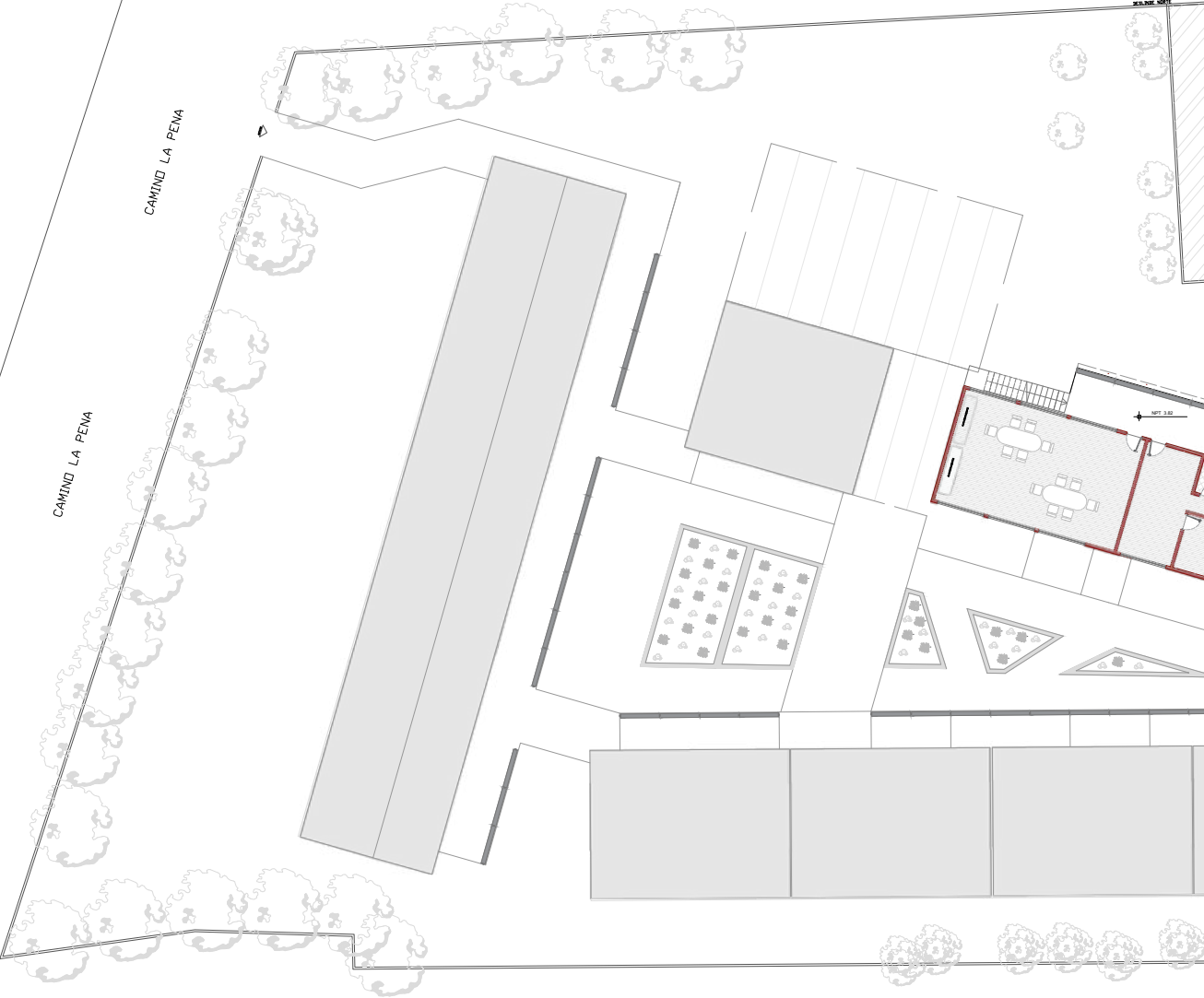
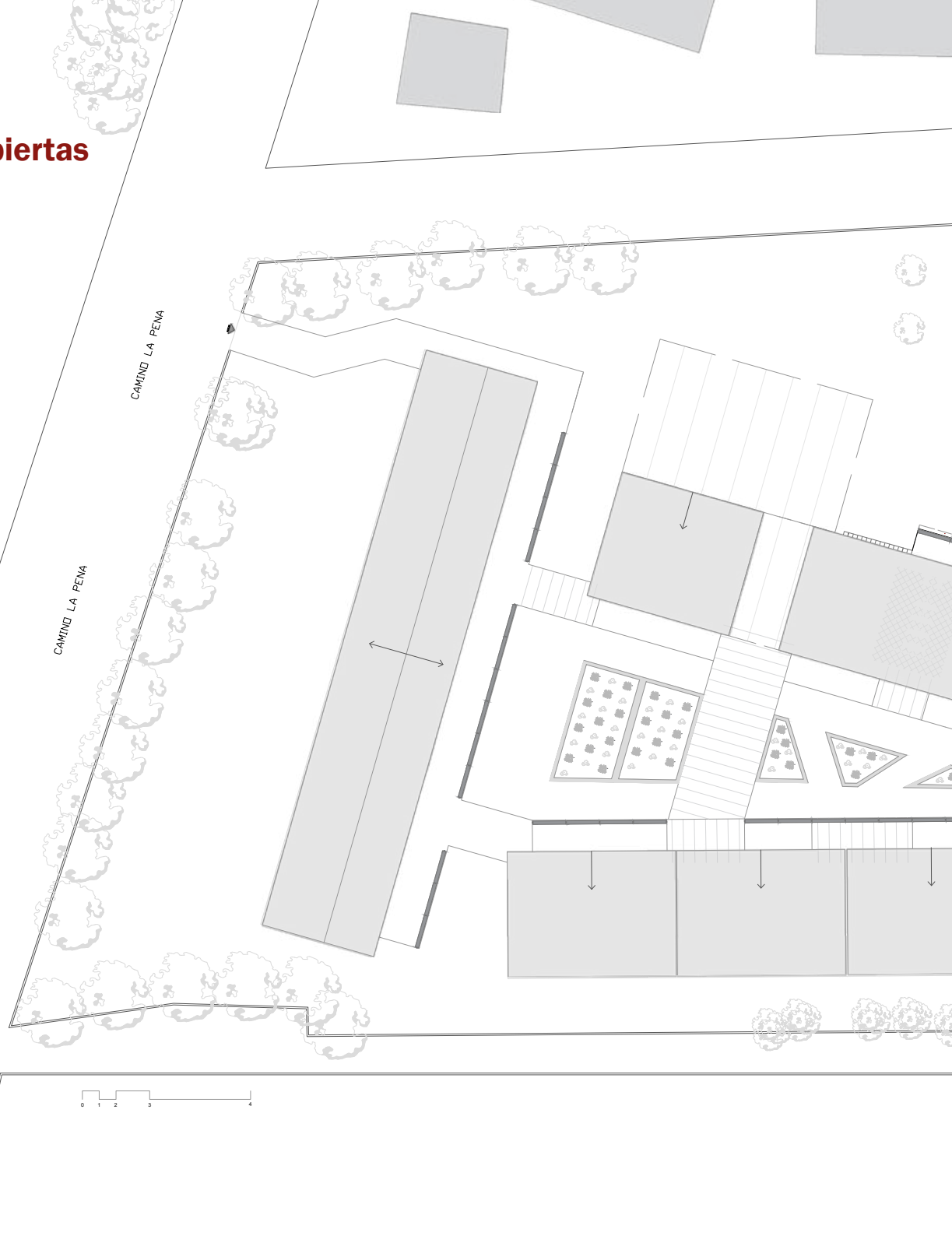




Figura 43. Planta general segundo nivel, escala 1:350. Elaboración propia.

Planta de cubiertas
Escala 1:350



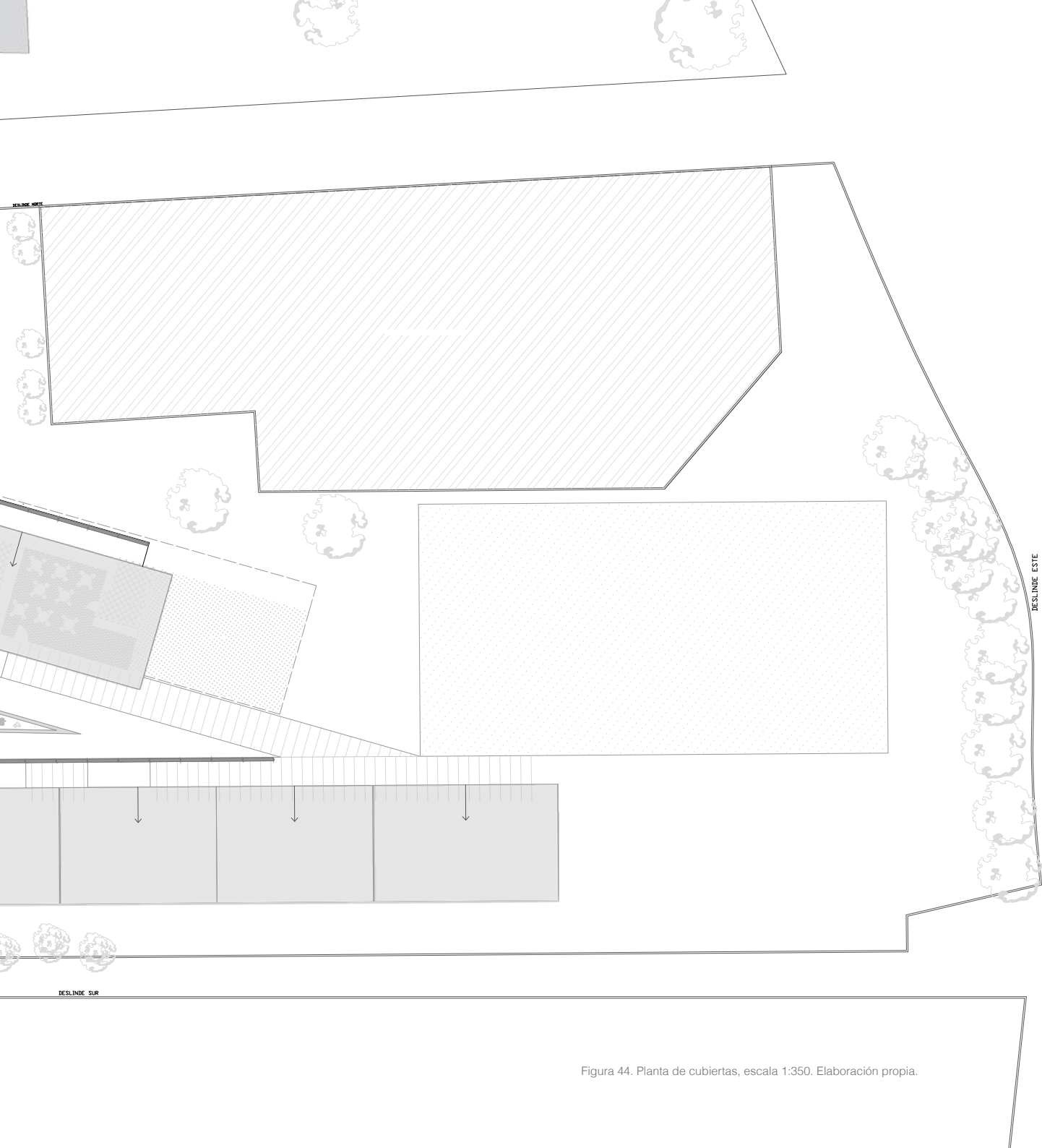


Figura 44. Planta de cubiertas, escala 1:350. Elaboración propia.

Corte transversal
Escala 1:350

7.00
4.90
3.70
0.90
0.20



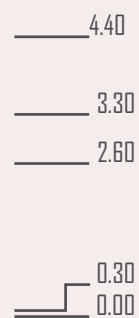


Figura 45. Corte transversal esquemático. Elaboración propia.

Visualizaciones del proyecto

ZONA DE HUERTO

Área de reciclaje de
agua
Biofiltro

Huerto



EDIFICIO B - ESPACIOS DE CIRCULACIÓN - PATIO PRINCIPAL

Espacio de circulación

Patio principal



Figura 46 y 47. Visualizaciones de área de huerto y espacios de circulación. Elaboración propia.

Edificio A



07 AM



12 PM



17 PM

Figura 48, 49 y 50. Visualizaciones de patio principal a 7am, 12pm y 17pm. Elaboración propia.

Edificio B



07 AM



12 PM



17 PM

Figura 51, 52 y 53. Visualizaciones de área de circulación principal a 7am, 12pm y 17pm. Elaboración propia.

Edificio C



07 AM



12 PM



17 PM

Figura 54, 55 y 56. Visualizaciones de área de huerto a 7am, 12pm y 17pm. Elaboración propia.



Figura 57. Visualización área de huerto. Elaboración propia.

Conclusiones

Educar en un contexto marcado por la escasez hídrica representa un desafío complejo que obliga a repensar los procesos formativos desde una perspectiva territorial y sostenible.

El proyecto se enfocó en la reorganización del conjunto edificado, añadiendo, substrayendo y unificando con el objetivo de mejorar su funcionamiento interno y desempeño ambiental. Además, integrando las estrategias bioclimáticas estudiadas, como la incorporación de sistemas pasivos de reutilización de aguas grises, y su uso para el riego del huerto escolar.

Uno de los ejes centrales del diseño es el huerto escolar sustentable, concebido como un espacio pedagógico y comunitario al aire libre, el hecho de estar vinculado con el aula exterior, el comedor y la sala multiuso, hace que cumpla un rol importante en la formación, debido a que permite que, desde la experiencia directa, los estudiantes adopten conocimientos de sustentabilidad y trabajo colaborativo. Así, el proyecto se articula en torno a la idea de que el diseño escolar puede ser enfocado al entorno físico, social y cultural.

El proyecto surgió a partir de una aproximación al contexto escolar, iniciada con visitas al establecimiento educativo, entrevistas a docentes y funcionarios, y una serie de observaciones in situ que permitieron comprender de una manera más cercana tanto el funcionamiento cotidiano del recinto como las problemática estructurales, pedagógicas y medioambientales que lo afectan.

Uno de los aspectos más relevantes identificados durante este proceso fue el rol que desempeña el agua dentro del establecimiento, no

solo como recurso básico para el funcionamiento, sino también como un eje transversal del proyecto educativo. A pesar de que la escuela cuenta con un abastecimiento a través de un sistema APR, se reconoce que el entorno en el que se emplaza corresponde a un territorio afectado por la escasez hídrica, lo que transforma al recurso en un tema sensible, urgente y educativo. Nos encontramos con que, la arquitectura escolar no puede desligarse del contexto ambiental, al contrario, debe convertirse en un medio para visibilizar, educar y actuar frente a esta realidad.

Por ello, el proyecto no se limita a resolver necesidades programáticas, sino que asume la tarea de proponer un diseño que dialogue activamente con el entorno hídrico vulnerable, incorporando estrategias que mejoren la eficiencia de su uso y formen parte del aprendizaje cotidiano de los y las estudiantes.

Anexo 1

Según el artículo 8 de este reglamento, se establece que el destino que podrá darse a las aguas grises tratadas podrá ser:

Urbanos. En esta categoría se incluyen el riego de jardines o descarga de aparatos sanitarios.

Recreativos. Esta categoría incluye el riego de áreas verdes públicas, campos deportivos u otros con libre acceso al público.

Ornamentales. En esta categoría se incluyen las áreas verdes y jardines ornamentales sin acceso al público.

Industriales. Incluye el uso en todo tipo de procesos industriales no destinados a productos alimenticios y fines de refrigeración no evaporativos.

Ambientales. Incluye el riego de especies reforestadas, la mantención de humedales y todo otro uso que contribuya a la conservación y sustentabilidad ambiental.

Incluye el riego de cultivos agrícolas, salvo los prohibidos en el artículo 9. Considera, entre otros, el riego de especies arbóreas o arbustivas frutales, cereales, cultivos industriales, viveros, cultivos de plantas leñosas, cultivos ornamentales, cultivos de flores, praderas o empastadas y producción de semillas.

Según el artículo 9, se prohíbe la reutilización de aguas grises tratadas para los siguientes usos:

Consumo humano y en general servicios de provisión de agua potable, así como riego de frutas y hortalizas que crecen a ras de suelo y suelen ser consumidas crudas por las personas, o que sirvan de alimento a animales que pueden transmitir afecciones a la salud humana.

Procesos productivos de la industria alimenticia.

Uso en establecimientos de salud en general.

Cultivo acuícola de moluscos filtradores.

Uso en piletas, piscinas y balnearios.

Uso en torres de refrigeración y condensadores evaporativos.

Uso en fuentes o piletas ornamentales en que exista riesgo de contacto del agua con las personas.

Cualquier otro uso que la autoridad sanitaria considere riesgoso para la salud.

Anexo 2

Tabla 2.9: Características de distintos tipos de ventanas

Tipo de ventana	Flujo de aire	Control de la ventilación	Protección frente al clima	Ventilación nocturna	Comentarios	
Corredera	Muy bueno	Regular	Regular	Regular	No obstruye cortinas o persianas interiores, ni las circulaciones exteriores. Pueden producirse corrientes de aire.	
Oscilobatiente	Bueno	Bueno	Bueno	Regular	El control es complejo. Pueden reflejar ruido al interior del aula y la apertura puede dificultarse cuando existen cortinas o persianas. Buena para proveer ventilación en invierno sin corrientes de aire.	
Pivote central	Muy bueno	Regular	Bueno	Bueno	Puede obstruir las cortinas o persianas e impedir el control del encandilamiento para el uso de medios audiovisuales, junto con reflejar ruido al interior del aula.	
Oscilante de apertura interior	Regular	Bueno	Bueno	Muy bueno	Pudiese obstruir cortinas o persianas. Puede proveer un buen control del ruido exterior a nivel de la calle.	
Proyectante	Bueno, pero se reduce si la apertura es restringida	Regular	Muy bueno	Bueno	Puede reflejar el ruido desde abajo hacia el interior del aula. Puede convertirse en un peligro si se abre junto a una vereda o patio.	
De abatir	Bueno	Regular	Regular	Malo	Mala seguridad cuando se encuentra abierta. Permite el acceso a la lluvia. Puede convertirse en un peligro si se abre junto a una vereda o patio.	
Oscilante superior y proyectante inferior, de apertura exterior	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Buen desempeño en general. Puede convertirse en un peligro si se abre junto a una vereda o al patio. Posible ingreso de lluvia.	
Guillotina	Muy bueno	Bueno	Regular	Regular	No obstruye cortinas o persianas interiores, ni las circulaciones exteriores.	

Referencias bibliográficas

Algarrobo Digital. (2018, marzo). Escuela Básica Rural de El Yeco de Algarrobo: Un espacio de aprendizaje y encuentro.

<https://www.algarrobodigital.cl/2018/03/escuela-basica-rural-de-el-yeco-de.html>

Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua. (s.f.). Sitio oficial. <https://fondosdeagua.org/>

Asante Architecture and Design Plus, & Lönnqvist and Vanamo Architects. (2020, agosto 13). Centro Infantil Econef. ArchDaily.

<https://www.archdaily.cl/cl/929692/centro-infantil-econef-asante-architecture-and-design-plus-lonnqvist-and-vanamo-architects>

AChEE – Agencia Chilena de Eficiencia Energética. (2016). Guía de eficiencia energética para establecimientos educacionales.

https://www.agenciase.org/wp-content/uploads/2019/08/Guia_EE_Educacional_AChEE.pdf

CITEGO. (s.f.). Escuela El Yeco de Algarrobo: Una experiencia educativa en la ruralidad.

https://www.citego.org/bdf_fiche-document-2374_es.html

Dirección Meteorológica de Chile. (2018). Informe climático de la zona central de Chile.

<https://www.meteochile.gob.cl/>

Escuela El Yeco. (s.f.). Sitio oficial de la Escuela Básica Rural El Yeco. <https://escuelaelyeco.cl>

Florez Fernández, P. (s.f.). La influencia del ser humano en el cambio climático. [Fuente no especificada].

Fundación Amulen. (s.f.). Educar sin agua: Una realidad invisible.

<https://www.fundacionamulen.cl/>

Meza Cabrera, R., & Franco Sánchez, L. M. (s.f.). Población y resiliencia hídrica. [Fuente no especificada].

Ministerio de Educación de Chile. (2017). Anexo 1: Requisitos y criterios para la construcción de

establecimientos educacionales [Documento PDF].

<https://www.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/19/2017/02/ANEXO1.pdf>

Ministerio de Educación de Chile. (s.f.). Guía de diseño pasivo de establecimientos educacionales. Biblioteca Digital Mineduc.

<https://bibliotecadigital.mineduc.cl/handle/20.500.12365/17479>

Ministerio de Educación. (s.f.). Fortalecimiento de la educación rural Gabriela Mistral.

<https://www.mineduc.cl/>

Retamal, S. (s.f.). Repensando la educación rural. [Fuente no especificada].

Rivas Silva, N. D. V. (2017). Huerto escolar como estrategia pedagógica de la sustentabilidad en la educación ambiental (Proyecto en ejecución). *Revista Scientific*, 2(Ed. Esp.), 355–375.

<https://doi.org/10.29394/scientific.issn.2542-2987.2017.0.0.19.355-375>

Salinas Camus, M., & Becker Rodríguez, I. (s.f.). Guardianas del agua.

Universidad Técnica Federico Santa María. (2023). Potenciar la capacidad de adopción de soluciones prácticas y tecnológicas en las comunidades escolares rurales de nuestra región por medio de la Vinculación con el Medio en la UTFSM a la luz de las Competencias Transversales Sello declaradas. Valparaíso, Chile Universidad Técnica Federico Santa María.

Urquiza, A., & Billi, M. (s.f.). Seguridad hídrica y energética en América Latina y el Caribe.

Valdés, R. (2016). Un cambio de paradigma en la arquitectura escolar: espacios flexibles en escuelas rurales. *Revista AUS*, (19), 64–71.

<http://revistas.uach.cl/index.php/aus/article/view/7509/8540>

<https://eligeeducar.cl/historias-docentes/asi-se-transformo-una-escuela-100-sustentable-en-tiempos-de-pandemia/>

